



Réserve Naturelle  
**TERRES AUSTRALES FRANÇAISES**

## Plan de gestion de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises 2018 - 2027



### Volet A : Diagnostic et enjeux

*Document de travail*



CONVENTION SUR LES ZONES HUMIDES  
(Bonn, Juin 1971)



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

TERRES AUSTRALES  
ET ANTARCTIQUES FRANÇAISES



# Sommaire

Sommaire.....	2
Auteurs .....	6
Avant-propos.....	7
Fiche récapitulative : Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises.....	8
I. Informations générales sur la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises .....	15
I.A. Cadre géographique .....	15
I.A.1. L’archipel de Crozet .....	16
I.A.2. L’archipel de Kerguelen .....	17
I.A.3. Les îles de Saint-Paul et Amsterdam .....	17
I.B. Cadre administratif et budgétaire : les Terres australes et antarctiques françaises.....	20
I.B.1. Cadre administratif.....	20
I.B.2. L’autonomie budgétaire des TAAF .....	23
I.C. Description de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises et de son territoire	25
I.C.1. La création et l’extension de la Réserve naturelle .....	25
I.C.2. Périmètre et statuts de protection de la Réserve naturelle.....	33
I.C.3. Les instances de gestion de la Réserve naturelle .....	44
I.C.4. Budget de la Réserve naturelle.....	45
I.D. Les enseignements du premier plan de gestion (2011-2015).....	47
I.D.1. Présentation du premier plan de gestion.....	47
I.D.2. Evaluation et bilan du premier plan de gestion .....	48
II. Patrimoine naturel de la Réserve naturelle.....	51
II.A. Climat.....	51
II.A.1. Climat de Crozet .....	51
II.A.2. Climat de Kerguelen .....	52
II.A.3. Climat de Saint-Paul et Amsterdam .....	53
II.B. Géomorphologie.....	55
II.B.1. Géomorphologie de Crozet .....	55
II.B.2. Géomorphologie de Kerguelen .....	62
II.B.3. Géomorphologie de Saint-Paul et Amsterdam.....	81
II.C. Réseaux hydrographiques .....	88
II.C.1. Réseau hydrographique de Crozet (île de la Possession).....	88
II.C.1. Hydrologie de Kerguelen .....	89
II.C.2. Réseau hydrographique des îles Saint-Paul et Amsterdam .....	91
II.D. Ecosystèmes terrestres.....	91
II.D.1. Flore.....	91

II.D.2.	Habitats.....	109
II.D.3.	Invertébrés .....	128
II.D.4.	Vertébrés introduits .....	132
II.D.5.	Etat de conservation des écosystèmes terrestre .....	147
II.E.	Ecosystèmes marins .....	149
II.E.1.	Caractéristiques océanographiques de l’Océan Austral.....	150
II.E.2.	Le domaine pélagique .....	152
II.E.3.	Le domaine benthique.....	162
II.E.4.	Synthèse sur les dynamiques écorégionales .....	180
II.F.	Oiseaux et mammifères marins.....	187
II.F.1.	Etat de la connaissance .....	188
II.F.2.	Oiseaux .....	188
II.F.3.	Pinnipèdes .....	216
II.F.4.	Cétacés.....	226
II.F.5.	Etat de conservation des oiseaux et mammifères marins .....	236
III.	Activités anthropiques / Pratiques et usages .....	243
III.A.	Patrimoine culturel et historique .....	243
III.A.1.	Patrimoine lié à l’exploitation économique des territoires austraux.....	243
III.A.2.	Patrimoine lié aux explorations scientifiques et militaires : les bases .....	248
III.B.	Fonctionnement des bases.....	253
III.B.1.	Production de déchets.....	253
III.B.2.	Réseaux d’assainissement .....	255
III.B.3.	Production d’énergie .....	255
III.B.4.	Ravitaillement en hydrocarbures .....	257
III.B.5.	L’éclairage .....	258
III.C.	Les sites isolés.....	258
III.C.1.	Les cabanes et refuges.....	259
III.C.2.	Déplacements pédestres vers les sites isolés .....	261
III.C.3.	Suivi de la fréquentation des sites isolés.....	261
III.D.	La pêche.....	262
III.D.1.	Historique de l’exploitation des espèces de mammifères marins .....	263
III.D.2.	Présentation des pêcheries .....	267
III.D.3.	Modèle de gestion des pêcheries australes .....	274
III.E.	Tourisme et loisirs .....	282
III.F.	Les activités de recherche scientifique et de gestion de la Réserve naturelle.....	286
III.F.1.	Les acteurs de la recherche scientifique .....	287
III.F.2.	Les programmes et activités scientifiques .....	291
III.F.3.	Les partenariats internationaux de recherche .....	296

III.G.	Les moyens logistiques et scientifiques des territoires.....	297
III.G.1.	Les moyens nautiques .....	298
III.G.2.	L'hélicoptère .....	301
III.G.3.	Les moyens terrestres motorisés .....	302
III.H.	Le trafic maritime .....	302
III.I.	La surveillance .....	304
III.J.	La biosécurité.....	305
III.J.1.	Mesures de biosécurité liées au transport et au déplacementdes personnes .....	305
III.J.2.	Mesures de biosécurité liées au transport de fret .....	307
III.K.	Autres activités .....	308
III.K.1.	Sensibilisation à la protection de l'environnement.....	309
III.K.2.	La philatélie.....	313
IV.	Facteurs d'influence.....	316
IV.A.	Les espèces introduites .....	316
IV.A.1.	Flore introduite.....	316
IV.A.2.	Invertébrés introduits.....	319
IV.A.3.	Vertébrés terrestres introduits.....	320
IV.A.4.	Poissons d'eau douce introduits.....	331
IV.A.5.	Pathogènes introduits .....	332
IV.B.	Les usages et activités anthropiques.....	333
IV.B.1.	L'exploitation économique ancienne des îles .....	333
IV.B.2.	Les bases actuelles.....	337
IV.B.3.	Les sites isolés.....	339
IV.B.4.	La logistique.....	341
IV.B.5.	La recherche scientifique et les activités de gestion de la réserve naturelle.....	342
IV.B.6.	Pêche .....	343
IV.B.7.	Le tourisme .....	346
IV.B.8.	Autres activités ponctuelles .....	346
IV.C.	Les changements globaux.....	347
IV.C.1.	Observations du changement climatique.....	347
IV.C.2.	Impacts des changements climatiques.....	354
IV.D.	Synthèse des facteurs d'influence en milieux terrestres et marins .....	361
	Encadré services écosystémiques .....	364
	Les services support.....	365
	Les services d'approvisionnement.....	365
	Les services de régulation.....	365
	Les services culturels et sociaux .....	366

V.	Cadre réglementaire .....	369
V.A.	Réglementation issue du droit international .....	369
V.B.	Réglementation d'origine nationale et territoriale .....	377
V.B.1.	Protection des sites .....	377
V.B.2.	Réglementation des activités .....	378
V.B.3.	La protection des espèces et des milieux .....	380
V.B.4.	Le cadre juridique spécifique de la pêche au sein de la Réserve naturelle .....	381
V.B.5.	Le cadre juridique spécifique des conditions de circulation maritime, de mouillage et de débarquement au sein de la Réserve naturelle .....	383
VI.	Valeurs et enjeux de conservation de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises .....	385
VI.A.	Enjeux de conservation .....	385
VI.B.	Facteurs de réussite .....	387
VII.	Bibliographie .....	388
VIII.	Table des illustrations .....	425
VIII.A.	Cartes .....	425
VIII.B.	Figures .....	428
VIII.C.	Photographies .....	430
VIII.D.	Tableaux .....	432

## Auteurs

Les Terres australes et antarctiques françaises (TAAF), plus particulièrement le personnel de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, sont à l'initiative de la rédaction de ce document. Ils ont bénéficié pour ce faire des savoirs de la Direction des Services Techniques, de la Direction de la Pêche et des Questions Maritimes, de la Direction des Affaires Administratives et Financières, et du Service de la Communication des TAAF, ainsi que de l'appui d'experts scientifiques des milieux austraux et des membres du Conseil Scientifique de la Réserve, qui ont apporté leur expertise et validé le document.

### Auteurs au sein des TAAF :

- Cédric MARTEAU – Directeur de l'Environnement des TAAF et Directeur de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises
- Anne-Gaëlle VERDIER – Directrice adjointe de l'Environnement des TAAF et Chef du service marin de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises
- Clément QUETEL – Chef du service terrestre de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises
- Claire-Sophie AZAM – Responsable de la coordination des programmes scientifiques marins au sein de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises
- Cynthia BOROT – Gestionnaire de la base de données et de la cartographie
- Elise BOUCLY – Responsable de la communication de la Réserve naturelle nationale
- Adrien CHAIGNE – Chargé des suivis oiseaux et mammifères marins
- Lise CHAMBRIN – Chargé du suivi et de la gestion de la flore, des invertébrés exotiques et de la biosécurité
- Baudouin DESMONSTIERS – Chargé du suivi et de la gestion des vertébrés exotiques
- Hugo LEQUERTIER – Chargé du suivi de la rédaction du volet A du second plan de gestion de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises
- Thibaut THELLIER – Responsable des milieux marins et de la gestion environnementale de la pêche

### Experts qui ont contribué à la rédaction du document :

**Document validé par le Conseil scientifique et le Comité Consultatif (CC) de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises.**

### Citation du document :

TAAF 2017, Plan de gestion 2018-2027 de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, XXX pages.

# Avant-propos

Construire le plan de gestion d'une réserve naturelle nationale consiste avant tout à analyser cet espace dans son contexte de la manière la plus objective possible. L'évaluation du premier plan de gestion, menée en 2016, a conduit à la révision de l'organisation de ce second plan de gestion, qui s'appliquera de 2018 à 2027. Il se compose de trois tomes :

- 1) Un premier document (volet A) qui dresse l'état des lieux de la connaissance de la Réserve naturelle, de son patrimoine naturel, des activités anthropiques qui y ont cours et des pressions qui y sont exercées. Ce diagnostic permet l'identification des facteurs d'influence susceptibles d'affecter les enjeux de conservation au sein du périmètre de la Réserve naturelle.
- 2) Un plan opérationnel organise et hiérarchise les actions à mener par le gestionnaire et ses collaborateurs : il constitue le volet B du plan de gestion. Ces actions dépendent des enjeux identifiés dans le volet A et des objectifs à long terme et opérationnels qui sont visés pour répondre de manière efficace aux enjeux.
- 3) Des outils de suivis scientifiques, constitués d'indicateurs de gestion et d'un tableau de bord, sont rassemblés dans le volet C. Ces derniers permettent au gestionnaire de piloter ses actions, d'améliorer ses connaissances et de mesurer l'efficacité des actions décidées dans le volet B.

Le présent document, qui constitue le volet A du second plan de gestion de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, s'appuie sur de nombreux éléments figurant dans le premier plan de gestion 2011-2015. Les connaissances présentées ont été mises à jour, et les actions de gestion ont été repensées à l'aune des facteurs d'influence et des nouveaux enjeux identifiés.

Avec plus de 672 000 km<sup>2</sup> dont la très large majorité du périmètre est située en mer, la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises figure parmi les plus vastes aires marines protégées au monde. La législation définissant le périmètre de la Réserve et les pratiques y étant autorisées ont été adaptées en conséquence (cf. partie I). Une attention particulière a par ailleurs été portée au patrimoine naturel marin, ainsi qu'aux oiseaux et mammifères marins.

Au niveau terrestre, une révision complète des espèces introduites (végétales, invertébrés et vertébrés, cf. partie II) et de leurs impacts (cf. partie IV) a été réalisée. Il en est de même pour les activités anthropiques, décrites en partie III et dont les impacts sur les milieux et la faune terrestre et marine sont détaillés en partie IV. Notons par ailleurs que les effets des changements globaux constituent l'un des volets de la partie IV. L'ensemble de ces activités sont encadrées par des textes nationaux et internationaux, présentés en partie V. C'est sur la base de tous ces éléments qu'ont été extraits les valeurs et les enjeux de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises (partie VI).

# Fiche récapitulative : la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises

Dénomination	Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises (RNN Terres australes)
<p><b>Localisation des Terres australes françaises</b></p>	<p>Situées au <b>sud de l’océan Indien, entre les 40<sup>ème</sup> rugissants et les 50<sup>ème</sup> hurlants</b>, les Terres australes françaises <b>s’étendent de la zone subtropicale à la zone subantarctique</b>, ce qui constitue le plus grand gradient latitudinal sur un même territoire en France.</p> <p>Les coordonnées géographiques des îles qui constituent les Terres australes françaises sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Archipel de Crozet : 46° 25 S, 51° 00 E</li> <li>- Archipel de Kerguelen: 49° 15 S, 69° 35 E</li> <li>- Ile d’Amsterdam: 37° 50 S, 77° 32 E</li> <li>- Ile de Saint-Paul: 38° 72 S, 77° 53 E</li> </ul>
<p><b>Statut de protection de la Réserve actuelle</b></p>	<p><b>Le décret n°2006-1211 portant création de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises et modifié par le décret n°2016-1700 du 12 décembre 2016 portant extension et modification de la réglementation de la Réserve naturelle</b> fixe la réglementation de la Réserve selon différents statuts:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Zone de protection intégrale terrestre</i> : toute activité humaine y est interdite, sauf en cas de force majeure, de nécessité d’exercice de la souveraineté ou sur dérogation du représentant de l’Etat, notamment pour des activités scientifiques dûment justifiées ;</li> <li>• <i>Zone de protection renforcée marine</i> : toute activité industrielle et commerciale, y compris les activités de pêche, et tout rejet y sont interdits. Les activités scientifiques peuvent avoir cours, sur autorisation du représentant de l’Etat après avis du Conseil scientifique de la Réserve ;</li> <li>• <i>Régime général ou zone de protection « classique »</i> : ce statut touche tous les espaces de la Réserve qui ne sont pas classés en zones de protection intégrale ou renforcée. L’usage qui est fait de ce type de zones est réglementé par le décret de Réserve ou par arrêté du préfet des TAAF.</li> </ul> <p>En parallèle, certains sites terrestres, inscrits au titre de l’arrêté territorial n° 14 du 30 juillet 1985, sont identifiés comme «réservés à la recherche scientifique et technique ».</p> <p>Enfin, <b>l’arrêté n°2017-28 du 31 mars 2017 instituant un périmètre de protection autour de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises</b> étend la gouvernance et la réglementation environnementale de la Réserve à l’ensemble des ZEE des archipels de Crozet, Kerguelen et des îles Saint-Paul et Amsterdam.</p>



<p><b>Gestionnaire et instances de gestion</b></p>	<p>La gestion de la Réserve naturelle est confiée par l'article 2 du décret 2006-1211 modifié au <b>préfet, administrateur supérieur des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF)</b>.</p> <p>Il est appuyé dans sa gestion par un <b>Conseil scientifique</b>, qui est constitué des membres du Comité pour l'Environnement Polaire (CEP) et par un <b>Comité Consultatif</b> ou conseil de gestion, qui est constitué des membres du Conseil Consultatif des TAAF (CC) auquel s'ajoutent les représentants de la pêche australe, ceux de la société civile et le préfet de la Réunion dans sa fonction de délégué de l'action de l'Etat en mer.</p>
<p><b>Superficie</b></p>	<p><b>La superficie totale de la Réserve est de 672 969 km<sup>2</sup>, représentant 40,5 % de la totalité des ZEE de Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam.</b> En dehors des 7 700 km<sup>2</sup> environ que compte le domaine terrestre qui est totalement inclut dans le périmètre de la Réserve, celle-ci se répartit comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Crozet:</b> 255 784 km<sup>2</sup>, soit 44 % de la ZEE de Crozet;</li> <li>- <b>Kerguelen:</b> 397 090 km<sup>2</sup>, soit 69 % de la ZEE de Kerguelen;</li> <li>- <b>Saint-Paul et Amsterdam:</b> 20 105 km<sup>2</sup>, soit 4 % de la ZEE de Saint-Paul et Amsterdam.</li> </ul> <p>A cette superficie s'ajoute le <b>périmètre de protection autour de la Réserve, qui s'étend jusqu'aux limites extérieures des ZEE de Crozet, Kerguelen et Saint-Paul et Amsterdam, soit une superficie totale protégée de 1 662 766 km<sup>2</sup>.</b></p>
<p><b>Caractéristiques principales du milieu terrestre</b></p>	<p>Les écosystèmes terrestres sont déterminés par leur origine océanique, leur isolement extrême, leurs caractéristiques géologiques et les contraintes climatiques particulières (notamment vents forts et températures constamment basses) qui y règnent. Ils sont composés d'<b>habitats originaux</b> abritant une <b>flore</b> et une <b>faune terrestres spécifiques</b> qui présentent des adaptations originales et un <b>endémisme prononcé</b> dans certains groupes. En particulier, on dénombre dans l'ensemble des Terres australes françaises <b>36 espèces de flore native. Concernant les insectes, on trouve une cinquantaine d'espèces natives pour l'archipel de Crozet, une trentaine d'espèces pour la l'archipel de Kerguelen et 23 espèces endémiques à Saint-Paul et/ou Amsterdam.</b></p> <p>En dehors des invertébrés, ces écosystèmes présentent peu de prédateurs et d'herbivores (<b>écosystèmes disharmoniques</b>). Les <b>changements climatiques</b>, mais aussi la <b>présence d'espèces introduites</b>, avec une centaine d'espèces de plantes, une quarantaine d'espèces d'invertébrés et de quelques espèces de vertébrés (rongeurs, lapin de garenne, chat haret, rennes) menacent cependant l'originalité de ces écosystèmes.</p>

<p><b>Caractéristiques principales du milieu marin</b></p>	<p><b><u>Milieu pélagique</u></b></p> <p>Les ZEE australes constituent des zones de <b>croisement des fronts polaire, subantarctique et subtropical</b>. Ils conditionnent la délimitation de zones océaniques, les zones subantarctique et subtropicale, ainsi que la répartition des espèces associées.</p> <p>Elles présentent globalement une <b>forte productivité primaire</b> dans une <b>zone relativement pauvre en fer et en nutriments</b>, ce qui constitue la base d'un réseau trophique riche et complexe.</p> <p>Du fait des <b>changements globaux</b>, ces fronts se déplacent, ce qui modifie les dynamiques des masses d'eaux autour des îles et engendre des changements de température, de salinité et de composition des nutriments des eaux côtières. Les effets induits de ces changements contribuent au déplacement de zones fonctionnelles associées aux espèces marines (zones d'alimentation et de reproduction notamment).</p> <p><b><u>Milieu benthique</u></b></p> <p>Le <b>niveau bathymétrique</b> et la <b>composition du substrat</b> conditionnent la répartition des espèces et des habitats. Au sein des milieux benthiques se distinguent les <b>milieux côtiers</b>, riches et bien étudiés, et les <b>milieux profonds</b>, vulnérables et difficiles d'accès. Une forte diversité et abondance de taxons indicateurs d'<b>Écosystèmes Marins Vulnérables (EMV)</b> est observée dans différents secteurs de Crozet et Kerguelen. Des zones fonctionnelles essentielles pour les espèces marines ont été identifiées, en particulier des zones de frayères et de nurserie pour les poissons démersaux.</p> <p>Tout comme pour le milieu pélagique, les <b>changements globaux</b> et <b>l'acidification des océans</b> pourraient affecter les espèces et habitats benthiques de ces zones. Par ailleurs, un <b>encadrement strict de la pêche</b> et de ses pratiques est impératif pour limiter les impacts de cette activité sur ces milieux fragiles.</p>
<p><b>Caractéristiques principales liées aux oiseaux et mammifères marins</b></p>	<p>Les Terres australes françaises constituent le «<b>poumon de l'avifaune de l'océan Indien</b> » avec <b>47 espèces d'oiseaux</b> se reproduisant régulièrement dans ces îles dont <b>4 espèces endémiques</b>. <b>14 d'entre elles sont classées "menacées" selon la Liste rouge des TAAF de l'IUCN</b>. L'archipel de Crozet héberge notamment la plus grande colonie de manchots royaux au monde.</p> <p>Les Terres australes abritent également des populations de mammifères marins : <b>3 espèces de pinnipèdes</b>, dont la 2<sup>ème</sup> population d'éléphants de mer au niveau planétaire, et <b>6 espèces de cétacés</b>, dont l'endémique dauphin de Commerson.</p> <p>Les ZEE australes et plus globalement le sud de l'océan Indien représentent de <b>vastes zones d'alimentation</b> pour ces espèces marines, ce qui justifie l'importance de considérer les enjeux de conservation à large échelle.</p> <p>Les <b>actions garantissant le maintien de leur population</b> comprennent la réduction des prises accessoires et des enchevêtrements, la lutte contre les espèces introduites et les pathogènes, le maintien des ressources trophiques et l'évaluation de leur résilience et de leur adaptation face aux changements globaux.</p>

<p><b>Contexte socio-économique et usages en lien avec le milieu terrestre</b></p>	<p>Le <b>tourisme</b> est la seule activité économique qui a lieu sur le territoire terrestre des Terres australes françaises. En moyenne, ce sont 12 touristes qui, à chaque rotation du Marion Dufresne, débarquent sur Crozet, Kerguelen et Amsterdam. Accompagnés par le responsable tourisme et un agent de la Réserve naturelle, ils peuvent découvrir les bases et le terrain lors de sorties organisées et encadrées.</p> <p>L'essentiel des activités humaines ayant cours au sein de la partie terrestre de la Réserve concerne la recherche scientifique, la gestion des bases ou l'activité même de la Réserve naturelle. Les bases scientifiques et sites isolés permettent aux scientifiques et aux agents de la Réserve de mener à bien leurs opérations de recherche et de gestion. Les activités de recherche scientifique sont coordonnées et soutenues par l'Institut polaire français Paul-Emile Victor (IPEV).</p>
<p><b>Contexte socio-économique et usages en lien avec le milieu marin</b></p>	<p>La <b>pêche</b> constitue la principale activité économique des TAAF dans les ZEE australes. 2 pêcheries principales s'y développent:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la pêche palangrière à la légine à Crozet et à Kerguelen, qui sont toutes les deux certifiées MSC (Marine Stewardship Council) ;</li> <li>- la pêche à la langouste et aux poissons de Saint Paul et Amsterdam.</li> </ul> <p>Sur la base des recommandations du MNHN, une pêche au chalut pélagique du poisson des glaces est réouverte à Kerguelen depuis 2015.</p> <p>Ces pêcheries s'appuient sur un modèle de gestion durable des ressources halieutiques porté par l'administration des TAAF. Des prescriptions techniques visant à encadrer l'exercice de la pêche australe sont prises chaque année par arrêté préfectoral, tout comme les Totaux Admissibles de Captures (TAC), définis pour chacune des pêcheries et par ZEE sur la base des recommandations scientifiques du MNHN. Un système de contrôle et de suivi rigoureux des pêcheries, via la tenue de carnet de pêche et la présence de contrôleurs de pêche (COPEC), est également mis en œuvre. Toutes ces mesures, qui constituent la base d'une gestion écosystémique des pêches, permettent aux pêcheries australes des TAAF d'être reconnues et intégrées au système de gestion des pêcheries de la CCAMLR.</p> <p>En parallèle, les TAAF déploient un certain nombre de moyens à la mer pour les activités logistiques, de recherche et de gestion (Marion Dufresne, Curieuse, chaland, semi-rigide de la Réserve, etc.), ainsi que pour la surveillance de la zone.</p> <p>Les autres activités économiques (trafic maritime, plaisance, autres activités industrielles) sont en revanche très limitées.</p>

<p><b>Facteurs d'influence</b></p>	<p>Les facteurs d'influence sont les menaces potentielles ou les facteurs favorables pouvant influencer l'état de conservation des enjeux recensés au sein de la Réserve.</p> <p>Ont été identifiés comme facteurs d'influence :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les <b>espèces introduites</b>, dont la présence fragilise les habitats originels et les espèces natives de flore, d'invertébrés et d'oiseaux marins ;</li> <li>- <b>l'ancienne exploitation économique des îles</b>, qui a eu pour conséquence la diminution de la démographie des populations de mammifères marins (pinnipèdes, cétacés) et de manchots royaux. Aujourd'hui, si les populations d'éléphants de mer du sud et de manchots royaux se sont reconstituées, les populations d'otaries à fourrure de Kerguelen et d'Amsterdam restent diminuées mais se reconstituent progressivement ;</li> <li>- la <b>présence des bases et des sites isolés</b>, qui tendent à artificialiser le milieu et qui constituent un facteur de risque pour l'environnement (gestion des déchets, approvisionnement en hydrocarbures, éclairages, etc.);</li> <li>- La <b>logistique et les moyens associés</b> (navires, matériels roulants, hélicoptères), qui sont générateurs de nuisances pour la faune et la flore (pollutions et rejets divers issus des navires, bruit, écrasement de la flore, risque de collision, etc.), de modification des milieux (risques d'érosion, destruction et modification des communautés végétales sensibles, dégradation des écosystèmes terrestres et marins, etc.) et d'introduction et/ou de dispersion d'espèces exotiques ;</li> <li>- La <b>recherche scientifique et les activités de gestion</b>, qui peuvent contribuer à l'introduction et/ou la dispersion d'espèces exotiques, au dérangement d'espèces, ou avoir un impact physique sur les milieux ;</li> <li>- La <b>pêche</b>, qui cible des espèces d'intérêt commercial (légine, langouste, poisson des glaces) et qui présente des risques : altération du benthos par les engins de pêche, capture accessoires et accidentelles, mortalité aviaire, etc. ;</li> <li>- Le <b>tourisme</b>, dont la fréquentation répétée des sites peut entraîner un certain nombre de perturbations (piétinement, dérangement des espèces, etc.) et qui peut être vecteur d'introduction d'espèces et/ou de dispersion d'espèces exotiques sur les îles ;</li> <li>- Les <b>changements globaux</b>, qui sont susceptibles de modifier les fronts polaires et déplacer les zones d'alimentation des oiseaux et mammifères marins, tout en modifiant les habitats terrestres.</li> </ul>
------------------------------------	--

<p><b>Cadre institutionnel</b></p>	<p>Un certain nombre de conventions internationales ayant pour objet la protection ou la gestion de la biodiversité s'applique aux Terres australes françaises et à leurs ZEE (CITES, CMS, ACAP, CBI, CCAMLR, etc.).</p> <p>En sus de cette législation internationale, la réglementation au sein de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises est avant tout régie par le décret n°2006-1211 modifié portant création puis extension et modification de la réglementation de la Réserve. Elle est complétée par des arrêtés adoptés chaque année et au cas par cas par le Préfet, administrateur supérieur des TAAF.</p>
<p><b>Éléments justifiant le classement de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises</b></p>	<p>Huit éléments justifient le classement de la réserve naturelle nationale :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>une diversité spécifique des communautés animales et végétales réduite</b> au regard de celle de zones continentales proches, <b>mais une très forte abondance et une grande diversité d'oiseaux et de mammifères marins</b>;</li> <li>- <b>une forte originalité de la biologie des espèces animales et végétales marines et terrestres</b>, ainsi que du fonctionnement de leurs écosystèmes, notamment à Crozet et Kerguelen ;</li> <li>- une <b>production primaire marine élevée, faisant de ces espaces de véritables « oasis »</b> au coeur de l'océan Austral;</li> <li>- <b>le développement d'adaptations spécifiques des organismes à leur environnement</b> terrestre ou marin (morphologique, physiologique, comportementale, etc.) ;</li> <li>- <b>un fort taux d'endémisme</b> strict (le <i>Lyallia</i> de Kerguelen par exemple) ou régional (le chou de Kerguelen - <i>Pringlea antiscorbutica</i>, la mouche aptère- <i>Anatalanta aptera</i>, etc.) ;</li> <li>- <b>l'absence de certains groupes fonctionnels et de taxons majeurs</b> (poissons d'eau douce, amphibiens et reptiles, mammifères terrestres, végétaux ligneux à l'exception du <i>Phyllica arborea</i> de l'île Amsterdam, etc.), qui constitue un phénomène de " disharmonie " ;</li> <li>- <b>des chaînes trophiques simplifiées mais des réseaux trophiques riches et originaux</b> ;</li> <li>- Une <b>forte relation entre les écosystèmes marins et terrestres</b>.</li> </ul>

<p><b>Éléments justifiant l'extension de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises</b></p>	<p><b>Quatre éléments justifient l'extension en mer de la réserve naturelle :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>le maintien des fonctionnalités écologiques marines</b> qui structurent tout le réseau trophique des Terres australes et la présence de l'ensemble des zones fonctionnelles marines essentielles pour les espèces se reproduisant en milieu terrestre;</li> <li>- <b>la préservation de la richesse du patrimoine naturel marin</b>, qui s'illustre tant par la diversité des habitats que par l'abondance des espèces marines, en particulier des espèces patrimoniales et endémiques strictes ou régionales ;</li> <li>- <b>la mise en place d'un cadre reconnu et de moyens pour améliorer les connaissances sur les milieux marins subantarctiques</b>, tout en s'assurant de la prise en compte de ces enjeux dans les orientations de gestion ;</li> <li>- la contribution qu'offre la mise en place d'une grande réserve marine à <b>la santé globale des océans et au cycle de régulation du carbone à l'échelle mondiale.</b></li> </ul>
<p><b>Enjeux de conservation</b></p>	<p>Sept enjeux de conservation propres à la Réserve naturelle ont été identifiés par le gestionnaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le caractère sauvage des Terres australes françaises (enjeu 1) ;</li> <li>- Le bon état de préservation des écosystèmes terrestres austraux (enjeu 2) ;</li> <li>- Des écosystèmes marins austraux riches et diversifiés (enjeu 3) ;</li> <li>- De fortes concentrations d'oiseaux et mammifères marins (enjeu 4) ;</li> <li>- Des populations d'espèces marines exploitées de manière durable (enjeu 5) ;</li> <li>- Un territoire sentinelle, laboratoire et observatoire de la biodiversité et des changements globaux (enjeu 6) ;</li> <li>- Un patrimoine culturel unique (enjeu 7).</li> </ul>

# I. Informations générales sur la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises

La réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, créée en 2006, a été étendue en décembre 2016. Elle est aujourd'hui la plus grande réserve de France et l'une des plus grandes aires marines protégées au monde. Ce chapitre vise à définir le cadre géographique, administratif, budgétaire et historique de cette Réserve, dont l'éloignement de toute terre habitée crée des conditions particulières pour le gestionnaire.

## I.A. Cadre géographique



Carte 1. Localisation des Terres australes françaises

Les Terres australes françaises, composées des archipels de Crozet, Kerguelen, des îles Saint-Paul et Amsterdam, et de leurs Zones Economiques Exclusives (ZEE), définies respectivement par les décrets n°2017-366, n°2017-368 et n°2017-367 du 20 mars 2017, sont situées dans le sud de l'océan Indien, à plus de 12 000 kilomètres de la métropole et à plus de 2000 km de tout continent. Elles s'échelonnent entre la zone subantarctique avec Crozet (46°25'S, 51°45'E) et Kerguelen (49°S, 70°E), et la zone subtropicale avec Saint-Paul et Amsterdam (37°50'S, 77°30'E), ce qui constitue **le plus grand gradient latitudinal français** pour un même territoire.

Les îles australes françaises sont parmi **les plus isolées au monde**. L'île de la Réunion, à l'est de Madagascar, est le territoire français qui en est le plus proche : Crozet en est distant de 2860 km, Kerguelen

de 3490 km et St-Paul et Amsterdam de 2880 km. Cet isolement explique pourquoi Kerguelen et Crozet n'ont été découvertes qu'en 1772. Quant à Amsterdam et Saint-Paul, leur position géographique leur assura bien plus tôt la visite de l'Homme. Ces îles furent découvertes par Del Cano en 1522, le premier débarquement connu étant le fait de Vlaming en 1696. Elles se trouvent en effet sur la ligne orthodromique - le "Grand Cercle" - qui relie l'Afrique du Sud à l'Australie, une route privilégiée par le régime saisonnier des vents. Saint-Paul, du fait de son extraordinaire port naturel - un cratère volcanique immergé - reçut la visite de l'Homme après son ouverture suite à violente tempête postérieure à la découverte l'île.

### I.A.1. L'archipel de Crozet

Découvertes en 1772, **les îles Crozet** (latitude 45° 45' - 46°30'S ; longitude 50° - 52° 30'E) couvrent une surface d'environ 500 km<sup>2</sup>. Elles sont composées de deux principaux groupes d'îles distants d'une centaine de kilomètres. Elles sont reliées entre elles par un plateau péri-insulaire de près de 15 000 km<sup>2</sup>, dont une partie est comprise dans la Réserve naturelle.



Carte 2. Géographie de l'archipel de Crozet

Le groupe des îles de l'Ouest est formé du nord au sud par :

- **les îlots des Apôtres**, constitués d'une île principale (environ 2km<sup>2</sup> et 200m d'altitude) et d'une île plus petite, ainsi que d'une dizaine d'îlots rocheux ;
- **l'île aux Cochons**, qui est la plus grande du groupe (environ 65km<sup>2</sup>) et qui présente une forme conique typique d'un volcan (900m d'altitude) ;
- **l'île aux Pingouins**, qui est étirée sur 5km et haute de 420m en son sommet au Mont des Manchots (Dreux et al. 1988).

Le groupe des îles de l'Est est formé de deux plus grandes îles :

- **l'île de la Possession**, qui a la forme d'un rectangle de 18 x 12km et dont le sommet, le pic du Mascarin, atteint 934m. La base Alfred Faure se situe sur la côte est de cette île ;
- **l'île de l'Est**, située à une vingtaine de kilomètres à l'est de l'île de la Possession, mesure environ 17km de long pour 10km de large et culmine à 1050m.



### I.A.2. L'archipel de Kerguelen

L'archipel Kerguelen, découvert lui aussi en 1772, est composé d'une grande île extrêmement découpée et de plus de 300 îles et îlots couvrant une superficie totale de 7200 km<sup>2</sup> avec 2 800 km de côtes. D'origine principalement volcanique, les îles ont un contour découpé et un relief très escarpé. Les îles Kerguelen sont entourées d'un vaste plateau continental de 100 495 km<sup>2</sup> dont la largeur varie de 25 milles à l'est, à près de 120 milles au nord-ouest. **C'est le plateau péri-insulaire le plus important et donc la plus grande zone de pêche de l'océan Austral.**



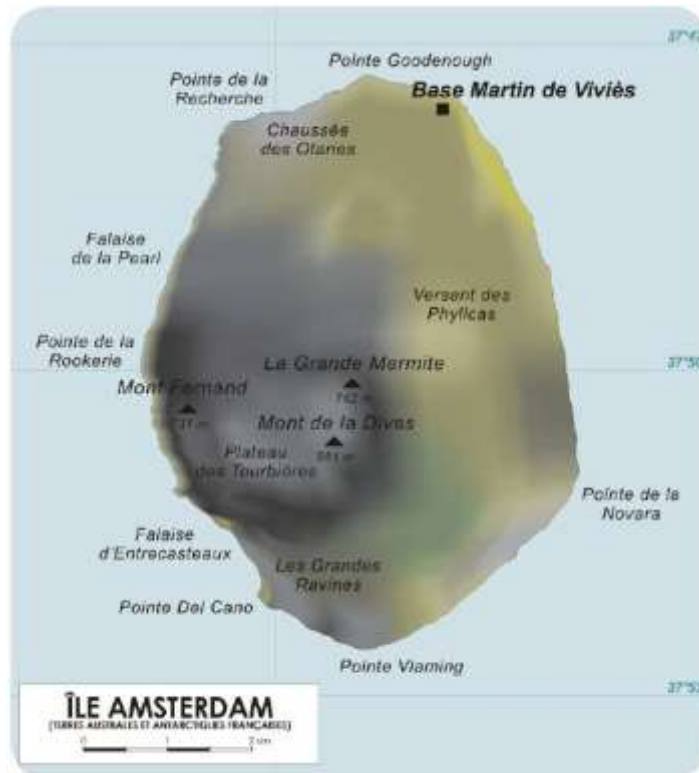
Carte 3. Géographie de l'archipel de Kerguelen

L'île principale, la « Grande Terre », est extrêmement découpée. Elle représente 6700km<sup>2</sup> à elle seule. Plus de 300 îles et îlots, écueils et brisants divers complètent l'archipel, qui s'étendent sur 500 km<sup>2</sup>. Les paysages sont très variés, comprenant une vaste calotte glaciaire à Cook, des zones plates et marécageuses sur la péninsule Courbet, le Golfe du Morbihan où se situe la base de Port-aux-Français, de nombreux sommets de plus de 1000m (le Mont Ross atteint 1850m) qui dominent des plateaux basaltiques étagés entre 200 et 800 m d'altitude et de nombreuses vallées en auge.

### I.A.3. Les îles de Saint-Paul et Amsterdam

**Les îles Amsterdam** (latitude 37° 50'S ; longitude 77°31'E) et **Saint-Paul** (latitude 38° 43'S ; longitude 77° 32'E) ont quant à elles été découvertes dès le XVIème siècle. **Elles sont les seules îles subtropicales de l'océan Indien.** Elles sont le pendant des îles Juan Fernandez dans le Pacifique Sud et des îles Tristan da Cunha en Atlantique Sud.

**L'île Amsterdam** est la plus septentrionale des deux. Elle s'étend sur environ 9km par 7km, soit environ 55km<sup>2</sup>, et elle est dominée par le mont de la Dives, qui s'élève à 881 mètres d'altitude. La station permanente de Martin de Viviès se situe au nord de l'île.



Carte 4. Géographie de l'île d'Amsterdam

**L'île Saint-Paul**, de forme globalement triangulaire d'environ 8 km<sup>2</sup>, se situe à 90 km au sud de l'île Amsterdam. Il s'agit d'une caldeira envahie par la mer suite à l'effondrement de toute la partie est de l'île.



Carte 5. Géographie de l'île de Saint-Paul



Photo 1. Vue aérienne de l'île Saint Paul

## I.B. Cadre administratif et budgétaire : les Terres australes et antarctiques françaises

La réserve naturelle nationale des Terres australes françaises est administrée par l'administrateur supérieur des Terres Australes et Antarctiques Françaises, collectivité d'Outre-Mer de l'Etat Français. Le cadre administratif et financier de la Réserve s'inscrit dans celui de cette collectivité.

### I.B.1. Cadre administratif

Les Terres Australes et Antarctiques Françaises, créées en 1955, sont aujourd'hui une collectivité dite « *sui generis* », dont le modèle administratif et de gestion est unique parmi l'ensemble des collectivités et administrations françaises.

#### I.B.1.a) *Historique*

Les « possessions australes et antarctiques françaises » n'avaient aucune organisation administrative jusqu'à la signature d'un décret par le ministre des Colonies Edouard Daladier le 27 mars 1924, rattachant ces territoires au gouvernement général de Madagascar. Un projet de loi du 4 novembre 1949 visant à accorder un crédit pour une première mission de prospection concrétise l'intérêt de la France pour ces terres australes. Cette mission avait un rôle purement administratif et scientifique, notamment d'évaluer la possibilité d'installer un poste de radio-météorologique ainsi qu'un terrain d'aviation ; elle a réalisé des études géologiques générales et étudié le potentiel économique de la chasse aux éléphants de mer ou de la pêche. L'arrêté du 20 décembre 1949 pris par le Haut-Commissaire à Madagascar a érigé en district les îles de Saint-Paul, d'Amsterdam, les archipels des Kerguelen et des Crozet et celui de la Terre Adélie. Ce " district austral " est rattaché à la province de Tamatave.

Laloi du 1er mars 1950 a créé un établissement permanent sur l'île Amsterdam. Ce dernier est essentiellement une station météorologique d'observation et une station de radiotélégraphie. Pour la représentation et la logistique administrative métropolitaine, une section des Terres australes et antarctiques françaises (STAAF) a pris forme à Paris le 27 novembre 1950 et a commencé son exercice le 1er décembre 1950. Elle relevait de la direction du cabinet du ministère de la France d'outre-mer.

La loi du 6 août 1955 confère l'autonomie administrative et financière à ces territoires constitué des archipels Crozet et Kerguelen, des îles Saint-Paul et amsterdam, ainsi que la Terre Adélie, tout en leur donnant le nom actuel de« Terres australes et antarctiques françaises » (TAAF).

Les TAAF ont depuis vu leur statut se détacher du droit commun.Par le décret n°56-935 du 18 septembre 1956 les ministères de la France d'outre-mer et des Affaires économiques et sociales ont défini l'organisation administrative des Terres australes et antarctiques françaises.La loi constitutionnelle du 28 mars 2003 leur a ensuite accordé un régime à part au regard de l'organisation administrative de l'Etat, distinct de celui des autres collectivités territoriales ultramarines.

La loi du 28 mars 2003 a inséré dans la Constitution une disposition spécifique aux TAAF. Le dernier alinéa de l'article 72-3 dispose ainsi que « la loi détermine le régime législatif et l'organisation particulière des Terres australes et antarctiques françaises ». Les TAAF n'ont ainsi pas suivi le même chemin que les autres anciens TOM (Polynésie, Wallis-et-Futuna), requalifiés par la loi de 2003 en collectivités d'outre-mer (COM). Les TAAF constituent désormais une collectivité *sui generis* car elles n'entrent dans aucune catégorie juridique des collectivités existantes et bénéficient de la spécialité législative.Par l'arrêté du 3 janvier 2005, l'administration des îles Eparsesde l'océan Indien est également confiée au préfet, administrateur supérieur des Terres australes et antarctiques françaises, et ces îles constituent le 5<sup>ème</sup> district des TAAF depuis la loi 2007-224 du 21 février 2007.

### *I.B.1.b) Présentation du cadre administratif actuel*

**En l'absence de population permanente, les TAAF ne disposent pas d'un conseil élu et ne peuvent pas être soumises aux mêmes règles que les départements et collectivités d'outre-mer.** Elles sont donc placées sous administration directe de l'Etat, leur régime étant fixé par la loi simple. La loi du 21 février 2007 a achevé le processus initié par la révision constitutionnelle du 28 mars 2003, en affirmant explicitement leur personnalité morale. Les TAAF constituent donc bien une entité distincte de l'Etat.

Le représentant de l'Etat dans les Terres australes françaises, préfet qui possède le titre d'administrateur supérieur, est qualifié de « chef du territoire ». L'administrateur supérieur exerce donc à la fois les missions de représentation de l'Etat, de direction et d'administration du territoire, tel un pouvoir exécutif comme précisé dans le décret n° 2008-919 du 11 septembre 2008 (Cf. Annexe XXX).

**Il est assisté dans ses fonctions de deux instances consultatives : le Conseil consultatif (CC),** qui est un organe d'aide à la décision dans les domaines relatifs à la gestion économique, financière et fiscale du territoire (budget, création ou modification des taxes et autres impôts locaux, demandes de concessions et d'exploitation), **et le Comité de l'Environnement Polaire (CEP),** qui délivre un avis scientifique sur l'ensemble des activités ayant cours dans les Australes et en Antarctique.

Fixé par le décret n°2008-919 du 11 septembre 2008, **le Conseil consultatif** est composé de 11 titulaires et 11 suppléants nommés pour cinq ans, sur proposition des ministres en charge de l'outre-mer, l'environnement et la pêche, la recherche et l'enseignement supérieur, la défense, l'agriculture et les affaires étrangères et européennes. Il comprend également 2 députés et 2 sénateurs désignés pour la durée de leur mandat parlementaire par les présidents de l'Assemblée nationale et du Sénat.

Le CC est systématiquement informé des projets de programmes scientifiques dans les TAAF. Son rôle reste cependant consultatif (aucune procédure d'avis conforme n'existe). Il peut être saisi par le ministre chargé des Outre-mer ou par l'administrateur supérieur sur toutes les questions intéressant le territoire. En cas de litige judiciaire entre l'Etat et le territoire, ce dernier est représenté en justice par le président du CC.

Ce comité se réunit en général deux fois par an. Pour des raisons pratiques, il se réunit à Paris bien que le siège des TAAF soit situé à La Réunion.

L'actuel Conseil consultatif a été nommé le 28 avril 2017 et est présidé par M. Claude BACHELARD, ancien médecin chef des Terres australes et antarctiques françaises. La composition de ce Conseil ainsi que des CC antérieurs sont consultables en annexes.

Par ailleurs, fixé par le décret n°2002-496 du 9 avril 2002 modifiant le décret n°93-740 du 29 mars 1993, **le Comité de l'Environnement Polaire** est composé d'un président et de dix personnalités choisies en raison de leurs compétences dans les domaines scientifique, technologique et environnemental. L'ensemble des membres sont nommés pour quatre ans par arrêté du Premier ministre et leur mandat est renouvelable une fois. Parmi les dix membres du CEP, deux sont nommés sur proposition du ministre chargé des affaires étrangères, deux sur proposition du ministre chargé des départements et des territoires d'outre-mer, deux sur proposition du ministre chargé de la recherche et deux sur proposition du Conseil national de la protection de la nature (CNP).

Le CEP est consulté sur les programmes d'activités, les grands projets et les études d'impact concernant toutes les activités humaines dans les zones polaires et subantarctiques. Il assure dans ces zones une surveillance régulière et continue des activités humaines et il est saisi des plans d'urgence et des rapports d'inspection.

Le Comité de l'environnement polaire, actuellement présidé par Henri Weimerskirch, directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique, sera renouvelé pour la période 2018 – 2022 le 29 septembre 2017. La composition de ce Comité, ainsi que des CEP antérieurs sont consultables en annexes.

**Le Conseil consultatif des TAAF assure également le rôle de Comité consultatif de la réserve naturelle nationale des Terres australes, tandis que le CEP assure le rôle de Conseil scientifique de la Réserve, comme le prévoit le décret n°2006-1211 portant création de cette Réserve (cf. partie I.C.3) b) i.**

#### I.B.1) b) i. Le siège des TAAF et le bureau annexe

Les services des TAAF sont organisés par l'arrêté du préfet des TAAF n°2016-49 du 10 août 2016. Représentés dans l'organigramme en annexe, les services, placés sous l'autorité du secrétaire général, sont succinctement décrits ci-dessous :

- **Une direction des affaires administratives et financières**, chargée de la gestion des budgets principal et annexe, ainsi que de la gestion des personnels. Elle se compose :
  - d'un service du budget et des finances qui a la responsabilité de l'exécution du budget territorial, ainsi que de la gestion des boutiques et du tourisme dans les TAAF ;
  - d'un service des ressources humaines ;
  - la gestion du courrier et des archives est rattachée à la direction.
- **Une direction des pêches et des questions maritimes**, chargée du suivi des organisations régionales de pêche et de la coopération régionale de pêche. Elle élabore la stratégie maritime des TAAF, assure la gestion des pêcheries des TAAF, apporte l'expertise maritime pour la gestion des moyens nautiques des TAAF. Elle est organisée en deux pôles, en charge respectivement de la politique de la pêche et des questions maritimes.
- **Une direction de l'environnement**, chargée de la mise en œuvre de la politique environnementale des TAAF et de l'encadrement des activités de recherche dans les îles Eparses. Elle assure en outre la gestion de la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises et, conjointement avec l'Agence française de la biodiversité, la gestion du Parc naturel marin des Glorieuses. Elle apporte un appui technique et scientifique sur les activités en Antarctique.  
Elle se subdivise en trois services :
  - le service marin de la Réserve naturelle ;
  - le service terrestre de la Réserve naturelle ;
  - le service de la préservation et de la valorisation des îles Eparses.
- **Une direction des services techniques**, chargée du fonctionnement technique des bases australes et de la logistique des TAAF, notamment l'élaboration du calendrier du *Marion Dufresne*.  
Elle se compose de deux services :
  - Infrastructures, énergie, parc automobile, télécom, service intérieur ;
  - logistique et approvisionnement.
- **Un service des affaires juridiques et internationales**, chargé du suivi du système du Traité sur l'Antarctique, du suivi des affaires en relation avec l'Union européenne dans le cadre des dossiers de financements européens, du suivi juridique de la coopération internationale et régionale, et de la coordination des dossiers miniers. Il apporte l'expertise et le conseil juridique auprès des directions et services des TAAF et des districts.
- **Un service médical**, chargé de la sélection et du suivi médical du personnel des bases. Il est responsable de la conception et de la gestion des moyens médicaux, ainsi que de l'action sanitaire dans les districts.
- **Un service de la poste et de la philatélie**, chargé de l'émission et de la conception des timbres propres aux TAAF (régie).

Le siège des Terres australes et antarctiques françaises est installé depuis 2001 à **Saint-Pierre**, dans le département d'outre-mer de la Réunion, où il regroupe près de 60 personnes. Il accueille le **bureau du Préfet**, le **Secrétariat général** et différentes directions techniques et administratives que sont la **Direction des affaires administratives et financière (DAAF)**, la **Direction des services technique (DST)**, la **Direction de l'Environnement (DE)**, la **Direction des pêches et des questions maritimes (DPQM)**, le **Service des affaires juridiques et internationales (SAJI)**, le **Service sécurité et prévention (SSP)** et une partie du **Service médical (SM)**. L'antenne parisienne des TAAF abrite quant à elle l'autre partie du Service médical, et le Service de la poste et de la philatélie (SPP).

#### I.B.1) b) ii. Les districts

**Les territoires des Terres Australes et Antarctiques Françaises sont organisés en cinq districts** : le district de la Terre Adélie, qui se situe en Antarctique, ceux des Terres australes, implantées au cœur de l'océan du même nom, et celui des île Eparses qui est en milieu tropical.

Les Terres australes françaises, quant à elles, sont constituées de trois districts : le **district de l'archipel de Crozet, celui de l'archipel de Kerguelen, et celui de Saint-Paul et Amsterdam**.

Tous ces districts, à l'exception de celui des îles Eparses, sont gérés par un chef de district, renouvelé chaque année. **Les chefs de district** sont les représentants du préfet des TAAF dans les différents territoires qui composent la collectivité. Ils sont nommés par le préfet ; leur rôle prioritaire est de diriger les bases australes et antarctiques et, pour les districts austraux, de mettre en œuvre ledécret n°2006-1211 modifié portant création et extension de la Réserve naturelle. Dans ces districts, le chef de distict est également le garant de la mise en œuvre du plan de gestion de la Réserve et il veille au respect des autorisations délivrées aux scientifiques. En liaison permanente avec les services centraux des TAAF installés à St-Pierre de la Réunion, qui leur apportent le soutien juridique, administratif, social ou technique nécessaire, ils y assurent, par délégation du préfet des TAAF, des **missions de souveraineté et de suivi de la bonne exécution des programmes logistiques, scientifiques et de préservation de l'environnement**. Sur chaque district, l'importance du personnel varie selon les saisons et les sites, allant d'environ 20 personnes à Amsterdam à plus de 100 personnes sur Kerguelen.

#### I.B.2. L'autonomie budgétaire des TAAF

Le budget des TAAF est adossé depuis 2015 à l'instruction comptable M14, mais n'est **pas soumis aux dispositions du Code Général des Collectivités Territoriales**. **Le principe de spécialité législative de la collectivité des TAAF s'applique donc au domaine budgétaire**. L'autonomie financière permet d'organiser un budget hors du budget de l'Etat, d'en ordonnancer librement les dépenses et les recettes et, sous certaines conditions, de lever taxes et impôts directs.

La collectivité des TAAF a disposé d'un budget de 69,5 millions d'euros en 2016, dont 28,5 M€ en fonctionnement et 40,9 M€ en investissement. Les recettes propres représentent 80% des ressources des TAAF. Elles sont issues essentiellement du droit d'utilisation des domaines de pêche (34% des ressources totales collectées) et du sous-affrètement du Marion Dufresne (19%). La philatélie, quant à elle, représente 4% des recettes totales des TAAF. Cette dépendanceaux financements propres est contrebalancée parla poursuite d'une politique active de diversificationdes recettes par le biais de partenariats pourl'utilisation des infrastructures des TAAF, ou de régies de recettesdiverses, comme en matière de philatélie. Autrefois dominantes, les **dotations d'Etat sontdevenues marginales dans le budget des TAAF**. La dotation d'équilibre du ministère de l'Outre-mers'est élevée en 2016 à 4,3 millions d'euros. Hors budgetde la collectivité, deux dotations supplémentairesfinacent la collectivité en 2016 :

- les moyens du ministère de la Défense, qui sont fournis en vertu d'une convention renouvelée en 2016. 55 personnels sont ainsi répartis entre les districts, le siègeet les moyens des Forces armées de la zone sud océan indien (FAZSOI) dans les îles Eparses ;

- une dotation du ministère de l'Intérieur, qui est destinée à rémunérer 23 personnels du siège et qui s'élève à 2 millions d'euros.

Outre les personnels du Ministère de la Défense et de l'Intérieur, le ministère en charge de l'écologie finance l'équivalent de 20 agents sur le budget annexe de la Réserve naturelle, au titre du programme Biodiversité. **Ce budget « annexe »** permet d'isoler les flux financiers provenant du Ministère en charge de l'Écologie, de fonds européens et du mécénat dédié à la protection de l'environnement et à la gestion de la Réserve naturelle.

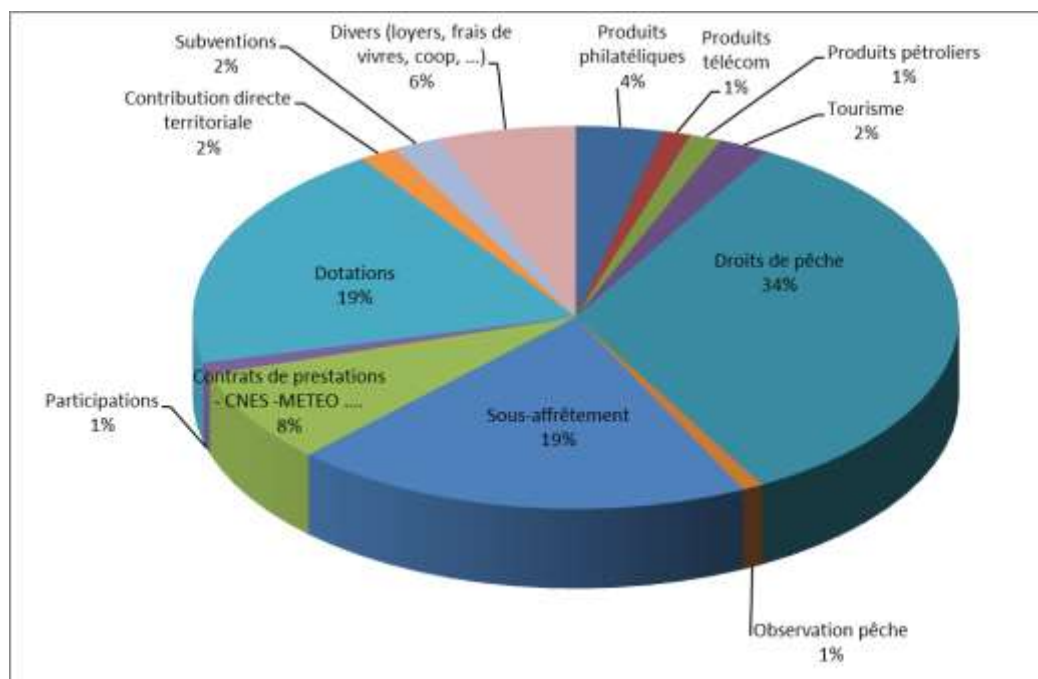


Figure 1. Répartition des ressources des TAAF en 2016

Concernant les **dépenses de fonctionnement** des TAAF, il est à noter qu'elles sont intrinsèquement liées à la structure de ce territoire spécifique réparti entre le canal du Mozambique et l'Antarctique. Pour près de 60% des dépenses, elles sont consacrées aux moyens nautiques des TAAF, principalement les postes liés aux navires ravitailleurs, le *Marion Dufresne* et l'*Astrolabe* (13,5M€), l'*Osiris* pour la surveillance des pêches (1,3M€) et les dépenses dérivées (contrôleurs de pêches : 0,6M€).

Ces dépenses, induites par les besoins en infrastructure (bases, moyens nautiques lourds), évoluent à la hausse en enregistrant parfois des accélérations difficilement maîtrisables (cours du pétrole). C'est dans ce cadre que la collectivité a pris la décision de se séparer de son navire *La Curieuse* et de diminuer sa contribution au financement du patrouilleur des affaires maritimes *Osiris*.



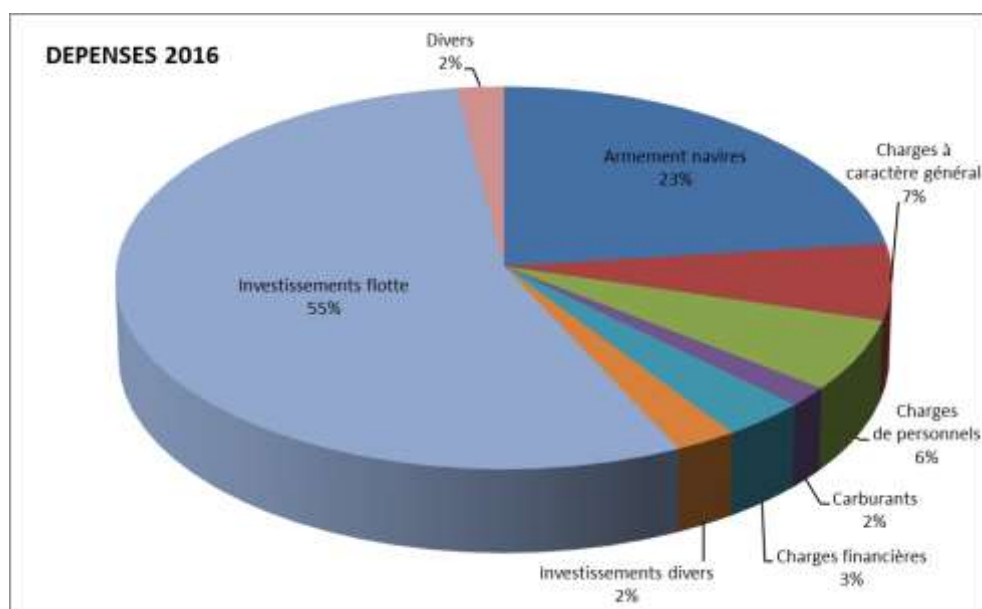


Figure 2. Répartition des dépenses des TAAF sur l'année 2016

## I.C. Description de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises et de son territoire

Les territoires des Terres australes françaises, isolés mais riches de leur biodiversité terrestre et marine, ont suscité l'intérêt de scientifiques et politiques pour qu'ils fassent l'objet d'un classement en Réserve Naturelle Nationale, dans le but de protéger son patrimoine biologique et culturel d'exception. L'historique de création de la Réserve est ici rappelé, ainsi que son périmètre actuel, ses statuts de protection et ses instances de gestion. Le bilan de l'action de la Réserve ces 10 dernières années, et plus spécifiquement développée au cours du premier plan de gestion sera enfin exposé à la fin de cette section.

### I.C.1. La création et l'extension de la Réserve naturelle

Le patrimoine biologique exceptionnel des Terres australes françaises, que ce soit au niveau terrestre et marin, a été à l'origine de la création de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises en 2006. Cela s'inscrit dans le cadre de la volonté de la France d'agir pour la protection de l'environnement, conformément à sa ratification de traités internationaux, comme celui de la Convention de Rio en 1992, celui de l'accord de Paris dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements Climatiques (CCNUCC) en 2015.

#### I.C.1.a) Historique

##### I.C.1) a) i. Création de la Réserve naturelle nationale

La France a marqué sa volonté de **préserver la diversité biologique en signant la Convention de Rio en 1992**. Il découlait de cette signature l'ambition de prendre au niveau national toutes les mesures nécessaires pour contribuer à la sauvegarde du patrimoine biologique.

Les Terres australes françaises constituent **un des derniers espaces préservés du territoire national**. L'absence d'activités économiques et de population humaine permanente faisait de ce territoire un espace **très favorable à la création d'une « réserve naturelle nationale »** : de part son caractère représentatif des

écosystèmes subantarctiques, la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises permet de contribuer à la diversité des espaces protégés en France.

Dans la continuité de la Convention de Rio et à l'issue du Conseil des Ministres du 21 septembre 1994, Michel Barnier, alors Ministre de l'Environnement, déclarait que la protection de l'environnement dans les Départements et Territoires d'Outre-mer (DOM-TOM) était la priorité du gouvernement. Il annonçait l'abandon de la piste de Terre Adélie et déclarait que les Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) constituaient une véritable "*vitrine de la France dans l'hémisphère Sud*" et ajoutait que "*notre pays se doit d'y mener une politique exemplaire en matière d'environnement*".

En décembre 1996, le Comité interministériel de l'environnement polaire (CEP), alors présidé par Paul Tréhen, **recommande la création d'une réserve naturelle des Terres australes françaises**. La volonté d'accorder un statut protecteur au niveau national à ce territoire était fortement appuyé par la communauté scientifique, alors représentée par Pierre Jouventin.

**C'est finalement par le décret n°2006-1211 du 3 octobre 2006, paru au Journal officiel le lendemain, qu'a été instituée la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises.** Il s'agit d'une réserve naturelle nationale (RNN) englobant l'ensemble des parties terrestres des îles subantarctiques françaises (archipels de Crozet et Kerguelen, îles Saint-Paul et Amsterdam) qui s'étendent sur une surface d'environ 7 700 km<sup>2</sup>, auxquelles s'ajoutent 15 700 km<sup>2</sup> de domaine maritime. **La richesse biologique, les fortes abondances d'oiseaux et de mammifères marins, l'isolement extrême, mais aussi la très forte influence de l'océan sur l'originalité des écosystèmes terrestres** (avec l'origine quasi exclusivement marine des entrées d'éléments dans les systèmes terrestres via les aérosols ou les vertébrés marins) ont été à **l'origine du classement en réserve naturelle**. En effet, les eaux associées à ces îles sont particulièrement productives et par conséquent riches en espèces pélagiques (crustacés, calmars, poissons, etc.), qui elles-mêmes alimentent oiseaux marins, cétacés et pinnipèdes (otaries, éléphants de mer).

La Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises **densifie alors le dispositif de protection** de la biodiversité dans la zone sud de l'océan Indien, au même titre que le Parc national de La Réunion (créé en 2007), le Parc naturel marin de Mayotte (2010), le Parc naturel marin des Glorieuses (2012) ou la réserve naturelle nationale marine de La Réunion (2007). Elle vise à donner aux TAAF les moyens de **protéger les milieux marins, terrestres ainsi que les espèces dépendant de ces territoires** (cf. partie I.C.1.b)).

I.C.1) a) ii. Extension de la Réserve naturelle nationale et mise en place d'un périmètre de protection

Suite aux **travaux d'écorégionalisation** menés par les scientifiques français dans le cadre de la Convention sur la conservation de la faune et de la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR) depuis 2010 (cf. partie II.E.2.c)) et grâce à la **loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages du 8 août 2016**, qui permet la création de réserves naturelles au-delà des eaux territoriales dans la limite des 200 miles nautiques, **l'extension de la partie marine de la réserve naturelle dans les Zones Économiques Exclusives a pu être confirmée**. Cette extension avait été annoncée au préalable par la Ministre en charge de l'Écologie, Mme Ségolène Royal, en marge de la 21<sup>ème</sup> Conférence sur le Climat fin 2015.

Grâce au **décret n°2016-1700 du 12 décembre 2016 portant extension et modification de la réglementation de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises**, la surface de la Réserve naturelle a été étendue à **672 979 km<sup>2</sup>**. Cette superficie, qui dépasse largement la taille de la France hexagonale (551 695 km<sup>2</sup>), **dote alors la France de la 6<sup>ème</sup> plus grande aire marine protégée (AMP)<sup>1</sup> au monde**. Ce classement permet par ailleurs à notre pays d'atteindre ses engagements internationaux et

---

<sup>1</sup>Après celle d'Hawaï (US) d'1 500 000 km<sup>2</sup>, annoncé tout récemment par le président Obama, le parc naturel marin de la Mer de Corail en Nouvelle-Calédonie d'1 000 000 km<sup>2</sup>, celle des îles Pitcairn (UK) de 834 000 km<sup>2</sup>, celle de l'île de Pâques (Chili) de plus de 630 000 km<sup>2</sup> et celle de Kermadec (NZ) de 620 000 km<sup>2</sup>.

nationaux<sup>2</sup> en matière de couverture de son territoire par des aires marines protégées puisqu'il porte à **22% (au lieu de 16,52%) le total des eaux françaises classées en AMP**, soit un peu plus que l'objectif national de 20% d'ici 2020.

Par ailleurs, sur la volonté du préfet, administrateur supérieur des TAAF, et en réponse aux recommandations exprimées par la Ministre en charge de l'Ecologie, Mme Ségolène Royal, l'extension de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises s'est accompagnée le **31 mars 2017 d'un périmètre de protection institué par le préfet autour de la Réserve naturelle.**

**Ce périmètre couvre l'ensemble des Zones Économiques Exclusives australes de Crozet, de Kerguelen et de Saint-Paul et Amsterdam.** Il prévoit que les dispositions du décret n°2006-1211 modifié, relatives aux instances de gestion de la Réserve, ainsi que celles touchant la réglementation environnementale et la gestion des pêcheries au sein de la partie marine de cette Réserve, s'appliquent jusqu'aux limites extérieures des ZEE australes françaises. Par ailleurs, il encourage le développement de programmes d'amélioration de la connaissance sur les milieux marins, conformément aux recommandations formulées par le Conseil scientifique de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises et le Conseil national de la protection de la nature (CNPN) lors de la consultation sur l'extension de la Réserve.

**Avec une superficie de 1 662 766 km<sup>2</sup>, la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises et son périmètre de protection deviennent alors la plus grande zone de protection marine au monde**, couvrant ainsi 15% des ZEE françaises.

La **continuité écologique** qu'apportent l'extension de la Réserve, puis le périmètre de protection, avec l'AMP de Heard Mc Donald (Australie) sur le plateau de Kerguelen, ainsi qu'avec une partie du plateau Del Cano-Crozet qui comprend les AMP de Marion Prince Edwards (Afrique du Sud) et Crozet (France), offre à cette réserve un positionnement international sans précédent. Ils placent alors la France comme un acteur incontournable de la mise en place et de l'élaboration d'une stratégie concertée en faveur d'un réseau d'aires marines protégées dans la zone subantarctique.

#### *1.C.1.b) Le patrimoine naturel visé et les éléments qui justifient la création et l'extension de la Réserve naturelle*

Situées au sud de l'océan Indien, les Terres australes françaises sont au cœur d'une zone géodynamique intraplaque ayant permis la formation des plateaux de Kerguelen-Heard et de Crozet-Del Cano, ainsi que les îles volcaniques de Saint-Paul et Amsterdam. Les trois districts de la réserve sont constitués d'îles océaniques "vraies" qui n'ont jamais été en contact avec un continent. Elles et leurs zones économiques exclusives, qui sont pour partie intégrées à la Réserve naturelle, se caractérisent par :

- 1) **une diversité spécifique des communautés animales et végétales réduite** au regard de celle de zones continentales proches, mais une très forte abondance et une grande diversité d'oiseaux et de mammifères marins;
- 2) **une forte originalité de la biologie des espèces animales et végétales marines et terrestres**, ainsi que du fonctionnement de leurs écosystèmes, notamment à Crozet et Kerguelen ;
- 3) une **production primaire marine élevée, faisant de ces espaces de véritables « oasis »** au cœur de l'océan Austral;
- 4) **le développement d'adaptations spécifiques des organismes à leur environnement terrestre ou marin** (morphologique, physiologique, comportementale, etc.) ;
- 5) **un fort taux d'endémisme** strict (le *Lyallia* de Kerguelen par exemple) ou régional (le chou de Kerguelen - *Pringlea antiscorbutica*, la mouche aptère- *Anatalanta aptera*, etc.) ;

- 6) **l'absence de certains groupes fonctionnels et de taxons majeurs** (poissons d'eau douce, amphibiens et reptiles, mammifères terrestres, végétaux ligneux à l'exception du *Phyllica arborea* de l'île Amsterdam, etc.), qui constitue un phénomène de "disharmonie" ;
- 7) **des chaînes trophiques simplifiées mais des réseaux trophiques riches et originaux** ;
- 8) **Une forte relation entre les écosystèmes marins et terrestres.**

Parmi ces grandes caractéristiques, quatre éléments ont plus particulièrement justifié l'extension en mer de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises :

- le **maintien des fonctionnalités écologiques marines**, qui structurent l'ensemble du réseau trophique des Terres australes et plus largement de l'océan Indien ;
- la **préservation de la richesse du patrimoine naturel marin**, qui s'illustre tant par la diversité des habitats que par l'abondance des espèces marines ;
- la contribution qu'offre la mise en place d'une grande réserve marine à **la santé globale des océans et au cycle de régulation du carbone à l'échelle mondiale** ;
- la **mise en place d'un cadre reconnu et de moyens pour améliorer les connaissances sur les milieux marins subantarctiques**, tout en s'assurant de la prise en compte de ces enjeux dans les orientations de gestion.

### *Le patrimoine naturel marin*

Le patrimoine naturel marin des Terres australes françaises s'étend sur l'ensemble des zones couvertes par les ZEE et même au-delà, soit sur plus de **1 662 766 km<sup>2</sup>**.

Il est constitué de **milieux extrêmement productifs**, présentant une diversité d'espèces et une biomasse parmi les plus importantes du sud de l'océan Indien. Les écosystèmes subantarctiques sont caractérisés par des interactions trophiques complexes et des interdépendances entre ces différents milieux, leur conférant des fonctionnalités marines particulières. Ces écosystèmes complexes associent des caractéristiques abiotiques (géomorphologie et océanographie) et biotiques, qui peuvent être scindées en deux «compartiments» :

- **le domaine pélagique** est la partie de l'océan comprenant la colonne d'eau, c'est-à-dire les zones autres que les côtes ou le fond marin. Il est conditionné par la position des différents fronts océaniques (fronts subtropical, subantarctique et polaire), qui permettent aux Terres australes françaises d'accueillir des espèces représentatives des milieux subtropicaux, subantarctiques et antarctiques ;
- **le domaine benthique** concerne les fonds marins, depuis le rivage jusqu'aux plus grandes profondeurs de l'océan. Les organismes, végétaux ou animaux, qui vivent sur ou dans le substrat, forment le benthos. Des milieux côtiers aux zones abyssales, les Terres australes françaises présentent un large gradient bathymétrique abritant, pour chaque bathème (niveau bathymétrique), des espèces et écosystèmes particuliers. Ce sont des habitats fragiles, sensibles aux changements globaux et aux dégradations liées aux activités humaines comme la pêche. Si les zones côtières sont assez bien documentées, les écosystèmes profonds, difficiles d'accès, restent encore peu connus ;

La description des caractéristiques du patrimoine naturel marin des Terres australes françaises est détaillée dans le Chapitre II.

INSERER IMAGE PELAGOS ou BENTHOS ?

### *Le patrimoine naturel à l'interface terre et mer*

**Une des caractéristiques essentielles des Terres australes françaises est d'être pour de nombreuses espèces une interface entre le milieu marin et le milieu terrestre.** En effet, ces îles, qui sont les plus vastes

des rares terres émergées du sud de l’océan Indien, constituent des sites d’importance majeure pour la reproduction de plusieurs espèces d’oiseaux et mammifères marins. L’essentiel des ressources alimentaires de ces espèces se trouve en mer, allant du zooplancton aux poissons. **Les Terres australes françaises, en fournissant des zones de reproduction à terre et des zones d’alimentation en mer, abritent ainsi des populations d’oiseaux et de mammifères marins parmi les plus diversifiées et abondantes de la partie indienne de l’océan Austral.**

Plus particulièrement, ces îles accueillent les reproducteurs de 47 espèces d’oiseaux dont 4 sont endémiques : le canard d’Eaton (*Anas eatoni*) (Kerguelen et Crozet), l’albatros d’Amsterdam (*Diomedea amsterdamensis*), le prion de Macgillivray (*Pachyptila macgillivrayi*) (Saint-Paul), et le cormoran de Kerguelen (*Phalacrocorax verrucosus*). Parmi ces 47 espèces, 14 sont considérées comme menacées dans les TAAF par l’Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). C’est le cas notamment de l’endémique albatros d’Amsterdam (*Diomedea amsterdamensis*), classé en “danger critique d’extinction” par la Liste Rouge UICN-MNHN des vertébrés des Terres australes et antarctiques françaises, et dont l’unique population actuelle est estimée à 180 individus (30 couples reproducteurs sur site par an). En outre, l’archipel de Crozet héberge la plus grande population mondiale de manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus*). Compte-tenu de la richesse spécifique et de l’abondance des oiseaux qu’elles abritent, les Terres australes françaises sont considérées comme le « poumon » de l’avifaune de l’océan Indien.



Photo 2. Albatros d’Amsterdam (*Diomedea amsterdamensis*)

Ces îles sont aussi **le lieu de reproduction de mammifères marins**. En l’occurrence, **trois espèces de pinnipèdes et six cétacés s’y reproduisent**. Parmi les pinnipèdes, Kerguelen abrite la seconde population mondiale d’éléphants de mer et accueille le léopard de mer (*Hydrurga leptonyx*), qui ne se reproduit pas sur les îles. D’importantes colonies d’otaries de Kerguelen (*Arctocephalus gazella*) et d’otaries d’Amsterdam (*A. tropicalis*) se reproduisent également sur les littoraux de la Réserve. Enfin, six espèces de cétacés se reproduisent régulièrement dans les eaux des Terres australes françaises : le dauphin de Commerson (*Cephalorhynchus commersonii* ssp. *Kergelensis*), l’orque (*Orcinus orca*), le petit rorqual (*Balaenoptera acutorostrat*), le globicéphale noir (*Globicephala melas* ssp. *Edwardii*), le lagénorhynque sablier (*Lagenorhynchus cruciger*) et le dauphin aptère austral (*Lissodelphis peronii*).

La description des caractéristiques des oiseaux et mammifères marins présents au sein de la Réserve naturelle est développée dans le Chapitre II.

INSERER IMAGE PINNIPÈDE

### Le patrimoine naturel terrestre

Le patrimoine naturel terrestre est réparti sur les **7 668km<sup>2</sup>** que la Réserve naturelle nationale compte en domaine insulaire. En raison de leur origine océanique, de leur isolement extrême, de leurs caractéristiques géologiques et de contraintes climatiques particulières (notamment vents forts et températures constamment basses), se sont développés sur ces territoires des **habitats originaux**. Ils abritent une **flore** et une **faune terrestres spécifiques** qui présentent des adaptations originales et un **endémisme prononcé** dans certains groupes. Les **interactions terre/mer** sont ici aussi déterminantes, notamment du fait des flux d'énergie qui marquent l'originalité de ces écosystèmes subantarctiques insulaires. En effet, la plus grande partie des ressources trophiques pour les invertébrés terrestres provient de l'océan, sous la forme de fientes, cadavres et phanères de vertébrés qui se nourrissent exclusivement en mer.

Si l'on considère la **flore terrestre**, il ressort que **les îles Marion (Afrique du Sud), Crozet, Kerguelen et Heard (Australie) appartiennent à une même province biogéographique**, siège d'un très fort endémisme régional, comme l'atteste le chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*) présent sur l'ensemble de ces îles. D'autres espèces sont en revanche strictement endémiques aux Terres australes françaises: c'est le cas du *Lyallia kerguelensis* de Kerguelen, seul exemple de plante supérieure strictement endémique, ou encore des tourbières à sphaignes de la caldeira et du « plateau des tourbières » d'Amsterdam. Il apparaît également que ces espèces ont survécu au dernier maximum glaciaire dans des zones refuges et que des colonisations postérieures à la déglaciation sont peu probables. Néanmoins, en dépit d'une longue histoire, la richesse spécifique de la flore sur les îles demeure faible : seules 24 plantes vasculaires sont présentes à Crozet et 29 à Kerguelen. La végétation autochtone d'Amsterdam (26 espèces de plantes vasculaires) est d'un tout autre type et présente des affinités biogéographiques bien différentes et variées. À titre d'exemple, le seul arbuste de la réserve naturelle, le *Phyllica arborea*, est commun à Amsterdam et aux îles Tristan da Cunha, situées en Atlantique sud.



Photo 3. Le plateau des tourbières à Amsterdam

Les **invertébrés terrestres** des trois archipels ont également fait l'objet de nombreux travaux de systématique, de biogéographie et d'écologie. Si leur richesse spécifique est globalement faible, elle varie d'un groupe taxonomique à l'autre et d'une île à l'autre. C'est ainsi que l'île de la Possession au sein de l'archipel de Crozet héberge trois espèces endémiques de vers de terre et pas moins de dix taxons non décrits à ce jour, tous appartenant au seul genre représenté dans la zone subantarctique, *Microscolex* (Acanthodrilisae), alors qu'une seule espèce est présente à Kerguelen. L'endémisme strict est également très marqué chez les insectes, notamment chez les charançons de Crozet, alors que les diptères présentent un endémisme plus régional. À titre d'exemple, Crozet, Kerguelen et Heard hébergent *Anatalanta aptera*, la

« mouche sans ailes de Kerguelen », alors qu'un autre diptère, *Calycopteryx moseleyi*, n'est présent que sur les deux dernières.



Photo 4. Exemple d'adaptation originale chez cette mouche sans ailes (*Anatalanta aptera*)

**Cette faune subantarctique a développé de nombreuses adaptations morphologiques ou physiologiques**, qui vont de la réduction alaire partielle ou totale chez les diptères et lépidoptères à des capacités exceptionnelles de jeûne autorisées par le remplacement des muscles du vol par des réserves lipidiques. Ces adaptations très originales, liées aux conditions climatiques rigoureuses et au caractère aléatoire et temporaire des ressources trophiques de certains milieux, s'observent également dans l'entomofaune des milieux d'altitude d'Amsterdam.

**L'autre particularité de ces peuplements d'invertébrés est le déséquilibre complet des chaînes trophiques auxquelles ils participent** : les prédateurs y sont quasi-absents (deux araignées et un staphylin à Kerguelen par exemple), les herbivores peu nombreux (charançons) et les décomposeurs dominants. Ce déséquilibre est la conséquence des apports organiques considérables réalisés par les oiseaux et mammifères marins qui viennent à terre pour se reproduire. Enfin, ces communautés autochtones d'invertébrés sont aujourd'hui confrontées à l'établissement de nombreuses espèces introduites (une trentaine à Kerguelen) dont certaines, comme le carabe prédateur, *Merizodus soledadinus*, perturbent profondément le fonctionnement de ces écosystèmes en renforçant des maillons trophiques minoritaires.

Si ces îles subantarctiques et leurs ZEE constituent, du fait de leur éloignement des centres d'activités humaines, des sanctuaires de biodiversité au patrimoine biologique encore presque intact, elles doivent néanmoins faire face à de **multiples pressions d'origine naturelle ou anthropique**, qui menacent de dégrader ce patrimoine naturel d'exception.

La description des caractéristiques du patrimoine naturel terrestre des Terres australes françaises est détaillée dans le Chapitre II.

#### ***Risques et pressions justifiant la création et l'extension de la Réserve***

Plusieurs catégories d'agressions menaçant la biodiversité et certains habitats de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises sont à ce jour bien identifiées et justifient l'existence de cette réserve. Si certaines relèvent de **facteurs externes** qui ne peuvent être traités qu'à l'échelle de la planète (changements climatiques, polluants atmosphériques, UV-A et -B liés à la dépression des concentrations en

ozone stratosphérique en bordure du continent Antarctique, etc.), d'autres sont d'origine locale et généralement liées aux activités humaines passées et/ou présentes.

La première de ces menaces est constituée par le vaste cortège d'**espèces végétales et animales qui ont été introduites** et qui fragilisent les communautés végétales autochtones. Ces espèces introduites ont essentiellement été apportées par l'homme, venu découvrir et exploiter les ressources naturelles essentiellement marines de ces îles aux XVIème et XVIIIème siècles: chasse à la baleine et aux phoques, pêche australe, mais également tentative d'élevage à la fin du XIXème et début du XXème siècle, qui ont conduit à l'introduction de nombreuses animales et végétales. On recense alors plus de **140 espèces végétales introduites à Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam dont une centaine que l'on retrouve encore actuellement sur ces îles. 35 espèces sont considérées comme invasives.** Certaines d'entre elles, comme le pâturin annuel, *Poa annua*, la sagine, *Sagina procumbens*, ou le pissenlit, *Taraxacum officinale*, parviennent à dominer les communautés végétales natives, notamment lorsque les espèces locales sont fragilisées par le changement climatique ou la pression exercée par des herbivores introduits. C'est ainsi que les communautés végétales de l'île Amsterdam sont, à basse altitude, majoritairement composées d'espèces européennes, sauf dans les secteurs aux sols peu dégradés où les bovins ont été éliminés en 1988, ce qui a offert des possibilités de recolonisation à des espèces autochtones. Les tourbières d'altitude de cette île sont en revanche peu perturbées à ce jour et abritent de nombreuses plantes vasculaires et sphaignes endémiques.

Les interactions entre ces espèces importées et la flore et la faune locales sont relativement bien connues (comme les rongeurs, les lapins, les ongulés, les félins, les bovins ou les ovins, qui sont bien documentés), à l'exception de quelques groupes d'espèces (comme les insectes) pour lesquels les connaissances demeurent encore imparfaites. Aussi, afin de réduire la probabilité de nouvelles introductions sur le territoire, **des procédures strictes de biosécurité ont été mises en place par la Réserve naturelle avant tout accès sur les districts.**

La seconde menace identifiée relève des **activités de pêche pour l'exploitation des ressources halieutiques**, notamment la pêche à la légine à Crozet et Kerguelen, celle aux poissons des glaces à Kerguelen et la pêche langouste et poissons à Saint-Paul et Amsterdam. Outre les prélèvements d'espèces ciblées, qui sont rigoureusement contrôlés et encadrés par les TAAF, certaines problématiques environnementales se posent comme celle de la mortalité aviaire, des prises accessoires et accidentelles, ainsi que celle des impacts des engins de pêche. En effet, l'interaction des oiseaux avec les navires et leurs engins de pêche peut entraîner la mortalité de ces derniers, tandis que des représentants d'espèces non ciblées par la pêche ou des taxons indicateurs d'écosystèmes marins vulnérables (EMV) peuvent se retrouver pris dans les lignes des pêcheurs. L'état de ces dernières populations est généralement mal connu et les impacts potentiels restent encore difficilement mesurables. Dans cette perspective, la conservation des fonctionnalités des milieux marins passe notamment par le renforcement d'une **gestion écosystémique des pêches**. La mise en place de zones de « protection renforcée » interdites à la pêche et la prise en compte du modèle de gestion durable des pêcheries des TAAF au sein de la Réserve<sup>3</sup> vise à préserver les fonctionnalités essentielles des écosystèmes marins de ces territoires.

La troisième menace relève des **effets des activités humaines en dehors des bases de vie**. Elles sont susceptibles de provoquer des perturbations dans les colonies d'oiseaux ou de mammifères marins, de dégrader les milieux par piétinement et d'augmenter l'aire de répartition de certaines espèces introduites. Des mesures réglementaires et une solide sensibilisation de l'ensemble des personnes séjournant sur les bases visent à réduire ces perturbations.

---

<sup>3</sup>Précisons que le modèle de gestion durable des pêcheries des TAAF s'appuie sur les recommandations du Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) pour définir les Totaux Admissibles de Captures (TAC) annuels et sur l'adoption, par le préfet lui-même, d'une réglementation stricte d'encadrement et de régulation des pêcheries australes, qui passe par la mise en place de prescriptions techniques spécifiques par type de pêcherie, la présence de contrôleurs de pêche embarqués et le déploiement d'autres outils de suivi et de contrôle.



Enfin, la quatrième menace est à mettre en lien avec le fonctionnement des stations permanentes qui génèrent des **déchets** et nécessitent une **production d'énergie**. Depuis plusieurs années et tel qu'inscrit dans le plan de gestion 2011-2015, les TAAF et l'équipe de la Réserve naturelle travaillent à la réduction de la quantité de déchets à la source, à l'amélioration du tri sélectif, à leur traitement sur place et à leur évacuation en phases ultimes. La consommation d'énergie est par ailleurs réduite et les énergies renouvelables sont privilégiées, quand cela est possible et n'occasionne pas de perturbations significatives sur le fonctionnement des écosystèmes. L'appropriation et le respect de ces mesures nécessitent un important travail d'information, d'éducation et de formation du personnel détaché sur les districts.

**Pour faire face à ces diverses menaces, l'amélioration des connaissances et l'évaluation des impacts** apparaissent essentielles. Il s'agit de mettre en place des mesures et des adaptations réglementaires (prescriptions techniques) efficaces. **La Réserve met ainsi à disposition de moyens techniques et logistiques adaptés au développement de programmes d'amélioration de la connaissance sur les milieux marins et terrestres.** Elle offre à la recherche un cadre pour mener à bien des activités scientifiques sur ces écosystèmes, confortant ainsi la position de leader qu'occupe la France dans le domaine subantarctique avec ces territoires (origine de la biodiversité et mécanismes de son maintien, adaptations physiologiques, structure et fonctionnement des écosystèmes, cycle du carbone, évolution des pollutions, histoire de la terre et des climats) et sa visibilité sur ces sujets à l'international.

**Aussi, si des mesures de protection peuvent être apportées efficacement sur des sites de reproduction terrestres d'espèces marines, elles peuvent se révéler vaines si la situation en mer de ces espèces se dégrade. On comprend alors aisément pourquoi l'attention du gestionnaire doit dépasser la limite stricte de l'ancien périmètre de la réserve naturelle et que ce dernier a été étendu pour mieux prendre en compte cette interaction forte de l'espace terrestre avec les milieux marins.**

## I.C.2. Périmètre et statuts de protection de la Réserve naturelle

### I.C.2.a) Périmètre de la Réserve

La réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, créée par le décret n°2006-1211 (Cf. Annexe II) du 3 octobre 2006 et étendue par le décret n°2016-1700 (Cf. Annexe XXX) du 12 décembre 2016, couvre une superficie totale de **672 969 km<sup>2</sup> dont environ 7 700 km<sup>2</sup> de domaine terrestre et 665 310 km<sup>2</sup> de domaine maritime**. Elle comprend la totalité des espaces terrestres des Terres australes françaises, propriétés de l'État, et l'espace maritime classé se répartit comme suit : à Crozet, la Réserve naturelle couvre 255 436 km<sup>2</sup>, soit 44 % de la ZEE. A Kerguelen, elle s'étend sur 389 829 km<sup>2</sup>, soit près de 68% de la ZEE. Enfin, à Saint Paul et Amsterdam, elle comprend 20 045 km<sup>2</sup>, soit près de 4% de la ZEE. **Elle constitue de très loin la plus vaste réserve naturelle de France, et forme désormais une des plus grandes aires marines protégées (AMP), incluant l'une des premières réserves halieutiques strictes de la planète en surface. Si l'on y ajoute la surface du périmètre de protection institué autour de la Réserve naturelle jusqu'aux limites extérieures des ZEE, l'espace maritime protégé devient alors le plus vaste de la planète, avec 1 662 766 km<sup>2</sup> (cf. cartes des limites de la Réserve naturelle qui sont consultables en partie I.C.2.b)).**

Les limites extérieures de la Réserve naturelle sont définies ci-après ci-après sous forme de tableaux contenant les informations suivantes :

- Le nom du point ;
- La longitude du point concerné exprimée en degrés minutes secondes dans le système géodésique national de référence WGS 84 ;
- La latitude du point concerné exprimée en degrés minutes secondes dans le système géodésique national de référence WGS 84 ;
- La nature de la ligne entre le point concerné et suivant (le point suivant le dernier point d'un tableau étant le premier) pouvant être une loxodromie ou s'appuyer sur la limite de zone économique exclusive.

Tableau 1. Limites de la réserve naturelle nationale des Terres australes Françaises

**Au sein de la mer territoriale et de la zone économique exclusive de Crozet :**

POINT	LONGITUDE	LATITUDE	NATURE DE LIGNE
C01	45° 40 ' 44 "" E	45° 00 ' 00 " S	Loxodromie
C02	47° 30 ' 00 " E	45° 00 ' 00 " S	Loxodromie
C03	47° 30 ' 00 " E	45° 30 ' 00 " S	Loxodromie
C04	49° 45 ' 00 " E	45° 30 ' 00 " S	Loxodromie
C05	49° 45 ' 00 " E	45° 00 ' 00 " S	Loxodromie
C06	52° 45 ' 00 " E	43° 02 ' 41 " S	Limite de ZEE
C07	55° 30 ' 00 " E	43° 59 ' 04 " S	Loxodromie
C08	53° 30 ' 00 " E	45° 15 ' 00 " S	Loxodromie
C09	53° 45 ' 00 " E	46° 00 ' 00 " S	Loxodromie
C10	53° 45 ' 00 " E	47° 15 ' 00 " S	Loxodromie
C11	52° 30 ' 00 " E	47° 15 ' 00 " S	Loxodromie
C12	52° 30 ' 00 " E	48° 00 ' 00 " S	Loxodromie
C13	54° 00 ' 00 " E	49° 35 ' 56 " S	Limite de ZEE
C14	50° 00 ' 00 " E	49° 45 ' 18 " S	Loxodromie
C15	49° 00 ' 00 " E	48° 00 ' 00 " S	Loxodromie
C16	49° 00 ' 00 " E	47° 00 ' 00 " S	Loxodromie
C17	48° 30 ' 00 " E	46° 15 ' 00 " S	Loxodromie
C18	45° 22 ' 08 " E	46° 15 ' 00 " S	Limite de ZEE

**Au sein de la mer territoriale et de la zone économique exclusive de Kerguelen :**

POINT	LONGITUDE	LATITUDE	NATURE DE LIGNE
K01	63° 13 ' 43 " E	49° 00 ' 00 " S	Loxodromie
K02	64° 30 ' 00 " E	49° 00 ' 00 " S	Loxodromie
K03	66° 00 ' 00 " E	46° 30 ' 00 " S	Loxodromie
K04	68° 00 ' 00 " E	45° 30 ' 00 " S	Loxodromie
K05	69° 00 ' 00 " E	46° 30 ' 00 " S	Loxodromie
K06	72° 00 ' 00 " E	46° 30 ' 00 " S	Loxodromie
K07	73° 00 ' 00 " E	47° 30 ' 00 " S	Loxodromie
K08	74° 54 ' 11 " E	47° 30 ' 00 " S	Limite de ZEE
K09	69° 30 ' 00 " E	52° 04 ' 35 " S	Loxodromie
K10	69° 30 ' 00 " E	51° 00 ' 00 " S	Loxodromie
K11	63° 09 ' 53 " E	51° 00 ' 00 " S	Limite de ZEE

**Au sein des mers territoriales et de la zone économique exclusive de Saint-Paul et Amsterdam :**

POINT	LONGITUDE	LATITUDE	NATURE DE LIGNE
SPA01	78° 15 ' 00 " E	37° 45 ' 00 " S	Loxodromie
SPA02	78° 15 ' 00 " E	38° 45 ' 00 " S	Loxodromie
SPA03	78° 00 ' 00 " E	39° 00 ' 00 " S	Loxodromie
SPA04	77° 30 ' 00 " E	39° 15 ' 00 " S	Loxodromie
SPA05	77° 00 ' 00 " E	39° 00 ' 00 " S	Loxodromie
SPA06	77° 00 ' 00 " E	37° 30 ' 00 " S	Loxodromie

SPA07	77° 30 ' 00 " E	37° 15 ' 00 " S	Loxodromie
SPA08	78° 00 ' 00 " E	37° 30 ' 00 " S	Loxodromie

### *I.C.2.b) Statuts de protection de la Réserve*

Au sein de la réserve naturelle, les enjeux de conservation et les activités humaines ne sont pas identiques sur l'ensemble du périmètre. Afin de tenir compte au mieux de ces différences sectorielles, 4 niveaux de protection ont été mis en place : les **zones soumises au régime général**, les **zones réservées à la recherche scientifique et technique**, les **zones de protection intégrale**, et les **zones de protection renforcée marine**

En particulier,

- **Le domaine terrestre possède 3 niveaux de protection différents :**
  - Le régime général terrestre, ou zone de protection dite « classique » ;
  - Les zones réservées à la recherche scientifique et technique ;
  - Les zones de protection intégrale.
  
- **Le domaine marin possède 2 niveaux de protection différents :**
  - Le régime général marin, ou zone de protection dite « classique » ;
  - Les zones de protection renforcée.

A ces différents niveaux de protection s'ajoute un **périmètre de protection autour de la réserve naturelle nationale des Terres australes Françaises** défini par arrêté préfectoral.

#### *Le régime général*

Le régime général de protection des sites a été édicté par le **décret n°2006-1211 du 3 octobre 2006 portant création de la réserve naturelle (cf. Annexe XXX)**, puis il a été modifié par le **décret n°2016-1700 du 12 décembre 2016 (cf. annexe XXX)** portant extension et modification de la réglementation de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises. Il concerne l'ensemble des surfaces terrestres et marines classées pour lesquelles aucune disposition plus rigoureuse n'est applicable. La réglementation applicable est contenue dans les chapitres III et V du décret réglementant respectivement les parties terrestres et marines de la réserve.

#### *Les sites réservés à la recherche scientifique et technique*

L'arrêté territorial n° 14 du 30 juillet 1985, applicable à la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, prévoit la création de « sites réservés à la recherche scientifiques et techniques », dont l'accès peut uniquement être autorisé pour l'exercice d'activités scientifiques et techniques.

Cet arrêté fixe des prescriptions générales car le classement effectif des sites fait l'objet de décisions spécifiques s'appuyant sur les besoins identifiés par les programmes de recherche ou de gestion. Il prévoit une durée limitée de classement ne pouvant excéder cinq ans (renouvelable) et peut s'accompagner d'un certain nombre d'interdictions délimitées dans le temps et dans l'espace, notamment afin de ne pas porter atteinte à la faune ou à la flore qui font l'objet de suivis scientifiques.

L'accès aux sites réservés à la recherche scientifique et technique est soumis à autorisation de l'administrateur supérieur, qui se prononce aux vues d'un dossier présentant l'objet de la demande, les opérations qui seront pratiquées sur le site, la durée et la fréquence des intrusions.

Le décret n°2006-1211 modifié rend en partie caduque le système mis en place par l'arrêté n° 14. Certains des sites concernés par cet arrêté s'étant vus accorder le statut de « *zone de protection intégrale* », instauré et réglementé par le chapitre IV du décret.

Néanmoins, pour les autres sites, il est indispensable de maintenir ce régime de protection qui renforce les mesures de conservation dans les zones étudiées de la Réserve.

Le Tableau 2 ci-après présente les **sites réservés à la recherche scientifique et technique au titre de l'arrêté n° 14 du 30 juillet 1985**, définis par:

- la décision 108 du 16 juin 1989 classant divers sites ;
- la décision 147 du 13 septembre 1990 classant les Îles Hautes et Cimetière ;
- la décision 81 du 19 juillet 1991 classant le site de l'Île Australia ;
- l'arrêté n°2002-16 du 25 juin 2002 classant Saint-Paul ;
- l'arrêté n°2002-42 du 18 décembre 2002 classant l'île Château.

Ces classements ont successivement été prolongés pour des durées de 5 ans par les arrêtés préfectoraux n°2006-22 du 20 avril 2006 et n°2011-118 du 18 novembre 2011.

Afin de simplifier et homogénéiser le corpus juridique relatif aux zones protégées pour l'exercice d'activités scientifiques et techniques, l'ensemble des textes susmentionnés ont été abrogés en 2017 par l'arrêté 2017-61 et la décision 2017-199. La liste des sites classés en 2017 est fixée pour une durée de 5 ans par la **décision 2017-199 du 7 août 2017**. Cette dernière fixe notamment un certain nombre de prescriptions environnementales, et précise la cartographie, la délimitation et les modalités d'accès pour chacun des sites. Les sites classés en zone de protection intégrale par le décret 2006-1211 modifié ont été retirés de cette liste.

**Tableau 2. Sites réservés à la recherche scientifique et technique**  
Sites en surbrillance : sites également classés en zone de protection intégrale par le décret 2006-1211

District	n °	Nom du site	Date initiale de classement	Décision n°
Kerguelen	1	Ile Foch	16/06/89	108
	2	Côte ouest de la Péninsule Rallier du Baty	16/06/89	108
	3	Iles du Golfe du Morbihan (Mayes, Bryer, Chaton, Greak, Hoskyn, Pender, Blackeney, Suhm, Murray, Chat)	16/06/89	108
	4	Colonie d'Albatros à sourcils noirs de l'extrémité est de la Presqu'île Jeanne d'Arc	16/06/89	108
	12	Ile Haute	13/09/90	147
	13	Ile du Cimetière	13/09/90	147
	14	Ile Australia	19/07/91	81
	16	Ile du Château	18/12/2002	Arrêté n°2002-42

<b>Crozet</b>	7	Colonies de manchots papous de l'île de La Possession <sup>4</sup>	16/06/89	108
	8	Pointe Basse et Jardin Japonais	16/06/89	108
	9	Colonie de pétrels à menton blancs de la station de pompage	16/06/89	108
	10	Falaises côtières situées entre la Crique de la Chaloupe et la crique de Noël (zone de reproduction des albatros fuligineux à dos clair)	16/06/89	108
	11	Ile de l'Est dans son entier	16/06/89	108
<b>Amsterdam</b>	5	Plateau des Tourbières	16/06/89	108
	6	Falaises de la Pointe d'Entrecasteaux	16/06/89	108
<b>Saint-Paul</b>	15	Ile dans son intégralité	25/06/2002	Arrêté n°2002-16

### *Les zones de protection intégrale*

Selon le chapitre IV du décret modifié de création de la réserve naturelle, toute activité humaine est interdite dans les zones dites de "protection intégrale". Leur accès est également interdit, sauf en cas de force majeure ou de nécessité d'exercice de la souveraineté. L'article 21 du chapitre IV du décret n°2006-1211 modifié prévoit toutefois que des dérogations peuvent être accordées par le représentant de l'Etat au vu d'un dossier de demande précisant notamment les raisons de la demande d'accès et les activités prévues.

L'accès aux sites réservés à la recherche scientifique et technique (relevant de l'arrêté du 30 juillet 1985) et aux zones de protection intégrale (relevant du chapitre IV du décret du 3 octobre 2006 modifié) peut donc être autorisé par arrêté du préfet, administrateur supérieur des TAAF. Le formalisme requis est similaire dans les deux cas : les demandes doivent préciser les raisons de l'accès et les activités prévues. Concrètement, l'Institut Paul Emile Victor (IPEV) centralise chaque année les demandes d'accès à ces sites qui émanent des différents programmes de recherche opérant sur la réserve, puis il les transmet à l'administration des TAAF. Le préfet, par arrêté, autorise, modère ou refuse ces demandes d'accès.

Les sites classés en zone de protection intégrale sont les suivants:

**Tableau 3. Zones de protection intégrale**  
Sites en surbrillance : sites également classés au titre de l'arrêté n°14 du 30 juillet 1985

<b>District</b>	<b>Site</b>
<b>Kerguelen</b>	Côte ouest de la péninsule Rallier du Baty, limitée par l'arête Jérémine depuis la côte sud de Kerguelen, la ligne de crête passant par le pic Saint-Allouarn, les monts Henri et Raymond Rallier du Baty, le Bicornes, le glacier Cuvier, le col Glacé, le mont Porthos, le mont Double, la table de l'Institut, le pic Joliot-Curie, le col de la Tuyère, le mont Gay-Lussac, le pied du glacier Lavoisier, le Podium, le pied du glacier Descartes et jusqu'à la côte de l'entrée est de la baie du Young Williams ;
	Iles Nuageuses

<sup>4</sup> Le site protégé est la colonie de manchots papous elle-même, entourée d'un périmètre de 100 mètres de largeur. Le classement ne concerne intrinsèquement pas les sites.

	Iles Leygues
	Ile Clugny
	Ile de l'Ouest
	Ile Saint-Lanne-Grammont
	Ile Foch
	Iles du Golfe du Morbihan (Hoskyn, Pender, Bryer, Blackeney, Greak, Suhm, Antarès).
<b>Crozet</b>	Ile de l'Est
	Ile des Pingouins
	Ilots des Apôtres
	Ile aux Cochons
<b>Amsterdam/Saint-Paul</b>	Ile Saint-Paul

### *Les zones de protection renforcées marines*

Le chapitre VI du décret n°2006-1211 modifié portant création et extension de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises relève un **certain nombre d'interdits** applicables aux zones de protection renforcée marines et définis comme suit :

- interdiction de toutes activités industrielles ou commerciales, à l'exception :
  - des activités liées directement à la gestion, à la découverte et à l'animation de la réserve naturelle;
  - des activités exercées à des fins de sécurité qui peuvent faire l'objet d'une dérogation du préfet après avis du conseil scientifique de la Réserve naturelle;
- interdiction de toutes pêches professionnelles et de loisir ;
- interdiction de rejets de déchets, y compris les déchets organiques et les déchets de poissons

Par ailleurs, les activités scientifiques pratiquées dans les zones de « protection renforcée » sont soumises à autorisation du préfet, après avis du conseil scientifique de la Réserve.

Les espaces classés en zone de protection renforcée sont définis par l'article 33 du décret n°2006-1211 modifié et sont :

- **A Crozet** : l'ensemble des mers territoriales de l'archipel ;
- **Au sein de la mer territoriale, de la zone contiguë et de la zone économique exclusive de Kerguelen:**

**Tableau 4. Zones de protection renforcées marines à Kerguelen**

<b>PR N° 1 : EAUX TERRITORIALES ET DE PLATEAU NORD</b>			
<b>POINT</b>	<b>LONGITUDE</b>	<b>LATITUDE</b>	<b>NATURE DE LIGNE</b>
K22	67° 30' 00" E	49° 30' 00" S	Loxodromie
K23	67° 30' 00" E	48° 15' 00" S	Loxodromie
K24	69° 00' 00" E	47° 30' 00" S	Loxodromie
K25	70° 30' 00" E	47° 30' 00" S	Loxodromie
K26	70° 30' 00" E	48° 52' 02" S	Limite de mer territoriale
K27	69° 11' 59" E	50° 00' 00" S	Loxodromie
K28	69° 10' 39" E	50° 00' 00" S	Limite de mer territoriale

K29	68° 31' 41" E	50° 00' 00" S	Loxodromie
K30	68° 25' 49" E	50° 00' 00" S	Limite de mer territoriale
K31	67° 51' 36" E	49° 51' 24" S	Loxodromie

**PR N° 2 : MÉANDRE DU FRONT POLAIRE**

POINT	LONGITUDE	LATITUDE	NATURE DE LIGNE
K32	75° 09' 17" E	50° 00' 00" S	Loxodromie
K33	73° 00' 00" E	49° 15' 00" S	Loxodromie
K34	72° 15' 00" E	48° 15' 00" S	Loxodromie
K35	75° 05' 59" E	47° 45' 00" S	Limite de ZEE

**PR N° 3 : BANC SKIFF**

POINT	LONGITUDE	LATITUDE	NATURE DE LIGNE
K12	64° 00' 00" E	50° 00' 00" S	Loxodromie
K13	64° 00' 00" E	49° 45' 00" S	Loxodromie
K14	64° 30' 00" E	49° 30' 00" S	Loxodromie
K15	65° 00' 00" E	49° 30' 00" S	Loxodromie
K16	65° 30' 00" E	49° 45' 00" S	Loxodromie
K17	66° 15' 00" E	49° 45' 00" S	Loxodromie
K18	66° 15' 00" E	50° 00' 00" S	Loxodromie
K19	65° 45' 00" E	50° 15' 00" S	Loxodromie
K20	64° 45' 00" E	50° 15' 00" S	Loxodromie
K21	64° 30' 00" E	50° 00' 00" S	Loxodromie

**PR N° 4 : BANC KERGUELEN-HEARD EST**

POINT	LONGITUDE	LATITUDE	NATURE DE LIGNE
K40	72° 00' 00" E	51° 11' 10" S	Loxodromie
K41	71° 45' 00" E	50° 45' 00" S	Loxodromie
K42	73° 00' 00" E	50° 00' 00" S	Loxodromie
K43	73° 36' 20" E	50° 36' 08" S	Limite de ZEE

**PR N° 5 : BANC KERGUELEN-HEARD OUEST**

POINT	LONGITUDE	LATITUDE	NATURE DE LIGNE
K36	70° 43' 18" E	51° 35' 41" S	Loxodromie
K37	70° 15' 00" E	51° 00' 00" S	Loxodromie
K38	70° 45' 00" E	51° 00' 00" S	Loxodromie
K39	71° 10' 21" E	51° 25' 21" S	Limite de ZEE

*Périmètre de protection autour de la réserve naturelle nationale des Terres australes Françaises*

Comme présenté dans la partie I.C.1.a.ii), le gestionnaire de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises a adopté le 31 mars 2017 un arrêté suite à la demande de la Ministre de l'Environnement Ségolène Royal et définissant un périmètre de protection autour de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises. Cet arrêté couvre l'ensemble des Zones Economiques exclusives (ZEE) australes de Crozet, Kerguelen et Saint-Paul et Amsterdam. L'espace total protégé, qui inclut la

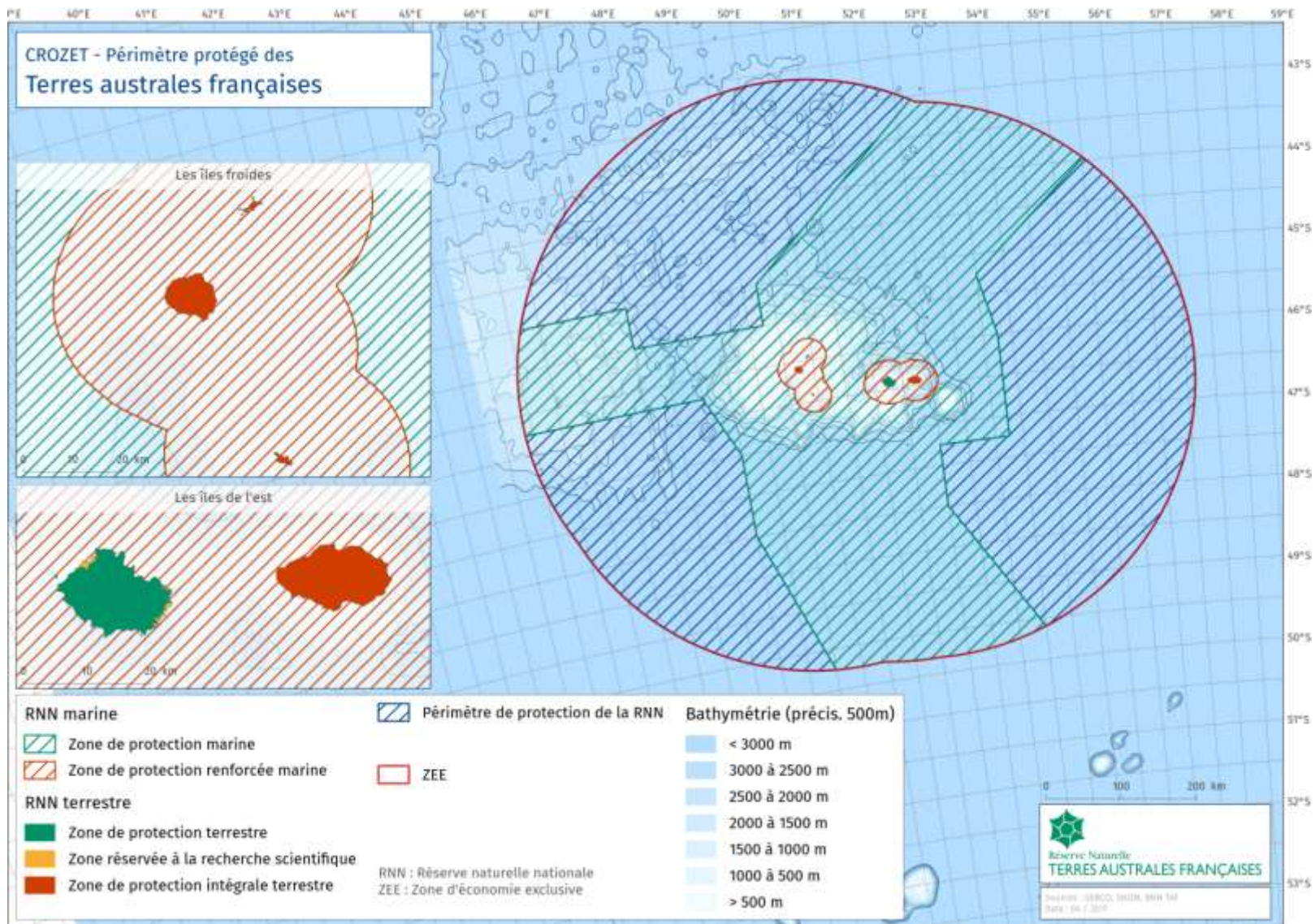
superficie de la Réserve naturelle et celle du périmètre de protection, couvre **une surface de 1 662 766 km<sup>2</sup>, soit près de 15% de l'espace maritime français.**

Désormais, les dispositions du chapitre II du décret n°2006-1211 modifié s'appliquent à la totalité des ZEE des TAF, ainsi que les articles 23, 24, 26, 27, 31 du Chapitre V et l'article 38 du chapitre VII. L'instauration de ce périmètre de protection permet de soutenir l'élaboration et la mise en œuvre d'une stratégie concertée en faveur de la création et de la mise en place d'un réseau d'aires marines protégées dans la zone de la CCAMLR.

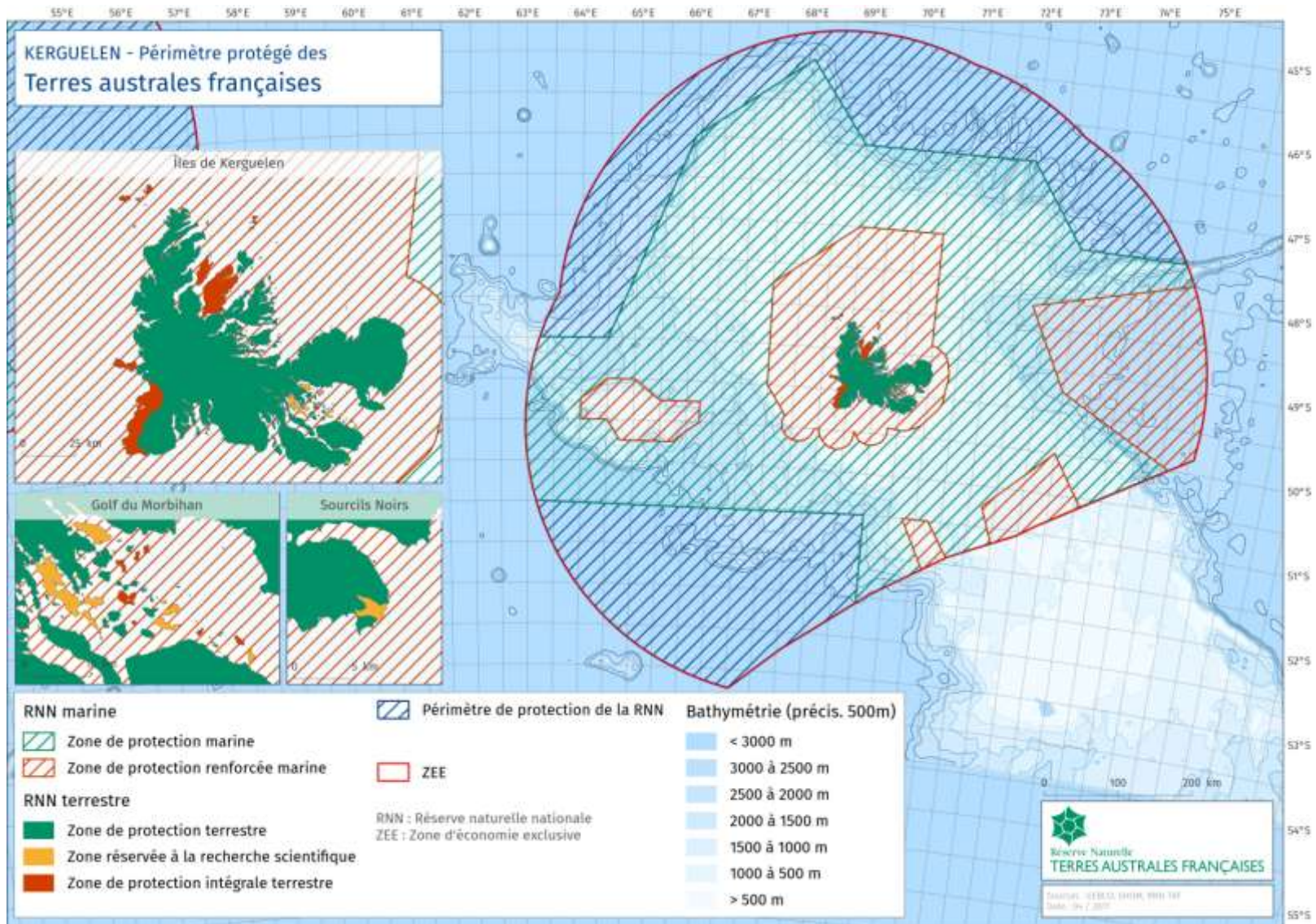
### *Cartographie des statuts de protection sur chaque district*

La Carte 6, la Carte 7 et la Carte 8 représentent les limites des différents régimes de protection sur les trois districts austraux.

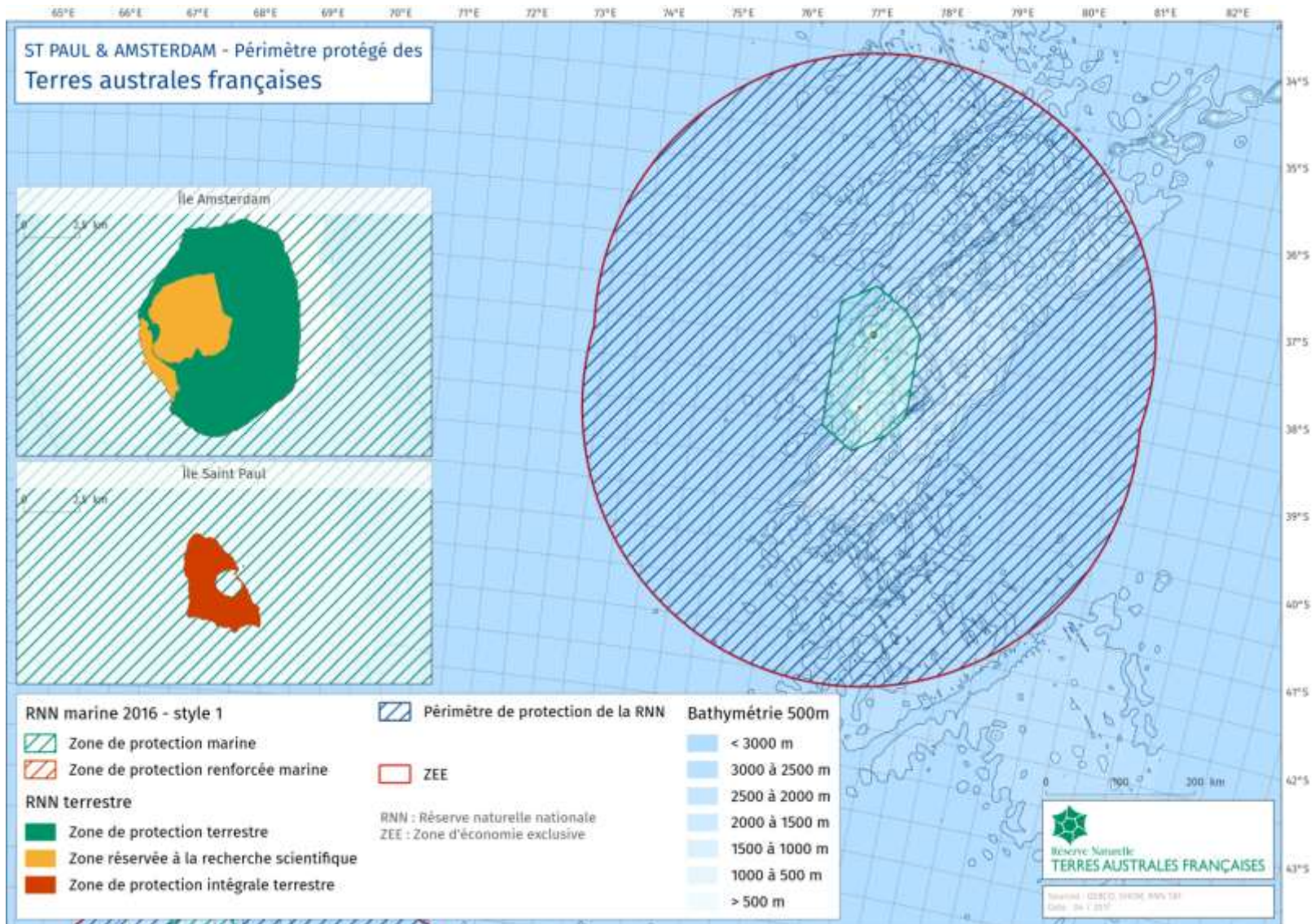




Carte 6. Régimes de protection de l'archipel de Crozet



Carte 7 : Régimes de protection de Kerguelen



Carte 8. Régimes de protection de Saint-Paul et Amsterdam

### I.C.3. Les instances de gestion de la Réserve naturelle

Le gestionnaire de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises est la collectivité des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF). Les grandes orientations et actions du gestionnaire en matière de conservation sont soumises à l'avis du Comité consultatif et du Conseil scientifique.

#### I.C.3.a) Le gestionnaire

**La gestion de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises est confiée par l'article 2 du décret 2006-1211 modifié au préfet, administrateur supérieur des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF), administrateur supérieur et chef du territoire du même nom.** L'administration des TAAF est donc de fait l'organisme gestionnaire de la réserve.

A la différence d'autres réserves, la Réserve naturelle regroupe des territoires inhabités, où les seuls résidents non permanents sont des scientifiques, des militaires, des civils qui assurent, par leur présence, la souveraineté de l'Etat français sur ces îles. L'occupation et la gestion de ces territoires est avant tout publique et étatique avec, à leur tête, un préfet, administrateur supérieur et représentant de l'Etat. Cette particularité des Terres australes françaises explique que le préfet lui-même soit également le gestionnaire de la réserve, ainsi que l'absence de représentants de communautés d'habitants, de propriétaires ou d'usagers au sein des instances de gestion.

De la même façon, aucun élu local ne siège dans les instances de gestion de la Réserve naturelle. Les intérêts collectifs de la nation sont alors représentés par quatre parlementaires membres du Conseil consultatif des TAAF, qui attestent bien de l'importance nationale de ces territoires et de la gestion qui en est faite, y compris au niveau de la Réserve.

#### I.C.3.b) Les instances consultatives

Conformément au décret 2005-491 du 18 mai 2005 relatif aux réserves naturelles et portant notamment modification du Code de l'Environnement, le gestionnaire est assisté d'un Comité consultatif et d'un Conseil scientifique, dont les rôles et la composition sont précisés des articles R\*242-15 à R\*242-18 du Code de l'Environnement.

Dans le cas de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises et tels que prévus par les articles 3 et 4 du décret 2006-1211 modifié, **le préfet des TAAF, en sa qualité de gestionnaire de la réserve, est assisté par le Conseil Consultatif des TAAF, qui constitue également le Comité consultatif de la Réserve auquel s'ajoute 6 autres membres, et le Comité de l'Environnement Polaire, qui fait office de Conseil scientifique de la Réserve.**

##### I.C.3) b) i. Le Comité consultatif

**L'article 3 du décret n°2006-1211 modifié fait du Conseil consultatif des TAAF le Comité consultatif de la Réserve.** Ce décret précise que celui-ci « *donne son avis sur le fonctionnement, la gestion et les conditions d'application des mesures prévues par la décision de classement. [...] Il peut demander au représentant de l'Etat la réalisation d'études scientifiques et recueillir tout avis en vue d'assurer la conservation, la protection et l'amélioration du milieu naturel de la réserve* ».

Le Conseil consultatif, qui tient lieu de Comité consultatif de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, comprend 22 membres (11 titulaires et 11 suppléants) issus des administrations civiles et militaires, du monde scientifique et des personnalités qualifiées. Parmi ces membres figurent également 2 députés et 2 sénateurs (cf. partie I.B.1.b) pour plus de détails sur la composition).

Depuis le décret n°2016-1700 du 12 décembre 2016 portant extension et modification de la réglementation de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, trois nouveaux membres (chacun ayant un titulaire et un suppléant), nommés pour quatre ans, ont rejoint le Comité consultatif de la Réserve : un représentant des armements de la pêche australe et un représentant des associations agréées ayant pour

principal objet la protection des espaces naturels proposés par le ministre en charge de la protection de la nature, ainsi qu'un représentant de l'autorité responsable de la police des pêches dans les eaux sous souveraineté ou juridiction française au large du territoire des Terres australes et antarctiques françaises et délégué du Gouvernement pour l'action de l'Etat en mer.

#### I.C.3) b) ii. Le Conseil scientifique

**En vertu de l'article 4 du décret n°2006-1211 modifié, le Comité de l'environnement polaire tient lieu de conseil scientifique de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises.** Il peut être « *sollicité sur toute question à caractère scientifique touchant à la réserve* ». Il donne notamment son avis sur les demandes de manipulation d'espèces et d'incursion, à des fins scientifiques, dans des zones protégées de la Réserve (cf. partie I.B.1.b) pour plus de détails).

### I.C.4. Budget de la Réserve naturelle

Au titre d'organisme gestionnaire de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, les TAAF perçoivent une **dotation budgétaire annuelle** permettant de mettre en place les actions prévues par le plan de gestion.

Cette dotation est complétée par des financements au titre de la Stratégie Nationale de la Biodiversité « SNB », notamment à travers les plans nationaux d'actions (PNA) ou à travers les appels d'offres spécifiques du Ministère en charge de l'Ecologie.

A la demande des membres du Comité consultatif de la Réserve, cette dotation budgétaire est gérée sur un budget « annexe » au budget principal de la collectivité. La dotation budgétaire du Ministère en charge de l'Ecologie versée chaque année aux TAAF provient du programme 113 intitulé « Paysages, eau et biodiversité ». Ce programme est divisé en trois actions :

- 703 : Espaces marins
- 710 : Espaces protégés (création et gestion de réserves naturelles)
- 715 : Connaissance de la biodiversité et préservation des espèces.

Entre 2007 et 2014, le budget alloué à la préservation de l'environnement des TAAF et au titre de la gestion de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises a fortement fluctué. Ces variations budgétaires répondent aux besoins identifiés par la Réserve mais réagissent également aux modifications de fonctionnement du Ministère (notamment en 2011 avec une réduction considérable de la dotation perçue par les TAAF).

En 2014, 2015 et 2016 la dotation du Ministère en charge de l'Ecologie pour la gestion de la Réserve naturelle s'est stabilisée à 600 000 € / an.

La dotation globale allouée à la préservation de l'environnement des TAAF s'élevait quant à elle à 1 177 000 € en 2016 après une augmentation de 300 000€ suite à l'extension de la Réserve naturelle.

## Dotations du Ministère de l'écologie

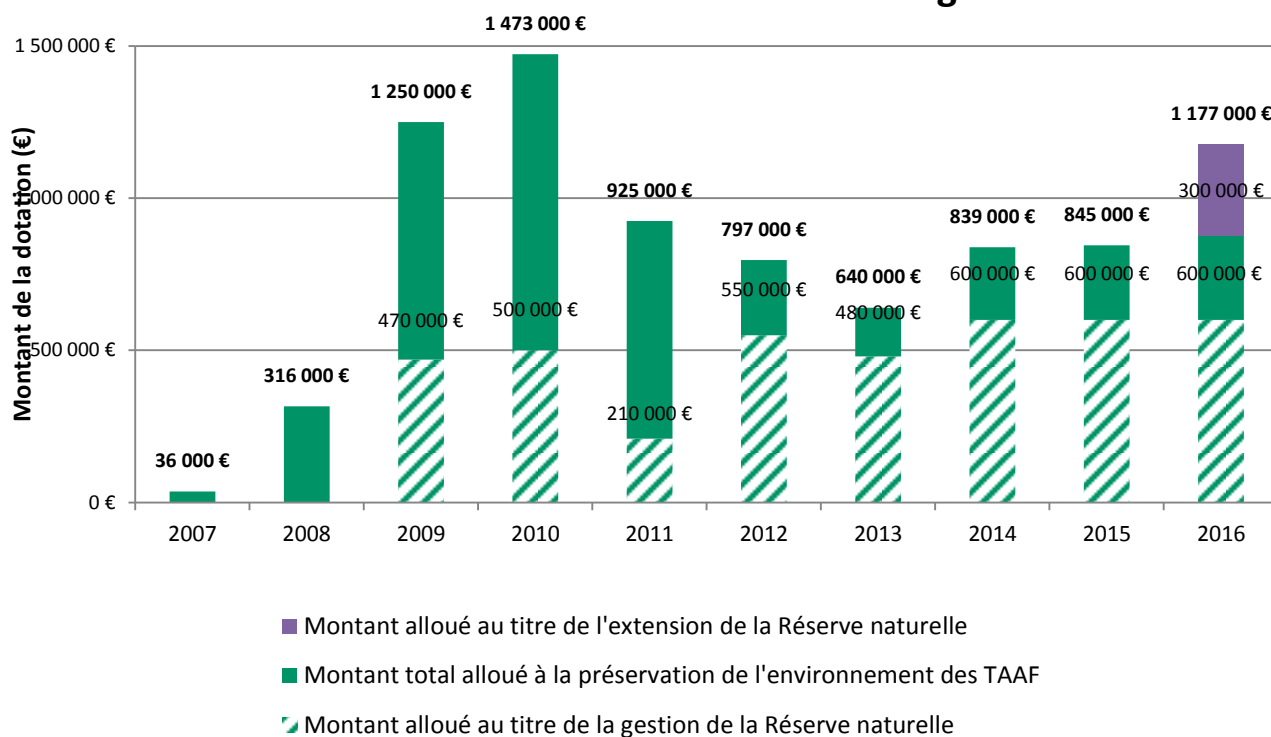


Figure 3. Evolution de la dotation budgétaire du Ministère en charge de l'Écologie pour la gestion de la Réserve naturelle et pour l'environnement des TAAF entre 2007 et 2016

A cette dotation ministérielle, il convient également d'ajouter **les financements suivants** :

- Les **fonds de la Commission Européenne** au travers du programme BEST (*Biodiversity and Ecosystem Services in Territories of European Overseas*), qui sont d'environ 280 000 Euros pour 5 ans (2014-2018).
- les **partenariats privés** (mécénat d'entreprise ou donateurs individuels), qui représentent environ chaque année entre 75 000 et 150 000 Euros.

Les financements susmentionnés sont par ailleurs complétés par l'importante **contribution financière de la collectivité des TAAF**, à hauteur de 3 millions d'euros par an et qui englobe :

- l'hébergement de l'ensemble du personnel au siège des TAAF à St Pierre de La Réunion ;
- le transport, via le Marion Dufresne, de La Réunion vers les territoires de la réserve (4 fois par an), ainsi qu'en hélicoptère, depuis le Marion Dufresne, lors des rotations australes, pour rejoindre les sites d'étude ;
- la prise en charge de l'ensemble des coûts logistiques liés à l'hébergement et à la restauration de l'ensemble des agents de terrain (coût consolidé d'environ 90 000 euros/an/agent) ;
- la gestion de l'ensemble de l'activité « administrative, financière, et juridique », ce qui équivaut environ à 4 Emploi temps plein dédiés à la réserve et pris en charge par les TAAF.

## I.D. Les enseignements du premier plan de gestion (2011-2015)

Les actions du gestionnaire de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises ont pu être évaluées à l'issue du premier plan de gestion. Cette évaluation a été réalisée par les équipes de la Réserve, avec l'appui et l'avis des instances consultatives précédemment citées.

### I.D.1. Présentation du premier plan de gestion

Pour faire face aux menaces et remplir les différentes missions de gestion, un premier plan de gestion de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises a été rédigé par les TAAF, en collaboration avec plusieurs organismes scientifiques soutenus par l'Institut polaire français Paul-Emile Victor (IPEV).

**Défini pour une durée de 5 ans (2011-2015), le plan de gestion regroupait 9 grands objectifs à long terme, déclinés en 90 actions de conservation de la biodiversité.**

Ces objectifs longs termes étaient les suivants:

- Atténuer l'impact des activités humaines sur les milieux au sein de la réserve naturelle
- Rétablir les populations d'espèces menacées
- Réduire les risques d'introduction et de dispersion d'espèces allochtones et gérer les populations des espèces allochtones parvenues sur la réserve
- Améliorer les connaissances sur le patrimoine naturel de la réserve
- Agir en mer en faveur de la conservation du patrimoine naturel au-delà du périmètre de la réserve naturelle
- Conserver le patrimoine historique de la réserve naturelle
- Mobiliser les acteurs de la réserve
- Développer la sensibilisation et la communication vers l'extérieur
- Archiver de manière durable la connaissance

Parmi les actions, on retrouve les plans nationaux d'actions mis en œuvre dans le cadre de la loi Grenelle, la mise en place des mesures de biosécurité, la lutte contre les espèces introduites, le développement des programmes d'inventaires et de connaissance, l'archivage sur le long terme des informations anciennes et nouvelles, la sensibilisation des acteurs séjournant dans la réserve. Des actions de suivis et de dépollution des zones de vie ont également été programmées.

Chaque année, un bilan des activités menées par la Réserve pour la mise en œuvre du plan de gestion a été publié et diffusé à l'ensemble des partenaires des TAAF.

La mise en œuvre du plan de gestion nécessitait une forte transversalité dans les missions portées par l'ensemble des services des TAAF et la poursuite, sur le long terme, de l'étroite collaboration entre le gestionnaire et les scientifiques.

Ayant bénéficié d'une année de prolongation en 2016, ce document cadre a été évalué. Cette procédure a permis de dresser un bilan des actions portées par la Réserve depuis 2011 et d'en évaluer l'efficacité et la pertinence.

## I.D.2. Evaluation et bilan du premier plan de gestion

Validé en fin d'année 2010, le plan de gestion de la Réserve naturelle des Terres australes françaises constitue le document-cadre pour la gestion du site sur la période 2011-2015. Il fixe les objectifs à moyen et long termes et identifie les actions à réaliser pour leur atteinte.

Après une année de prolongation, le plan de gestion 2011-2015 de la Réserve est arrivé à échéance en fin d'année 2016. L'année écoulée a ainsi mobilisé l'équipe de la Réserve pour mener l'évaluation du plan de gestion, avec l'appui de la communauté scientifique et des services concernés de la collectivité des TAAF. Etape primordiale dans la vie d'un espace naturel protégé, cette démarche d'évaluation permet de déterminer la réussite de la mise en œuvre du plan de gestion et l'atteinte des objectifs et résultats qui étaient attendus. A ce titre, l'évaluation représente une aide à la prise de décision en obligeant le gestionnaire à capitaliser l'ensemble des données récoltées et à prendre du recul sur la situation de l'espace protégé. Afin de garantir l'objectivité du processus, le Conseil Scientifique de la Réserve a tenu lieu de comité d'évaluation le 4 octobre 2016.

### *Méthodologie de l'évaluation*

L'évaluation du premier plan de gestion de la réserve a porté sur les 90 actions qui le composent. Pour chacune d'elle, une fiche évaluation a été rédigée de manière à :

- centraliser et analyser l'ensemble des données disponibles,
- faire ressortir les résultats de la gestion réalisée entre 2011 et 2016,
- alimenter les indicateurs (quand cela était possible),
- identifier les perspectives de gestion.

En particulier, pour chaque action, les efforts se sont concentrés sur :

- **L'évaluation de la mise en œuvre de la stratégie d'action** : *a-t-on mis en œuvre les actions prévues ?* Pour se faire, un niveau de réalisation a été affecté à chacune des actions suivant 4 catégories : **0-25%** / **25-50%** / **50-75%** / **75-100%**. (cf. *Erreur ! Source du renvoi introuvable.*)
- **L'évaluation de l'efficacité de la gestion** aux regards de l'atteinte des objectifs fixés : *a-t-on atteint le résultat escompté ?* Pour chaque action, l'atteinte des objectifs a ainsi été déterminée à dire d'expert (membres du Conseil Scientifique) suivant 3 catégories : **atteint** / **partiellement atteint** / **non atteint**. (cf. *Erreur ! Source du renvoi introuvable.*)

### *Analyse de l'évaluation*

L'analyse de l'évaluation fait ressortir que **la quasi-totalité des 90 actions du plan de gestion ont été engagées sur la période 2011-2016**. Si la situation est sensiblement identique entre Crozet, Kerguelen et Amsterdam, l'île de Saint-Paul accuse quant à elle un léger retard lié à son isolement et sa faible fréquentation.



### Avancement de réalisation des actions du plan de gestion (en %)

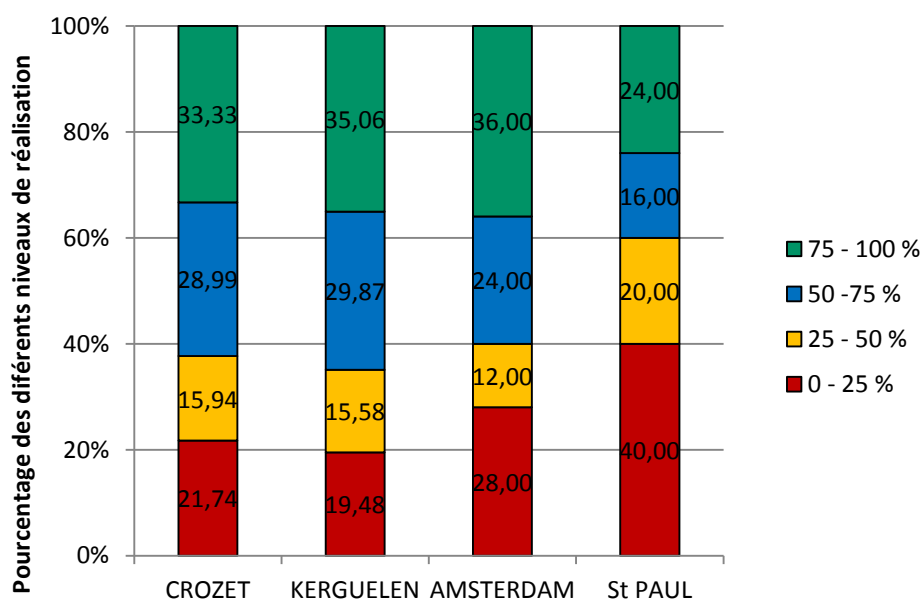


Figure 4. Evaluation de la mise en œuvre de la stratégie d’action. Le niveau de réalisation des actions, pour chacune des îles concernées, a été classé suivant 4 catégories au regard de l’avancement de mise en œuvre sur la période 2011-2016.

Plus de 60% des actions définies dans le premier plan de gestion ont atteint un niveau d’avancement satisfaisant (supérieur à 50%), et 87% des objectifs du plan de gestion sont atteints ou en cours d’atteinte.

S’agissant d’actions dont la réalisation et l’atteinte des résultats sont souvent supérieures à 5 ans, ce bilan est très positif et encourage à la poursuite des efforts importants mis en œuvre depuis 2011.

### Niveau d'atteinte des objectifs

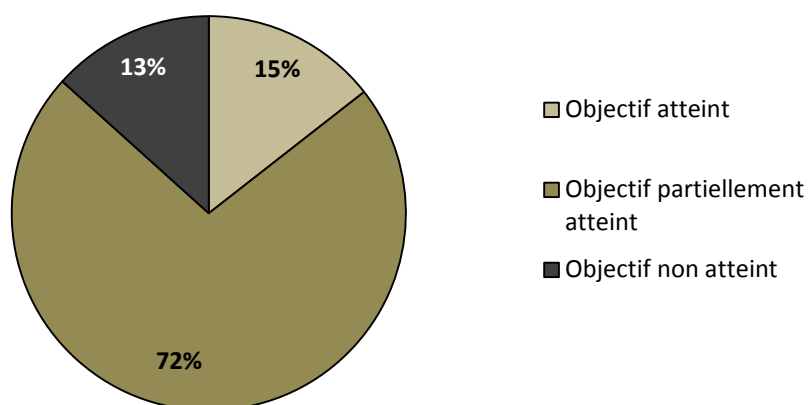


Figure 5. Evaluation de l’efficacité de la gestion. L’atteinte des objectifs, tels que fixés par le plan de gestion, a été déterminée suivant 3 catégories à dire d’expert (membres du Conseil Scientifique).

## *Principaux résultats*

Les résultats obtenus sur la période de mise en œuvre du premier plan de gestion sont particulièrement encourageants et montrent des avancées importantes qui contribuent à la préservation des milieux et des espèces de la Réserve.

En particulier, la connaissance du patrimoine naturel s'est considérablement enrichie, notamment grâce à l'étroite collaboration avec les partenaires scientifiques (programmes IPEV), et permet aujourd'hui d'étayer la définition d'une stratégie de gestion pertinente et efficace. Des partenariats solides restent toutefois à construire avec des laboratoires scientifiques spécialisés sur la thématique des mammifères introduits afin de répondre au mieux aux objectifs liés à la gestion de ces espèces.

Dans le Golfe du Morbihan, l'acquisition du semi-rigide *Le Commerson* a largement contribué à la réussite des programmes d'inventaire et dénombrement sur les îles et constitue aujourd'hui un atout majeur pour les études du milieu marin dans ce secteur de Kerguelen. La situation est plus complexe à Saint-Paul, sur les îles Froides et l'île de l'Est, et dans la partie occidentale de Kerguelen, sites pour lesquels les difficultés d'accès et l'absence d'un moyen nautique adapté contraignent la mise en œuvre des actions du plan de gestion. La recherche de solutions logistiques et techniques innovantes pour combler les lacunes de connaissance et entreprendre des mesures de gestion sur ces secteurs isolés constitue un important défi que la Réserve aura à relever ces prochaines années.

Situation unique pour une réserve naturelle, l'insertion des bases de vie dans le périmètre de la réserve implique la mise en œuvre d'actions visant à réduire leur empreinte écologique. Depuis 2011, des efforts conséquents ont été menés pour asseoir la légitimité de la Réserve sur les districts. Le travail de sensibilisation et d'éducation à l'environnement porte ses fruits et permet aujourd'hui une meilleure adhésion des personnels détachés sur les îles aux actions de la réserve.

Au siège des TAAF, l'implication croissante des autres services de la collectivité permet également d'appuyer la mise en œuvre du plan de gestion de la réserve. Ainsi, le traitement des déchets sur les bases et le démantèlement des infrastructures inutilisées ont connus des progrès tangibles et les efforts devront être poursuivis en ce sens. Les actions liées à l'assainissement des eaux usées et à l'utilisation des énergies renouvelables, qui nécessitent de repenser en profondeur le système actuel, n'ont pas été engagées sur les échéances du premier plan de gestion et mobiliseront des efforts importants au cours du second exercice.

Après 6 années de mise en œuvre, l'évaluation du plan de gestion montre que le travail réalisé est considérable et contribue de manière substantielle à la conservation du patrimoine naturel des Terres australes françaises. De nombreuses perspectives ont pu être dégagées et alimentent le second plan de gestion de la réserve.

## II. Patrimoine naturel de la Réserve naturelle

Situées à plus de 2000 km de tout continent, les Terres australes françaises sont parmi les plus isolées au monde. Du fait de cet éloignement géographique et du climat rigoureux auquel elles sont exposées, peu d'espèces dites « natives », dépendantes de chaînes trophiques simplifiées s'y sont développées. Les habitats sont fragiles, et l'introduction d'espèces exotiques de plantes, d'invertébrés et de vertébrés est susceptible de perturber de manière considérable leur état originel. Le milieu terrestre, en rejetant au fil des pluies de la matière organique et du fer à travers le réseau hydrographique des îles australes, enrichit le milieu océanique alentour, ce qui stimule la production primaire qui y est supérieure à celle du reste de l'océan Indien. Ce dernier joue à son tour un rôle très important du point de vue des entrées d'éléments dans les systèmes terrestres, constamment sous influences salines ainsi que d'un climat océanique. Environnements riches, les milieux marins des îles australes sont des zones privilégiées d'alimentation pour les oiseaux et mammifères marins. Dans la mesure où un grand nombre se reproduisent à terre, ces espèces sont l'illustration parfaite des liens étroits qu'ils existent entre les milieux terrestres et marins au sein de ces territoires.

### II.A. Climat

Les climats de Crozet et de Kerguelen sont similaires : ces deux îles appartiennent à la zone tempérée froide de la région subantarctique. Le climat y est océanique, froid et venteux. Les températures enregistrées sont équivalentes, mais les précipitations sont près de deux fois supérieures sur Crozet que sur Kerguelen. Par opposition, les îles Saint-Paul et Amsterdam ont-elles aussi un climat similaire : elles appartiennent toutes deux à la zone tempérée chaude de la région subantarctique. Le climat d'Amsterdam est mieux connu que celui de Saint-Paul du fait de l'absence d'installation météorologique sur cette dernière.

#### II.A.1. Climat de Crozet

Le climat est océanique, froid et venteux (zone tempérée froide de la région subantarctique dans la classification de Stonehouse 1982) : la température moyenne annuelle de l'air est de 5,5 °C avec des moyennes mensuelles entre 4,3°C en hiver et 6,7°C en été (données Météo-France 1974-2016, station Alfred Faure). Les températures extrêmes enregistrées sur la période sont -6.6 °C le 7 septembre 2006 et 26.6°C les 1<sup>er</sup> janvier et 18 février 1996.

Les précipitations annuelles moyennes étaient de 2030 mm sur la période 1974-2016. L'année avec le minimum de précipitations enregistrées est l'année 1997, avec 536mm. L'année avec le maximum de précipitations enregistrées est l'année 1982, avec 3060 mm.

Des vents forts d'ouest sont fréquents, souvent autour de 40 km/h, avec des pointes régulièrement enregistrées entre 100 et 200 km/h. En moyenne, la base Alfred Faure est couverte de brouillard 59 jours par an.

Il n'y a pas de glaciers sur Crozet mais de larges vallées glaciaires sur l'île de l'Est et l'île de la Possession témoignent d'événements glaciaires par le passé.

Le tableau ci-dessous présente certaines caractéristiques du climat sur la Base Alfred Faure, située sur la côte est de l'île de La Possession (les séries de données enregistrées par Météo France depuis 1974 comportent cependant des interruptions pour la pluviométrie en 1988, 1998 et 2003).

Tableau 5. Données climatiques principales de l'île de la Possession (Données Météo-France)

Température de l'air (période 1974-2016)	
T annuelle moyenne (min, max)	5.5 °C (2.6–8.4)
T moyenne du mois le plus chaud	8.4 °C (février)

T moyenne du mois le plus froid	3.4 °C (août)
<b>Précipitations (période 1974-2016)</b>	
Total annuel moyen (min, max)	2030mm (536mm en 1982– 3043mm en 1997)
Total moyen du mois le plus sec	165mm (février)
Total moyen du mois le plus humide	210mm (mai)

Le profil climatique de Crozet est présenté en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** et confirme que les précipitations sont plus importantes pendant l'hiver austral, entre avril et septembre, et que les températures sont plus basses qu'en été.

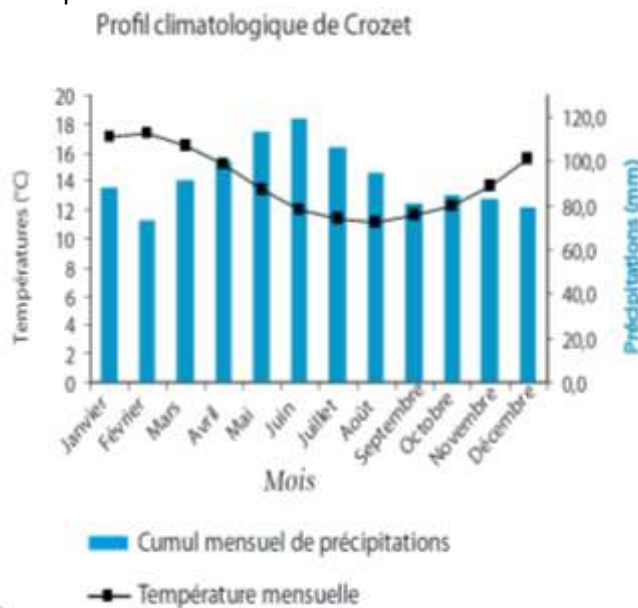


Figure 6. Profil climatologique de Crozet

Source : Rapport Technique N°2 de l'ONERC (2009)

## II.A.2. Climat de Kerguelen

Comme à Crozet, le climat est océanique, froid et venteux (zone tempérée froide de la région subantarctique dans la classification de Stonehouse 1982). La température moyenne annuelle de l'air est de 4.9 °C avec des moyennes mensuelles entre 2.1 °C en juillet et 8.1°C en février (données Météo-France 1951-2016, station Port-aux-Français dans le secteur est de l'archipel, 19 mètres d'altitude). Les extrêmes absolus des températures enregistrées à la base de Port-aux-Français sont :

- - 9.5°C le 11 août 2014 pour la température minimale ;
- + 23.1°C le 7 avril 1985 pour la température maximale.

Les précipitations totales annuelles sont en moyenne de 751mm, réparties sur environ 119 jours (précipitations de plus de 1mm/jour). Dans l'ouest les précipitations sont nettement plus élevées que dans le reste de l'archipel, et peuvent atteindre 3500 mm par an (moyenne de 3156 mm sur la période 1995-2001 dans la Plaine Ampère pour 692 mm à Port-aux-Français sur la même période ; données du programme IPEV 136).

Des vents forts d'ouest sont fréquents, avec en moyenne plus de 300 jours avec des rafales  $\geq 16$ m/s (soit 58 km/h) et plus de 75 jours avec des rafales de plus de 28 m/s (soit 100km/h). En revanche, les brouillards sont très rares à Kerguelen avec seulement quatre jours par an en moyenne (Météo France).

Le nombre de jours avec gel sous abri est en moyenne de 8,1 par an, tandis que le nombre de jours avec neige (Port-aux-Français) est en moyenne de 105,9 jours.

Le tableau ci-dessous présente certaines caractéristiques du climat sur la station de Port-aux-Français, située dans le secteur est de l'archipel.

Tableau 6 : Températures et précipitations sur Kerguelen (Données Météo-France)

Température de l'air (période 1951-2016)	
T annuelle moyenne (min, max)	4.9 °C (1.6 – 8.1)
T moyenne du mois le plus chaud	8.1 °C (février)
T moyenne du mois le plus froid	2.1 °C (juillet)
Précipitations (période 1951-2016)	
Total annuel moyen (min, max)	751 mm (344 – 1480)
Total moyen du mois le plus sec	45 mm (février)
Total moyen du mois le plus humide	78 mm (mai)

Le profil climatologique de l'archipel Kerguelen est présenté dans la **Erreur ! Source du renvoi introuvable..**

Figure 7. Profil climatologique de Kerguelen

Source : Rapport Technique N°2 de l'ONERC (2009)

### II.A.3. Climat de Saint-Paul et Amsterdam

En raison de sa localisation au nord de la convergence subtropicale le climat de l'île Amsterdam est océanique tempéré (zone tempérée chaude de la région subantarctique dans la classification de Stonehouse 1982). La température moyenne annuelle de l'air est de 14.0°C (11.2°C en août, 17.4°C en février). Les températures les plus extrêmes qui ont été relevées entre 1951 et 2016 sont +1.7°C le 22 décembre 1977 et +26.2°C le 23 février 2015.

Les précipitations moyennes annuelles s'élèvent à environ 1100 mm, répartis sur 158 jours (précipitations de plus de 1 mm/jour), avec une période sèche en été parfois très marquée (des minima de 15 à 20 mm mensuels ont été enregistrés en janvier et février) (données *Météo France 1951-2016, station Martin de Vivies, 27 m alt*).

Les vents d'ouest sont fréquents, surtout en hiver. En moyenne, le vent souffle à 24 km/h. Si les rafales de plus de 16 m/s (58 km/h) n'y sont pas rares (168 jours/an), les fortes rafales, de plus de 28 m/s (100km/h) sont rares (13 jours/an).

La nébulosité et les nuages sont fréquents, notamment en hiver, dans les zones d'altitude, beaucoup plus humides. La base Martin de Viviès est recouverte de brouillard 11 jours par an en moyenne.

Le tableau ci-dessous présente certaines caractéristiques du climat sur la station de Martin-de-Viviès, située dans le secteur est de l'archipel.

**Tableau 7 : Températures et précipitations depuis 1950**

Données Météo-France, Amsterdam, Martin de Viviès

<b>Température de l'air</b> (période 1951-2016)	
T annuelle moyenne (min, max)	14.0 °C (11.6 - 16.4)
T moyenne du mois le plus chaud	17.4 °C (février)
T moyenne du mois le plus froid	11.2 °C (août)
<b>Précipitations</b> (période 1951-2016)	
Total annuel moyen (min, max)	1103mm (782– 1390)
Total moyen du mois le plus sec	71.5 mm (février)
Total moyen du mois le plus humide	117.3 mm (juin)

Le profil climatologique d'Amsterdam est décrit ci-dessous, dans la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

**Figure 8. Profil climatologique d'Amsterdam**

Source : Rapport Technique N°2 de l'ONERC février 2009

En l'absence d'installation permanente sur l'île Saint-Paul, **très peu d'informations sont disponibles sur le climat de cette île**. En raison de sa position à environ 80 km au sud de l'île Amsterdam les données générales enregistrées par Météo-France sur la Base Martin de Viviès à Amsterdam peuvent être retenues pour caractériser le climat de Saint-Paul.

## II.B. Géomorphologie

Les îles australes françaises ont été formées suite à un volcanisme de point chaud. La plus ancienne est Kerguelen, dont la formation aurait débuté il y a 40 millions d'années (Ma), tandis que le plateau continental sur lequel l'archipel repose daterait d'une centaine de millions d'années. L'archipel Crozet, quant à lui, se serait formé plus récemment, entre -10 Ma et -400 000 ans. Les îles Saint-Paul et Amsterdam se sont formées il y a moins d'un million d'années, Saint-Paul étant l'île la plus récente, sa partie supérieure étant datée à -100 000 ans.

### II.B.1. Géomorphologie de Crozet

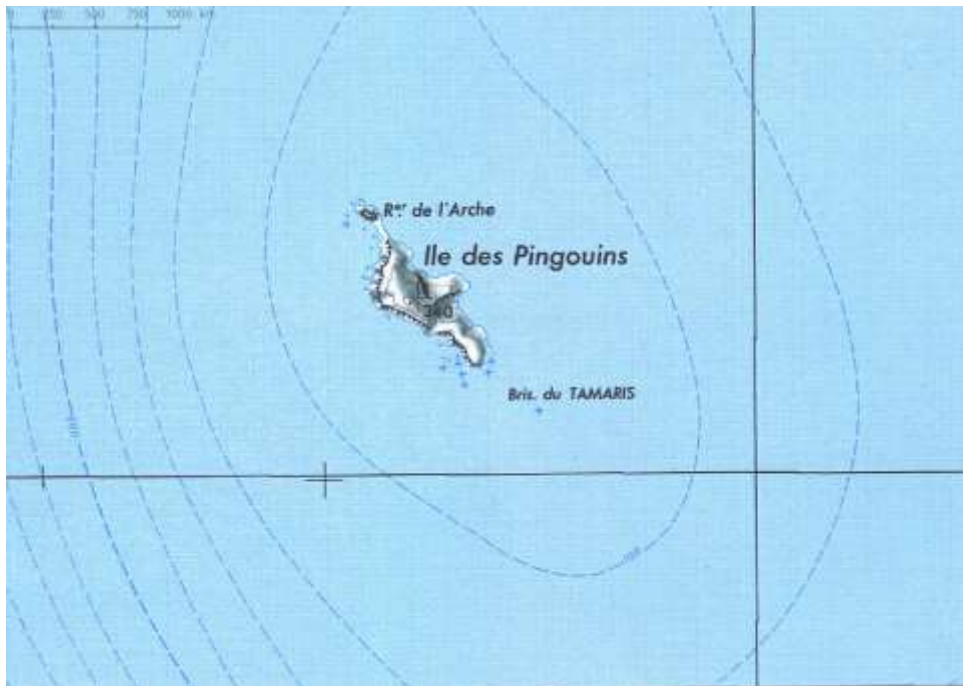
#### *II.B.1.a) L'état des connaissances et des données disponibles*

Les îles Crozet constituent la partie émergée d'un vaste plateau volcanique, dénué de sismicité, qui porte également plus à l'ouest les îles Marion et du Prince Edouard. D'une superficie d'environ 4500 km<sup>2</sup>, ce plateau s'étend sous 250 m d'eau au milieu d'une plaine abyssale profonde de 4000 m. Il s'est sans doute mis en place il y a 65 millions d'années, vers la fin du Secondaire ou le début du Tertiaire. Ce volcanisme est attribué à un point chaud qui serait actuellement situé 500 km plus au sud-est sous l'île de Conrad (53°4 S, 48°4 E) (Giret et al. 2003, Richet et al. 2007). La géomorphologie de ces îles dépend aussi fortement du milieu océanique qui les entoure ainsi que du climat, venteux et pluvieux, qui altère la roche et les sols.

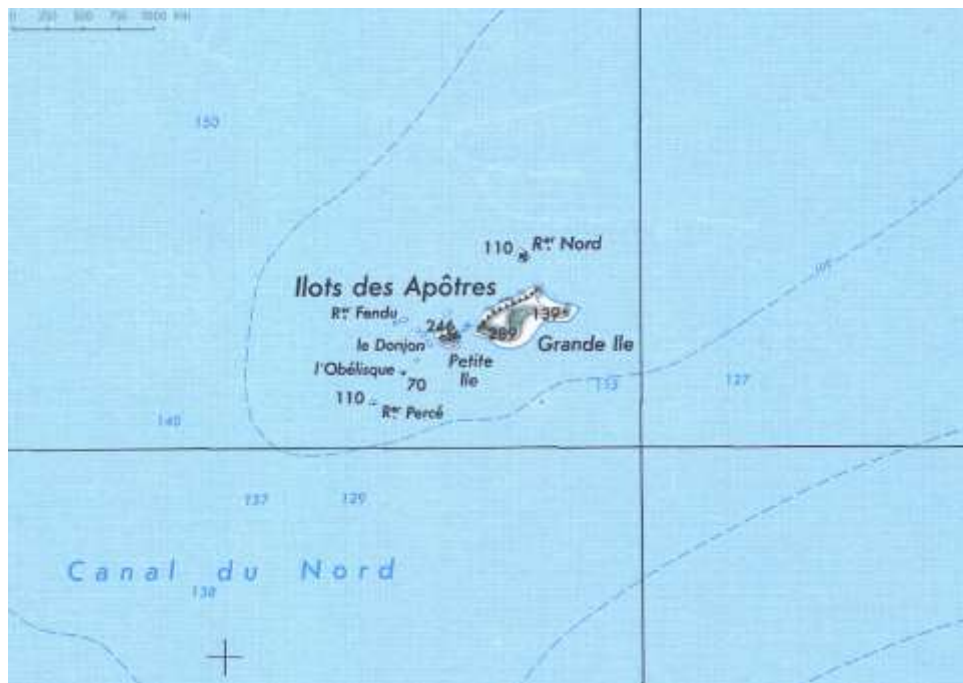
#### II.B.1) a) i.

#### Les îlots occidentaux

Au nombre très approximatif de 12, **les îlots des Apôtres** sont constitués des plus vieilles laves de ce groupe d'îlots et culminent dans Grande Ile au Mont Pierre (292 m), à l'arrière des hautes Falaises de Judas. Ils sont les vestiges d'un vaste édifice volcanique dont le démantèlement est désormais quasiment complet (carte 13). De taille comparable, **l'île des Pingouins** est le flanc Nord-est d'un volcan presque complètement effondré en mer. De forme grossièrement circulaire, avec une superficie de 65 km<sup>2</sup>, **l'île aux Cochons** doit son nom aux porcs importés qui s'y multiplièrent un temps. Culminant au Mont Richard-Foy (853 m), elle seule a une allure de volcan bouclier typique grâce à une activité qui débuta il y a 400 000 ans et n'est pas encore terminée. En témoignent en particulier une soixantaine de petits cônes scoriacés bien alignés sur deux grandes directions de fractures.

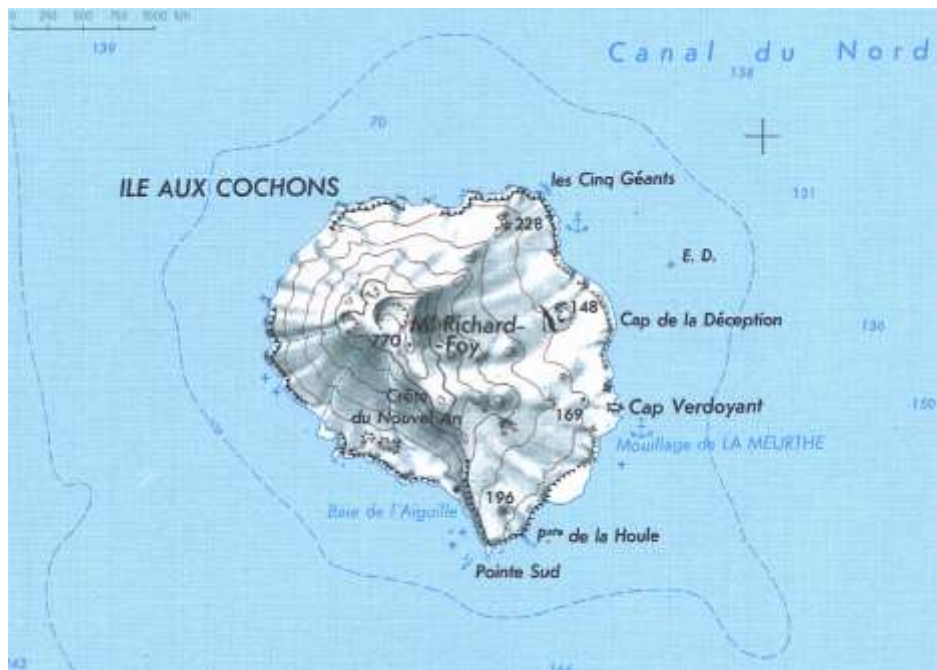


Carte 9. Croquis topographique IGN de l'île des Pingouins : IGN 4450 C



Carte 10. Croquis topographique IGN des îlots des Apôtres, IGN 4450 C (TAAF : Cochon/apôtres/Pingouins, 1986)

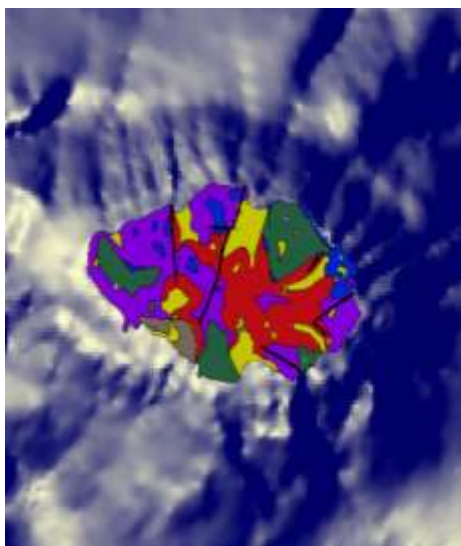




Carte 11. Carte topographique de l'île aux Cochons : IGN 4450 C (TAAF : Cochon/apôtres/Pingouins, 1986)

II.B.1) a) ii. Les îles orientales

Il y eut très peu de missions de terrain **sur l'île de l'Est** du fait de son accès difficile et de l'absence de base permanente. Il n'y eut que de très courtes missions géologiques de quelques jours à la faveur du passage du Marion Dufresne : une première mission géologique a eu lieu en 1969 (Watkins et Abranson), une autre en 1976 (Lameyre et Nougier) puis en 1978 (Lameyre et Giret) qui ont permis de reconnaître les grands groupes de roches et l'élaboration de publications sur la nature des laves sans permettre d'établir de chronologie et de géochimie comparées sur l'ensemble des îles Crozet (Gunn et al. 1970, Lameyre et Nougier 1982, Zhou, 1996 qui a fait la synthèse des travaux publiés et la géochimie des échantillons récoltés par la courte mission de 1978). L'île de l'Est est un volcan bouclier dont l'histoire est déjà longue puisqu'elle commença il y a 8,75 Ma, s'interrompit très longtemps et reprit il y a 1,6 Ma pour ne s'achever qu'il y a 100 000 ans. Etant une des îles les plus vieilles et la plus importante en volume et étant aussi l'une des plus originales de l'archipel de Crozet compte tenu de la présence de roches plutoniques différenciées intrusives dans les coulées de laves formant le bouclier, il apparaît donc indispensable de compléter les levés cartographiques qui restent très rudimentaires et d'aller échantillonner en détails cette île qui révèle probablement plus complètement, compte tenu de son âge, l'histoire de l'archipel de Crozet que la Possession ou les îles de l'Ouest Crozet.



Carte 12. Carte géologique simplifiée de l'Île de l'Est. D'après schéma de Lameyre et Nougier (1982) modifiée par Michon (2005), mettant notamment en évidence la prolongation des grandes fractures vues à terre avec les grandes failles des fonds marins

#### Légende de la carte

- Rouge = Ensemble plutonique litée,
- Violet = Conglomérats volcaniques avec interstratification de laves,
- Bleu = Unité 3 inférieure avec conglomérats volcaniques coiffées de coulées de Hawaïte,
- Vert = Unité 3 supérieure, conglomérats volcaniques avec coulées de basaltes, océanites et ankaramites (objet de la publication de Gunn *et al.* 1970), Jaune Eboulis, alluvions fluvio-glaciaires et moraines. Les cônes de scories récents sont indiqués avec des pointillés

**L'île de la Possession**, distante de 16 km seulement de l'île de l'Est, est longue de 18 km et large de 15. C'est la plus grande de l'archipel de Crozet. Elle doit sa taille à une activité qui a commencé il y a plus de 8 Ma et n'est sans doute pas terminée. Bien qu'aucune éruption n'ait encore été observée, les dernières eurent probablement lieu il y a moins de 10 000 ans, comme l'atteste la parfaite conservation de cônes de scories rouges. L'existence de coulées de fond de vallée glaciaire datant du quaternaire, moulant une topographie plus ancienne indique également une activité assez récente.

La Possession est séparée en deux parties inégales par une ligne de crête d'orientation NNE-SSO. Celle-ci court entre 700 et 900 m environ d'altitude et porte ces cônes volcaniques récents, dont celui du Pic du Mascarin (934 m), le point culminant de l'île. La partie occidentale est la plus élevée. Elle tombe abruptement dans la mer en formant de hautes falaises jalonnées de pointes et d'éperons rocheux, tels la Pointe et les Rochers des Moines, la Roche Debout ou les Rochers Percés.

La région orientale est beaucoup plus basse. Elle présente des plateaux aux pentes assez douces, comme les Plateaux Jeannel et des Pétrels, et des crêtes séparées par des vallées glaciaires. La côte est festonnée de baies situées à l'abri des vents d'ouest dominants. Le Marion-Dufresne mouille dans la Baie du Marin pour ravitailler la base Alfred Faure.



Carte 13. Extrait de la carte de reconnaissance IGN à 1/50 000 (1964) et MR TAAF 1986 de l'île de La Possession (archipel Crozet)

### *II.B.1.b) Description et histoire de la géomorphologie de Crozet*

#### II.B.1) b) i. Les îlots occidentaux

**L'île des Pingouins** est essentiellement constitué de brèches volcaniques et de coulées de laves datées à 1.1Ma ; il s'agit en fait du flanc NE d'un volcan dont la majeure partie a sombré en mer (Nougier et al. 1987, Marc, 1997, Giret et al. 1987, 2002). Sur les falaises ont été reconnus deux épisodes principaux : A la base un épisode de 150m d'épaisseur est surtout représenté par des hyaloclastites avec des restes de niveaux fossilifères à pecten interprétés comme des anciennes plages fossilisées. Au dessus de ces niveaux de base, un ensemble de 200m d'épaisseur forme les reliefs de l'île et présente une alternance de brèches et de coulées de laves basaltiques. L'ensemble est recoupé de filons.

**L'île aux Cochons** est un cône aplati, circulaire de 65 km<sup>2</sup> et de 900m de hauteur. Le cratère central a permis de distinguer 2 épisodes volcaniques majeurs : le premier (0,4-0,2 Ma) a un caractère essentiellement phréatomagmatique avec l'empilement de coulées sur plus de 400m, la seconde (0,2 Ma à actuel) est plus lié a des épisodes d'effondrements et aux activités stromboliennes responsables des petits cônes récents dont certains particulièrement bien conservés semblent être historiques et probablement plus jeunes que 5500 ans.

Quant **aux îlots des apôtres** ils résultent du démantèlement presque complet d'un ensemble volcanique constitué de brèches et de coulées volcaniques interstratifiées (5,65 -2,65Ma)

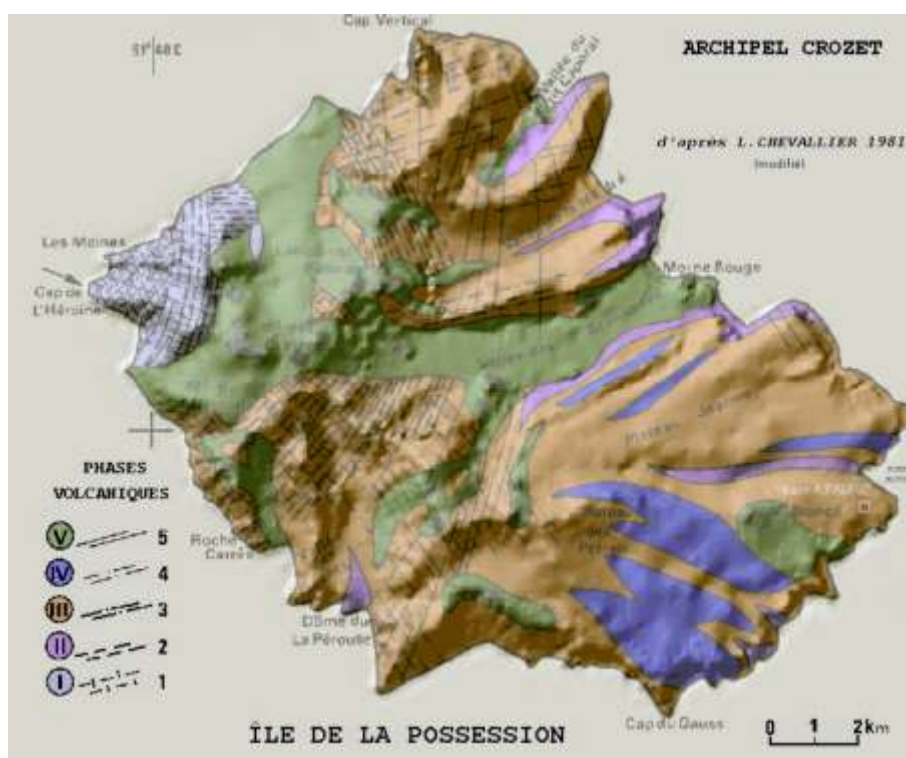
#### II.B.1) b) ii. Les îles orientales

**L'île de l'Esta** rarement été prospectée. Seules deux grandes baies existent, au débouché de vallées glaciaires, dans une côte bordée de falaises hautes de 500 m ou plus contre lesquelles d'immenses vagues viennent se briser. Son sommet, le Mont Marion-Dufresne (1050 m) est le point culminant de l'archipel. Les épais nuages qui le masquent habituellement confèrent à l'île un air mystérieux. Elle présente une surface de 130 km<sup>2</sup>. L'axe montagneux, entre 800m et 1000m ; orientée WNW-ESE est subparallèle à la direction du plateau de Crozet. Cet axe est rompu par 3 cols d'un peu moins de 400m d'altitude. Des dépressions à fond plat, forment des vallées en auge, témoignant des dernières glaciations (Baie de l'aventure au nord et de l'Abondance au sud)

L'histoire de **La Possession** peut être décrite en trois périodes (Chevalier et Nougier 1981) (carte 14). La période la plus longue représente en réalité un constat d'ignorance car elle regroupe d'innombrables épisodes n'ayant laissé que de rares vestiges. Entre 8,7 et 2,1 Ma, s'est édifié un volcan bouclier qui s'est presque totalement effondré en mer. Ce volcanisme fut précédé par des éruptions sous-marines, non datées, dont il reste des cendres et des pyroclastites altérées visibles uniquement à l'Ouest dans la région des Moines. Les produits de ce volcan qui constitue les fondations de l'île ne sont apparentes que dans les fonds de vallée. Au Cap de l'Héroïne, par exemple, se voient ainsi les dykes annulaires qui arment cet ancien édifice.

C'est la deuxième période, la plus brève, qui a laissé la plus forte empreinte sur toute l'île. Entre 1 et 0,7 Ma se sont empilées de très nombreuses coulées de basalte (dont beaucoup d'océanites : lave sombre très riche en cristaux d'olivine verte) qui forment les plateaux actuels. Ces coulées ont été alimentées par de grands dykes radiaires. Dans la falaise N de la Baie Américaine, l'un d'entre eux, large d'une dizaine de mètres, recoupe ainsi les coulées de basaltes de la première période. Sur les hauteurs du Sud-Ouest de l'île, au fond de la Baie du "Laperouse", une autre voie d'accès des laves vers la surface est figurée par la Tour Blanche (335m), qui est en fait un neck prismé dépassant d'une dizaine de mètres le plateau volcanique. L'installation d'une calotte glaciaire a ensuite creusé de grandes vallées en auge, comme celles d' Hébé, de Géante ou du Branloire. Ce découpage des plateaux basaltiques pratiqués par les glaciers est évident dans la vallée qui débouche dans la Baie du Marin.

Enfin la troisième période volcanique a débuté il y a quelques dizaines de milliers d'années. Elle a été caractérisée par de nombreux épisodes explosifs de type stromboliens et par une importante phase effusive. Ses coulées sont bien visibles au centre et à l'Ouest de l'île, ainsi que sur les hauteurs dominant au Sud-Est la base Alfred Faure. Les laves émises au Mont Branca (383 m), l'un des plus jeunes cônes, sont par exemple riches en olivine (5 mm) et en pyroxènes noirs dont la taille peut atteindre 1 cm. La différenciation des laves a en fait conduit à la formation de phonolites, qui ont par exemple vu le jour au Dôme du Laperouse.



Carte 14. Carte géologique simplifiée de La Possession d'après Chevalier et Nougier , 1981, modifiée par Michon (2005) <http://www.univ-st-etienne.fr/iaaf/>



Carte 15. Modèle Numérique de Terrain avec report de la géologie de l'île de La Possession (Michon 2005) <http://www.univ-st-etienne.fr/iaaf/>

Légendes Carte 14 et Carte 15: 1 Phase sous marine ; 2 = Coulée du bouclier ancien ; 3 = Coulées d'océanites ; 4 = coulées récentes ; 5 = Laves récentes du Mont Branca (vallée des Branloires)

### II.B.1.c) Pédologie de Crozet (île de la Possession)

La rigueur des climats et la faible activité biologique des sols minéraux des régions froides ont longtemps conduit les pédologues à estimer que seuls des processus de dégradation, fragmentant la roche en place, étaient à l'origine de la formation des sols. Dans ses travaux sur les sols de l'île de la Possession, Frenot (1986, 1987) a montré que si les phénomènes mécaniques sont prédominants, notamment en altitude, des observations d'ordre morphologique et analytique confirment la réalité de processus pédogénétiques importants, y compris sur le fell-field d'altitude, avec des phénomènes physiques d'organisation des constituants et des phénomènes chimiques d'altération.

Sur l'île de la Possession la dynamique des sols est soumise à l'influence d'un petit nombre de facteurs environnementaux qui s'expriment avec force et rendent donc l'interprétation de leur rôle spécifique plus aisée que dans d'autres milieux plus complexes. Il existe ici un système physique fondamental, constitué de l'océan, du climat et de la roche mère. **L'océan joue un rôle très important du point de vue des entrées d'éléments dans les systèmes terrestres.** De faible superficie (150 km<sup>2</sup>) l'île est constamment soumise aux influences salines. Le climat océanique est caractérisé par de faibles amplitudes thermiques saisonnières (entre 3.2 °C et 8.1°C), une pluviométrie importante (2400 mm) à peu près régulière tout au long de l'année et des vents violents et continus de secteur ouest (cf. partie II.A). Il existe un gradient thermique marqué avec l'altitude. En relation avec l'origine volcanique de l'île, la roche est presque exclusivement constituée de basaltes à pyroxène et olivine. Ce système physique fondamental est influencé par des facteurs biotiques dont la distribution sur l'île suit grossièrement, en fonction de la topographie, un double gradient d'altitude et de distance à la mer. La couverture végétale, souvent continue à basse altitude, fait place brusquement vers 150 m d'altitude au fell-field, milieu ouvert présentant un faible recouvrement végétal auquel participent peu d'espèces (*bryophytes*, *Agrostis magellanica*, *Azorella selago*). Sur le fell-field la faune d'invertébrés du sol comprend notamment des acariens, des collembolés et des vers de terre, localisés essentiellement sous les touffes de végétation.

En altitude les facteurs climatiques jouent un rôle important dans les processus pédogénétiques et sont responsables du pavement désertique, de nombreuses formes de surface telles que sols polygonaux ou striés, présents sur toute l'île au-dessus de 350 m d'altitude. Les sols, essentiellement minéraux sont

structurés, et l'altération des minéraux du basalte est très active, comme en témoigne la présence de gibbsite dans la fraction argileuse.

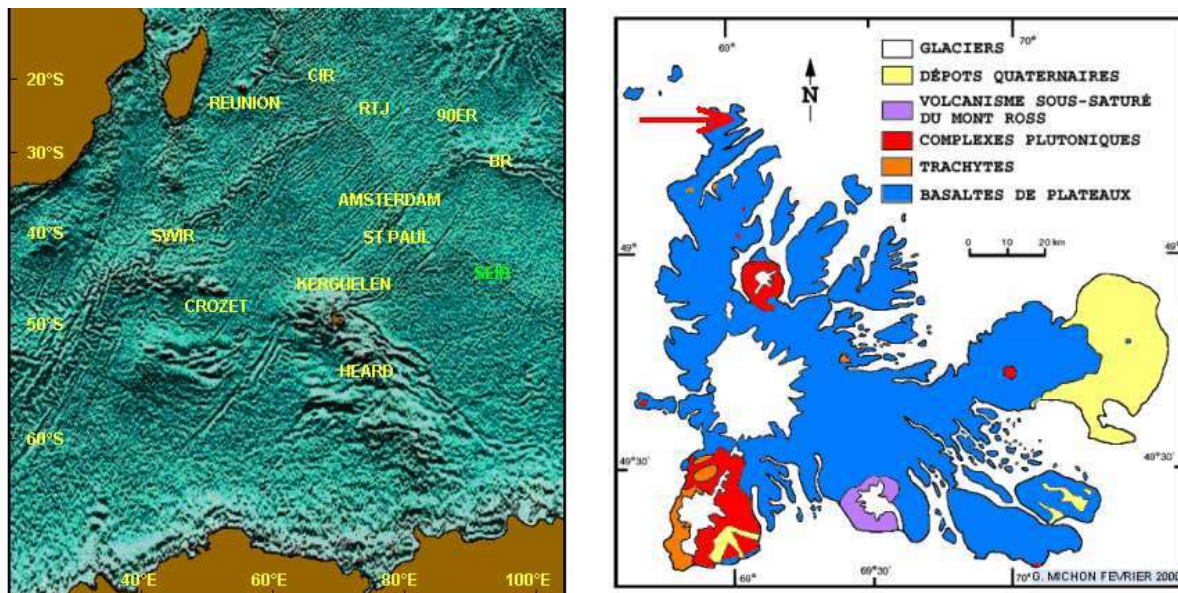
## II.B.2. Géomorphologie de Kerguelen

Le plateau de Kerguelen (isobathe 500m) est **l'un des plus larges plateaux de l'océan Austral**, s'étendant sur 150 km d'est en ouest et 120 km du nord au sud, soit 100 495 km<sup>2</sup> (Duhamel 1987). Avec ses prolongements et ses bancs adjacents, le plateau entourant les îles Kerguelen forme une même entité avec celui des îles Heard et Mac Donald (Australie), situées au sud-est à environ 415 km, pour constituer le plateau de Kerguelen-Heard, orienté nord-ouest-sud-est sur plus de 1 000 km. Les émergences de la partie sud de ce plateau sont des volcans toujours actifs (Heard en 1985 ; Mac Donald en 1997). Il se poursuit vers le continent antarctique par la ride Kerguelen-Gaussberg et forme le plus vaste plateau péri-Antarctique. Ainsi, le plateau de Kerguelen-Heard, par son émergence pratiquement nord-sud, constitue ainsi un obstacle fondamental pour la grande circulation océanique d'ouest en est du secteur indien de l'océan Austral. 70% de la zone économique exclusive (ZEE) de Kerguelen se situe entre 0 et 500 m, 20% entre 500 et 1 500 m, le reste correspondant aux zones bathyales profondes et abyssales (> 1 500 m). Des profondeurs de plus de 4 500 m sont notées à l'extrême sud-ouest de la ZEE de Kerguelen. Quelques bancs, isolés de ces plateaux par des profondeurs de plus de 1 000 m, sont situés à l'ouest des îles Kerguelen. Enfin, il est noté au sein du plateau de Kerguelen, une fosse entre les îles Kerguelen et Heard d'une profondeur moyenne de 500 m.

### II.B.2.a) *L'état des connaissances et des données disponibles*

Depuis leur découverte en 1772 par Yves Jozeph de Kerguelen de Trémarec, les îles Kerguelen furent l'objet de **plusieurs investigations scientifiques au cours des XVIIIème et XIXème siècles ainsi qu'au début du XXème siècle** (Lacroix, 1924, Rallier du Baty 1910, traduction 1991). Ce n'est pourtant qu'avec Aubert de la Rue (1932) que leur connaissance géologique s'affine, en particulier avec la découverte de massifs plutoniques dont certains contiennent des **roches granitiques**, ce qui les distingue des autres îles océaniques. A partir de 1958, année géophysique internationale, les programmes d'exploration des océans apportent de nombreuses données bathymétriques, gravimétriques, paléomagnétiques, sismiques, sédimentologiques et géochimiques, qui précisent l'image et l'histoire de l'océan Indien. A la suite des synthèses océanographiques (Heezen et Sharp, 1965), géologiques (Nougier, 1970) et paléomagnétiques (Schlich, 1975), les îles Kerguelen deviennent une cible privilégiée des géologues pour qui elles sont un exemple unique d'informations géologiques sur des terres émergées de grande surface (120 x 150 km) liées au magmatisme intraplaque et situées dans une région de l'océan Indien où les îles sont rares. L'archipel de Kerguelen apparaît comme un maillon indispensable à la compréhension de la géodynamique de l'Océan Indien et offre un grand intérêt pour la connaissance du magmatisme en contexte géodynamique intraplaque océanique.

A partir des années 1970, **une attention particulière a été portée aux granites** dont l'origine continentale semblait alors démontrée. Leur présence, inexpliquée à Kerguelen, conduisait à supposer l'existence d'un fragment continental sous la jeune croûte océanique (Watkins et al., 1974), ce qui au moment de l'essor de la théorie de la tectonique des plaques, a permis aux îles et au plateau de Kerguelen de devenir un des grands laboratoires naturels de la planète pour mieux comprendre l'expansion océanique et/ou la dérive des continents et le magmatisme intra-océanique déjà représenté par Hawaï ou l'Islande, ce qui a contribué à la notion d'île océanique de 3ème type pour Kerguelen (Giret et al. 1997). La géochimie isotopique et la radiochronologie (méthodes Rb/Sr, Sm/Nd) ont levés très rapidement l'incertitude de l'origine continentale et ont clairement **démontré l'origine océanique des roches magmatiques de l'archipel** (Lameyre et al. 1976). Ces résultats obtenus à terre ont été intégrés à ceux obtenus en mer (Goslin et Patriat, 1984) et il est apparu que **les sources** magmatiques qui sont à l'origine des îles Kerguelen et du plateau qui les supporte, étaient liées à l'interaction de la ride Est-Indienne et du point chaud de Kerguelen (Gautier et al., 1990).



Carte 16. (à gauche) : Les îles Kerguelen dans l'Océan Indien situées à l'extrémité Nord du vaste plateau appartenant à la portion de la plaque Antarctique comprise entre les rides médio-océaniques SW et SE indiennes ; (à droite) : carte géologique simplifiée des îles Kerguelen (d'après Nougier, 1970, Michon, 2000)

**Le bassin océanique entre l'île de Heard et l'île de Kerguelen** contient des sédiments d'âge **Crétacé**. Cela conduit à l'hypothèse d'un plancher océanique datant du crétacé inférieur (~120Ma). **Ces îles seraient donc les dernières étapes de formation de la partie nord du plateau de Kerguelen.**

Des études sismiques terrestres et marines ont montré que la croûte océanique, au niveau du plateau nord et de l'archipel, était épaissie et mesurait de 14 à 23 Km au lieu des 7 à 10 km de la croûte océanique classique (Charvis *et al.* 1995).

Les données paléomagnétiques et sédimentaires ont permis de connaître les différents événements géologiques de ce secteur de l'océan indien : **Formation du plateau de Kerguelen au crétacé (120 à 115 Ma), suivi d'un volcanisme fissural qui a formé des empilements de laves et des plateaux basaltiques sous-marins de près de 4000 m d'épaisseur. Les laves qui n'ont pas pu atteindre la surface ont donné naissance à des filons de gabbros et à des appareils plutoniques (sills) par intrusions en fracturant les basaltes encaissants. Toute cette série a été recouverte ensuite par de nouveaux entablements volcaniques alcalins et a été recoupée par des complexes volcano-plutoniques.** Dans ces complexes deux types de séries magmatiques voisines de celles rencontrées dans les autres îles océaniques ont été reconnues : une série volcanique montrant une affinité géochimique (tholéiitique transitionnel) datée entre 30 et 25 Ma (équivalent de la partie bouclier basale des autres îles océaniques comme Hawaï, La Réunion ou les îles de la Société...), la seconde, une série volcanique alcaline de 28 Ma à l'actuel caractéristique du volcanisme de point chaud ou de panache. **L'archipel a donc évolué d'un contexte d'interaction ride médio-océanique-panache à un contexte intraplaque ne dépendant plus que du panache.**

Plus récemment (année 1990-2000), la découverte de nombreux gisements d'enclaves basiques et ultrabasiques, provenant d'une profondeur pouvant aller jusqu'à 70km (Grégoire 1994, programme IPEV (EX IF RTP) CARTOKER –Giret A. GEOCHRONOKER –Cottin J.Y-, CARBONATOKER –GIRET A.) a apporté un éclairage nouveau, tant sur l'origine des magmas que sur la structure de la lithosphère. L'épaississement crustal dont témoigne l'archipel de Kerguelen appuie l'idée qu'il **peut représenter un exemple de nucléation continentale en pure domaine océanique** (Grégoire *et al.*, 1994 –revue Nature- 1995, 1998), comme cela est suggéré dès l'Archéen pour les ceintures de roches vertes interprétés comme des reliques de vastes plateaux océaniques insubductables (Abouchami *et al.*, 1990 ; Boher *et al.*, 1992), ce qui a permis aux îles Kerguelen d'être aussi regardées comme un modèle d'actualisme pour le démarrage de la tectonique des plaques au stade de la terre primitive, il y a plus de 3 milliards d'années.

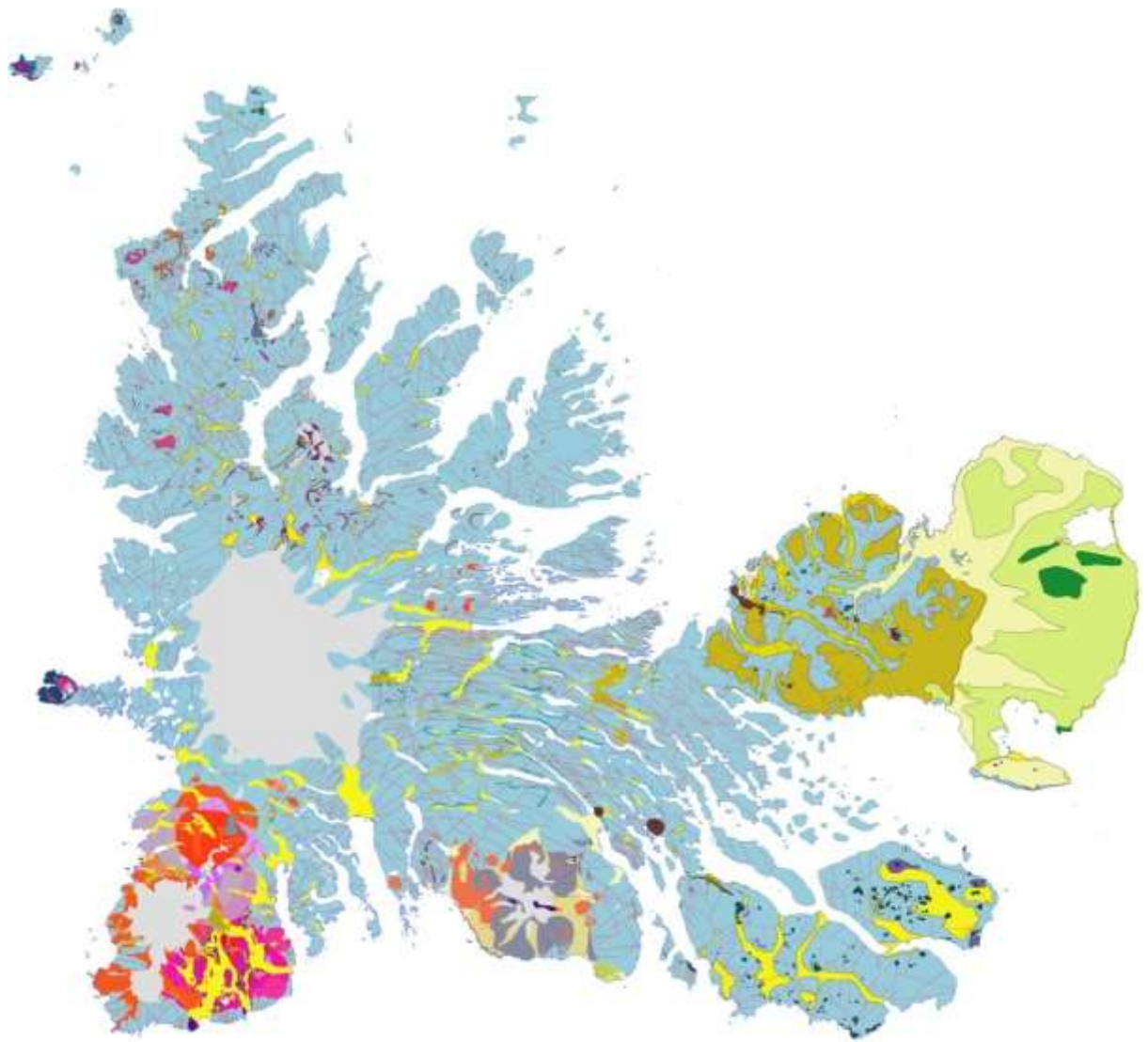
Par ailleurs, les données pétrologiques, géochimiques et isotopiques (radiogéniques et stables) obtenues directement sur les enclaves ultrabasiques-basiques mantelliques (représentant le manteau de l'océan Indien et la croûte profonde du plateau océanique), récemment découvertes dans l'archipel, indiquent clairement le caractère initialement réfractaire et secondairement enrichi d'un manteau océanique abondamment percolé et métasomatisé à l'aplomb d'un panache mantellique, ce qui constitua le **seul véritable laboratoire naturel de la lithosphère mantellique au sein de l'océan Indien** et apporta la preuve dans le temps et dans l'espace de cette **interaction ride-point chaud** (Grégoire 1994, Grégoire *et al.*, 1992, 1997, 2000, 2001, Mattielli, 1996, Mattielli *et al.*, 1996, 1999, Moine 2000, Moine *et al.* 2000, 2001, 2004, Delpech 2004, Delpech *et al.* ; 2004, Chevet 2009).

De 2013 à 2015, le programme TALISKER (Transfers across the lithosphere of Kerguelen), financé par l'Institut Polaire Français (IPEV), s'est intéressé aux transferts de fluides (aqueux ou magmatiques) affectant la lithosphère de Kerguelen à différents niveaux structuraux, depuis le manteau supérieur jusqu'à la surface ainsi qu'à la migration et la dissémination des éléments dans l'océan Austral. Ce programme regroupait des géologues, des microbiologistes et des océanographes.

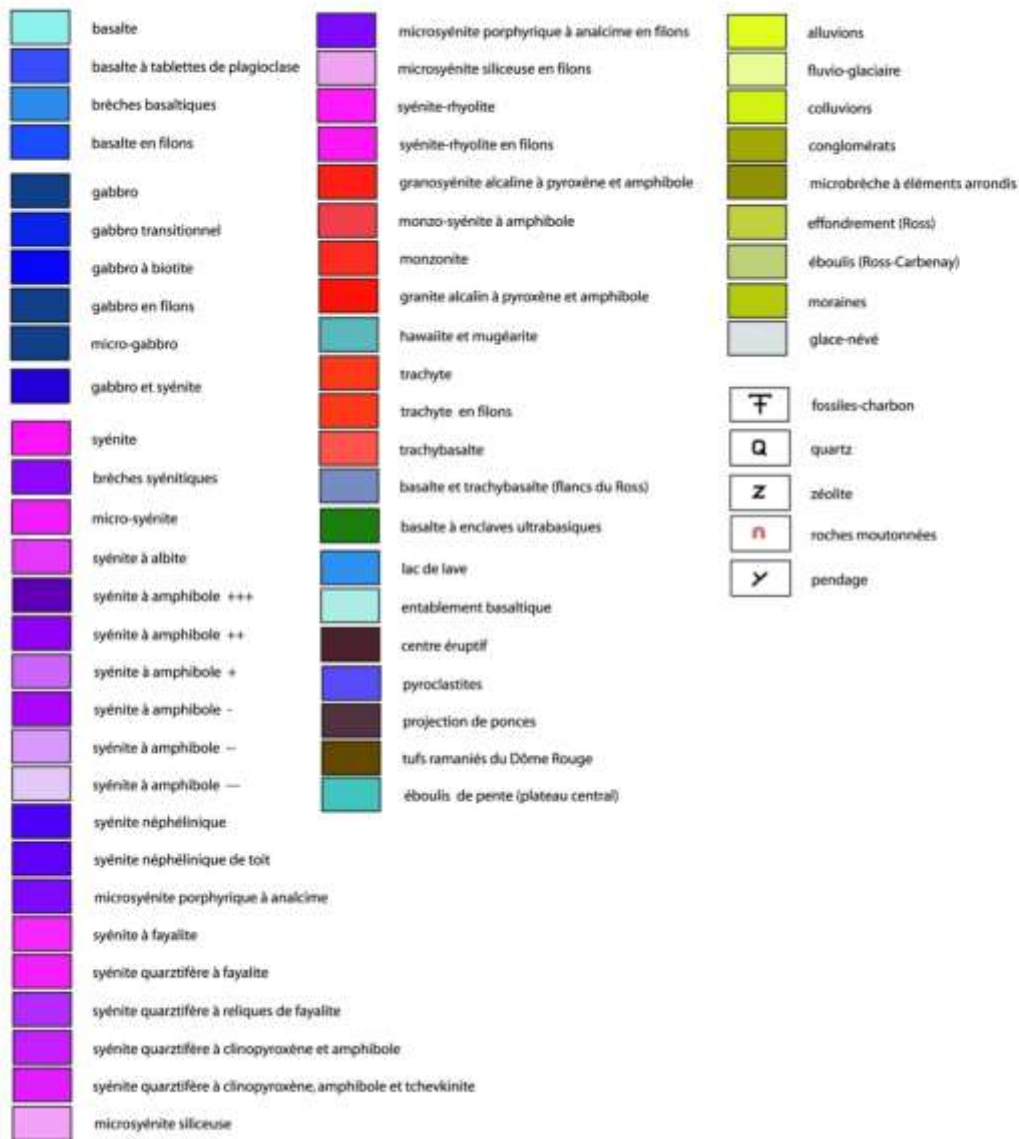
### **II.B.2.b) Description de la géomorphologie de Kerguelen**

L'archipel Kerguelen est constitué par une île majeure représentant neuf dixième de la surface totale, la Grande Terre (environ 6 675 km<sup>2</sup>) étendue sur 130 km d'est en ouest et sur 120 km du nord au sud, par l'île Foch (220 km<sup>2</sup>), par huit grandes îles dont les surfaces vont de 8,5 à 45 km<sup>2</sup>, et par trente cinq îles allant de 1 à 5 km<sup>2</sup>, quarante cinq îlots de 4 à 70 ha, et d'innombrables rochers et écueils. C'est donc aujourd'hui un ensemble très morcelé dont la surface a pu être, dans le passé, très supérieure à ce qu'il en reste, et l'altitude des plateaux et volcans beaucoup plus élevée (Giret *et al.* 2003).





Carte 17. Carte géologique des îles Kerguelen (à partir de la carte 1/100 000 de Michon, Cottin, Giret (inédiite) représentation schématique in Richet et al. 2007) (cf. légendes ci-dessous)



Légendes de la carte géologique des îles Kerguelen (Michon, Cottin, Giret inédite, 2007)

## II.B.2) b) i. Histoire géologique de la mise en place du plateau de Kerguelen

Les investigations géochimiques se sont développées tant dans les îles Kerguelen que sur le vaste plateau océanique qui est considéré comme **une des grandes provinces magmatiques** (LIP : Large Igneous Province) de la Terre. Parallèlement le programme ODP a multiplié les forages dans cette structure, apportant de nouveaux arguments aux réflexions concernant l'origine et l'évolution du plateau et des îles Kerguelen (Wallace *et al.*, 2002; Ingle *et al.*, 2002) (Fig.1). **Le point chaud** de Kerguelen, est à présent bien défini (Weis *et al.*, 1998, 2002, Delpech, 2004) et la réflexion sur sa participation relative ainsi que celle de la ride sud-est indienne dans la formation de la LIP "Plateau de Kerguelen et Broken Ridge", est bien étayée par les arguments fournis par les îles Kerguelen (Weis et Frey, 2002; Doucet *et al.*, 2002, Delpech *et al.* 2004, Moine *et al.* 2004).

L'histoire géologique du plateau Kerguelen peut être résumée par les étapes suivantes (Weis *et al.*, 1992; Giret 1993, Yang *et al.*, 1998 ; Nicolaysen *et al.*, 2000 ; Coffin *et al.*, 2002, Duncan, 2002) :

**140 Ma** : l'Antarctique, l'Inde et l'Australie ne forment qu'un seul et unique continent.

**133-120 Ma** : dislocation continentale de l'Australie et de l'Inde (133 Ma), puis de l'Australie et de l'Antarctique ensuite (125 Ma). Début de l'expansion océanique marquée par les basaltes, sous forme de trapps, de Bunbury au SW de l'Australie (étape comparable à celle qui caractérise actuellement le rift Est-Africain, la Mer Rouge et le golfe d'Aden).

**120-90 Ma** : poursuite de l'expansion océanique et première manifestation du point chaud de Kerguelen avec la formation de la partie Sud du plateau de Kerguelen, des trapps de Rajmahal en Inde et de lamprophyre en Antarctique (120-110 Ma). Ensuite formation de la partie centrale du plateau de Kerguelen (105-100 Ma) et de celle de Broken Ridge (100-95 Ma).

**90-40 Ma** : formation de la ride asismique du 90° Est (ninety east ridge) et du Skiff Bank par le point chaud de Kerguelen tandis que l'Inde poursuit sa dérive vers le nord. La ride médio-océanique Est-indienne s'individualise (situation semblable en Islande actuellement divisée en deux par la ride océanique de Reykjavik).

**40-25 Ma** : individualisation de la dorsale Est indienne entre Broken Ridge et la partie Nord du plateau de Kerguelen qui dorénavant n'appartient plus à la même plaque. A la même période le panache produit le plateau Nord de Kerguelen ainsi que les îles Kerguelen proprement dites. A ce stade on a un ensemble hybride avec un magmatisme tholéitique-transitionnel typique de ride océanique indienne et un magmatisme alcalin caractéristique d'un contexte géodynamique intraplaque océanique; cette hybridation aboutit à des suites tholéitiques transitionnelles (Frey et *al.*, 2000) (stade similaire à l'île Ascension à l'ouest de la dorsale Atlantique). Au cours de cette étape la croûte s'épaissit en particulier par le sous-placage de matériel mantellique à l'interface croûte-manteau.

**25 Ma-présent** : au cours de cette période, les îles se retrouvent en position intraplaque, sous la seule influence du magmatisme alcalin du point chaud de Kerguelen. Les dernières manifestations magmatiques importantes ont été datées à moins de 30.000 ans et certaines coulées présentent même un caractère historique compte tenu du recouvrement des moraines les plus récentes (Gagnevin et *al.*, 2003). Aujourd'hui, la seule activité magmatique mise en évidence est la présence de quelques fumerolles (Delorme et *al.*, 1994).

## II.B.2) b) ii. Description des reliefs et paysages géologiques

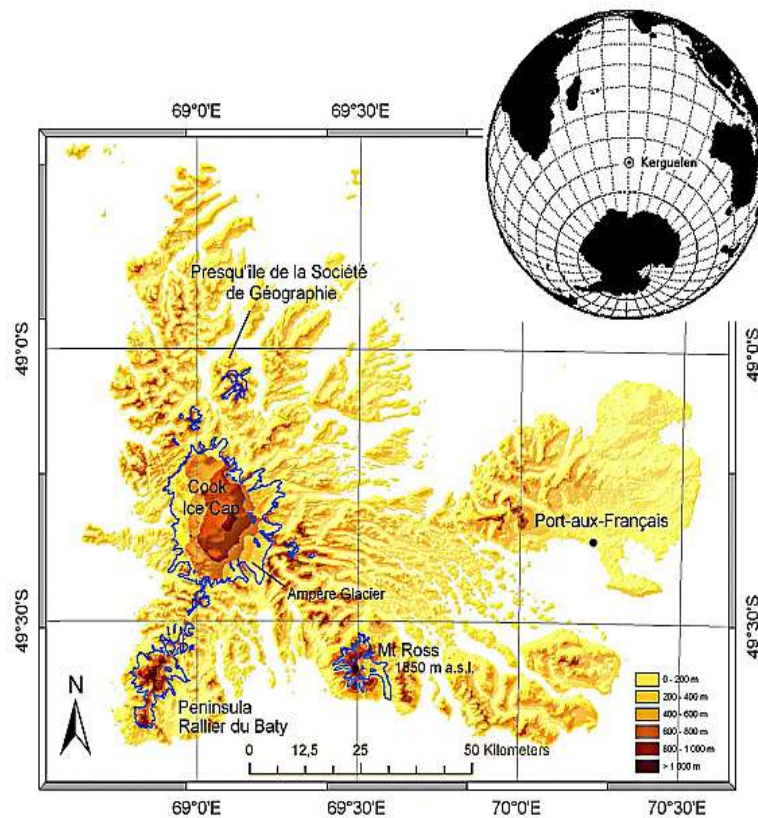
**La morphologie des îles Kerguelen est principalement liée à leur origine magmatique (volcanique et plutonique) et à l'érosion glaciaire.** Le volcanisme a produit de vastes et puissants entablements basaltiques qui forment 80% de l'archipel, lui donnant souvent un aspect monotone. Par endroits des ensembles volcano-plutoniques plus jeunes traversent ces structures et forment des reliefs arrondis notamment bien visible dans la péninsule Rallier du Baty. Le sommet du Mont Ross, point culminant à 1 850 m de Kerguelen, est un appareil volcanique très récent en relation avec une chambre magmatique représentée par un complexe plutonique qui commence à apparaître au fond du cratère. Des filons basaltiques linéaires s'étendant parfois sur plus de 5 km et principalement orientés NNO-SSE et NE-SO apparaissent en dépression ou en relief et forment un découpage parfois très dense que l'on peut mettre en relation avec les structures régionales du plancher océanique. Cet ensemble a été profondément entaillé par des glaciers qui creusent des vallées au fond plat et aux flancs abruptes et qui évoluent en fjords encaissés. Les cours d'eau, au régime généralement torrentiel, n'excèdent pas 20 km et participent aussi au démantèlement des reliefs et des structures. La terminaison orientale (péninsule Courbet) est une vaste plaine littorale formée par l'accumulation de sédiments glaciaires dont émergent çà et là des reliques volcaniques.



Photo 5. Vue de Kerguelen depuis les Monts Aubert de la Rue

Une grande portion des régions occidentale et centrale est **recouverte par la calotte glaciaire Cook** qui culmine à 1 050 m et qui s'étale sur environ 550 km<sup>2</sup>. La glace s'écoule par une vingtaine de langues divergentes qui aboutissent à des lacs frontaux plus ou moins importants et parfois directement à la mer (Anse des Glaçons à l'ouest). **Les principaux sommets de la Grande Terre étaient eux aussi recouverts de nappes de glace permanentes jusqu'à la fin du XX<sup>ème</sup> siècle.** Ces sommets sont de plus en plus souvent dégagés, comme l'illustre le **Mont Ross dont la crête de glace fond en été depuis les années 1990.** De ce volcan partent une **dizaine de langues glaciaires** dont la principale est le glacier Buffon (12 km) qui draine, jusqu'à la mer, les glaces, les scories brunes du volcan et les abondantes moraines accumulées dans le cratère au fond duquel il prend naissance. Le retrait du glacier Buffon est spectaculaire puisque dans les années 70 il allait jusqu'à la mer et qu'aujourd'hui une plage morainique de plusieurs dizaines de mètres le sépare de l'océan.

Les **sommets de la péninsule Rallier du Baty**, au sud-ouest, qui culminent à 1 262 m, étaient eux aussi **englacés de façon permanente il y a quelques années encore**, donnant naissance à dix-huit langues glaciaires dont les plus importantes sont les glaciers Brunhes, Arago et Blanchard. Au nord du Cook, les glaces du Mont Guynemer (1 088 m) et la presqu'île de la Société de Géographie qui culmine au Mont Richard (1081 m) sont elles aussi en déliquescence, les glaciers qui s'en écoulaient perdurant encore difficilement. Le retrait glaciaire a été souligné dès 1970 par Durand de Corbiac qui a montré que les glaciers de Chamonix et Ampère avaient respectivement reculé de 40 et 60 m en un an. Dans les années 1990, Frénot *et al.* (1993, 1997) ont montré que le **recul du glacier Ampère s'est amplifié d'environ 3 km en une trentaine d'années**, de 1966 à 1997.



Carte 18. Topographie des îles Kerguelen. Les quatre principales zones couvertes de glace sont représentées ainsi que la station de Port-aux-Français. Le globe identifie l'archipel dans la zone Sud de l'Océan Indien (Berthier et al., 2009)



Photo 6. Glacier Ampère vu du refuge de la Mortatelle

(photo B. Moine 1998)

Les très nombreuses vallées sont alimentées par des cascades et torrents qui deviennent violents à la moindre précipitation. Ces vallées sont profondes et encaissées, parfois très longues, comme le lac d'Hermance qui s'étend sur **12 km pour une largeur moyenne inférieure à 500m**. Le tracé de ces vallées, regroupées en faisceaux parallèles, semble bien avoir été influencé par un réseau très dense de fractures (Giret *et al.* 2003). Quelques inselbergs apparaissent parfois dans les grandes plaines d'épandage. Les lacs de crête et de fond sont très nombreux. 56 ont de 1 à 5 km<sup>2</sup> de superficie et 8 de 5 à 10 km<sup>2</sup>. C'est sur la plaine littorale de la péninsule Courbet que se trouve le plus grand lac (Marville) qui occupe une surface de

23 km<sup>2</sup> et qui, semble provenir de la fermeture d'une baie par un cordon littoral. Cette plaine orientale, nommée "les Basses Terres", d'altitude inférieure à 50 m, couvre 780 km<sup>2</sup>, soit plus de 12% de la surface des îles, et elle est en outre parsemée d'une très grande quantité de petits lacs ou d'étangs, d'origine glaciaire ou peut-être même éolienne, dont beaucoup n'atteignent pas un hectare. L'ensemble de ces lacs et étangs donnent à cette région marécageuse un aspect qui rappelle les Dombes en métropole. **Les côtes, généralement très abruptes, sont façonnées par l'érosion marine** qui, en sapant les bases, provoquent **d'importants effondrements aboutissant à de hautes falaises**. Les falaises rigoureusement verticales de la Baie de l'à Pic ou du Cap des Aiguilles (Photo 7), au sud de la Presqu'île Jeanne d'Arc, ou du Cap d'Aiguillon au nord-ouest de la Péninsule Loranchet, atteignent par endroits 500 m de haut.



Photo 7. Le Cap des Aiguilles vu du massif de Val Gabbro –Presqu'île Jeanne d'Arc

(Photo J.Y. Cottin 1999)

**Les plages** ouvertes sur la mer sont des **plages de galets**, celles qui ferment les baies profondes ou les fjords sont constitués de **sables volcaniques** généralement noirs mais parfois blancs et riches en cristaux de

sanidine (feldspath potassique des roches volcaniques accumulé sur le littoral notamment à Port Kirk – nord du plateau central). Le vent active l'érosion entamée par la glace, le gel et l'eau. Toutefois, une seule dune éolienne a été observée. Elle se trouve en face des Portes de l'Enfer, sur la côte nord-ouest de la péninsule Rallier du Baty, dans la plaine du Styx où des sables mouvants peuvent apparaître localement au pied de la dune.

**Le tracé des côtes est extrêmement découpé et leur développement est de l'ordre de 3 000 km, soit la longueur du littoral de la France continentale.** Du fait de **cet extrême morcellement du littoral, avec des fjords qui pénètrent très profondément à l'intérieur de la Grande Ile, aucun point de l'archipel ne se trouve à plus de 16 km de la mer.** L'ensemble de l'archipel manifeste un ennoyage vers l'est-sud-est, ce qui se traduit par des côtes moins festonnées et beaucoup plus abruptes à l'ouest que dans le reste de l'archipel. La configuration actuelle de l'archipel, avec une élévation des reliefs vers l'ouest et un ennoyage vers l'est, est due à un basculement généralisé vers l'ESE (Verdier *et al.*, 1988 ; Giret *et al.* 2003) auquel s'est superposé un mouvement en touches de piano qui a provoqué l'effondrement de certains blocs et la formation de fossés dont la Passe Royale, à l'entrée du Golfe du Morbihan en serait un des plus bel exemple (Leyrit, 1992).

**L'activité du mont Ross et des volcans récents de la Péninsule Rallier du Baty ont également contribué à l'aspect tectonique des îles Kerguelen,** comme en témoignent notamment les grandes fractures courbes du Plateau central qui contourne le complexe volcanique du Ross en s'expliquant par des effondrements successifs consécutifs aux activités volcaniques quaternaires (**programme IPEV DyLLOKER 2006-09**). Les cycles de la glaciation quaternaire n'ont pas pu être tous distingués faute de données aussi importantes et nombreuses dans l'hémisphère sud que dans l'hémisphère nord. Toutefois le façonnage actuel doit être relié au Würm (30 000 ans), exception faite de quelques langues glaciaires qui se sont développées au XVIIIème siècle lors des derniers assauts du froid, connus sous le nom de "Petit âge de la glace". **La période actuelle est caractérisée par un recul général des glaces** (cf. partie IV.C.2) comme en témoigne la présence, au front de certains glaciers, d'affleurements qui étaient masqués il y a seulement 15 ans. L'extrême découpage des îles Kerguelen, les nombreux glaciers et le climat rigoureux qui empêche le recouvrement végétal, sont propices à une grande qualité des affleurements géologiques où les relations entre les différentes formations magmatiques sont clairement observables.

**L'île de Kerguelen est constituée à 80 % de coulées basaltiques** empilées appelées trapps présentant un léger pendage vers l'E-SE de 5° et ayant des épaisseurs allant de 0,4 à 3km (Chaque coulée a une épaisseur variant de 1 à 20m maximum). Une importante zone de dépôt récent (quaternaire) constituée de moraines et de sédiments détritiques continental et marin miocène à l'extrême Est de Kerguelen caractérise aussi les originalités géologiques des îles Kerguelen, ainsi que de nombreux complexes plutoniques. Pour la première fois il a été observé des roches de la famille des granites en dehors d'un contexte purement continental. Il faut également noter la présence de gabbros et de syénites apparaissant à différents niveaux de la série basaltique sous la forme de sills complexes et de dykes (Thèses Giret 1983, Chevet 2009).

**L'Archipel des Kerguelen constitue donc un modèle complexed'îles océaniques** associant dans le temps et l'espace les modèles de l'Islande au début de son histoire, et d'Hawaï plus tardivement. Il n'existe plus à Kerguelen de volcans encore en activité comme en Islande ou à Hawaï, bien qu'il en ait été décrit au XIXème siècle, dans les récits des chasseurs de phoques sur la côte Ouest. C'est Raymond Rallier du Baty qui mit fin à cette légende en signalant simplement quelques fumeroles au Sud Ouest de la Péninsule Rallier du Baty (Photo 38, 39).

**C'est l'étude des granites et roches plutoniques de Kerguelen qui vont, dans les années 70, permettre un nouvel essor des connaissances géologiques des îles Kerguelen.** La première **crise pétrolière** et la **recherche systématique d'uranium** dans tous les gisements de granites en constituent la principale cause. Les **granites sont généralement issus de magmas dont la source est continentale, le plus souvent.** Leur présence, inexplicquée à Kerguelen, au milieu de l'océan, conduisait donc à supposer l'existence d'un fragment continental sous la jeune croûte océanique (Watkins *et al.*, 1974). La pétrologie détaillée des différents types de roches volcaniques (basaltes, basanites, trachyte, phonolite, rhyolite...) et plutoniques

(gabbro, diorite, syénite, granite alcalin et syénite néphélinique...) ainsi que la géochimie isotopique ont clairement démontré **l'origine océanique essentielle de toutes les roches magmatiques de l'archipel** : les **granites de Kerguelen proviennent donc de la différenciation de magmas purement mantelliques** (Lameyre *et al.* ; 1976). L'étude des complexes annulaires des îles Kerguelen au cours des années 80 a permis d'établir un modèle structural volcano-plutonique (Giret 1983, 1990), et confère une même source aux laves et aux roches plutoniques. Ces résultats obtenus à terre sont intégrés à ceux obtenus en mer (Goslin et Patriat, 1984) et il apparaît que les sources magmatiques qui sont à l'origine des îles Kerguelen et du plateau qui les supporte sont liées à l'activité de la ride Est-Indienne et à celle du point chaud de Kerguelen (Gautier *et al.*, 1990). Les données récentes sur les isotopes de l'Osmium (Delpech, 2004) et de l'Hafnium des différents groupes de roches permettent actuellement de rouvrir ce débat au niveau du manteau lithosphérique dont certains composants pourraient avoir gardé une mémoire de la déchirure du continent Gondwana datant de l'ouverture de l'Océan Indien, il y a plus de 120 Ma (Xu *et al.*, 2007, Chevet 2009)

**La découverte de nombreux gisements d'enclaves basiques et ultrabasiques au cours du programme de cartographie géologique des années 90 (IPEV, CARTOKER) a ouvert une véritable fenêtre sur le manteau profond de l'océan Indien.** Cette fenêtre représente un forage naturel de près de 60km de profondeur, permettant de préciser ainsi l'origine des magmas et la structure de la lithosphère océanique indienne. L'archipel de Kerguelen devient un modèle géologique, au même titre que l'Islande et Hawaii (Giret *et al.* 1997) et l'épaississement crustal dont il témoigne appuie l'idée **qu'il peut représenter un exemple de nucléation continentale en domaine océanique** (Grégoire *et al.*, 1995, 1998).

#### II.B.2) b) i. Altimétrie

**Le relief est vigoureux au nord-ouest de l'archipel** (Loranchet) avec des falaises peu accessibles, des vallées en U et la calotte glaciaire d'inlandsis : Cook (zone ouest). Cette calotte montre des **langues glaciaires** comme celle de la Plaine Ampère au sud, le glacier de l'explorateur à l'est Cook, Le Glacier Dumont d'Urville au nord-est nourrissant le val des Entrelacs et au nord le glacier Agassiz.





Photo 8. La calotte Cook et sa langue glaciaire du Naumann au niveau du Plateau des Alouettes (photo A. Giret 1994)

La zone orientale de la Péninsule Rallier du Baty montre des reliefs souvent arrondis (roches grenues de type granitoïdes s.l.), rehaussés à l'ouest par des reliefs volcaniques sur lesquels s'écoulent des **jeunes glaciers** comme le glacier Brunhes à l'ouest et le glacier Arago à l'est de la crête enneigée allant du Pic St-Allourn au sud (1189m) au Mont des Lunettes Noires (854m au sud de la calotte Cook) . Cette crête forme un champ de neiges (Dôme Carva, Monts Raymond et Henri (-point culminant de la Péninsule à 1262m-) avec des **pentés souvent fortes et des zones alluvionnaires planes** comme la vallée des Sables. La zone centre et centre-nord est caractérisée par des **vallées d'érosion glaciaire**, des **falaises limitant un plateau volcanique d'altitude moyenne à 500m marquant une grosse érosion glaciaire estimée vers 400 000 ans et des pentes moyennes**. Les grandes vallées longeant la fracturation parallèle aux courbures du Mont Ross sont des **véritables vallées en U** dans lequel s'étendent de vastes lacs allongés comme le lac d'Entr'Aigues ou le lac d'Hermance. La zone Courbet-est correspond à un relief alluvionnaire plat de piedmont **avec quelques protubérances volcaniques** (Peeper, Bungay) et **conglomératique** (Campbell), alors que la partie ouest de la Péninsule est très escarpée avec le Mont Crozier (979m) ou les Monts du Château (652m) et entaillée par des grande vallée glaciaire comme le Val Studer qui aboutit au sud sur le plateau des Drumlins (Photo 9), juste avant l'arrivée à la base de Port-aux-Français.



Photo 9. Plateau des Drumlins (péninsule Courbet) avec vue au Sud sur la presqu'île Ronarc'h

(Photo Cottin 1999)

La Presqu'île Jeanne d'Arc est rattachée à la Grande Terre par un isthme bas (le Halage des Swains) et est également connectée à la Presqu'île Ronarc'h par un autre isthme (Photo 11. Le halage des Naufragés). L'ensemble de ces provinces sud-est, est dominé par des **empilements basaltiques tabulaires** ne dépassant pas 700m au sud de Jeanne d'Arc et 250m au nord de Ronarc'h, donnant ainsi à l'ensemble une décroissance de pente d'environ 2% du sud vers le nord. Des cirques glaciaires entaillent ce plateau entre 500 et 700 m à Jeanne d'Arc et alimentent de belles vallées en auge remplies de matériel fluvio-glaciaires. Sur la Presqu'île Jeanne d'Arc, la principale vallée est le Val du Levant qui sectionne la presqu'île selon un axe longitudinal NW SE. La Presqu'île Ronarc'h comporte un plateau basaltique (250 m d'altitude) à la base, surmonté de relief correspondant à des extrusions phonolitiques dont le Mont Wyville Thompson (937m) est le point culminant et la Tête de l'homme (400m) un des sommets les plus célèbres en raison de sa forme (Photo 10).



**Photo 10. Photo du pointement phonolitique de la Tête de l'Homme (presqu'île Ronarc'h)**

Photo J.Y. Cottin 1999

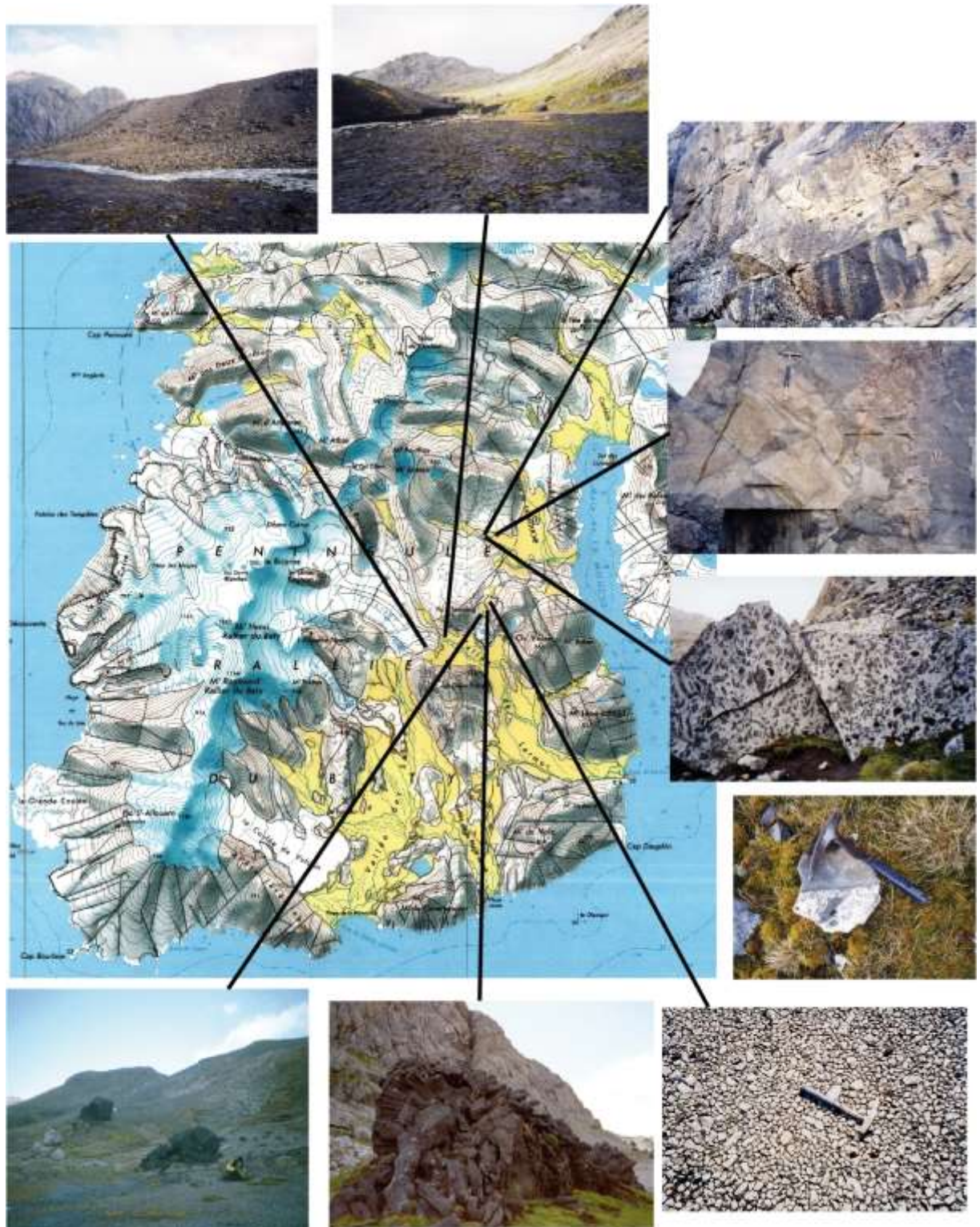


Photo 11. Le halage des Naufragés

Photo J.Y. Cottin 2002, prise depuis Ronarc'h

#### II.B.2) b) ii. Cas particulier de la Péninsule Rallier du Baty.

La **Péninsule Rallier du Baty**, caractérisée à la fois par des **complexes plutoniques érodés** (3 à 15 Ma) et par une **activité volcanique extrêmement récente**, constitue un **bon exemple de déchiffrement des paysages et des affleurements géologiques**, façonnés par le climat très dur de la côte Ouest de l'Archipel de Kerguelen. Dès l'approche en mer du Cap Bourbon, les impressionnants reliefs enneigés (près de 1200 m en moins de 2 km à partir de la côte) de la Péninsule Rallier du Baty (du Sud vers le Nord : Pic St Allouarn – 1189m, Mt Raymond – 1166m, Mt Henri – 1262m) sont les premiers qui apparaissent. Ces véritables montagnes constituent de **grandes pentes formées de laves (trachytes) qui sont parmi les plus jeunes de l'archipel** (< 26 000 ans, certaines sont probablement historiques, Marot et Zimine, 1976, Gagnevin *et al.* 2003) et localement associées à **des fumerolles encore actives** visibles uniquement à terre, au Nord de la Grande coulée et du Pic St Allouarn (photos 38 et 39). Le Pic St Allouarn est un appareil volcanique, ou plutôt une partie d'un vaste complexe volcanique, difficile à imaginer compte tenu de l'enneigement permanent, des glaciers et de la vitesse de creusement des vallées glaciaires et fluviales dans le climat subantarctique des îles Kerguelen. Les vastes coulées de trachytes sombres et dessinant une topographie oblique depuis les sommets tranchent nettement avec l'horizontalité des coulées de vieux basaltes de plateau (> 20 Ma).. Cette région de Kerguelen est la plus difficile d'accès de toute la Grande Terre et est classée en Zone de Protection Intégrale depuis 2006 pour protéger les espèces végétales et animales natives encore épargnées par les ravages des rongeurs grâce notamment à l'importante barrière naturelle que constitue, au nord de la péninsule, le torrent de la vallée du Telluromètre.



Carte 19. Péninsule Rallier du Baty (photos G. Michon 2001)

*En bas à gauche* : coulée d'ignimbrite Vallée de Larmor

*En bas au milieu* : détail de la coulée d'ignimbrite prismée de la vallée de Larmor

*En bas à droite* : agencement planaire de cailloutis au fond d'une vallée fluvio-glaciaire

*En remontant à droite* :

- contact syénite (claire)-diorite (sombre)
- mélange de magmas de compositions différentes (syénite, diorite)
- fracturation hydraulique traduisant l'intrusion en force du magma basique dans la syénite déjà solidifiée
- idem (mélange magmatique dans une chambre + fracturation hydraulique)

*En haut à gauche* : moraine frontal du glacier Arago

*En Haut à droite* : Plateau basaltique entaillé par le torrent glaciaire Arago

II.B.2) b) iii. Cas particulier du Mont Ross (Péninsule Gallieni), point culminant de l'archipel

**Le mont Ross est le plus vaste appareil volcanique des îles Kerguelen dont la base atteint 50 km de diamètre.** Ce volcan d'environ 150 km<sup>2</sup> de surface constitue à lui seul la Péninsule Gallieni située entre la Baie Larose et La Baie des Swains. Il est constitué de **2 sommets** : le plus grand au sud constamment recouvert d'un bourrelet de glace faisant corniche sur la face est (Grand Ross 1850 m) et le plus petit (Petit Ross ou Ante-cime (1721 m). En dépit d'une altitude d'apparence modeste, **le Grand Ross est extrêmement difficile à escalader.** Ce sommet est situé plein sud, à moins de 5 km à vol d'oiseau du littoral sud, balayé par les vents très froid venant de l'Antarctique, ce qui explique les conditions climatiques du sommet, proches de celles du Mont Blanc en hiver, excepté la teneur en oxygène de l'atmosphère. Les « Ross » peuvent se voir par temps clair aussi bien de la côte sud, que de la base Port-aux-Français ou encore de n'importe quels autres sommets même les plus éloignés du plateau central. Ces deux sommets formés par des **pyroclastites très pentues** (pente supérieure à 50%) constituent en fait **les bords d'un grand cratère** (4 à 5 km de diamètre) largement ouvert au sud-est, situé à l'altitude de 700m et témoignant d'un dynamisme de type vulcanien. Les parois internes du flanc ouest correspondent à un dénivelé de près de 1000m. La base de l'édifice est caractérisée par une alternance de coulées tabulaires phonolitiques (laves à prismation verticale, très gélives, verdâtres, sonores, se débitant en lauzes) et de tufs associés à des pitons trachytiques qui reposent sur les basaltes de plateaux souvent masqués par les produits volcaniques plus récents et les moraines. A l'extérieur du massif, la jonction avec les grands entablements basaltiques de près de 1000m d'altitude, se fait par l'intermédiaire de grandes fractures concentriques, centrées sur le Mont Ross et qui ont été le siège de l'écoulement de grands glaciers vers le Golfe du Morbihan, durant tout le quaternaire.



Photo 12. Mont Ross (Grand Ross et Petit Ross) et le glacier Buffon vus du Point Sublime (Péninsule Aubert de la Rue)

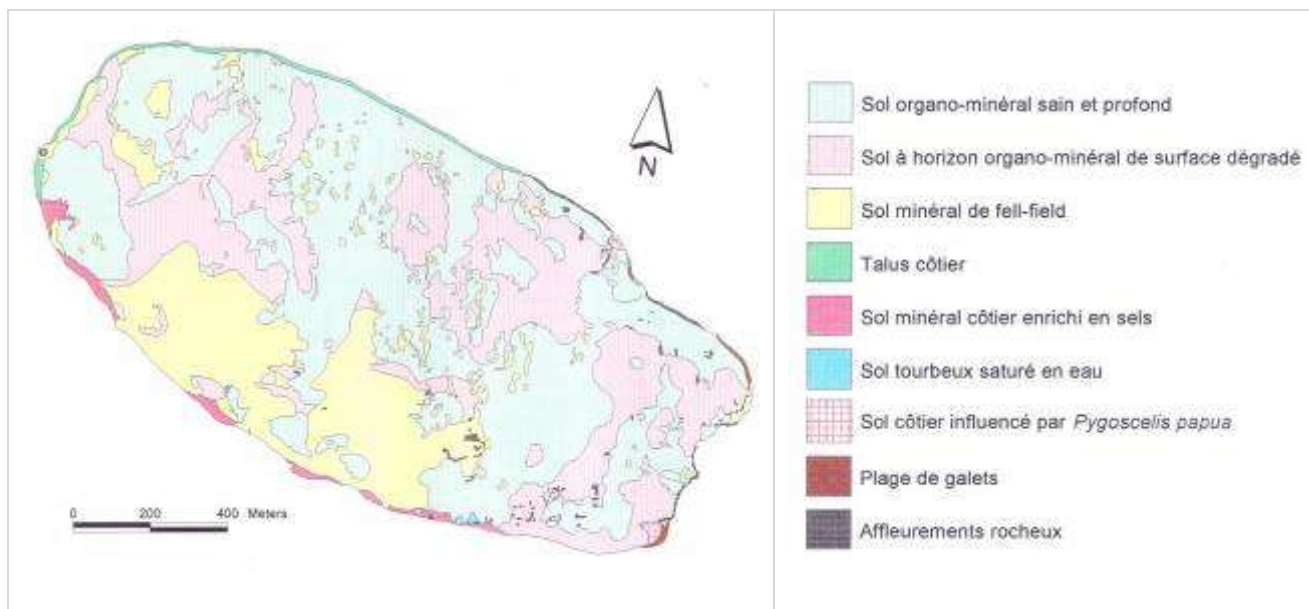
Photo B. Moine, Programme IPEV CARBONATOKER, 2002)

Au premier plan de la Photo 12 apparaissent les cheminées phonolitique érodées, témoins d'ancien appareil volcaniques (la Roche Diane et la Roche Simoun) et le grand sill de trachyte constituant la Table du Cratère (altitude 600m et correspondant à une inversion de relief : mise en place dans des vallées et mis en relief par l'érosion préférentielle des basaltes de plateaux)

**II.B.2.c) Pédologie de Kerguelen**

**Nous ne disposons pas de données pédologiques générales sur l'ensemble des Iles Kerguelen.** Des données cartographiques accompagnées de descriptions de profils existent pour **certaines îles du Golfe du Morbihan** (les Iles Verte, Guillou, Cochons, Château).

Nous présentons ici la **pédologie des îles Verte (Carte 20) et Guillou (Carte 21) dans le Golfe du Morbihan**, pour illustrer la **diversité des sols et les facteurs intervenant dans leur distribution**. Les processus pédologiques ont également été étudiés sur une chronoséquence de 200 ans dans la Plaine Ampère, sur les zones de recul du glacier (*e.g.* Frenot *et al.* 1995, 1998).



Carte 20: Carte des sols de l'île Verte.

Source : Chapuis *et al.*, 2000

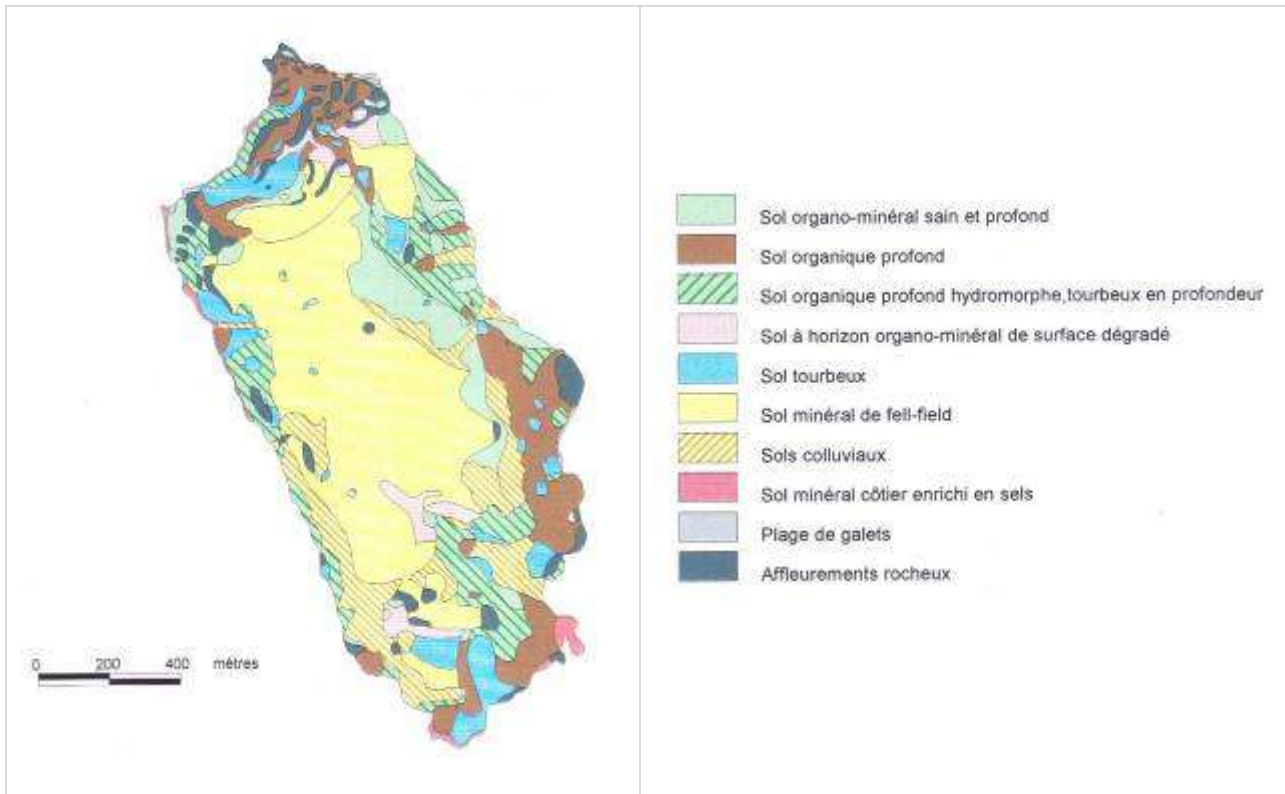
Sur l'île Verte, en dépit du relief relativement peu accidenté, c'est essentiellement la **topographie qui est à l'origine de la distribution spatiale des principales unités de sols et on peut distinguer deux domaines, séparés par une ligne médiane NO-SE.**

Au **nord de cette ligne**, les terrains présentent une pente faible, sont exposés aux vents dominants et à l'ensoleillement. Ils reçoivent les sables éoliens originaires de l'ouest de l'archipel qui s'y accumulent. Les sols qui se développent sur ces matériaux sont donc fortement sableux et bien drainés. La végétation dense d'*Acaena magellanica* constitue une source de matière organique importante qui est rapidement intégrée au sol (litière de type mull) par les nombreux vers de terre présents (*Dendrodrilus rubidus tenuis*). Ces animaux sont en grande partie responsables de la structuration en agrégats grumeleux de 2 à 5 mm de diamètre qui caractérisent l'horizon organo-minéral de surface pouvant se développer sur plus de 20 cm d'épaisseur. On note également de fortes teneurs en argile dans ces sols, du moins en surface. La présence du lapin (avant son éradication sur cette île en 1992) a entraîné des processus d'érosion particulièrement intenses dans ces sols meubles et profonds, qui se traduisaient par de très nombreuses cupules de sols minéraux (décapage des horizons organo-minéraux de surface) ouvertes vers l'ouest et présentant un front d'érosion abrupt de 50 cm à 1 m de hauteur sur leur côté est. Deux unités principales (apparaissant en vert et en rose) ont été distinguées selon l'importance du degré d'érosion des horizons organiques de surface. Outre des différences morphologiques notables entre ces deux unités (épaisseur globale des profils, épaisseur des horizons organo-minéraux), la dégradation du sol d'origine se traduit également par une augmentation du pH (diminution du rôle joué par la matière organique).

**Les versants sud** présentent à l'inverse des pentes plus fortes et sont exposés aux vents forts et froids venant du sud-ouest et du sud. Les sables éoliens ne s'y déposent pas et le faible recouvrement végétal n'autorise pas l'accumulation de matière organique. Les sols sont donc essentiellement minéraux, de type fell-field (en jaune), avec une charge en éléments grossiers très élevée et des teneurs en argile très faibles.

Les capacités d'échanges sont donc naturellement faibles. C'est également sur la côte sud que les sols sont le plus fortement influencés par les apports de sels marins (en rouge).

Il est important de noter que les sols hydromorphes ou les zones humides occupent une superficie très réduite, quelques ares, sur l'île Verte dont l'ambiance générale peut être considérée comme particulièrement sèche.



Carte 21 : Carte des sols de l'île Guillou. Source : Chapuis et al. 2000a

Sur l'île Guillou, le relief est beaucoup plus accidenté que sur l'île Verte, et il détermine la répartition des types de sol, très différents de ceux vus au paragraphe précédent.

La côte située à l'ouest de l'axe montagneux de l'île reçoit d'importantes quantités de pluie. De ce fait, les sols organiques présentent des tendances tourbeuses (en vert hachuré) sur pente modérée, et deviennent de vraies tourbes (en bleu) sur pente faible ou nulle. Même sur les terrains les mieux drainés, sur les pentes les plus fortes, les sols manifestent des caractères hydromorphes marqués.

Les sols de l'est de l'île sont également caractérisés, mais à des degrés moindres, par de fortes teneurs en matière organique et par l'hydromorphie. On observe même des sols sains (en vert uni) similaires à ceux de l'île Verte sur les fortes pentes. Ailleurs, des sols organiques profonds (en marron) se développent sur les pentes faibles. D'un point de vue chimique, on note la forte capacité d'échange cationique de ces sols organiques, associée à des taux de saturation élevés, notamment en surface. Cela traduit une meilleure fertilité de ces sols, comparativement à ceux de l'île Verte.

Sur l'axe basaltique se développent des sols minéraux de fell-field (en jaune) associés à des affleurements rocheux ou des éboulis. Il est à noter également la présence sur cette île de sols colluviaux (hachuré marron) qui couvrent des superficies non négligeables.

Le lapin ne creuse pas de terriers en zones tourbeuses ou très humides ; il les établit essentiellement sur les pentes moyennes à fortes de la côte est, à l'abri des vents dominants. Cela explique la faible extension des sols dégradés (en rose) sur l'île Guillou, alors que ceux-ci sont très répandus sur l'île Verte.



### II.B.3. Géomorphologie de Saint-Paul et Amsterdam

À Saint-Paul et Amsterdam, le domaine marin des deux îles est très **réduit puisque ces îles volcaniques sont quasiment dépourvues de plateau péri-insulaire** (150 km<sup>2</sup>). Chacun de leurs plateaux péri-insulaires est très étroit, s'étendant à moins de 2 milles des côtes pour Amsterdam et de 2 à 8 milles des côtes de Saint-Paul. Ils sont donc entièrement compris dans les eaux territoriales. En dehors de l'émergence des deux îles, la zone marine présente quelques hauts fonds dans sa partie est qui atteignent -645 m au large d'Amsterdam et -450 m à St-Paul. De plus, un banc situé à 16 milles au sud-est de Saint-Paul qui représente un volcan immergé atteint -72 m à sa partie sommitale.

#### II.B.3.a) Description de la géomorphologie d'Amsterdam et de Saint Paul

##### II.B.3) a) i. L'île d'Amsterdam

Neuf fois plus grande que Saint-Paul, l'île d'Amsterdam représente la **partie émergée d'un grand massif volcanique qui culmine à 881 m au Mont de la Dives. Ce mont est en réalité le point le plus élevé du mur d'une caldeira**, située presque au centre de l'île, dont le fond est occupé par des tourbières. Au sommet et sur les flancs de l'île sont dispersés une quinzaine de petits cônes bien formés et aux noms évocateurs de la Grande Marmite (742 m) ou du Museau de Tanche (748 m). De hautes falaises rendent l'île difficile d'accès. Elles présentent une grande dissymétrie entre la côte ouest, où elles dépassent 700 m de haut, et la côte est, où leur hauteur n'atteint pas 100 m. Les moins élevées se trouvent sur la côte nord, près d'une pointe nommée La Cale qui procure aux navires un abri relatif. C'est donc au-dessus de La Cale qu'a été établie la base scientifique Martin du Viviés. **Sur toute la surface de l'île, de petits cônes, hauts d'une dizaine de mètres, ont émis des laves cordées. Des tunnels sont visibles dans les coulées récentes.** Comme leur diamètre peut être de plusieurs mètres, ils représentent un danger réel quand on s'écarte des chemins car leur voûte est parfois percée de trous masqués par la végétation.



Carte 22. Extrait de la carte topographique IGN d'Amsterdam-Saint-Paul



Photo 13. Île de la d'Amsterdam vue de La Curieuse, depuis le Nord (photo Cottin 1995)

Bel exemple d'île bouclier montrant l'effondrement de la partie ouest de l'île (Falaise d'Entrecasteaux)

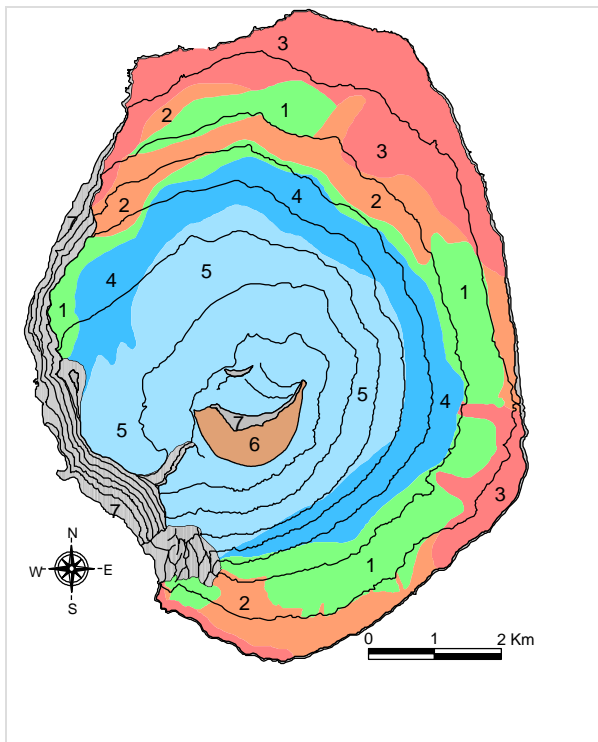


Photo 14. Petit cône de lave cordée (5m de hauteur) sur le chemin entre la base St Martin du Viviers la cabane Antonelli (photo Cottin 1993)



Photo 15. La Caldeira d'Amsterdam (photo Giret 1978)

Une carte des sols de l'île Amsterdam a été réalisée en 1988 (Frenot & Valleix 1990) (cf. Carte 23). Outre la description des différents types de sols ce travail dresse un état du niveau de dégradation des écosystèmes sous l'action combinée des incendies et des bovins qui ont entraîné une altération et une érosion intenses des sols.



Quatre grands types de sols dont l'organisation spatiale suit approximativement le gradient altitudinal, ont été identifiés:

- sur les points les plus élevés, des sols minéraux, pauvres en matière organique (unité 6) ;
- sur le plateau et les pentes d'altitude, des sols à tendance tourbeuse, très riches en matière organique peu décomposée, très humides ou saturés d'eau (unité 5) ;
- à moyenne et basse altitude, des sols très organiques, de couleur noire, constamment humides et bien structurés (unités 1 et 4) ;
- à basse altitude, des sols à différents états de dégradation (unité 2) dont le terme ultime, en zone côtière nord, est un décapage presque complet des horizons organiques (unité 3).

Carte 23. Carte des sols de l'île Amsterdam  
Source : Frenot & Valleix 1990, Chapuis *et al.* 2000a

Les **unités pédologiques se répartissent en semi-couronnes concentriques autour du point culminant**, et interrompues à l'ouest par les falaises. La composante minérale, majoritaire dans les sols des stations les plus élevées en altitude, s'efface rapidement le long des pentes devant la composante organique qui occupe alors la **quasi-totalité de l'épaisseur des sols** ; **vers 200 à 100 m d'altitude, un nouveau relais est pris par la matière minérale qui redevient majoritaire dans les profils**. Une telle évolution spatiale correspond à des processus pédogénétiques bien distincts, soumis à **deux principaux agents** :

- d'une part le **climat**, dont le gradient altitudinal est très marqué,
- d'autre part les **bovins** ; leur influence sur les sols, particulièrement importante à basse altitude (moins de 200 m), au nord et à l'est de l'île, est également sensible au sud, sur les pentes jusque vers 400 m d'altitude et en bordure du Plateau des Tourbières, au pied du Mont du Femand.

#### II.B.3) a) ii. L'île Saint-Paul

**Saint-Paul**, bel exemple de volcan bouclier, est un **vaste cratère entouré d'une portion de cône en forme de triangle**. Le cratère est baigné par la mer dont il est protégé par deux petites jetées naturelles constituées d'un chaos rocheux qui pénètrent en son sein et délimitent une passe profonde de 2 m seulement. Ces jetées fournissent résidence et plage à une importante colonie d'otaries. Des sources chaudes se trouvent du côté diamétralement opposé à la passe ouverte dans la digue naturelle. Saint-Paul représente la partie sud-ouest d'un volcan partiellement effondré par le jeu de failles parallèles à la ride sud-est indienne. Le cratère a un diamètre de 1200 m environ et une profondeur de 60 m sous la mer, soit une profondeur totale de plus de 300 m.



Carte 24. Extrait de la carte topographique IGN Amsterdam-Saint-Paul



Photo 16. Photo du cratère de Saint-Paul pris du pont culminant (244 m) (Photo Giret 1988)

#### Sur les pentes fortes des parois intérieures du cratère les sols sont assez variables

- sous couvert végétal dense de *Scirpus nodosus*, *Poa novarae* ou *Holcus lanatus*, le sol organique peut être épais ;
- sous-prairies de *Blechnum penna-marina* il est pauvre, peu épais. Sur ces pentes accentuées des zones d'éboulis, avec peu de sol, des peuplements denses de *Polystichum adiantiforme* (« fougère à trous ») sont présents.

Sur les **pent**es extérieures on trouve des **zones érodées** en bordure de falaise côtière (semblables aux « terres rouges » observées sur Amsterdam) et aussi sur la crête sommitale, en particulier dans le secteur sud-est (sol minéral, graveleux, très peu végétalisé). En milieu de pente quelques plages de sols noirs semblables à ceux d'Amsterdam supportent des peuplements denses de *Scirpus nodosus* et *Polystichum adiantiforme*. Les sols sont en moyenne **plus humides** dans la partie sud (entre Quatre collines et Pointe

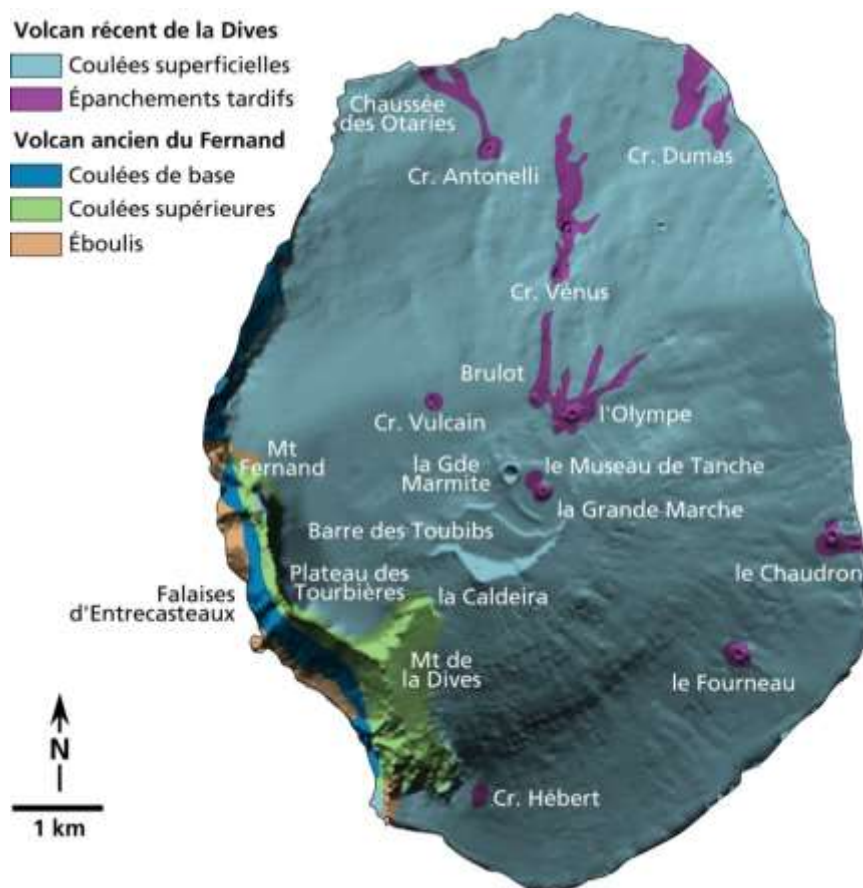
Hutchinson) que dans la partie nord (entre Dos de Chèvre et Pointe Schmith). Les sols très particuliers des Terres Chaudes (jusqu'à 70°C ou plus à -10 cm de profondeur) sont profonds, humides à saturés, et sont couverts d'une végétation singulière avec notamment *Lycopodium cernuum* et, dans les zones les plus chaudes, uniquement des bryophytes.

### **II.B.3.b) L'histoire géologique de Saint Paul et Amsterdam**

#### **II.B.3) b) i. L'île d'Amsterdam**

**L'île d'Amsterdam** s'est édifiée lors de deux épisodes principaux. Un premier volcan bouclier a émergé de l'océan il y a 690 000 ans. **Sa période d'activité la plus intense a eu lieu entre 400 000 et 200 000 ans.** Elle a conduit à former le volcan du Mont Fernand (731 m), un édifice vaste de 44 km<sup>2</sup> dont la caldeira eut un diamètre de 2 km. Il n'en reste plus qu'une portion de 3 km<sup>2</sup> limitée par les Falaises d'Entrecasteaux au sud-ouest de l'île. Ces falaises hautes de 600 à 700 m ont en effet été créées par deux failles orientées N20 et N330 dont le jeu a précipité à la mer la partie occidentale du volcan. Dans ces falaises, se distinguent à la base des coulées basaltiques recoupées par de nombreux dykes, puis des brèches et enfin les coulées basaltiques les moins vieilles.

**Une deuxième phase, qui n'est pas terminée, a commencé il y a quelques dizaines de milliers d'années.** Sur le flanc est du volcan du Fernand s'est alors édifié le volcan de la Dives dont les pentes varient de 30° au sommet à 15° vers la base. Sa caldeira elliptique a un grand axe de 1,5 km. Les coulées les plus jeunes en proviennent. Longues de plusieurs kilomètres, elles sont de type cordé en raison d'une grande fluidité de la lave. L'activité la plus récente a toutefois été l'œuvre de cônes scoriacées rouges qui sont particulièrement bien conservés. La très grande fraîcheur de l'un d'entre eux, le cratère Dumas, indique un âge sans doute inférieur à 100 ans. Ainsi, le volcanisme d'Amsterdam ne peut pas être considéré comme éteint...



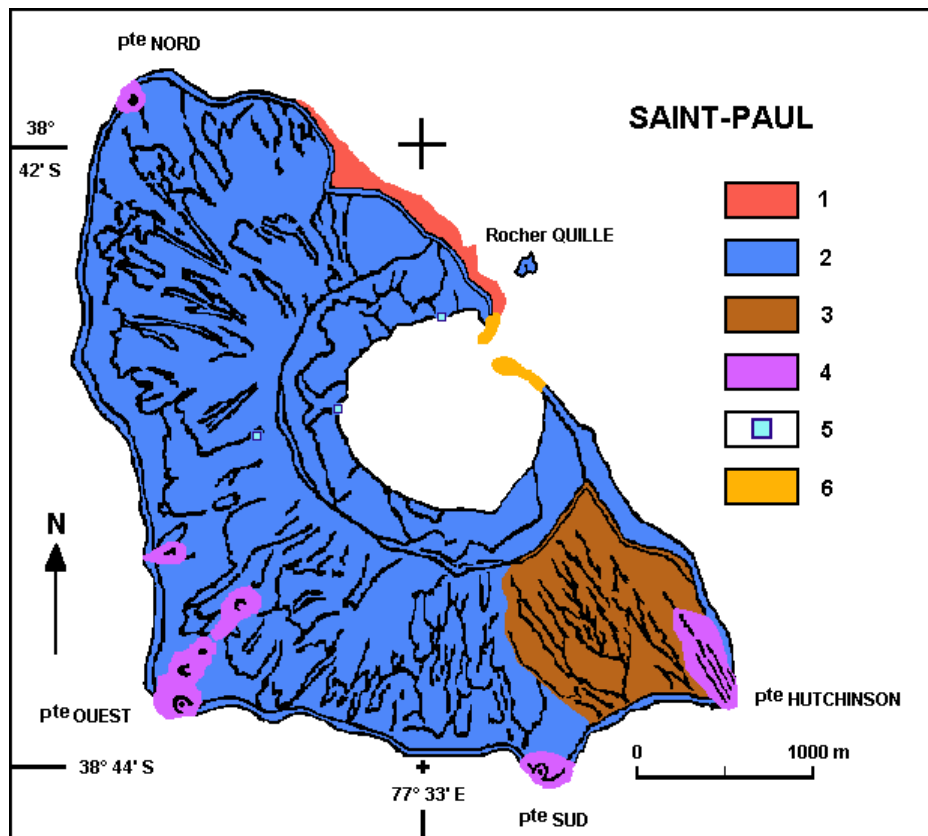
Carte 25. Carte géologique d'Amsterdam

(d'après Nougier 1982, modifié par J. Dyon et G. Michon -MNT- in Richet *et al.* 2007)

### II.B.3) b) ii. L'île de Saint Paul

La partie aérienne de l'île de **Saint-Paul** commença à s'édifier il y a environ **100 000 ans**. Deux épisodes majeurs ont pu être distingués. De - 50 à - 40 000 ans une phase explosive paroxysmale produisit un volcan de 2 km de diamètre, centré au nord-est de l'île actuelle, dont les coulées de basalte et les tufs reposent sur un substratum de pyroclastites et de sédiments tuffacés plus ou moins indurés. De - 40 000 ans à aujourd'hui, s'accumulèrent ensuite les basaltes et les tufs rougeâtres du volcan actuel. Les dépôts de cendres et les cônes scoriacés sont liés à un réseau de fractures radiaires dont l'une est le siège des fumerolles et sources chaudes.

**Géologiquement, Saint-Paul et Amsterdam sont deux points où émergent un plateau volcanique long de 250 km et large de 200 km.** Ce plateau a commencé à s'édifier il y a **5 millions d'années** à l'aplomb d'un point chaud qui se trouvait alors lui-même sous la dorsale Sud-Est indienne. Chose relativement rare, les basaltes des deux îles sont ainsi typiques de ceux des rides médio-océaniques. Distantes de 80 km, Saint-Paul et Amsterdam ont ensuite été décalées par le jeu d'une des grandes failles, de direction NE-SO, qui découpe en segments distincts la dorsale médio-océanique.



Carte 26 : Carte géologique schématique de Saint-Paul.

Source : Nougie,r 1982

**Légende** :1 = Tufs ; 2 = Basalte du bouclier ; 3 = Cendres ; 4 = Cônes et coulées récentes ; 5 = Fumerolles ; 6 = Eboulis des digues naturelles fermant au NE le cratère.

### II.B.3.c) Pédologie de Saint Paul et Amsterdam

La pédologie de ces deux îles n'a pas été étudiée.

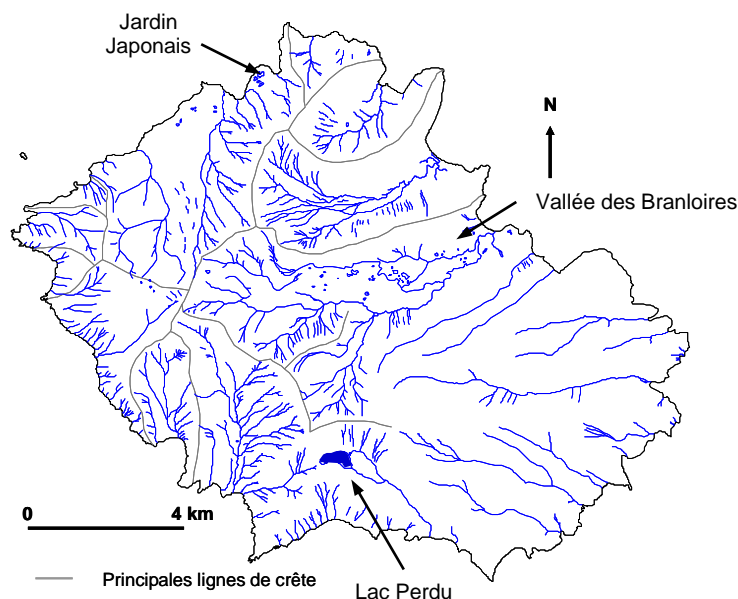
## II.C. Réseaux hydrographiques

### II.C.1. Réseau hydrographique de Crozet (Île de la Possession)

L'île de la Possession ne possède que très peu de cours d'eau permanents (comparativement à la Grande Terre de Kerguelen). On y trouve que de courtes rivières (cf. Carte 27) et de vastes tourbières occupant le fond de quelques vallées glaciaires qui cloisonnent les îles. En altitude, **la plus grande perméabilité des sols ne permet pas le développement d'un réseau dense de ruisseaux permanents**. Les rivières sont caractérisées par des crues rapides et importantes en fonction du régime pluviométrique. Les températures de ces eaux douces sont généralement basses (0 à 8°C de moyenne mensuelle selon les saisons et le régime) mais de fortes amplitudes thermiques sont notées en été (jusqu'à 25°C pendant quelques dizaines de minutes en milieu d'après-midi lors de journées exceptionnellement ensoleillées et sans vent, dans les parties aval de rivières longues et peu profondes coulant sur un substrat basaltique grossier).

**Le réseau hydrographique est plus dense dans la moitié occidentale que dans le secteur est.** Les plans d'eau sont peu abondants : citons la présence du Lac Perdu, à plus de 450 m d'altitude au sud de l'Arête des Djinnins, de nombreuses mares dans la Vallée des Branloires, vaste vallée glaciaire qui traverse le centre est de l'île, et quelques-unes au « Jardin Japonais » à proximité de Pointe Basse sur la façade ouest de l'île





Carte 27 : Ile de la Possession, réseau hydrographique, carte IPEV136 d'après la carte de reconnaissance IGN au 1/50 000 (levés de 1964)

Le réseau hydrographique est indiqué, avec quelques imprécisions, sur les cartes de reconnaissance IGN des Iles subantarctiques françaises.

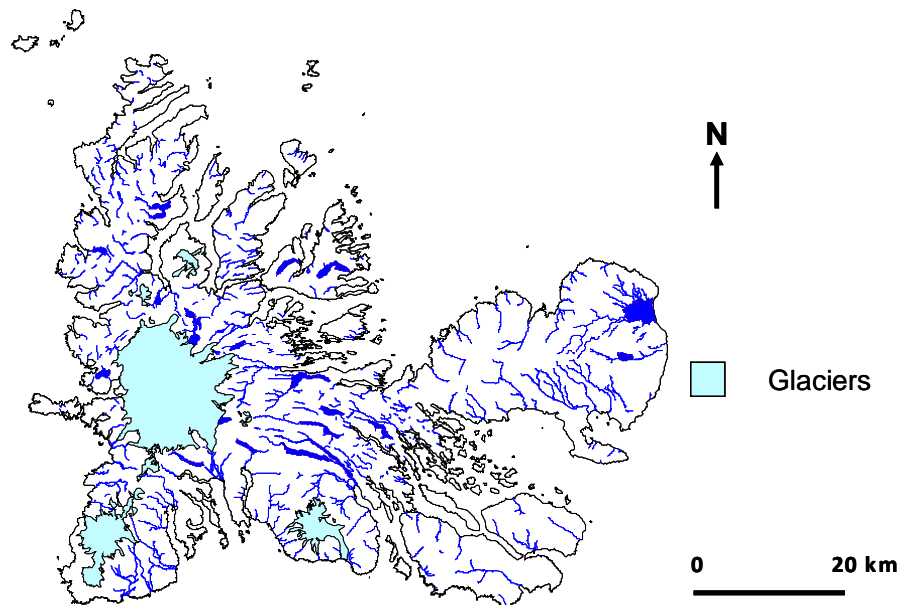
De faible superficie (150 km<sup>2</sup>) l'île est constamment soumise aux influences salines. Si on observe une décroissance régulière des teneurs en sodium et de la salinité des eaux de rivières en fonction de la distance à la mer, aucune partie de l'île n'est épargnée par les embruns.

## II.C.1. Hydrologie de Kerguelen

### *Réseau hydrographique*

Le réseau hydrographique est indiqué, avec quelques imprécisions, sur les cartes de reconnaissance IGN des Iles subantarctiques françaises (cf. Carte 28). **Le réseau d'eau douce a été bien étudié à Kerguelen.** Les eaux sont de **type oligotrophe, peu minéralisées** (roches peu solubles, basses températures, brièveté des cours), **froides, bien oxygénées, et leur pH est compris entre 7.0 et 7.3.**

Le réseau comprend des **émissaires de glaciers**, notamment autour de la Calotte Glaciaire Cook. Les plans d'eau sont très nombreux sur l'ensemble de l'archipel, avec des tailles variées, depuis les grands lacs du Plateau Central (Lacs d'Entremont, d'Entr'Aigues, d'Hermance, Sibelius, des Deux Ilots...) jusqu'aux nombreuses mares des Dombes sur la Péninsule Courbet qui comprend aussi le vaste Lac Marville.



Carte 28. Iles Kerguelen ; réseau hydrographique et principaux lacs.

Source : IPEV 136 d'après la carte de reconnaissance IGN au 1/200 000 (2ème édition, 1972)

### Hydrogéologie

Le réseau hydrographique d'altitude est guidé par la fracturation, en revanche les fleuves de plaines alluviales sont méandriques et très diverticulés. Les lacs d'altitude sont fréquents mais de petite taille et parfois éphémères, comparés aux nombreux lacs de vallées glaciaires. Le régime des pluies est caractérisé par de fortes averses, fréquentes notamment dans la zone ouest. En altitude, les sols sont gorgés d'eau et très peu épais. En effet, au-delà de 500 mètres d'altitude, la sécheresse s'installe rapidement après chaque pluie du fait du ruissellement rapide dans les basaltes de plateau, générant des crues rapides. En conséquence, le couvert végétal y est peu abondant et ras.

Le climat des Kerguelen, associé à la géomorphologie du lieu, crée des risques pour ces territoires : crues et inondations torrentielles, débâcles glaciaires, glissements de versants, formations de tourbières spongieuses, de sols thixotropes et très localement de sables mouvants sont possibles. L'eau de source est polluée en zone côtière par les oiseaux (manchotières) et les pinnipèdes.

### Hydrothermalisme

L'hydrothermalisme de Kerguelen se manifeste par la présence de **sources chaudes avec dégazage de CO<sup>2</sup> et de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S)**. A l'ouest de Kerguelen, on observe des fumerolles, tandis qu'au nord du centre de l'île, des sources chaudes entretiennent une eau de surface à 70°C.



Photo 17. Fumerolles de la Péninsule Rallier du Baty : Nord du Pic Saint Allouarn

Les missions organisées entre 2005 et 2010 sur les sites de Rallier du Baaty et de Val Travers ont permis de dresser **l'inventaire d'une partie des sources chaudes présentes à Kerguelen**. Les caractéristiques géochimiques (température, pH, conductivité, salinité, composition en ions, en gaz dissous) ont pu être établies. Ces dernières montrent une **grande diversité chimique des systèmes hydrothermaux**. Les sources chaudes situées sur le plateau de Fumerolles sur la Péninsule Rallier du Baty (sud-ouest de Kerguelen) seraient potentiellement d'origine marine.<sup>5</sup>

## II.C.2. Réseau hydrographique des îles Saint-Paul et Amsterdam

### *Île Amsterdam*

**Il y a très peu de cours d'eau permanents sur l'île Amsterdam**. Si en période de pluies de nombreuses ravines sont en eau, leur alimentation est très temporaire. Une alimentation plus régulière est observée uniquement dans le **secteur sud-ouest de l'île**, dans les Grandes Ravines et sur les Falaises d'Entrecasteaux. Quelques mares permanentes existent en altitude, en particulier sur les plateaux tourbeux de la Caldeira centrale avec deux lacs relativement importants dont le Lac Bleu.

### *Île Saint-Paul*

Sur l'île St-Paul, il n'y a pas de plan d'eau, ni de cours d'eau permanents. Seules quelques ravines temporairement alimentées pendant les périodes pluvieuses sont présentes.

## II.D. Ecosystèmes terrestres

**Si Amsterdam et Saint-Paul ont été découvertes au XVI<sup>ème</sup> siècle et Kerguelen au XVIII<sup>ème</sup> siècle**, la fréquentation des îles fut tardive et occasionnelle jusqu'aux années 1950.

La flore native des îles australes françaises y est représentée par un **nombre relativement faible d'espèces spécialistes et peu compétitives**. Le nombre d'espèces natives est en effet de 17 à Crozet, 22 à Kerguelen, 17 à Amsterdam, et 11 à Saint-Paul. L'augmentation de la fréquentation des îles australes françaises au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, avec les tentatives d'exploitation économique des ressources naturelles (halieutiques, pinnipèdes, salmonidés) et avec l'installation de bases permanentes, est responsable de l'introduction d'espèces végétales. La localisation préférentielle sur les bases et l'origine européenne des espèces introduites montrent à l'évidence que les navires ravitailleurs constituent le principal vecteur d'introduction. Le cas d'Amsterdam est différent puisque, les plantes introduites sont largement dominantes dans les secteurs qui ont été fréquentés par les bovins.

### II.D.1. Flore

#### *II.D.1.a) Etat des connaissances*

Les premières études et descriptions de la flore des îles subantarctiques ont été réalisées lors des **grandes expéditions scientifiques**, notamment celles de la deuxième moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle. C'est également au cours de cette période que les premières observations sur les espèces introduites ont été réalisées. **L'établissement des bases permanentes au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle** (1951 à Kerguelen et Amsterdam, 1964

---

<sup>5</sup>M. Le Romancer, A. Gramain, F. Brillet, S. Dupont, C. Renac, B. Moine, D. Guillaume, G. Sarragoni, Le Chevalier, J.L. Birrien, Kerguelen and Saint Paul hot springs: hot spots of microbial diversity in a very remote subantarctic area, Comité National Français des Recherches Arctiques et Antarctiques - 7<sup>èmes</sup> Journées Scientifiques, Paris, 19 et 20 mai 2011 - [http://cnfra.fr/IMG/pdf/Resumes\\_CNFR\\_7JS\\_03.pdf#page=23](http://cnfra.fr/IMG/pdf/Resumes_CNFR_7JS_03.pdf#page=23)

à Crozet), puis la mise en œuvre de **programmes scientifiques soutenus par la Mission de Recherche des TAAF puis par l'IPEV** ont permis un meilleur suivi de la flore de ces territoires, générant des données de manière plus régulière. Au début des années 1980, des listes sont à nouveau publiées (Massé 1982 ; Bell 1982), et de nouvelles observations sont régulièrement enregistrées par des hivernants travaillant sur des programmes de botanique ou plus largement d'écologie terrestre dans le cadre du **programme IPEV 136 – SUBANTECO** pour notamment mettre à jour les données relatives à la flore. Dans ce programme, sont étudiées les variations spatio-temporelles de la biodiversité subantarctique, les processus d'invasions biologiques, les effets des variations environnementales sur l'écologie et la physiologie des espèces, ainsi que la perception de la biodiversité dans un contexte non marchand.

Depuis **sa création en 2006, la Réserve naturelle travaille en collaboration avec ce programme**. Les agents de la réserve contribuent avec les scientifiques de l'IPEV à mettre à jour les données relatives à la flore.

Il en résulte une assez bonne connaissance des spermaphytes autochtones et introduits des 3 districts dont certains ont fait l'objet de nombreux travaux de biologie, écologie, écophysologie, et génétique (cf. par exemple : Davies & Greene, 1976 ; Hennion 1992, Hennion & Coudert 1993, Hennion & Walton 1997a 1997b, Hennion *et al.* 1994, 2006 ; Frenot *et al.* 1989, 1999, 2001 ..., Aubert *et al.* 1999a, 1999b, Hummel *et al.* 2002 2004a 2004b, Barillari *et al.* 2005, Schermann-Legionnet *et al.* 2007, Wagstaff & Hennion 2007...).

Des suivis sur le long terme ont également été mis en place il y a plusieurs années par le programme IPEV 136 dont certains se poursuivent actuellement au sein du programme scientifique et de la réserve naturelle.

Le programme IPEV 136 - SUBANTECO et la réserve naturelle ont conjointement mis en place une base de données sur les plantes autochtones et introduites, présentes dans les îles subantarctiques françaises.

Cette base de données intègre des données historiques du programme IPEV-136 et l'ensemble des relevés de terrain actuel. Elle a pour objectifs :

- la standardisation des données ;
- l'optimisation de l'utilisation des données (cartes de répartition des espèces végétales indigènes et exogènes) ;
- un gain de temps pour la consultation des données et leur valorisation ;
- le partage des données ;
- la diminution du risque de perte de données.

La base comporte également une table donnant pour chaque taxon des informations sur la systématique, l'origine et la répartition biogéographique.

Un travail important d'actualisation de la liste des espèces a été effectué en 2008-2009 lors de la rédaction du volet A du premier plan de gestion de la réserve naturelle.

Les premiers **inventaires** de la réserve naturelle sur la répartition des espèces végétales ont été réalisés de manière opportuniste. Depuis 2012 sur Saint-Paul, 2013 sur Crozet et 2015 sur Amsterdam, ces relevés se sont **standardisés** dans le cadre du **protocole « Atlas de la flore »** au sein duquel les inventaires de la flore sont faits au sein de mailles de 500 mètres de côté. Sur chacun des sites et mailles prospectés, des relevés phytosociologiques ont été réalisés sur l'ensemble des communautés végétales présentes.

**Tableau 8. Bilan du nombre de relevés d'espèces végétales natives réalisés entre 2010 et 2015 (données RN-TAF et IPEV 136)**

ILES	CROZET	KERGUELEN	AMSTERDAM	SAINT-PAUL
Nombre de relevés d'espèces végétales natives réalisés entre 2010 et 2015	6 589	12 025	202	67

Les analyses cartographiques n'ont pas encore été réalisées pour l'ensemble des espèces natives et pour tous les districts. Sur les districts de Crozet, Amsterdam et Saint-Paul, où les relevés sont réalisés de manière standardisée au sein de mailles (protocole Atlas), l'acquisition de données sur le terrain doit être encore poursuivie afin de passer à l'étape de la cartographie.

Le travail des équipes de la réserve naturelle et celui des scientifiques de l'IPEV 136 a permis de faire un état de lieu de la répartition des espèces de spermaphytes introduits de l'île de la Possession dans l'archipel Crozet lors des campagnes d'été 2010/2011 et 2011/2012.

Concernant le district de Kerguelen, un premier document de travail a été réalisé en 2011 sur la base de relevés réalisés entre 2005 et 2011 (Garnier, A. Juillet 2012). Ce document présente la répartition par présence/absence mais également par classe altitudinales des espèces natives présentes sur le district. Il ne reflète cependant pas la répartition réelle des espèces mais a permis de faire un état des lieux des connaissances peu de temps après la mise en place des actions du plan de gestion sur le terrain.

**Certains groupes sont encore mal connus/ou font l'objet d'une révision complète** car les informations disponibles sont anciennes et n'intègrent pas les développements et changements survenus en systématique. Il s'agit notamment des fougères (ptéridophytes et Lycophytes), des Bryophytes, des Lichens ou encore des Diatomés.

Le travail d'inventaire sur l'ensemble de ces groupes dont l'identification demande généralement des connaissances et techniques spécifiques se fait en collaboration avec plusieurs structures :

- Ptéridophytes et Lycophytes : Germinal Rouhan, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris
- Lichens : Damien Ertz, Jardin botanique de Meise, Belgique
- Bryophyte : Ryszard Ochrya et Halina Bednarek-Ochrya, Institut de botanique, Académie des Sciences, Cracovie, Pologne
- Diatomés : Bart Van de Vijver, Jardin botanique de Meise, Belgique

L'étude et l'amélioration des connaissances sont réalisées sur la base d'examen d'échantillons anciens présents dans les herbiers de différents muséums et instituts ainsi que sur la base d'échantillons prélevés lors de campagnes de terrain spécifiques.

Les travaux réalisés récemment ont permis d'améliorer significativement la connaissance de la flore de la Réserve Naturelle.

Des résultats complémentaires sont attendus de l'analyse des échantillons déjà collectés (en particulier les lichens de Crozet et Kerguelen) et de futures missions spécifiques des programmes IPEV et/ou de la réserve naturelle.

En milieu terrestre originel, on peut retenir deux caractéristiques essentielles de la flore :

- **un nombre peu élevé d'espèces autochtones présentant des adaptations originales et un taux d'endémisme élevé** : l'endémisme des espèces végétales est moins strict puisque la majorité des espèces se rencontrent dans la plupart des îles situées autour du continent Antarctique.
- **un lien terre-mer très fort et des chaînes alimentaires simplifiées** : la flore n'est dégradée que par peu d'herbivores natifs, réduits à quelques charançons.

## **II.D.1.b) Flore de Crozet et Kerguelen**

### **II.D.1) b) i. Les plantes de Crozet et Kerguelen**

#### **Les plantes natives de Crozet et Kerguelen**

**17 espèces natives de plantes à fleur sont présentes à Crozet et 22 à Kerguelen.**

Sur ces îles, les arbres et arbustes sont absents de la flore d'origine. En effet, le développement des plantes en hauteur est généralement limité par les vents forts. Plusieurs espèces préfèrent donc un port en coussin, efficace pour résister aux vents et pour capter l'énergie solaire.

On peut citer comme exemple ***Azorella selago***, espèce bien représentée dans le paysage des îles qui, selon le milieu de développement, peut former des coussins hémisphériques de tailles très variables selon l'altitude et le type de sol ou encore des tapis continus à basse altitude.

INSERER PHOTO (REPRESENTANT LES 3 TYPES DE DEVELOPPEMENT DE L'AZORELLE)

Photo 18. XXX

Autre espèce se développant en coussins et endémique à Kerguelen, le ***Lyallia kerguelensis*** forme des coussins généralement plus petits que l'azorelle et est réparti sur l'ensemble de l'archipel de manière relativement restreinte. Très rare sur la Grande Terre, on la rencontre plus fréquemment dans les îles du Golfe du Morbihan. Elle se développe préférentiellement dans les milieux dominés par les roches, blocs, cailloux sur les plateaux à haute altitude mais également à basse altitude.

Le **chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*)** fait également partie des espèces remarquables des deux archipels. On le trouve également dans d'autres îles subantarctiques de l'Océan Indien, comme les îles Heard, Mac Donald, Marion et Prince Edwards. On note chez cette espèce un polymorphisme important, notamment sur Kerguelen, où l'on observe des individus de très grande taille (> 1m de diamètre) en côtier et des individus beaucoup plus petits à haute altitude (entre 700 – 1000 m). Capable de résister aux embruns en côtier et au gel en altitude et de se développer sur plateau rocheux et en falaise, on le rencontre dans des milieux très divers. Sur la grande terre et certaines îles de Kerguelen où le lapin est présent, son aire de répartition a diminué de manière très importante.

INSERER PHOTO DE CHOU DE KERGUELEN

Photo 19. XXX

Avec cinq espèces, la **famille des Poaceae** est bien représentée parmi la flore native de Crozet et Kerguelen.

On peut citer le ***Poa cookii***, présent à Crozet et Kerguelen, qui est l'espèce la plus haute en falaise côtière. A l'opposé, nous avons ***Poa kerguelensis***, la plus petite de la famille, que l'on ne trouve, au sein de la réserve naturelle, qu'à Kerguelen sur des sols sec et pierreux.

***Festuca contracta*** et ***Agrostis magellanica*** sont les deux espèces de graminées les plus communes. On les observe régulièrement en épiphyte sur les coussins d'azorelle mais également en peuplement homogène pour la fétuque et en zone humide pour l'agrostis.

Enfin, ***Deschampsia antarctica*** est la seule espèce de graminées se développant de préférence en milieu humide et tourbeux, souvent associé au jonc, ***Juncus scheuchzerioides***.

INSERER MONTAGE PHOTO REPRESENTANT LES 5 ESPECES DE GRAMINEES

Photo 20. XXX

Trois espèces de renoncules natives sont présentes au sein de la réserve naturelle. Seule ***Ranunculus biternatus*** est observé sur Crozet et Kerguelen.

***Ranunculus moseleyi*** et ***Ranunculus pseudo-trullifolius*** sont présentes à Kerguelen mais aussi l'île Marion pour l'une et les Falklands et l'Amérique du sud pour la seconde.

***Ranunculus moseleyi*** est observée exclusivement en milieu humide en bordure de mares ou d'étangs pouvant s'assécher temporairement.

INSERER PHOTO DES 3 RENONCULES DANS LES MILIEUX DECRITS CI-DESSUS

Photo 21. XXX

Bien que pouvant s'accommoder à différents types de milieu, *R. pseudo-trullifolius* s'observe le plus souvent en milieu côtier associée à *Crassula moscata*, espèce halophyte de la famille des crassulacées, exclusivement littorale.

Autre espèce côtière, citons *Leptinella plumosa* pouvant former parfois des peuplements homogènes sur de large étendues.

INSERER PHOTOS *LEPTInella* ET *CRASSULA*, LES DEUX ESPECES AFFILIEES AU COTIER/LITTORAL

Photo 22. XXX

Références consultées : Aubert de la Rüe 1964, Young 1973, Frenot 1993, Mortimer et al. 2008

Tableau 9 : Liste des espèces de Spermaphyte natives présentes à Crozet et à Kerguelen

Programme Ipev 136 (Lebouvier M. & Hennion F.) –Van Der Putten et al 2010)

Famille	Nom scientifique	Auteurs	Date de première observation	Statut biogéographique	Présence TAAF	
					Crozet	Kerguelen
Rosaceae	<i>Acaena magellanica</i>	(Lam.) Vahl	1840	Austral	√	√
Poaceae	<i>Agrostis magellanica</i>	(Lamarck) Vahl.	1870	Austral	√	√
Apiaceae	<i>Azorella selago</i>	Hooker f.	1840	Austral	√	√
Callitrichaceae	<i>Callitriche antarctica</i>	Engelmann	1840	Austral	√	√
Caryophyllaceae	<i>Colobanthus kerguelensis</i>	Hooker f.	1840	Subantarctique Océan Indien	√	√
Crassulaceae	<i>Crassula moscata</i>	Forster	1874	Austral	√	√
Poaceae	<i>Deschampsia antarctica</i>	Desvaux	1840	Subantarctique	√	√
Poaceae	<i>Festuca contracta</i>	T. Kirk	1874	Subantarctique		√
Rubiaceae	<i>Galium antarcticum</i>	Hooker f.	Nd	Austral	√	√
Juncaceae	<i>Juncus pusillus</i>	Bucheneau	1902	Subantarctique	√	√
Juncaceae	<i>Juncus scheuchzerioides</i>	Gaudich.	1840	Austral	√	√
Asteraceae	<i>Leptinella plumosa</i>	Hooker f.	1840	Austral	√	√
Scrophulariaceae	<i>Limosella australis</i>	R. Brown	1874	Austral	√	√
Portulacaceae	<i>Lyallia kerguelensis</i>	Hooker f.	1840	Endémique		√
Portulacaceae	<i>Montia fontana</i>	L.	1875	Austral (aussi en Europe)	√	√
Poaceae	<i>Poa cookii</i>	Hooker f.	1840	Subantarctique	√	√
Poaceae	<i>Poa kerguelensis</i>	(Hooker) Steudel	1840	Subantarctique Océan Indien		√

Brassicaceae	<i>Pringlea antiscorbutica</i>	R.Br. ex Hook.f.	1840	Subantarctique Océan Indien	✓	✓
Renonculaceae	<i>Ranunculus biternatus</i>	J. E. Smith	1840	Austral	✓	✓
Renonculaceae	<i>Ranunculus moseleyi</i>	Hooker f.	1874	Austral		✓
Renonculaceae	<i>Ranunculus pseudotrullifollius</i>	Skottsberg	1840	Subantarctique Océan Indien		✓
Cyperaceae	<i>Uncinia compacta</i>	R.Brown	1874	Austral	✓	✓

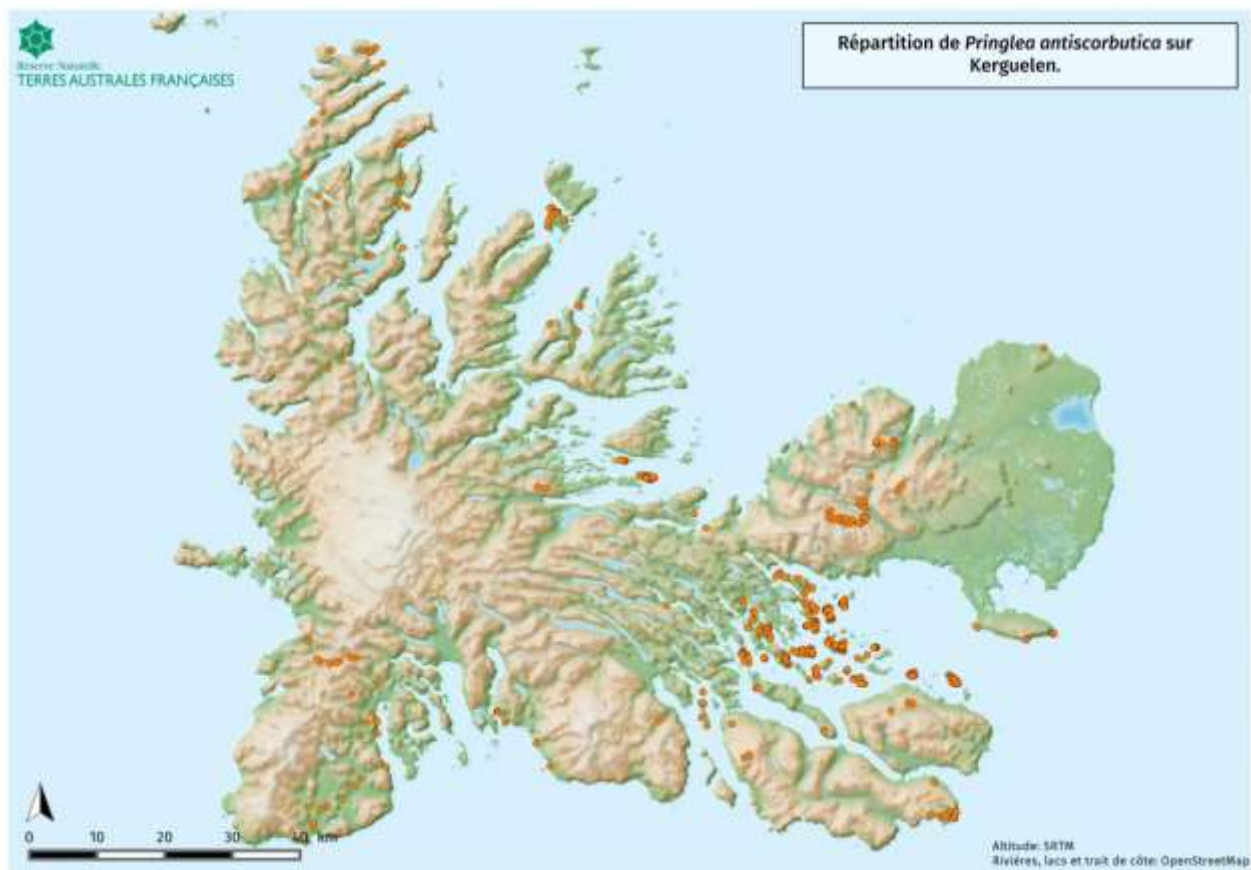
Les cartes de répartition de 6 espèces natives à Kerguelen sont présentées ci-après. Ces cartes ont été réalisées sur la base de données acquises entre 2001 et 2015. Elles ne reflètent pas la répartition réelle des espèces.



Carte 29. Localisation des observations de *Lyallia kerguelensis* DANS LE GOLFE DU Morbihan à Kerguelen

Données RN-TAF et IPEV 136



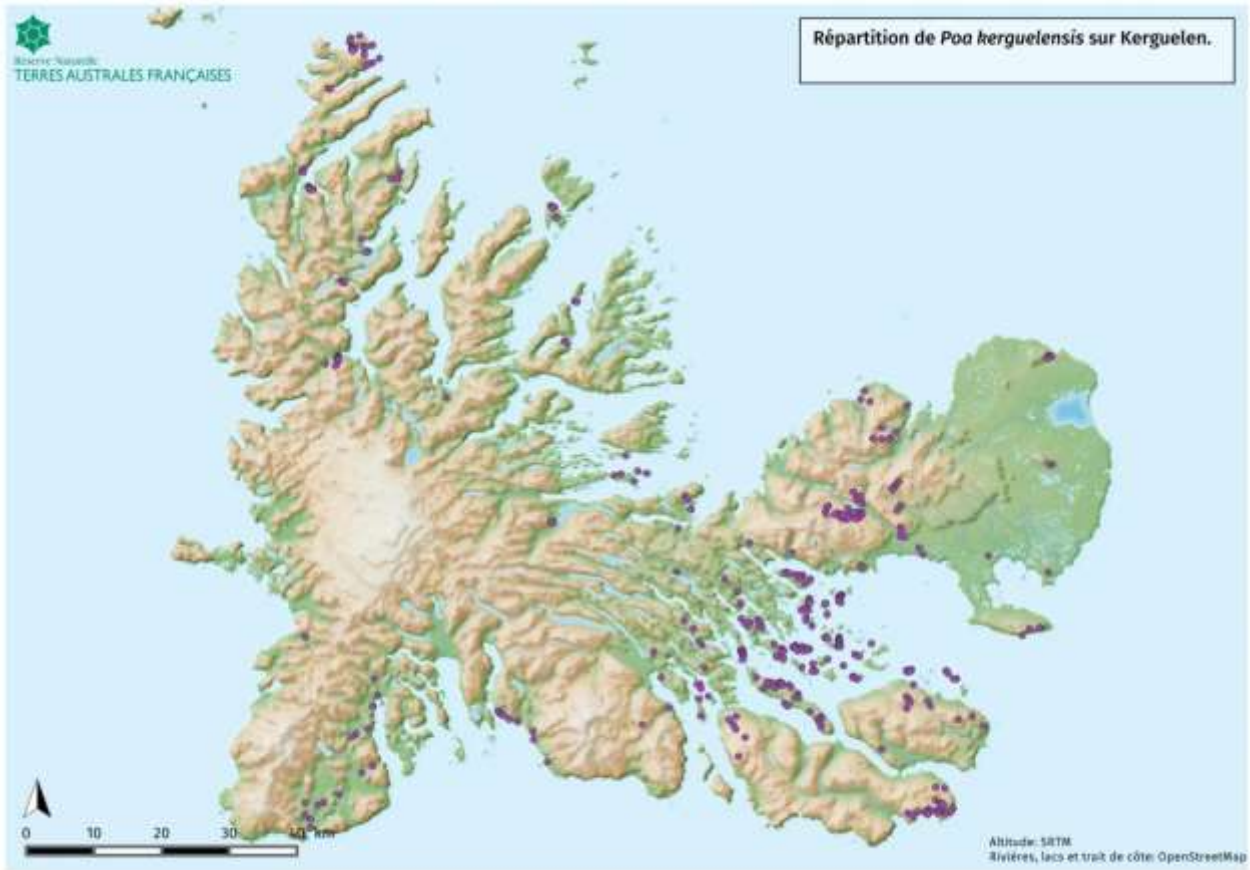


Carte 30. Localisation des observations de *Pringlea antiscorbutica* réalisées sur l'archipel de Kerguelen

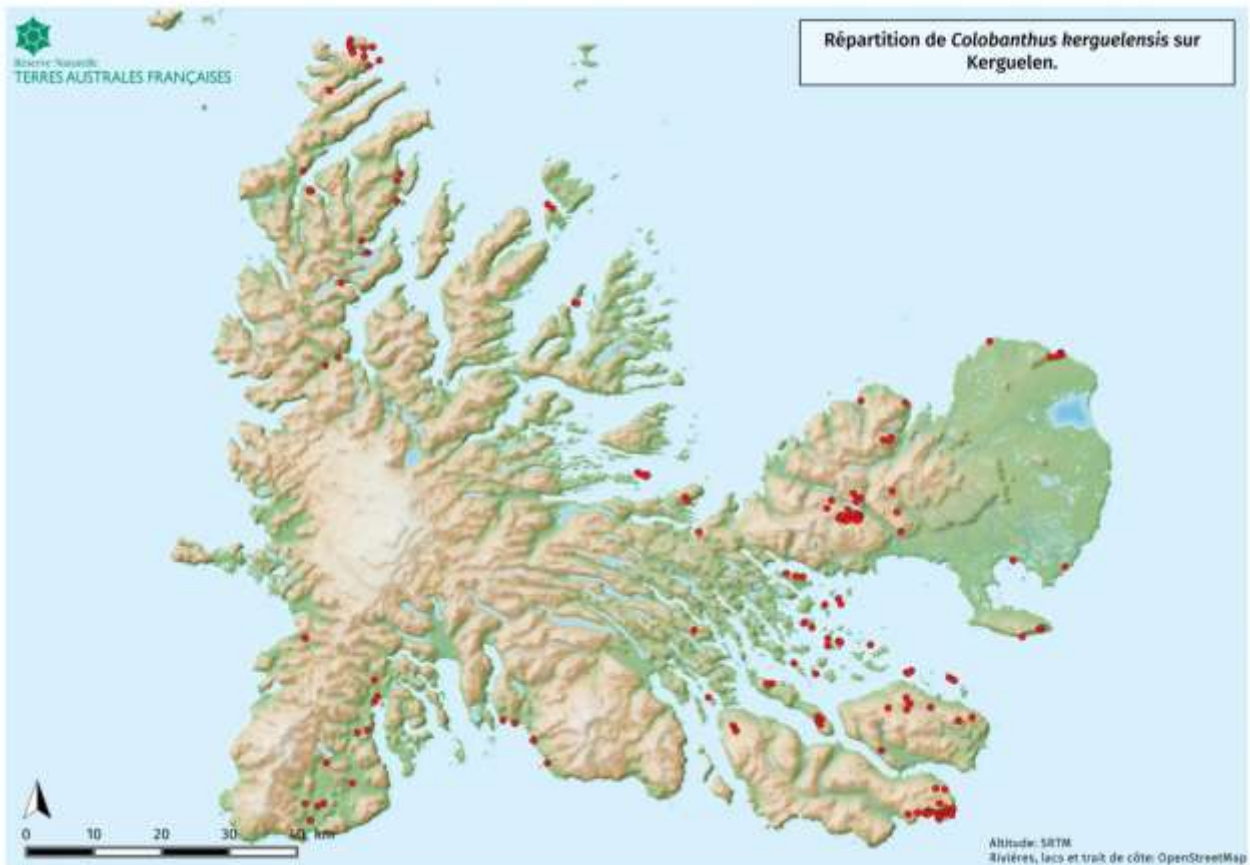
Données RN-TAF et IPEV 136



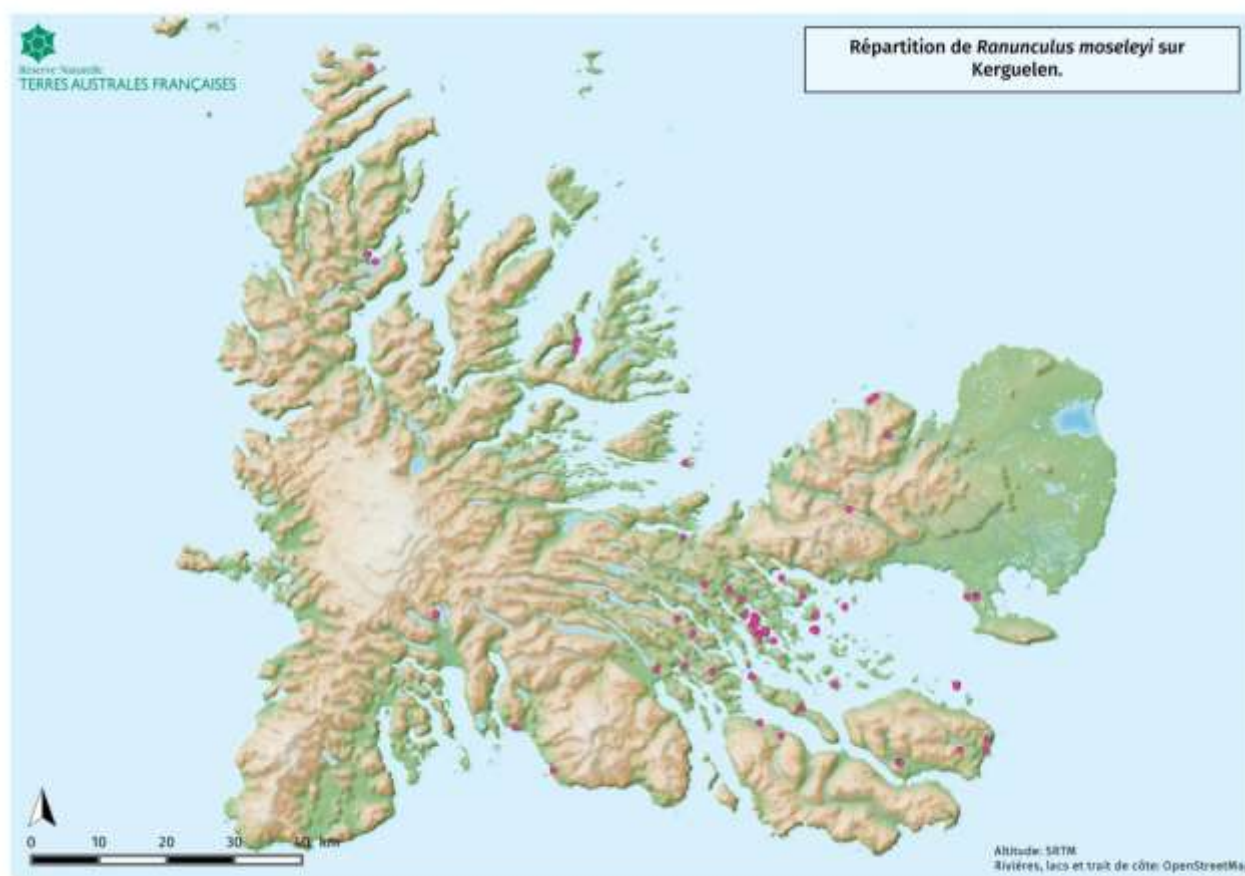
Carte 31. Localisation des observations de *Poa cookii* réalisées sur l'archipel de Kerguelen



Carte 32. Localisation des observations de *Poa kerguelensis* réalisées sur l'archipel de Kerguelen



Carte 33. Localisation des observations de *Colobanthus kerguelensis* réalisées sur l'archipel de Kerguelen (données RN-TAF et IPEV 136)



Carte 34. Localisation des observations de *Ranunculus moseleyi* réalisées sur l'archipel de Kerguelen (données RN-TAF et IPEV 136)

### Les plantes introduites de Crozet et Kerguelen

68 espèces végétales introduites sont actuellement répertoriées à Crozet, et 79 à Kerguelen. Elles appartiennent principalement à la flore des régions tempérées de l'hémisphère nord et en particulier à la flore européenne. La majorité de ces espèces n'est pas envahissante. Elles sont donc principalement présentes sur les bases et celles qui ont colonisé l'ensemble des îles sont assez peu nombreuses.

Le tableau ci-dessous présente les espèces envahissantes ou potentiellement envahissantes sur l'île de la Possession (archipel de Crozet) et l'archipel de Kerguelen

Tableau 10. Liste des envahissantes ou potentiellement envahissantes sur l'île de la Possession et l'archipel de Kerguelen Source : Programme Ipev 136 – Subanteco et Réserve Naturelle des Terres Australes Françaises

Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Auteurs	Type d'introduction	Présence avec date de première observation	
					Crozet	Kerguelen
Poaceae	<i>Agrostis capillaris</i>	Agrostis capillaire	L., 1753	accidentelle	1984	1901
Poaceae	<i>Agrostis stolonifera</i>	Traîne, Traînasse, Agrostide stolonifère	L., 1753	accidentelle	1968	1901
Poaceae	<i>Aira praecox</i>	Canche printanière	L., 1753	accidentelle	2004	1995

Familie	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Auteurs	Type d'introduction	Présence avec date de première observation	
					Crozet	Kerguelen
Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Flouve odorante	L., 1753	accidentelle	1978	1901
Poaceae	<i>Arrhenatherum elatius subsp. bulbosum</i>	Avoine à chapelets	(Willd.) Schübl. & G.Martens, 1834	accidentelle	1978	1996
Caryophyllaceae	<i>Cerastium fontanum</i>	Céraiste commun	Baumg., 1816	accidentelle	1901	1874
Caryophyllaceae	<i>Cerastium glomeratum</i>	Céraiste aggloméré	Thuill., 1799	accidentelle	1984	1901
Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	Dactyle aggloméré, Pied-de-poule	L., 1753	Intentionnelle (fourrage à Kerguelen)	1978	1977
Onagraceae	<i>Epilobium tetragonum</i>	Epilobe à tige carrée, Epilobe à quatre angles	L., 1753	accidentelle	1996	1995
Poaceae	<i>Festuca rubra subsp. rubra</i>	Fétuque rouge	L., 1753	accidentelle	1984	1977
Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>	Houlque laineuse	L., 1753	accidentelle	1984	1901
Juncaceae	<i>Juncus bufonius</i>	Jonc des crapauds	L., 1753	accidentelle	1984	
Poaceae	<i>Lolium perenne</i>	lvraie vivace	L., 1753	Intentionnelle (fourrage à Kerguelen)	1978	1977
Poaceae	<i>Poa annua</i>	Pâturin annuel	L., 1753	accidentelle	1906	1874
Poaceae	<i>Poa pratensis</i>	Pâturin des prés	L., 1753	Intentionnelle (fourrage à Kerguelen)	1906	1874
Renonculaceae	<i>Ranunculus repens</i>	Renoncule rampante	L., 1753	accidentelle	1978	1996
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	Oseille sauvage, Petite oseille, Oseille des brebis	L., 1753	accidentelle	1906	1876
Caryophyllaceae	<i>Sagina procumbens</i>	Sagine couchée	L., 1753	accidentelle	1978	1902
Asteraceae	<i>Senecio vulgaris</i>	Séneçon commun, Séneçon vulgaire	L., 1753	accidentelle	2006 (non publié)	1977
Caryophyllaceae	<i>Stellaria alsine</i>	Stellaire des marais, Stellaire des sources	Grimm, 1767	accidentelle	1996	1995
Caryophyllaceae	<i>Stellaria media</i>	Mouron des oiseaux, Stellaire intermédiaire, Morgeline	(L.) Vill., 1789	accidentelle	1978	1898
Asteraceae	<i>Taraxacum erythrospermum</i>	Pissenlit lisse	Andrz. ex Besser, 1821	accidentelle	1978	1953
Asteraceae	<i>Taraxacum sect. Ruderalia</i>	Dent de lion, Pissenlit vulgaire	/	accidentelle	1978	1958
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Trèfle rampant, Trèfle blanc, Trèfle de Hollande	L., 1753	accidentelle	1978	1977

Familie	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Auteurs	Type d'introduction	Présence avec date de première observation	
					Crozet	Kerguelen
Poaceae	<i>Vulpia bromoides</i>	Vulpie queue-d'écureuil, Vulpie faux Brome	(L.) Gray, 1821	accidentelle	NA	1996

25 espèces sont considérées comme envahissantes ou potentiellement envahissantes à Crozet (île de la Possession uniquement) et Kerguelen.

Les espèces les plus communes et à large répartition sont généralement présentes sur les 2 archipels et, pour la plupart, ont été observées relativement tôt, vers la fin du XIXème - début du XXème siècle (Frenot, 2001). On peut citer quelques exemples :

- ***Poa annua***, abondant, voire dominant, sur les zones fréquentées par les éléphants de mer, sur les chemins et à proximité des certaines cabanes. Il est largement répandu sur l'ensemble de l'île de la Possession et est encore en expansion vers le secteur ouest. A Kerguelen, il est présent sur l'ensemble de l'archipel.
- ***Cerastium fontanum***, largement répandue sur les deux îles.
- ***Poa pratensis***, formant des prairies très denses et hautes, quasi monospécifiques. Il est présent sur la côte Est de l'île de La Possession et essentiellement dans et autour du Golfe du Morbihan à Kerguelen. Cette espèce est en expansion.
- ***Sagina procumbens***, découverte tôt à Kerguelen, où elle a une large répartition jusqu'à 300-400 mètre d'altitude mais également sur l'île de la Possession.

Découvertes plus tardivement, d'autres espèces sont relativement communes :

- **Les groupes des pissenlits (*Taraxacum erythropermu* et *Taraxacum sect. Ruderalia*)**, présents sur les deux îles et largement rependus à Kerguelen (notamment *T. erythropermu*). Ils sont tous les deux en expansion.

A Kerguelen,

- ***Cerastium glomeratum***, très fréquent sur les îles du golf du Morbihan et au sud de la péninsule Courbet.
- ***Senecio vulgaris***, largement répandu dans la moitié Est de l'archipel et notamment dans le Golfe du Morbihan.

Les deux espèces de stellaire (***Stellaria alsinea*** et ***Stellaria media***), toutes deux présentes à Crozet et Kerguelen, semblent également être en expansion. Elles se développent en formant des patchs denses, excluant ainsi les espèces natives.

Enfin, sur l'archipel de Kerguelen, la plus grande richesse en plantes introduites est rencontrée sur les sites qui ont été, ou sont encore, le siège d'activités d'élevage : à l'île Longue dans le Golfe du Morbihan, où des semis de plantes fourragères ont été réalisés dans les années 1970 pour l'élevage de moutons, la végétation se présente aujourd'hui par endroits sous forme d'une prairie de *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Anthoxanthum odoratum* ; d'autres îles (Château, Moules) ont connu de tels enrichissements par semis et sept espèces sont connues uniquement de Port Couvreur, autre site ancien d'élevage. (Frenot et al. 2001)

#### II.D.1) b) ii. Les fougères et Lycophytes de Crozet et Kerguelen

Une compilation de la littérature disponible, souvent ancienne, et l'examen des spécimens d'herbier disponibles, ont permis de préciser le nombre d'espèces présentes en prenant en compte des modifications de la systématique et de la taxonomie des fougères et lycophytes (Lebouvier et Rouhan, 2014, non publié).

La présence de huit espèces dans les Iles Kerguelen et dix espèces sur l'île de la Possession à Crozet est avérée tandis que la présence ou le statut taxonomique doivent encore être précisés pour cinq et trois taxons respectivement.

L'espèce la plus commune est *Blechnum penna-marina*. Elle est dominante dans certaines communautés végétales de Crozet et Kerguelen.

**Tableau 11. Liste des espèces de fougères et lycophytes présentes à Crozet et Kerguelen**

Source : Programme Ipev 136 et collaborateurs

Famille	Genre	Espèce	Répartition géographique	
			Crozet	Kerguelen
Aspleniaceae	<i>Asplenium</i>	<i>obtusatum</i>	√	
Blechnaceae	<i>Blechnum</i>	<i>penna-marina</i>	√	√
Cystopteridaceae	<i>Cystopteris</i>	<i>fragilis</i>	√	√
Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum</i>	<i>randii</i>		√
Lycopodiaceae	<i>Huperzia</i>	<i>crassa</i>	√	
Lycopodiaceae	<i>Huperzia</i>	<i>saururus</i>	√	√
Hymenophyllaceae	<i>Hymenophyllum</i>	<i>peltatum</i>	√	√
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium</i>	<i>magellanicum</i>	√	√
Polypodiaceae	<i>Notogrammitis</i>	<i>crassior</i>	√	√
Polypodiaceae	<i>Polypodium</i>	<i>vulgare</i>		√
Dryopteridaceae	<i>Polystichum</i>	<i>marionense</i>	√	
Dryopteridaceae	<i>Rumohra</i>	<i>adiantiformis</i>	√	

#### II.D.1) b) iii. Les Bryophytes de Crozet et Kerguelen

Les mousses et hépatiques, très nombreuses, jouent un **rôle important dans la plupart des habitats**.

INSERER : PHOTOS DE PAYSAGE DE CROZET OU DE KERQUELEN AVEC BRYOPHYTES DOMINANTS

Photo 23. XXX

L'étude des échantillons prélevés depuis 2006 sur les trois districts et l'examen d'échantillons anciens présents dans les herbiers de différents muséums et instituts a donné lieu à la publication, depuis 2010, de plusieurs articles scientifiques et de nombreuses notes rendant compte de la première observation de certaines espèces (*New national and regional bryophyte records* dans *Journal of Bryology*).

Cette étude a mis en évidence un **nombre élevé d'espèces à Crozet et à Kerguelen**, ce qui permet de penser que des progrès sont à venir dans la connaissance des bryophytes subantarctiques.

**Tableau 12. Nombre total d'espèces de Bryophytes d'après la littérature et nouvelles observations publiées entre 2010 et 2016**

Source : programme IPEV 136 et collaborateurs

	Nombre total d'espèces d'après les publications parues au 01/07/2016		Nombre d'espèces citées pour la première fois (depuis 2010)	
	Mousses	Hépatiques	Mousses	Hépatiques
<b>Crozet</b>	72	55	19	1
<b>Kerguelen</b>	124	44	11	/

#### II.D.1) b) iv. Les Lichens de Crozet et Kerguelen

Des compléments importants à la connaissance des lichens des îles subantarctiques françaises ont été acquis depuis 2010.

Alors que les données publiées jusqu'à maintenant faisaient état de 79 espèces de lichens pour Kerguelen et seulement 12 espèces pour Crozet, les travaux d'identification (en cours) des spécimens collectés lors des campagnes de D. Ertz depuis 2013, permettent d'estimer le nombre d'espèces à environ **110 pour l'île de la Possession** et **150 pour les îles Kerguelen**. Afin de compléter les identifications sur des critères morphologiques, l'ADN a été extrait sur une centaine d'échantillons pour chaque district et des séquences (ITS nucléaire ou SSU mitochondrial) ont été obtenues. Une espèce nouvelle, *Ochrolechia kerguelensis*, a été décrite de Kerguelen, accompagnée d'une révision des espèces du genre *Ochrolechia* présentes dans l'hémisphère sud (Ertz et al., Phytotaxa, sous presse). *Ducatina umbilicata*, genre nouveau et espèce nouvelle, a également été décrit de Crozet et Kerguelen en combinant des critères chimiques, moléculaires et morphologiques (Ertz et al., The Lichenologist, sous presse).

**Tableau 13. Nombre total d'espèces de Lichens d'après la littérature et nouvelles observations publiées entre 2010 et 2016**

Source : programme IPEV 136 et collaborateurs

ILES	CROZET (La Possession)	KERGUELEN
Nombre d'espèces de Lichens	≈ 110	≈ 150

#### II.D.1) b) v. Les plantes d'eau douce

Les plantes fixées sont des phanérogames et des bryophytes aquatiques près des berges ainsi que des mousses sur substrat grossier stable (Delarue & Massé 1982). Les algues d'eau douce (diatomées exclues) sont dominées par les chlorophycées (71%, essentiellement des desmidiales et chlorococcales) et les cyanophycées (22%) (Therezien & Coûté 1977). Les diatomées sont, quant à elles, très variées en nombre d'espèces dont beaucoup d'endémiques (Bourelly & Manguin 1954; Le Cohu 1982, Van de Vijver & Beyens 1999b, Van de Vijver *et al.* 2001). La biomasse des algues est cependant faible.

#### II.D.1.c) Flore des îles Amsterdam et Saint Paul

##### II.D.1) c) i. Les plantes de Saint-Paul et Amsterdam

#### *Les plantes natives de Saint-Paul et Amsterdam*

Les **plantes autochtones de Saint-Paul et Amsterdam sont relativement bien connues. 17 espèces sont actuellement inventoriées sur l'île d'Amsterdam et 11 sur l'île de Saint-Paul.** Il est important de préciser que **ces 11 espèces sont également présentes à Amsterdam.**

**6 espèces sont endémiques dont 2 endémiques strictes à l'île d'Amsterdam.** Il s'agit de la poacée, *Agrostis delislei* et du plantain, *Plantago pentasperma*. Ces deux espèces sont principalement observées en altitude.

**Le scirpe, *ficina nodosa*, et la poacée, *Poa novare*, sont parmi les espèces les plus communes des deux îles.** Ces deux espèces, qui peuvent être observées en association ou en groupement monospécifique, sont présentes sur l'ensemble de l'île de Saint Paul. Sur l'île d'Amsterdam, où la répartition des espèces est étroitement liée à l'altitude (Jolinion, 1987), elles sont présentes à basse et moyenne altitude.

***Spartina arundinacea*, autre grande poacée, est souvent observée en agrégats plus ou moins denses, sur les versants extérieurs du cratère de Saint Paul et le long des falaises sur Amsterdam.**

Sur Amsterdam, au-delà de 350 - 400 mètres d'altitude, le sol plus épais et plus humide favorise le développement de mousses, de sphaignes, de fougères mais aussi de quelques graminées et cypéracées.

Le *Phylica arborea* est le seul arbre autochtone de la réserve naturelle des Terres Australes Françaises. Il n'est présent que sur l'île d'Amsterdam et sur son homologue dans l'océan Atlantique, l'île de Tristan da Cunha.

Formant au XVIIème siècle une ceinture autour de l'île d'une surface de 1500 ha, entre 100 et 250 mètres d'altitude (Van Vlaming, 1696), le *Phylica arborea* a vu, au cours des 3 siècles qui ont suivi, son peuplement considérablement réduit (environ 10 ha en 1988 ; soit la disparition de plus de 99% de l'ancien bois). Les causes de cette disparition sont multiples : six incendies majeurs (dont cinq d'origine humaine), les coupes et le prélèvement du bois par les bateaux de passage et l'introduction d'espèces végétales et animales (bovins notamment).

Au début des années 1980 les peuplements de *Phylica* subsistaient seulement dans une zone d'environ 5 ha (« Bois » ou « Grand Bois ») et dans quelques bosquets limités.

Entre 1988 et 1993, une première campagne de restauration est mis en place et permet la réimplantation de 7000 individus sur le versant Est de l'île (MNHN et programme IPEV 136).

Depuis 2010, cet arbre est au centre d'un programme de restauration mené par la Réserve Naturelle des Terres Australes Françaises. Les premières campagnes de replantation en milieu naturel ont commencé en 2012 et concernent principalement la partie nord de l'île.

Tableau 14 : Liste des espèces végétales natives présentes à sur les îles de Saint-Paul et Amsterdam

Source : programme Ipev 136-Subanteco et Réserve naturelle des Terres Australes Françaises)

Famille	Nom scientifique	Auteur	Date de première observation	Statut biogéographique	Présence TAAF	
					Amsterdam	Saint-Paul
Rosaceae	<i>Acaena insularis</i>	Citerne	1985	Austral	√	
Poaceae	<i>Agrostis delislei</i>	Hemsl.	1874	Endémique	√	
Apiaceae	<i>Apium australe</i>	Thouars	1874 / 1853	Austral	√	√
Callitricaceae	<i>Callitriche antarctica</i>	Engelmann	1874	Austral	√	
Caryophyllaceae	<i>Colobanthus diffusus</i>	Hook. f.	1985 / 1793	Endémique	√	√
Cyperaceae	<i>Ficinia nodosa</i>	(Rottb.) Goetgh., Muasya & D.A.Simpson	1874 / 1853	Austral	√	√
Cyperaceae	<i>Isolepis aucklandica</i>	Hook.f.	1874 / nd	Austral	√	√
Poaceae	<i>Pentaschistis insularis</i>	(Hemsl.) H.P.Linder	1899 / 1853	Endémique	√	√
Rhamnaceae	<i>Phylica arborea</i>	Thouars	1726	Austral	√	
Plantaginaceae	<i>Plantago pentasperma</i>	Hemsl.	1874	Endémique	√	



Famille	Nom scientifique	Auteur	Date de première observation	Statut biogéographique	Présence TAAF	
					Amsterdam	Saint-Paul
Plantaginaceae	<i>Plantago stauntonii</i>	Reichardt	1899 / 1793	Endémique	√	√
Poaceae	<i>Poa alopecurus</i>	(Gaudich.) Kunth.	nd	Austral	√	
Poaceae	<i>Poa novarae</i>	Reichardt	1874 / 1853	Endémique	√	√
Renonculaceae	<i>Ranunculus bitermatus</i>	J. E. Smith	1874	Austral	√	
Poaceae	<i>Spartina arundinacea</i>	Carm.	1857 / 1853	Austral	√	√
Cyperaceae	<i>Uncinia brevicaulis</i>	Thouars	1874	Austral	√	√
Cyperaceae	<i>Uncinia compacta</i>	R.Brown	1874	Austral	√	√

Références consultées : Jolinion 1987, Frenot & Valleix 1990, Micol 1995

### **Les plantes introduites de Saint-Paul et Amsterdam**

**86 espèces végétales introduites sont actuellement répertoriées sur l'île d'Amsterdam et seulement 17 pour l'île de Saint-Paul.** Tout comme les espèces introduites à Crozet et Kerguelen, elles appartiennent principalement à la flore des régions tempérées de l'hémisphère nord et en particulier à la flore européenne.

**A Amsterdam, le nombre d'espèces introduites est plus important qu'à Crozet et Kerguelen,** dû à la présence (passé et actuelle) d'arbres fruitiers ou ornementaux, de fleurs ou de plantes potagères cultivés dans les jardins de la base scientifique et, surtout pour les arbres et arbustes, dans plusieurs sites éloignés de la base (Ex : Cratère d'Antonelli)

Sur Amsterdam, la majorité de ces espèces est principalement présente à basse altitude, secteurs anciennement fréquentés par les bovins. Sur Saint-Paul, elles se localisent essentiellement autour des installations humaines à l'intérieur du cratère.

Le tableau ci-dessous présente les espèces envahissantes ou potentiellement envahissantes sur les îles de Saint-Paul et Amsterdam :

Tableau 15. Liste des plantes introduites de Saint-Paul et d'Amsterdam

Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Auteurs	Type d'introduction	Présence avec date de première observation	
					Amsterdam	Saint-Paul
Poaceae	<i>Agrostis capillaris</i>	Agrostis capillaire	L., 1753	accidentelle	1996	
Poaceae	<i>Agrostis stolonifera</i>	Traîne, Traînasse, Agrostide stolonifère	L., 1753	accidentelle	1874	
Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Flouve odorante	L., 1753	accidentelle	1989	
Caryophyllaceae	<i>Cerastium fontanum</i>	Céraiste commun	Baumg., 1816	accidentelle	1989	
Caryophyllaceae	<i>Cerastium glomeratum</i>	Céraiste aggloméré	Thuill., 1799	accidentelle	1996	
Asteraceae	<i>Cirsium vulgare</i>	Cirse commun, Cirse lancéolé, Cirse à feuilles lancéolées	(Savi) Ten., 1838	accidentelle	1974	nd
Apiaceae	<i>Conium maculatum</i>	Grande cigüe, Cigüe tachée	L., 1753	accidentelle	1985	
Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	Dactyle aggloméré, Pied-de-poule	L., 1753	accidentelle	1985	
Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>	Houlque laineuse	L., 1753	accidentelle	1899	1857 ?
Juncaceae	<i>Juncus bufonius</i>	Jonc des crapauds	L., 1753	accidentelle	1963	
Juncaceae	<i>Juncus effusus</i>	Jonc épars, Jonc diffus	L., 1753	accidentelle	1874	
Asteraceae	<i>Leontodon saxatilis</i> subsp. <i>saxatilis</i>	Liondent des rochers, Léontodon des rochers	Lam., 1779	accidentelle	1985	

Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Auteurs	Type d'introduction	Présence avec date de première observation	
					Amsterdam	Saint-Paul
Asteraceae	Leucanthemum vulgare	Marguerite commune, Leucanthème commun	Lam., 1779	accidentelle	1963	
Poaceae	Lolium perenne	Ivraie vivace	L., 1753	accidentelle	1985	
Plantaginaceae	Plantago lanceolata	Petit plantain, Plantain lancéolé, Herbe aux cinq coutures	L., 1753	accidentelle	1960	
Poaceae	Poa annua	Pâturin annuel	L., 1753	accidentelle	1985	nd
Poaceae	Poa pratensis	Pâturin des prés	L., 1753	accidentelle	1985	
Lamiaceae	Prunella vulgaris	Brunelle commune, Herbe au charpentier	L., 1753	accidentelle	1985	
Polygonaceae	Rumex acetosella	Oseille sauvage, Petite oseille, Oseille des brebis	L., 1753	accidentelle	1963	
Caryophyllaceae	Sagina procumbens	Sagine couchée	L., 1753	accidentelle	1985	
Asteraceae	Senecio vulgaris	Séneçon commun, Séneçon vulgaire	L., 1753	accidentelle	1989	
Asteraceae	Sonchus oleraceus	Laiteron potager, Laiteron lisse	L., 1753	accidentelle	1899	nd
Asteraceae	Taraxacum sect. Ruderalia	Dent de lion, Pissenlit vulgaire		accidentelle	1996	
Fabaceae	Trifolium dubium	Trèfle douteux, petit trèfle jaune	Sibth., 1794	accidentelle	1985	

Famille	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Auteurs	Type d'introduction	Présence avec date de première observation	
					Amsterdam	Saint-Paul
Fabaceae	<i>Trifolium glomeratum</i>	Trèfle aggloméré, Petit Trèfle à boules	L., 1753	accidentelle	1996	
Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Trèfle rampant, Trèfle blanc, Trèfle de Hollande	L., 1753	accidentelle	1985	
Poaceae	<i>Vulpia bromoides</i>	Vulpie queue-d'écureuil, Vulpie faux Brome	(L.) Gray, 1821	accidentelle	1969	nd

27 espèces sont considérées comme envahissantes ou potentiellement envahissantes sur Amsterdam. Parmi elles, 5 sont également considérées comme envahissantes à Saint-Paul (données non publiées – Programme Ipev 136 / RNN TAF).

Quatre espèces peuvent être citées comme étant les plus communes et ayant une large répartition sur les deux îles :

- ***Holcus lanatus***, abondante et pouvant former des communautés quasi monospécifiques notamment à Amsterdam, dans les secteurs de basse altitude anciennement fréquentés par les bovins. Sur Saint-paul, elle colonise l'ensemble de l'île.
- ***Sonchus oleraceus***, présent en agrégat lâche sur l'ensemble des deux îles ; à basse altitude sur Amsterdam.
- ***Cirsium vulgare***, anciennement en extension lié au piétinement des bovins et l'ouverture du tapis végétal qui en découle. Depuis l'éradication des bovins, on observe une tendance à la diminution de la population mais l'espèce reste bien présente sur l'ensemble de l'île en dessous de 400 mètres d'altitude. Sur Saint-paul, il est largement répandu sur l'ensemble de l'île.
- ***Vulpia bromoides***, répandu sur la partie basse de l'île d'Amsterdam et principalement sur le cratère extérieur de l'île de Saint-Paul.

Sur l'île d'Amsterdam, certaines espèces à répartition encore restreinte dans le nord de l'île ou exclusivement le secteur de la base montrent une tendance à l'extension. Il s'agit notamment de la marguerite commune (***Leucanthemum vulgare***), de la capucine (***Tropaelum majus***) ou encore la grande cigüe (***Conium maculatum***). Cette dernière fait l'objet d'une action de lutte par la réserve naturelle.

Comme précisé précédemment, la majorité des espèces végétales introduites de l'île d'Amsterdam est localisée à basse altitude, principalement dans les milieux perturbés par la présence passée des bovins. Néanmoins, une espèce colonise l'ensemble des communautés végétales de l'île, il s'agit du jonc diffus (***Juncus effusus***). On l'observe à basse altitude en association avec *Holcus lanatus* et/ou le scirpe natif, *Ficinia nodosa*, à moyenne altitude, dans les pentes plus humides, et à haute altitude au niveau du plateau des tourbières et dans la caldeira. Cette espèce peut localement former des communautés denses monospécifiques (Ex : Falaise d'Entrecasteaux, au pied du Mont Fernand).

Sur Saint-Paul plusieurs plantes introduites sont présentes essentiellement autour des installations humaines : *Apium* sp et *Poa annua*, abondants autour de la cabane et *Rumex obtusifolius* très abondant dans les ruines et anciens jardins de la conserverie.

#### II.D.1) c) ii. Les fougères et les lycophytes de Saint-Paul et Amsterdam

Les fougères et lycopodes représentent une composante majeure de la biodiversité de l'île d'Amsterdam. En effet, on dénombre actuellement **18 espèces sur l'île** et environ une dizaine dont la présence reste à confirmer (Rouhan & Lebouvier, 2014). Ainsi, elles représentent une diversité spécifique plus importante que les plantes à fleurs comprenant 17 espèces. Cette place prise par ce groupe se retrouve aussi par l'importante surface que certaines espèces occupent en milieu naturel comme par exemple, *Gleichenia polypodioides*, formant à moyenne altitude un couvert continu sur d'importante surface, structurant les paysages de l'île. A l'inverse, certaine fougère de très petite taille, comme *Xiphopteris orientalis*, ne peut être observée que par un examen attentif des cavités rocheuses d'altitude où elle se développe.

#### II.D.1) c) iii. Les Bryophytes de Saint-Paul et Amsterdam

Sur **Amsterdam**, les **mousses et hépatiques** jouent un rôle important dans la plupart des habitats, surtout en altitude. Comme pour les autres îles, des **études complémentaires sont en cours**. Signalons que les sphaignes, absentes de Crozet et Kerguelen, sont présentes sur Amsterdam et Saint-Paul. Très mal connues, elles font actuellement l'objet d'un travail en collaboration avec J. Whinam (Australie) et K.I. Flatberg (Norvège) suite à une campagne d'été effectuée fin 2007 pour étudier les tourbières de ces deux îles.

**Amsterdam** : 24 espèces de mousses actuellement décrites et 31 espèces d'Hépatiques

**Saint-Paul** : 16 espèces de mousses actuellement décrites et 10 espèces d'hépatiques

Tableau 16. Nombre d'espèces de bryophytes décrites à Saint-Paul et à Amsterdam

Source : programme IPEV 136 et collaborateurs

	Nombre total d'espèces d'après les publications parues au 01/07/2016		Nombre d'espèces citées pour la première fois (depuis 2010)	
	Mousses	Hépatiques	Mousses	Hépatiques
<b>Amsterdam</b>	24	31	2	12
<b>Saint-Paul</b>	16	10	/	/

#### II.D.1) c) iv. Les Lichens de Saint-Paul et Amsterdam

Des compléments importants à la connaissance des lichens des îles subantarctiques françaises ont été acquis depuis 2010. Ainsi **le nombre de lichens connus est passé de 26 à 49 pour Saint-Paul et de 2 à 77 pour Amsterdam**, avec **25 espèces communes aux deux îles** (Aptroot *et al.* 2011). Cette publication mentionne trois espèces endémiques (dont une espèce nouvelle pour la science) et 13 espèces citées pour la première fois de l'hémisphère sud.

## II.D.2. Habitats

### II.D.2.a) Etat des connaissances

En raison de leurs contextes géographiques, géologiques, biologiques et climatiques particuliers, **il n'est pas aisé d'appliquer aux îles subantarctiques les méthodes de description et de classification utilisées habituellement en France métropolitaine**, telle la typologie CORINE Biotopes.

Une première classification des habitats de Crozet, Kerguelen et Amsterdam a été élaborée en 2009 à partir d'une synthèse bibliographique sur les Terres australes françaises, mais aussi sur d'autres îles subantarctiques soumises à l'application de plans d'aménagement et de conservation telles que les îles Marion et Prince Edward (Afrique du Sud) ainsi que Macquarie, Heard et McDonald (Australie).

Pour la caractérisation des habitats, **les plans de gestion font référence à la littérature scientifique disponible au moment de la rédaction**, souvent ancienne et basée principalement sur une approche visuelle (Smith, 1978 ; Hughes, 1987), contrastant parfois avec des études postérieures aux plans d'aménagement qui intègrent les paramètres abiotiques (vents, précipitations, composition chimique du sol ...) et biotiques (oiseaux, éléphants de mer ...) influençant les milieux (Smith and Steenkamp, 2001 ; Bergstrom et al., 2002).

Dans les **premières études** menées dans les îles subantarctiques, les caractéristiques du milieu étaient rarement prises en compte du fait de la complexité des analyses et de la grande quantité de données nécessitées par les approches phytosociologiques. Dans les **études ultérieures**, l'analyse des relations entre les groupes phytosociologiques et les facteurs environnementaux aboutit à un degré de résolution tel qu'une transposition aux autres îles n'est pas évidente.

La classification des habitats que nous avons retenue ici pour Crozet et Kerguelen est largement inspirée de ces deux types d'approches, et plus particulièrement des **travaux de Gremmen (1981) et de Smith et al. (2001)**, sur la définition des complexes (i.e. groupes) d'habitats de l'île Marion qui possède des communautés végétales et des milieux très proches de ceux retrouvés dans l'archipel Crozet et les îles Kerguelen. Pour faciliter les comparaisons nous indiquons dans certains cas la terminologie anglaise utilisée par ces auteurs. Sur cette base, nous présentons aussi l'originalité des habitats des îles françaises, afin d'exposer au mieux un état actuel des habitats présents dans les trois districts que sont Crozet, Kerguelen et St-Paul et Amsterdam. Ce travail de revue bibliographique et de compilation des observations réalisées sur plusieurs décennies souligne aussi le manque d'informations de base pour certains sites et les difficultés d'accès à certaines données connues et citées mais très partiellement publiées : par exemple les observations d'ordres écologique et phytosociologique de Chastain pour Kerguelen (1958) et les travaux de Massé pour Crozet.

De 2010 à 2015, plusieurs relevés sur les habitats de Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam ont été réalisés. De nombreux sites ont ainsi été prospectés, dans des situations aussi variées que possible et dans la limite des contraintes logistiques d'accessibilité.

Afin d'avoir un inventaire aussi complet que possible des « habitats », aucune limite stricte n'a été imposée et les descriptions ont concerné des surfaces homogène de taille variables.

Depuis 2013 sur Crozet et 2015 sur Amsterdam, **ces relevés se sont standardisés** dans le cadre du **protocole « Atlas de la flore »** où la description des habitats est faite au sein de mailles de 500 mètres de côté. L'analyse statistique des relevés n'a pas encore été réalisée sur l'ensemble des données recueillies mais une première analyse sur Kerguelen (en particulier analyses en composantes principales et classifications hiérarchiques) a globalement validé la typologie initiale, avec néanmoins des réserves sur la possibilité de distinguer différents faciès de fell-field. Cette analyse doit être poursuivie, si possible en intégrant des informations plus complètes sur la géologie, la pédologie, la température, la richesse en nutriments, la salinité et l'humidité du sol de l'ensemble des relevés.

#### **Les données de Crozet n'ont pas encore été analysées.**

Concernant **Amsterdam et Saint-Paul**, lors de la définition du plan pluriannuel d'étude, il avait été décidé de traiter seulement dans un second temps ces îles, pour lesquelles des informations existent notamment d'après la carte des sols (Amsterdam, 1990) et des centaines de relevés écologiques effectués en 1997 (Amsterdam et Saint-Paul) dans le cadre du programme IPEV 136. Les données relevées depuis 2015 dans le cadre du protocole Atlas de la flore de la réserve naturelle pourront également être intégrées aux analyses.

La typologie des habitats naturels des îles subantarctiques doit encore être affinée (pour Crozet et Kerguelen) ou créée (pour Amsterdam et Saint-Paul).

## II.D.2.b) Description des habitats naturels terrestres de Crozet et Kerguelen

Les habitats terrestres de Crozet et Kerguelen sont similaires. On retrouve 24 habitats différents à Crozet et 22 à Kerguelen. 20 habitats sont présents à la fois à Crozet et à Kerguelen tandis que 4 sont spécifiques à Crozet et 2 sont spécifiques à Kerguelen. C'est pourquoi, nous décrivons en une même partie les habitats de Crozet et Kerguelen.

Tableau 17. Liste des habitats naturels terrestre de Crozet et Kerguelen

				Présence	
				CRO	KER
1	Complexe des habitats côtiers soumis aux embruns	1a	Habitat herbeux côtier	X	X
		1b	Autres habitats côtiers	X	X
2	Complexe des pelouses enrichies	2a	Pelouse à <i>Leptinella plumosa</i>	X	X
		2b	Habitat boueux enrichi ( <i>biotic mud</i> )	X	X
		2c	Pelouse à <i>Poa annua</i>	X	X
3	Complexe des prairies enrichies	3a	Prairie côtière à tussocks ( <i>tussocks</i> )	X	X
		3b	Prairie inférieure à tussocks ( <i>tussocks</i> )	X	
		3c	Habitat à touradons	X	X
4	Complexe des communautés herbeuses	4a	Communauté à fougère ouverte	X	
		4b	Communauté à fougères fermées	X	
		4c	Communauté mésique à fougères	X	
		4d	Communauté mixte à <i>Blechnum</i> et <i>Acaena</i>	X	X
		4e	Habitat de rives	X	X
		4f	Habitat de suintement	X	X
		4g	Communauté à association originelle		X
		4h	Communauté ouverte à <i>Acaena</i>	X	X
		4i	Communauté fermée à <i>Acaena</i>	X	X
		4j	Communauté à <i>Azorella</i>	X	X
		4k	Habitat à graminées introduites dominantes	X	X
5	Complexe des milieux humides et tourbières	5a	Habitat tourbeux sec ( <i>dry mire habitat</i> )	X	X
		5b	Habitat tourbeux mésique ( <i>mesic mire habitat</i> )	X	X
		5c	Habitat tourbeux humide ( <i>wet mire habitat</i> )	X	X
		5d	Lignes de drainage ( <i>mire drainage line</i> )	X	X
6	Complexe de fell-field	6a	Fell-field mésique	X	X
		6b	Fell-field xérique	X	X
7	Complexe des zones enneigées, glacées, libérées des glaces				X

### Complexe des habitats côtiers soumis aux embruns (1)

C'est un complexe d'habitats principalement **restreint à la zone de rivage des îles** qui n'est pas toujours présent car dépendant de la nature très variable du littoral (falaises abruptes ou colonisées par la végétation, rochers, plages de sable ou de galets)

Les secteurs végétalisés sont situés sur des **tourbes fibreuses** (composées de végétaux encore reconnaissables) brunes ou noires et sont naturellement soumis aux embruns, d'où leurs teneurs en Na et Mg (indicateurs de la salinité) dans le sol considérablement plus élevées que dans les autres habitats. De

part leur localisation côtière et lorsque la nature du site est favorable, ces habitats sont fréquemment **influencés par la présence d'oiseaux** comme les gorfous (sauteur et macaroni), les albatros fuligineux (dos sombre et dos clair) et le cormoran de Kerguelen (falaises), sur certains sites par le petit bec-en-fourreau (appelé communément chionis) et le goéland dominicain (terrains moins abruptes), et enfin par des mammifères marins comme les otaries à fourrure (otarie d'Amsterdam et otarie de Kerguelen).

**L'impact des animaux par le piétinement et l'enrichissement par les déjections** est donc plus élevé que pour les autres milieux, exceptés pour les habitats prairies enrichies et pelouses enrichies.

Malgré leur **pauvreté floristique** et parfois leur **faible degré de recouvrement par les végétaux**, ces habitats sont **typiques des îles des archipels Crozet et Kerguelen**. Il est également intéressant de noter que *Leptinella plumosa* et *Crassula moschata*, les deux espèces les plus fréquentes de ce complexe, sont rencontrées parfois loin des côtes, au niveau des cols très exposés aux vents dominants (par exemple sur l'Arête des Djinns, sur l'île de La Possession, à plus de 800m d'altitude) ou au pied d'une haute barrière montagneuse en fond de vallée comme observé sur l'île de l'Est (archipel Crozet) par P. Vernon (non publié).

- Habitat herbeux côtier (1a)

La végétation est **dominée par les deux espèces halophiles les plus typiques des zones littorales, *Crassula moschata* (espèce succulente) et *Leptinella plumosa***. *C. moschata* se trouve principalement au niveau des zones les plus exposées aux embruns, à quelques mètres de la mer. Cette espèce pousse sur un sol squelettique, constitué de sable de plage grossier ou d'un matériau tourbeux fibreux humide et très compact. Elle peut alors y former des tapis denses et monospécifiques, comme dans la Baie de La Pérouse, sur lesquels peuvent nicher les cormorans de Kerguelen ou le gorfou sauteur, ou bien se retrouver à flanc de falaise, pendant sur la roche, ou en hauteur sur de petites corniches à proximité des nids d'albatros fuligineux. *L. plumosa* s'observe quant à elle fréquemment en pelouse dense, un peu en retrait sur sols plus profonds ou en bordure de plages sableuses. Lorsqu'elle est rencontrée sur les plages, c'est sous forme de rosettes isolées, et c'est en présence d'animaux que cette espèce atteint son maximum de vitalité. Les pelouses rases et composées d'individus à petites feuilles, comme à Baie Américaine, à la Baie de La Pérouse et fréquemment à la Baie de la Hébé, font alors place à des pelouses denses de plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur et aux individus frêles, comme à Pointe Basse (Crozet) ou à Pointe Suzanne (Kerguelen).

Enfin, en plus de ces deux espèces dominantes, il est **possible d'observer la poacée *Poa cookii*, le jonc *Juncus scheuchzerioides*, le chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*), *Montia fontana* et les renoncules *Ranunculus biternatus* et *R. pseudotrullifolius* (Kerguelen uniquement)**.

A Kerguelen, En absence de lapin le chou de Kerguelen est par exemple très fréquent sur les côtes, ce qui n'est pas le cas à Crozet. Et il n'est pas rare d'observer des choux colonisant les plages (berges) de graviers, provenant de la germination de graines et arrivées là par flottaison (Chapuis et al. 2000).

- Autres habitats côtiers: « fell-field » côtier (*Coastal Fell-field habitat*) (1b)

Un habitat que nous pourrions qualifier de « **fell-field côtier** » est caractérisé par la **forte présence d'*Azorella selago* en plus de celle de *Leptinella plumosa* et de *Crassula moschata***. Dans les sites plus secs, ***Acaena magellanica* peut également être observée**. Les lichens sont fréquents lorsque la roche est à nu. Certaines plages de sable fin accueillent des colonies de manchots royaux ou des harems d'éléphants de mer à la période de leur reproduction tandis que les plages de galets ou de gros blocs éboulés abritent plus généralement des petites colonies de gorfous macaronis ou sauteurs. Les dalles rocheuses influencées par les marées constituent les habitats préférentiels des Diptères *Halirytus amphibius*, *Belgica albipes*, *Paractora dreuxi* et de certains coléoptères. Dans les zones non immergées lors des marées on retrouve très souvent des chenilles de *Pringleophaga sp* et des araignées, dans une végétation de mousses, de joncs et parfois d'*Agrostis magellanica*.



A la différence de Crozet, cet habitat est plutôt fréquent sur Kerguelen. Il est également limité aux zones littorales et est caractérisé par la forte présence d'*Azorella selago* en plus de celle de *Leptinella plumosa* et de *Crassula moschata*. Dans les sites plus secs, la rosacée *Acaena magellanica* et la graminée *Festuca contracta* (espèce absente de Crozet) peuvent également être observées.

### **Complexe des pelouses enrichies (2)**

Ce complexe comprend **trois habitats qui sont tous influencés par les oiseaux et les mammifères marins (éléphants de mer et otaries).**

- Pelouse à *Leptinella plumosa* (2a)

La pelouse à *Leptinella* est un habitat **très fréquent**, de la zone littorale jusqu'à un kilomètre dans les terres. Comme son nom l'indique, il est **dominé par des formations de *Leptinella plumosa* en pelouse**. *Poa cookii* est souvent présent, occasionnellement à un couvert plus élevé que *L. plumosa* et quelques autres plantes vasculaires sont observées, comme *Ranunculus biternatus*, *Callitriche antarctica* et *Montia fontana*, à hauteur maximale de 5% du couvert. *Azorella selago* est parfois présente et les bryophytes sont rares. Sur l'île Marion, l'impact des animaux sur cet habitat serait davantage lié à un enrichissement du sol qu'au piétinement (Smith et al., 2001). Ce résultat concorde bien avec les observations réalisées sur Crozet, où il est possible de croiser de magnifiques pelouses hautes et denses (par exemple sur le Champ des Albatros à Pointe-Basse), dans des zones fréquentées par quelques nichées de grand albatros, de pétrel à menton blanc, de pétrel géant ou parfois de skua. Les concentrations en composés indicateurs de la fertilité des sols (azote et phosphore) sont plus élevées que dans la majorité des habitats, de même que leur salinité, qui est néanmoins plus faible que dans les habitats 1a et 1b du complexe des habitats côtiers soumis aux embruns.

- Habitat boueux enrichi (biotic mud) (2b)

Cet habitat correspond à des zones **très fortement influencées par l'enrichissement et, peut-être plus encore, par le piétinement des oiseaux et mammifères marins**. Il est **typique des sites littoraux, aux alentours des mares boueuses (appelées communément « souilles ») d'éléphants de mer et des colonies de manchots**. Il peut aussi être observé à l'intérieur des terres autour des nids de grands albatros et de pétrels géants où la tourbe est très humide et où l'influence des animaux est particulièrement forte : piétinement, accumulation des déjections, arrachage de plantes pour la construction du nid. Il est caractérisé par une **végétation pionnière dominée presque exclusivement par *Callitriche antarctica* et *Montia Fontana***, les deux espèces nitrophiles retrouvées en présence d'animaux. Quelques touffes de *Poa cookii* peuvent toutefois être observées (Joly et al. 1987). Lorsque l'influence des animaux est très sévère, par exemple au niveau des « souilles » d'éléphants de mer, *C. antarctica* est l'espèce dominante et peut être la seule espèce présente. Le sol est dans ce cas constitué de boues fraîches (*wet muds*) et organiques qui contiennent des taux très élevés d'azote et de phosphore, et sont habituellement anaérobiques.

**On peut trouver un habitat similaire en milieu tourbeux influencé par les oiseaux de mer et les mammifères marins**. Toutefois cette influence est généralement indirecte et serait **liée à un enrichissement du sol via l'infiltration d'eaux provenant de zones enrichies des alentours dans la nappe phréatique** plutôt que par exposition directe aux déjections. Généralement au pied de falaises le long desquelles s'écoule l'eau en permanence, on trouve, sur des surfaces limitées, ce sol boueux très sombre, quasi liquide, où se développent *Montia fontana* et/ou *Crassula moschata* et, en abondance, une unique espèce de bryophyte, *Clasmatocolea vermicularis*. Deux autres dicotylédones en tapis, *Callitriche antarctica* et *Ranunculus biternatus* sont aussi parfois présentes. *Agrostis magellanica* est la graminée la plus commune mais de petits tussocks de *Poa cookii* sont présents dans les endroits plus secs. Les

concentrations en formes inorganiques et totales de N et P dans la tourbe de cet habitat sont considérablement plus élevées que dans n'importe quel autre habitat humide.

- Pelouse à *Poa annua* (2c)

Cet habitat se retrouve dans des zones similaires à l'habitat précédent, dans les sites colonisés par les manchots et les éléphants de mer. On y retrouve donc également *Montia fontana* et *Callitriche antarctica* en quantité importante, mais aussi *Leptinella plumosa*, *Poa cookii* et surtout *Poa annua*, dont le couvert est très variable. Cette espèce peut devenir l'espèce dominante dans certains sites et même former un gazon dense et ras monospécifique (le piétinement favorise certainement le tallage de cette espèce). Cette végétation se **développe sur de minces tourbes (parfois absentes) qui reposent sur des scories dont la taille varie de fines cendres (ash) à des cailloux (pebbles) de petite taille**. A la différence de l'habitat précédent, **les tourbes sont plus sèches et moins organiques**, ce qui se traduit à Marion (Smith *et al.*, 2001) par des taux de nitrates plus faibles dans ces sols.

### **Complexe des prairies enrichies (3)**

Les prairies enrichies sont des **milieux qui résultent de perturbations plus ou moins intenses liées à la présence d'animaux** (oiseaux, otaries et éléphants de mer). Ces lieux sont **investis pour la plupart lors des périodes de mue et/ou de reproduction, c'est-à-dire pour des périodes parfois longues**. Dans le cas du rat noir (*Rattus rattus*), l'enrichissement se fait tout au long de l'année car cette espèce est active même pendant l'hiver.

A Kerguelen, ce complexe occupe majoritairement les **rivages colonisés par les animaux**. Il était autrefois très caractéristique du littoral des îles de l'archipel, mais est aujourd'hui devenu très rare sur la Grande Terre. Il se trouve limité aux falaises inaccessibles aux Lapins (Pointe Suzanne). Aubert de la Rüe (1964) observait encore des lambeaux de prairie sur la côte est en 1950 ; il lui faisait penser que la côte, colonisée par l'*Acaena*, abritait autrefois cette formation. Ces morceaux semblent moins importants aujourd'hui. On trouve le tussock sur les côtes des petites îles protégées, mais néanmoins sur de plus faibles surfaces, et surtout sur les côtes sableuses du sud-ouest de l'Archipel de Kerguelen.

- Prairie côtière à tussocks (tussocks) (3a)

Cet habitat est **présent presque exclusivement en zones côtières**. Il est grandement **influencé par le piétinement et l'enrichissement en matière organique par les animaux** (déjections, phanères, coquilles d'œufs...). Les principales espèces animales impliquées sont les pétrels à nidification hypogée (tels les pétrels à menton blanc, gris, ou de Kerguelen), les manchots (manchot papou, gorfous sauteur et macaroni), l'Albatros fuligineux mais aussi l'Albatros à sourcils noirs (qui est absent de Crozet) et parfois les mammifères marins (otaries, éléphants de mer). La prairie côtière à tussock est largement dominée par les formes en grosses touffes (appelées « tussocks ») de *Poa cookii*, qui peuvent parfois se trouver sur de faibles monticules (<30cm) de tourbes fibreuses compactées. Les autres espèces végétales présentes, mais en beaucoup plus faible proportion, sont *Callitriche antarctica* et *Montia Fontana*, deux espèces nitrophiles caractéristiques des milieux enrichis (Joly *et al.*, 1987), *Leptinella plumosa*, typique des milieux côtiers, et *Poa annua*, espèce introduite extrêmement commune sur les îles et particulièrement dans les sites fréquentés par les animaux.

- Prairie inférieure à tussocks (tussocks) (3b)

Cette communauté, à l'intérieur des terres, est **typique des pentes qui supportent les colonies de pétrels à terriers et quelques rats attirés par la présence de ces derniers**. Comme dans la prairie côtière, *P. cookii* est dominante mais dans une moindre mesure (50% du couvert environ) et les tussocks ne sont pas situés sur de petits monticules. On y trouve *Acaena magellanica*, les mousses du genre *Dyrcanoloma* et

Racomitrium mais également la fougère *Blechnum penna-marina*, et parfois *Azorella selago*. Cette prairie est aussi présente près de la côte dans des zones où l'influence des animaux est moins sévère que dans l'habitat 3a, ou sur des terrains plats autour des nids de grands albatros et de pétrels géants (Joly et al. 1987).

- Habitat à touradons (3c)

Dans les colonies de manchots royaux, parfois de manchots papous et de gorfous, le passage répété des animaux au milieu de la végétation provoque une érosion très importante du sol. Il en résulte la **formation d'îlots de tourbes fibreuses élevés (30 à 100cm), les touradons, dont seuls les sommets sont recouverts de végétation, en particulier de *Poa cookii***. *Callitriche antarctica*, *Montia Fontana* et *Poa annua* peuvent être observées dans les creux entre les touradons. Cet habitat correspond à la mosaïque *Poa cookii* – *Callitriche antarctica* de Gremmen (1981), considérée comme impossible à définir phytosociologiquement. Cet habitat n'a pas non plus pu être caractérisé d'un point de vue statistique par Smith and Steenkamp (2001).

Il est **moins fréquent à Kerguelen** (ex : au nord de la Pointe du Morne). Sur l'île de la Possession (archipel Crozet), les touradons sont principalement composés de la graminée *Poa cookii*, et parfois de *Poa annua* en bordure de manchotière. Sur Kerguelen, c'est le cas aussi par exemple à la Pointe du Morne et à la manchotière du Cap Ratmanoff, sur la côte Est. Dans d'autres sites comme à la Plage du Feu de joie (Péninsule Rallier du Batty), le passage incessant des animaux au milieu des pelouses à *Leptinella plumosa* provoque la formation de touradons très hauts et un impressionnant morcellement du milieu qui peut même s'apparenter à un vrai labyrinthe pour une espèce comme le manchot royal.

#### **Complexe des communautés herbeuses (4)**

Ce complexe englobe les «Prairies à *Agrostis magellanica*» et la «Lande à *Agrostis magellanica* et *Blechnum penna-marina*» décrites par Davies et Greene (1976). Il correspond à des **communautés végétales très caractéristiques localisées principalement à l'intérieur des îles**, que l'on trouve dès que l'on quitte les zones de tourbières de basse altitude ou les zones plus sèches de fell-field.

Le relief très escarpé de l'île de La Possession fait que les habitats de ce complexe se trouvent en zone de pente et représentent une **superficie importante** de cette île. La caractéristique principale sur **Crozet** est la **dominance de la fougère *Blechnum penna-marina*** (habitats 4a et 4b), de la rosacée buissonnante *Acaena magellanica* et de plusieurs espèces de mousses (habitats 4e) ou des deux (habitats 4d).

Les analyses statistiques réalisées à partir des milieux sur l'île **Marion** (Smith and Steenkamp, 2001) ont montré que **les habitats de ce complexe ne sont influencés ni par les oiseaux de mer ni par les mammifères marins (éléphants de mer et otaries)**. La réalité est toutefois un peu différente sur l'île de la Possession, car certains sites de pentes peuvent être influencés par les oiseaux (principalement des pétrels) ou par les rats qui nichent dans des terriers. La frontière entre certains habitats du complexe (groupes 4a, 4d ou 4e) et les sites appartenant à la prairie intérieure à tussock (3b) est donc parfois mince.

Les facteurs climatiques (vent et température) et édaphiques (qualité du drainage) conduisent à distinguer **11 habitats au sein de ce complexe** dont 3 présents uniquement à Crozet (4a, b, c) et 1 sur l'archipel de Kerguelen (4g)

A Kerguelen, l'ensemble des zones de basse altitude colonisées par les lapins ont été profondément modifiées, la plupart des espèces ayant fortement régressé à l'exception d'*Acaena magellanica* qui peut former de larges communautés quasi monospécifiques plus ou moins fermées. Contrairement à Crozet, où les communautés largement dominées par *Acaena* restent localisées à certaines zones propices à leur expansion, cette lande est très présente à Kerguelen (4h, 4i).

- Communauté à fougère ouverte (4a)

D'un point de vue écologique, cet habitat serait **un stade successional entre l'habitat de fell-field mésique (6a) et la communauté à fougères fermée (4b)** (Smith et al. 2001). Sur l'île de La Possession, les espèces végétales les plus représentées sont *Blechnum penna-marina* (dominante), *Azorella selago* et *Acaena magellanica* (codominantes). Lorsque des roches ou le sol affleurent, des graminées comme *Agrostis magellanica*, des lichens et des bryophytes en coussins peuvent être observées (Frenot, 1986).

Les sols de cet habitat sont très similaires de ceux de la lande à fougères fermée. Ils sont plus organiques, plus humides, ont une plus faible densité apparente, de plus faibles niveaux de Ca et Mg totaux et un pH plus bas, que les sols de fell-field. Ces différences sont liées aux apports de matières organiques par les plantes et reflètent le développement plus avancé de la végétation dans la lande ouverte qu'en fell-field.

- Communauté à fougères fermées (4b)

**Dans les endroits plus protégés et moins rocailleux que ceux correspondant à la communauté ouverte 4a, on trouve la communauté fermée.** Cet habitat, caractérisé par la **présence d'un tapis très dense de *B. penna-marina***, parfois monospécifique et qui peut s'étendre sur plusieurs centaines de mètres carrés, est **représentatif des zones à pentes assez fortes et orientées au nord ou à l'est**. Les sols sous lande fermée sont généralement profonds, riches en matières organiques, et toujours bien drainés. La lande à fougères fermée n'est pas directement influencée par les oiseaux ou les mammifères marins, même si dans certains sites de l'île de la Possession comme à la Chaloupe, au Cap de l'Antarès ou le long de la crête du Mont de l'Alouette il est facile d'observer des sentiers de rats. Il est à noter que cet habitat est quasi inexistant à Kerguelen où *B. penna-marina* occupe rarement une position dominante dans les communautés.

- Communauté mésique à fougères (4c)

Cette communauté se trouve sur des sols **plus tourbeux et plus humides que ceux des communautés ouverte (4a) ou fermée (4b) ci-dessus**. Les monocotylédones, spécialement *Uncinia compacta* mais aussi *Agrostis magellanica* et parfois *Deschampsia antarctica* (qui arbore alors un port quatre à cinq fois plus élevé qu'en milieu de fell-field et une couleur verte éclatante) et les bryophytes (*Ceratodon purpureus*, *Ptychomnion ringianum*, *Hypnum cupressiforme* et *Leptodontium microruncinatum*) caractéristiques des tourbières sont plus abondantes que dans les habitats 4a ou 4b, mais *B. penna-marina* et *Acaena magellanica* sont encore présentes. Cet habitat est généralement situé sur des pentes moins fortes que pour les habitats 4a ou 4b et aussi sur des surfaces presque planes. D'un point de vue écologique, cet habitat représente une **transition entre la communauté à fougère fermée (4b) et le milieu tourbeux sec (5a)** décrit un peu plus loin. D'autres espèces comme *Ranunculus biternatus* et *Lycopodium magellanicum* peuvent être présentes.

Dans certains secteurs de l'île de la Possession, même si ce type de formation est beaucoup moins fréquent que dans les îles Kerguelen, on peut trouver *Acaena magellanica* en communauté quasi monospécifique (par exemple dans le secteur de la Baie Américaine)

- Communauté mixte à Blechnum et Acaena (4d)

Moins commune que les autres communautés à fougères, cette communauté est **présente principalement sur les pentes où le drainage est entravé ou au niveau de dépressions** abritées sur des pentes autrement occupées par la lande à fougères fermée. *B. penna-marina* et *Acaena magellanica* dominent la végétation. Les **mousses** des genres *Dicranoloma*, *Racomitrium*, *Breutelia*, *Brachythecium*, *Blepharidophyllum*, *Sanionia* ou encore *Cryptofila* sont aussi présentes, parfois en quantité relativement importante.

- Habitat de rives (4e)

Cet **habitat correspond aux bords des rivières, ruisseaux et cascades, dans les pentes et sur terrain plat**. La végétation y est **dominée par *Acaena magellanica***, par les **mousses** *Breutelia integrifolia*, *Bryum laevigatum*, *Racomitrium lanuginosum* et *Philonotis scabrifolia*, et les hépaticées *Marchantia berteroana*, *Makednothallus spp*, *Fossombronia australis* et *Riccardia spp*. C'est également dans cet habitat que la majorité des espèces de **fougères** sont présentes (en particulier *Grammitis kerguelensis*), que l'on observe le **champignon** en forme de coupelle rougeâtre *Scutellinia kerguelensis* et de nombreux **diptères autochtones** (*Belgica albipes*, *Parochlus crozetensis*, *Crozetia crozetensis*, etc.). Sur l'île de la Possession, un ver de terre endémique, *Microscolex luykeni*, est inféodé à ce type d'habitat.

On peut y observer fréquemment le chou de Kerguelen *Pringlea antiscorbutica*, *Poa cookii*, *Agrostis magellanica*, *Deschampsia antarctica*, *Callitriche antarctica*, *Montia fontana* (pour ces trois dernières espèces les morphotypes sont de grande taille et arborent une coloration bien verte qui contraste grandement avec ceux retrouvés sur fell-field) et *Azorella selago* (exemples : dans le fond des vallées des Branloires ou de la Hébé). Il est intéressant de noter que le chou de Kerguelen peut être trouvé immergé en partie ou entièrement dans l'eau, et donc être englacé lors des gelées hivernales.

- Habitat de suintement (4f)

Il correspond à des sites **où les écoulements d'eau le long de falaises non verticales permet l'apparition de *Juncus spp* et *Montia fontana* en touffes épaisses et de mousses et/ou algues**, en grande quantité (exemples au Bollard, le long de La Malpassée, le long de la rivière du Camp). **C'est l'habitat privilégié (mais non exclusif) du ver de terre *Microscolex crozetensis***.

- Communauté à association originelle (4g)

En absence de **lapin**, par exemple sur l'île Mayes dans le Golfe du Morbihan, **le couvert végétal peut être dense et continu**. Cet habitat parfois qualifié de « **groupement primitif** » ou encore d' « **association originelle** » est composé des espèces les plus typiques de Kerguelen, *Pringlea antiscorbutica*, *Acaena magellanica*, *Azorella selago* et *Festuca contracta*. De tous les habitats que l'on rencontre aux Kerguelen, c'est le **plus varié d'un point de vue floristique** et son **organisation sociologique est complexe** (Chastain, 1958) ; on peut y retrouver en plus *Agrostis magellanica*, *Deschampsia antarctica* et *Galium antarcticum*. Cet habitat était certainement autrefois très largement répandu dans l'archipel, mais depuis l'introduction du lapin à la fin du 19e siècle, **sa présence est en nette régression**. On observe de nos jours quelques **zones refuges** dans la partie Est de la Grande Terre au niveau d'escarpements, de parois rocheuses et de falaises côtières inaccessibles (Mont Campbell, Cap Kidder, Roche Phonolite, Vallée du Château, Pointe des Chionis) et sur certaines îles comme Mayes et Australia par exemple. Mais c'est principalement dans la partie Ouest, protégée par les glaciers, les torrents et les hauts sommets, que cet habitat est le plus fréquent, même si les lapins et les souris y sont maintenant présents (observation en 2007 dans la zone des fumerolles, Péninsule Rallier du Baty). Des observations récentes montrent toutefois que certaines populations de chou ne sont pas attaquées par les lapins ; des études sont en cours pour comprendre ce phénomène.

- Communauté ouverte à *Acaena* (4h)

Dans cet habitat la rosacée arbustive *Acaena magellanica* est toujours présente mais elle n'est pas dominante, et son couvert varie en fonction des secteurs, même au sein d'une même île. Les espèces les plus représentées sont le chou de Kerguelen, *Azorella selago*, *Festuca contracta* et la fougère *Blechnum penna-marina*. Cette lande a une **histoire assez complexe**, due à de fortes **interactions avec les autres espèces végétales présentes**, avec la diminution de **l'humidité du sol** (réchauffement du climat) ou encore avec **l'introduction de mammifères et l'histoire d'éradication** (Chapuis et al. 1994, 2002, 2004 ;

Lebouvier et al. 2002). *Galium antarcticum*, *Poa cookii*, *Montia fontana*, *Lycopodium magellanicum*, *Colobanthus kerguelensis*, *Ranunculus biternatus*, la fougère *Polypodium vulgare*, ainsi que des mousses et des lichens peuvent être observés en fonction de l'humidité du sol.

- Communauté fermée à Acaena (4i)

Dans cette lande, ***l'Acaena* est l'espèce dominante, voire l'unique espèce présente dans les secteurs très perturbés par les lapins**. Elle peut toutefois être associée à des espèces comme le chou de Kerguelen, l'azorelle, *Festuca contracta* (espèce absente de Crozet) et *B. penna-marina*, présentes seules ou associées les unes aux autres. Contrairement à Crozet, où les communautés quasi-monospécifique d'Acaena restent localisées à certaines zones propices à leur expansion, **cette lande est très présente à Kerguelen**. Aubert de La Rüe (1964) indique que l'Acaena n'est pas citée comme une espèce très fréquente par les premiers visiteurs des Iles Kerguelen (expéditions de Y. de Kerguelen, de Cook, de JC Ross, de FF Smith). Il en déduit que « l'Acaena, tout en étant présent en divers endroits, ne devait pas jouer un rôle très important dans le paysage végétal. Il est permis de penser que ce furent les Lapins... qui, en se multipliant rapidement, disséminèrent un peu partout les graines adhérentes de l'Acaena. »

- Communauté à Azorella (4j)

Cet habitat, très **rare sur l'île de la Possession à Crozet** (on le retrouve par endroit à Baie Américaine, et sur le champ des albatros, à Pointe Basse, mais sous forme de tapis fins et colonisés par des espèces introduites), est **typique de Kerguelen** (Péninsule Courbet, Île Haute). Il est caractérisé par **de gros tapis d'azorelle plats ou légèrement bombés**. Ces tapis peuvent être plus rigides que les coussins d'azorelle des autres communautés, et il est alors possible de marcher dessus sans y laisser aucune trace, ou être au contraire épais et très fragiles, tel qu'observé sur la côte ouest de la péninsule Rallier du Baty. Dans ce cas, c'est un milieu où le lapin peut trouver refuge en y creusant des galeries.

- Habitat à graminées introduites dominantes (4k)

Cet habitat correspond aux « Prairies à *Poa pratensis* » de Davies et Greene (1976). Ces prairies à *Poa pratensis* sont très denses et hautes, quasi monospécifiques, mais par endroits on trouve *Acaena magellanica*.

Sur l'île de la Possession, on le trouve uniquement sur la **côte Est, dans des zones très localisées entre la Baie du Marin et la rivière Moby-Dick**. Au niveau de la Baie du Marin, les prairies à *Poa pratensis* s'étendent de la zone appelée communément « Bollard » sous la base Alfred Faure au sud, jusqu'à la berge nord de la rivière du Campet jusqu'à une altitude de 80 mètres environ. En remontant la côte en direction du nord de l'île, ces prairies sont retrouvées dans une moindre mesure dans les Criques de la Chaloupe et du Sphinx, puis de nouveau sur des superficies importantes en bordure de la petite manchotière de Baie Américaine et enfin à l'embouchure de la rivière Moby-Dick ().

Le **statut de certaines graminées introduites, telles *Poa pratensis* et *Poa annua*, est controversé** car les récits anciens indiquent que ces espèces sont présentes depuis très longtemps sur les îles et certains auteurs suggèrent une colonisation naturelle avant leur découverte et leur fréquentation par l'homme. Toutefois, des suivis de leur distribution sur l'île de la Possession depuis 1989 montrent une extension importante de leur répartition, à partir de la base et des autres implantations humaines, actuelles ou passées, et il nous semble qu'elles doivent donc être considérées comme introduites en liaison avec la fréquentation humaine.

A Kerguelen, *Poa annua* est parfois très abondant à proximité des installations humaines anciennes (Anse Betsy, Port Jeanne d'Arc, Port Couvreur, Armor) ou actuelles (Port aux Français, alentours de certaines cabanes), et le long des chemins (par exemple certains secteurs du chemin utilisé par des véhicules pour se rendre de Port aux Français au Cap Ratmanoff dans l'est de la Péninsule Courbet). Sur les îles utilisées

anciennement (Moules, Château, Longue) pour l'élevage du mouton, les graminées introduites (parfois semées volontairement pour améliorer les pâtures) sont nombreuses et abondantes.

### **Complexe des milieux humides et tourbières (5)**

**Ce complexe comprend quelques uns des habitats les plus humides**, globalement assez similaires. Les principales communautés végétales rencontrées sont constituées de monocotylédones typiques des milieux humides, telles que *Agrostis magellanica*, *Juncus scheuchzerioides* (Joncacée) et *Uncinia compacta* (Cypéracée) et des bryophytes qui leur sont souvent associées. Parfois les mousses des genres *Bryum* et *Breutelia* sont présentes, de même qu'*Azorella selago*, *Galium antarcticum*, *Lycopodium magellanicum* et *L. saururus* ou encore *Acaena magellanica*, *Blechnum penna-marina* et *Deschampsia antarctica* (les individus de grande taille de *D. antarctica* sont observés dans ces milieux). **L'abondance relative de ces espèces est variable suivant les habitats**, et leurs particularités sont décrites ci-dessous. Il est intéressant de noter qu'aucune espèce de sphaigne n'est présente dans ces habitats, ni à Crozet ni à Kerguelen, alors que les sphaignes sont présentes sur les îles St-Paul et Amsterdam. **D'un point de vue pédologique, les principales caractéristiques sont une très forte teneur en matière organique (> 40%**, ce qui confère au sol les caractéristiques d'une tourbe, généralement assez fibreuse dans ces habitats), **une forte humidité** (voire une saturation totale des vides par l'eau) et une **faible densité** apparente.

Ainsi que le mentionnait Aubert de La Rüe (1964), « aux Iles Kerguelen, le terme de tourbière doit être pris dans un sens très large. Sous ce climat humide et frais, toutes les plantes participent plus ou moins activement à la formation de la tourbe ». Les coupes ont montré que leur structure est souvent hétérogène, et l'on retrouve aussi bien des tourbières sèches, que des tourbières humides, des minces et « d'autres extrêmement puissantes, ayant jusqu'à 10 m d'épaisseur ». Certaines sont également en croissance, alors que d'autres sont mortes et parfois même dégradées par l'érosion ou recouvertes par des communautés à *Acaena*. Signalons le grand nombre d'habitats humides, accompagnés de nombreuses mares, sur la Péninsule Courbet (« Les Dombes »).

Ces habitats, **très sensibles au piétinement**, sont relativement peu étudiés. Ces zones sont contournées autant que faire se peut pour éviter de s'enfoncer (« s'ensouiller » en vocabulaire local) et de laisser des traces irréversibles. Depuis 2007, l'utilisation de raquettes à neige modifiées permet toutefois de réduire significativement l'impact du piétinement dans les sections fréquemment traversées.

- Habitat tourbeux sec (dry mire habitat) (5a)

C'est **l'habitat le moins humide de ce complexe** avec les lignes de drainage (6d) et **c'est le seul type d'habitat tourbeux où la fougère *Blechnum penna-marina* est une composante significative de la végétation** (). Les **bryophytes**, notamment *Racomitrium lanuginosum*, sont très abondantes et *Agrostis magellanica*, *Juncus scheuchzerioides* et *Uncinia compacta* sont courantes. De même que pour l'habitat 6d, on peut trouver également de façon éparse des **coussins d'*Azorella selago***. Smith et al. (2001) considèrent cet habitat comme une **transition entre les milieux tourbeux (mires) et les landes à fougères** (particulièrement la communauté à fougères mésophile, 4c), mais les analyses suggèreraient également dans certains sites une **affinité floristique** (dicotylédones en coussin, fougères) **et de chimie du sol** (faible teneur en C organique) **avec l'habitat de fell-field mésique 6a**. Enfin, les sols du milieu tourbeux sec sont **moins organiques** que ceux des autres habitats tourbeux, excepté ceux des lignes de drainage (5d).

- Habitat tourbeux mésique (mesic mire habitat) (5b)

Cet habitat correspond à des tourbes **plus humides, plus profondes et plus organiques que celles de l'habitat précédent**. Les deux groupes végétaux prédominants sont toujours les **monocotylédones** et les

**mousses.** *Galium antarcticum*, *Deschampsia antarctica* et *Poa cookii* sont parfois présentes, de même que *Blechnum penna-marina* mais dont les individus sont de très petite taille et souvent rougeâtres comparés à ceux retrouvés dans les complexes de pente par exemple. Cet habitat occupe fréquemment les zones de transition entre les tourbières et les pentes dominées par des communautés à fougères.

- Habitat tourbeux humide (wet mire habitat) (5c)

La végétation de cet habitat humide est généralement composée principalement de **mousses**, parmi lesquelles *Sanonia uncinata*, et, en quantité moindre, de **monocotylédones**. Smith et al. (2001) ont toutefois montré **une forte variabilité de cet habitat** depuis les communautés pionnières dominées par les monocotylédones (*Agrostis magellanica* et, en moindre quantité, *Uncinia compacta*) et les épais tapis de bryophytes autour des mares, petits lacs et lacs, dans les zones où la nappe phréatique est la plupart du temps proche de la surface, jusqu'à un couvert dense de graminées et de bryophytes sur des tourbes consolidées (consolidated peats) profondes où la nappe phréatique peut être jusqu'à 20 cm en dessous de la surface. **La structure fibreuse de la tourbe assure généralement une forte capillarité qui est responsable de la forte saturation en eau du matériau.** On peut alors y retrouver des espèces telles que *Ranunculus biternatus*, *Galium antarcticum*, *Lycopodium magellanicum*, *Deschampsia antarctica* et les hépatiques *Marchantia berteroana* et *Jamesoniella colorata*.

- Lignes de drainage (mire drainage line) (5d)

Cet habitat tourbeux est caractérisé par la **présence de lignes de drainage**, c'est-à-dire de lignes d'écoulement d'eau. La végétation de cet habitat est **très proche de celle du milieu tourbeux humide (5c)**. Elle est constituée principalement des **mousses** des genres **Bryum** et **Breutelia** et des **monocotylédones** typiques du complexe (*Agrostis magellanica* et *Uncinia compacta*). Viennent ensuite d'autres mousses (comme *Racomitrium lanuginosum* et *Dicranoloma robustum*), *Acaena magellanica*, *Galium antarcticum*, *Blechnum penna-marina*, des coussins d'*Azorella selago* et parfois des lichens et des algues lorsque la roche affleure. Les tourbes sont bien **moins compactées** que celles de l'habitat **5c** et sont généralement **mieux drainées** que la majorité des autres habitats de milieux humides. La teneur en humidité du sol fluctue grandement et rapidement : tôt après le début de la pluie, l'eau monte et coule à la surface. L'influence de cette eau de subsurface est montrée par le pH du sol (moyenne 5.8) beaucoup plus élevé pour l'habitat 5d que pour n'importe quel autre habitat humide (moyenne 4.7 à 5.1).

### **Complexe des Fell-Field (6)**

**Ce complexe est présent au niveau des crêtes et des plateaux exposés**, dans des sites où **l'action du vent et certaines caractéristiques pédologiques** (faible rétention d'eau, faible teneur en matière organique, instabilité du sol ou érosion active de la surface du sol) limitent le développement des plantes vasculaires (Huntley, 1971). Sur l'île de La Possession, ce complexe est présent à partir de 150m d'altitude environ et recouvre près de 80% de la superficie de l'île. Il est dominé par les **lichens** et les **dicotylédones** et **bryophytes en coussins**. Les **roches nues et les scories** représentent une part importante, voire la totalité dans certains sites, du couvert des deux habitats formant ce complexe. Pour Davies et Greene (1976), la pauvreté du sol et les basses températures ne sont pas seules à incriminer, mais aussi **l'érosion active de la surface du sol**, car dans certains sites plus stables (par exemple derrière les gros rochers ou sous les surplombs rocheux abrités) une végétation fermée, analogue à celle de plus basse altitude, peut exister. Partout ailleurs, seuls *Agrostis magellanica* et *Azorella selago* parviennent à coloniser les milieux d'altitude jusqu'à environ 700-800m (à ces altitudes d'autres espèces, notamment *Pringlea antiscorbutica*, peuvent être présentes sur les rives de cours d'eau ou dans d'autres situations protégées). Au-dessus de ces altitudes, le couvert végétal, limité, est constitué essentiellement de mousses et de lichens. **A. magellanica et A. selago sont deux espèces pionnières.** La première, lorsqu'elle parvient à pousser entre les cailloux des pavements désertiques, joue un double rôle, celui de piège à particules transportées par le vent et celui



d'obstacle à celles transportées par les eaux de ruissellement. Ce processus de captage de particules permet alors la formation d'un horizon de surface (transitoire) constitué de débris végétaux et de particules minérales sur lequel peuvent s'implanter de nouvelles espèces végétales. Les coussins d'*A. selago* peuvent abriter des espèces dont les racines se développent dans l'amas de débris organiques peu décomposés au centre du coussin (*Agrostis magellanica*, *Uncinia compacta* dans certains milieux, *Pringlea antiscorbutica* ou encore, à Kerguelen, *Poa kerguelensis*).

**Ces habitats sont généralement peu influencés par les embruns ou par les animaux**, bien que certaines espèces de pétrels à nidification hypogée puissent y établir des galeries (par exemple vers le col 600 sur l'île de La Possession). Enfin, c'est dans les zones de fell-field, à basse comme à haute altitude, que l'on rencontre des formations comme les sols polygonaux et les sols striés, formations pédologiques causées par un ensemble de processus liés aux cycles de gel/dégel.

Frenot (1986) a étudié un profil de sol de fell-field très peu perturbé situé à 300m environ de la base Alfred-Faure, et notait que ce profil résumait bien les principales caractéristiques de ce type de sol. Quelques rares touffes de végétation étaient observées, éparées, poussant au milieu de blocs de basalte de surface (pavement désertique), aux arêtes émoussées, très stables du fait de leur recouvrement par de nombreux lichens. Entre les blocs, le sol nu était recouvert d'une couche de petits graviers qui pouvaient s'accumuler sur quelques centimètres à l'aval des blocs ou des touffes de végétation. Dans les petites dépressions ou suivant des lignes d'écoulement préférentiel de l'eau de surface, des limons jaunâtres pouvaient se déposer sous forme d'un horizon de 1cm d'épaisseur, à structure nettement lamellaire. Par endroits, ces dépôts pouvaient recouvrir de plus grandes surfaces sans que le microrelief en soit à l'origine, sous forme d'une véritable croûte de battance constituée essentiellement de limons (91,4% dont 65% de limons fins). Par endroits, l'eau ruisselant sur le sol creusait de petits chenaux qui n'entaillaient jamais la surface de plus de 30cm de profondeur. Cette description souligne le caractère très minéral de ce type de sol, dont la texture et la structure, du moins en surface et dans les premiers centimètres, dépendent étroitement des processus d'érosion par le vent et par le ruissellement. Dès 200 - 300 m d'altitude, des processus de cryoturbation, liés aux nombreux cycles de gel/dégel, se surajoutent pour former des sols figurés, sols polygonaux sur les surfaces planes et sols striés sur les pentes. A Kerguelen, de tels sols figurés peuvent être observés à très basse altitude, à quelques mètres seulement au-dessus du niveau de la mer dans les îles du Golfe du Morbihan. Il est fort probable que sur ces sites, ces sols figurés ne soient plus actifs et résultent d'un climat plus froid dans un passé relativement proche (Petit Age Glaciaire du XIXème siècle).

- Fell-field mésique (6a)

**A Crozet**, vet habitat est caractérisé par une **couverture végétale en moyenne plus élevée que dans le cas de l'habitat xérique** (sec), décrit un peu plus loin. Elle est dominée par les coussins d'*Azorella selago* sur lesquels peuvent pousser des monocotylédones comme *Agrostis magellanica* et *Uncinia compacta*. Par ordre décroissant de fréquence, on observe également des **mousses** (*Racomitrium lanuginosum*, *Dicranoloma robustum* et *Ditrichum strictum*), des **lichens**, les **lycopodes** *Lycopodium magellanicum*, plus rarement *L. saururus* et les fougères *Blechnum penna-marina* et parfois *Polystichum marionense* (toujours à l'abri des rochers), et le chou de Kerguelen *Pringlea antiscorbutica* (également à l'abri des rochers ou dans des anfractuosités). *Galium antarcticum*, *Deschampsia antarctica* et *Colobanthus kerguelensis* sont parfois présents. **Cet habitat est nommé « Tapis de mousses à Azorella selago » par Davies et Greene (1976).**

**A Kerguelen**, cet habitat ne présente pas de différences majeures avec celui décrit à Crozet. La végétation est également dominée par *Azorella selago* en coussin, sur laquelle poussent *Festuca contracta* et parfois *Poa cookii*, *Colobanthus kerguelensis* et *Galium antarcticum*. On observe également des mousses), des lichens, et parfois la fougère *Polypodium vulgare* (absente à Crozet) et les lycopodes *Lycopodium magellanicum* et *L. saururus*, de même que le chou de Kerguelen *Pringlea antiscorbutica*, *Deschampsia antarctica*, *Agrostis magellanica* et *Uncinia compacta*. Dans certains secteurs, il est aussi possible d'observer l'endémique stricte *Lyallia kerguelensis* (Wagstaff & Hennion 2007).

- Fell-field xérique (6b)

Cet habitat est caractérisé par une **faible richesse en plantes vasculaires, un développement ralenti de ces dernières lorsqu'elles sont présentes et par l'existence de morphotypes caractéristiques d'une acclimatation aux conditions contraignantes de l'environnement**. Le polymorphisme des espèces a été étudié dans les Iles Kerguelen par Chastain (1958) car certaines espèces, de part leur forte amplitude écologique, présentent des formes très variables selon le milieu qu'elles occupent. Ainsi dans les zones de fell-field les plantes sont souvent rabougries et peuvent présenter une plus grande pilosité ou arborer des colorations rougeâtres liées à l'accumulation de pigments comme les anthocyanes en réponse au stress (Steyn et al., 2002). **La végétation de ce fell-field est dominée principalement par des lichens (*Neuropogon* sp, *Blastenia keroplasta*) et des bryophytes en coussins** dont certains, chez *Ditrichum strictum* ou *Grimmia* spp, faiblement fixées au sol, peuvent devenir mobiles sous l'effet du vent et former des balles de mousses (Aubert de La Rüe, 1968 ; Frenot, 1986). *Azorella selago* est toujours présente, sous forme de coussins de quelques centimètres à un mètre de diamètre et n'excédant pas 0.5m de hauteur. A Kerguelen, elle peut être présente en coussin continu ((comme à Rallier du Baty par exemple, sur la côte ouest de la Grande Terre ou sur l'île Haute).*Pringlea antiscorbutica* est aussi parfois observé, particulièrement derrière de grosses pierres et les poacées *Agrostis magellanica* et parfois *Poa cookii* peuvent être présentes sous forme de petites touffes isolées de quelques individus. *Lyalia kerguelensis*, *Colobanthus kerguelensis* sont aussi parfois observées ainsi que la graminée *Poa kerguelensis* (absente de Crozet) sous forme de petites touffes isolées

Cet habitat est **typique des hautes altitudes**, balayées par les nuages et englacées durant l'hiver, mais il **peut se rencontrer plus bas, dans des zones très exposées au vent**. Sur l'île Marion (Smith et al., 2001), les sols de cet habitat sont significativement plus secs, moins organiques et moins acides que ceux de l'habitat de fell-field mésique, ce qui est en accord avec les observations de Frenot (1986) concernant les effets des plantes pionnières sur les modifications structurales et physico-chimiques des sols de fell-field à Crozet.

**Certaines zones de fell-field xérique peuvent être totalement dépourvues de végétation ou presque**, rappelant les déserts polaires de Smith et al. (2001) mais que l'on ne peut pas considérer comme tels à Crozet étant donné qu'ils ne résultent pas d'une activité périglaciaire relique ou active (il n'y a plus de glaciers sur l'île de La Possession). Ces zones sont soumises à des processus physiques, plutôt que biologiques. Parfois il n'y a pas vraiment de sols, seulement une fine couche de cendre entre les roches ou sous ces dernières. Ces zones peuvent se présenter comme de larges étendues de dépôts non consolidés de scories rougeâtres de la taille de graviers avec des affleurements rocheux ou des rochers occasionnels.

### **Complexe des zones enneigées, glacées, libérées des glaces (7)**

Sur les **îles de l'archipel Crozet**, les chutes de neige sont fréquentes en hiver mais la puissance des vents et le niveau des températures (la moyenne mensuelle la plus basse sur la base Alfred Faure est de 3.2°C) limitent son accumulation. De même, **aucune zone de glace permanente n'y est rencontrée** (hors quelques congères observées dans certains recoins du Mont Mascarin par exemple). A **Kerguelen**, au contraire, près de la moitié de la superficie de l'archipel se retrouve à une altitude supérieure à 500m (Aubert de la Rüe, 1964) et au-dessus de cette altitude, où de très rares espèces persistent (complexe de fell-field), **il n'est pas rare de rencontrer des milieux recouverts de neige pendant plusieurs mois. Des glaces permanentes sont présentes sur la Calotte Cook et sur les sommets du Massif Galieni, de la Péninsule Rallier du Baty, de la Presqu'île de la Société de Géographie et du Guynemer**. De la Calotte glacière Cook, qui culmine à environ à 1000 m d'altitude, avec une superficie de 500 km<sup>2</sup>, divergent 23 glaciers (Giret, 1987). L'archipel de Kerguelen possède également un grand nombre de glaciers, dont la plupart sont des vestiges de la période Quaternaire. Quelques langues glaciaires datant du « Petit âge glaciaire » (17<sup>e</sup> siècle) font toutefois exception. Ces zones ne représentent de nos jours plus que 750 km<sup>2</sup>, soit environ 11,5% de la superficie totale des îles.

Selon Giret (1987) «la période actuelle est caractérisée par **un recul général des glaces** comme en témoignent les cordons morainiques multiples que présentent la plupart des glaciers, par la présence au

front de certains glaciers d'affleurements qui étaient masqués il y a seulement 15 ans (glaciers de Chamonix, glacier Ampère, Glaciers de l'Alouette et Flusin), ainsi que par la disparition des petits glaciers et des névés permanents localisés sur les Monts Crozier et Amaury et signalés en 1929 par E. Aubert de la Rüe ».

Les marges glaciaires sont étudiées depuis le début des années 1990 dans la Plaine Ampère, au sud de la Calotte Cook, afin de suivre le recul du front glaciaire (accélééré depuis les années 1970) et la colonisation des milieux récemment déglacés par les espèces végétales (Frenot *et al.* 1993, 1995, 1997a, 1997b, 1998). Une étude récente (Berthier *et al.* 2009) basée sur des données historiques et des images satellites confirme l'ampleur et la rapidité du recul des glaciers de la calotte Cook.

## **II.D.2.c) Description des habitats naturels terrestre de Saint-Paul et Amsterdam**

### **Les habitats naturels de l'île d'Amsterdam**

Lors de la mise en place du programme de restauration écologique de l'île en 1988 (Decante *et al.* 1987, Micol & Jouventin 1995) une étude pédologique a été effectuée (Frenot & Valleix 1990) et **six habitats principaux ont été définis sur la base des sols, de la végétation et du degré de dégradation des écosystèmes terrestres, notamment sous l'impact des bovins** (Tréhen *et al.* 1990). Ces **six habitats se répartissent grossièrement en zones concentriques selon un gradient altitudinal, depuis les falaises jusqu'au sommet** (Mont de la Dives, 881 m), sur un large secteur est entre l'extrémité sud ouest (Pointe del Cano) et le nord (Falaises de la Pearl) de l'île. Dans le secteur ouest, les hautes falaises d'Entrecasteaux sont particulières puisqu'elles n'ont jamais été fréquentées par les bovins et abritent de ce fait des communautés peu perturbées. Nous utilisons ici la typologie de Trehen *et al.* (1990), avec une section additionnelle sur les coulées, crevasses et cratères.

- Les falaises côtières (1)

**Les falaises sont couvertes des graminées *Spartina arundinacea* et *Poa novarae***, qui selon les récits des premiers visiteurs, couvraient des surfaces importantes à basse altitude vers l'intérieur des terres. En mélange avec la cypéracée *Scirpus nodosus* elles constituaient une végétation dense difficilement pénétrable. Dans l'ouest de l'île les falaises d'Entrecasteaux, jamais fréquentées par les bovins, sont peu perturbées et couvertes majoritairement de *Poa novarae*. Elles hébergent des colonies importantes d'albatros à bec jaune et de gorfou sauteur subtropical. Les plantes introduites sont présentes, surtout sur le replat en bordure de littoral. La plus abondante est *Holcus lanatus* qui forme localement des prairies hautes ; citons aussi *Poa annua*, *Sonchus oleraceus*, *Cirsium vulgare*, *Leontodon taraxacoides* moins abondants. Il est intéressant de noter que les sphaignes ne sont pas présentes, sauf, très ponctuellement, sous le Grand Balcon en haut des pentes abruptes, qui atteignent 700 m d'altitude.

- Les habitats de basse altitude (2)

**Cette zone située entre la côte et 250-300 m d'altitude a été très fortement altérée par les bovins et par les incendies. Surpâturage, piétinement et feux répétés ont entraîné une modification radicale du couvert végétal et une érosion importante des sols (plusieurs dizaines de cm de substrat ont disparu).** Probablement introduit dans du grain destiné au poulailler et observé pour la première fois en 1974 le chardon *Cirsium vulgare* était très abondant dans les années 1980 sur l'ensemble du bas pays (Jolinon 1987), constituant localement des peuplements denses impénétrables, évités par les bovins. **Son extension a sans doute été facilitée par le surpâturage et l'érosion qui ont induit la formation de zones de sol nu facilement colonisables par ses graines.** Dans les secteurs où les bovins ont été éliminés en 1988-89 l'abondance du chardon a rapidement diminué, ce qui était attendu en relation avec la fermeture du

**milieu par la végétation, mais des suivis réguliers réalisés parallèlement en zone pâturée et en zone non pâturée ont montré que ce recul est général sur l'ensemble de l'île** (Lebouvier et al. 2002, Lebouvier non publié)

Sur une étroite bande côtière, entre la Pointe Vlaming et la Pointe del Cano, on trouve un sol dont les horizons superficiels ont été décapés, mettant à nu un horizon d'accumulation d'oxyde de fer induré de 5 à 10 cm d'épaisseur. La végétation est très clairsemée, à base de *Plantago stauntoni* et, après élimination des bovins, de *Spartina arundinacea* et de touffes peu développées de *Scirpus nodosus*. La toponymie de ce secteur de l'île (« Terres Rouges ») est inspirée de cette caractéristique pédologique qu'on rencontre en d'autres endroits sur le littoral mais avec une étendue beaucoup plus limitée. Autre particularité très localisée : **trois petits secteurs côtiers** (Pointe del Cano, Pointe Goodenough, Pointe de la Recherche), particulièrement exposés au vent et aux embruns, sont dépourvus de sol et montrent la roche en place.

**Entre le littoral et environ 150 m alt. le paysage dominant à la fin des années 1990 était une mosaïque d'affleurements de lave et de pelouses rases établies sur des sols érodés, très peu organiques, à faible capacité de rétention en eau.** Le couvert végétal était très largement dominé par des espèces introduites (*Leontodon taraxacoides*, plante en rosette résistant au piétinement, *Holcus lanatus*), avec une distribution de certaines espèces selon le micro-relief (*Vulpia bromoides* sur les sols les plus minces des légers reliefs, *Prunella vulgaris* dans les microdépressions). La végétation d'origine de cette zone côtière (*Poa novarae*, *Spartina arundinacea*) ne subsistait que sur les falaises (voir ci-dessus), quelques pitons de lave et dans des coulées effondrées inaccessibles aux bovins. Des buttes relictuelles du sol noir originel et les plages de sol dénudé sur les zones de stabulation des bovins, sièges d'une érosion très active, permettaient de comprendre l'ampleur des modifications pédologiques subies. Ces zones en cours d'érosion étaient colonisées par *Scirpus aucklandicus* et *Rumex acetosella*.

C'est sur ce sol noir que se situaient les bois de *Phylica arborea*, seul arbre des TAAF. **Le Phylica s'est probablement établi sur Amsterdam à l'occasion d'un épisode unique de colonisation à partir de l'île Gough, dans le sud de l'océan atlantique** (Richardson 2003). Selon les récits des premiers visiteurs (Valentyn 1726) le *Phylica* formait une ceinture continue sur toute la façade est de l'île vers 100-200 m d'altitude. En 1874 cette ceinture hypothétique avait déjà été largement altérée par les prélèvements de bois des marins de passage et surtout par des incendies importants et le géologue Vélain, membre de l'expédition pour l'observation du passage de Venus, cartographiait une dizaine de boisements principaux répartis entre la Pointe del Cano et les Falaises de la Pearl (Vélain 1893). La conjonction de l'impact des bovins, qui se sont multipliés après leur introduction et leur abandon en 1871, et de nouveaux incendies de grande ampleur (1899, 1974) a accentué le recul du *Phylica* qui, au début des années 1980 subsistait seulement dans une zone d'environ 5 ha (« Bois » ou « Grand Bois ») et dans quelques bosquets limités (dans une coulée effondrée à proximité de la Coulée Heurtin, dans une coulée près du Chaudron, dans le Vieux Bois entre le Grand Bois et le Chaudron).

- L'habitat de moyenne altitude dominé par les fougères (3)

**Entre 250-300 m et 400-500 mètres d'altitude** on trouve un sol assez proche du sol noir évoqué pour l'habitat précédent avec, en surface, un horizon tourbeux de 4 à 20 cm, lié à la nébulosité et à des précipitations plus élevées. **Cette zone est dominée par les fougères**, *Gleichenia polypodioides* en couvert continu ou *Elaphoglossum succisaefolium* et *Blechnum penna-marina* en mélange avec des bryophytes, notamment *Racomitrium lanuginosum*. Les bovins fréquentaient occasionnellement cet habitat fragile où leur traces profondes fragmentaient le couvert végétal. **Après éradication des bovins la cicatrisation a été assez lente** et on trouve encore des plantes de basse altitude (*Holcus lanatus*) sur ces anciens chemins de bovins.

- Les pentes tourbeuses (4)

Au-dessus de 400-500 m d'altitude les sols dominants sont tourbeux, humides, d'une profondeur souvent supérieure à 1 m, couverts de **bryophytes**, de **sphaignes**, de **graminées endémiques** (*Poa fuegiana*,

*Trisetum insulare*, *Agrostis delislei*) et de cypéracées (*Uncinia brevicaulis*). A ces altitudes on trouve aussi des affleurements de lave et des sols peu organiques d'épaisseur variable (20 à 60 cm). Les bovins fréquentaient peu cet habitat.

- L'habitat tourbeux d'altitude (5)

**A partir de 700 m alt.** on trouve de **grandes zones moins pentues, voire plates** (Plateau des Tourbières, plateaux à l'intérieur de la Caldeira) couvertes de **tourbières saturées en eau**. Les sphaignes, les hépatiques sont abondantes, accompagnées de lycopodes (*Lycopodium saururus*, *L. trichiatum*), de cypéracées (surtout *Uncinia compacta*) et de graminées endémiques (*Poa fuegiana*, *Agrostis delislei*). C'est un habitat très humide, particulièrement sur les plateaux de la Caldeira autour du Museu de Tanche, au-dessus de la Barre des Toubibs et de la Grande Marche, où se trouvent quelques plans d'eau permanents (Lac Bleu). La profondeur de tourbe et de sol est très variable, faible à proximité des nombreux affleurements de lave elle peut atteindre plus de 5 m sur le plateau du Lac Bleu (données IPEV 136 non publiées).

- Le fell-field d'altitude (6)

**Présent essentiellement sur les pentes du Mont de la Dives au-dessus de 800 m alt** il occupe aussi des plages plus ou moins importantes dans les secteurs d'altitude très exposés au vent, par exemple à proximité de l'Eperon des Nuées ou au début de la crête de la Caldeira à l'est du Museu de Tanche. Une différence essentielle avec le fell-field de Crozet et Kerguelen est **l'abondance des algues sur les cailloux et graviers**. Le sol est peu profond (2 à 15 cm), très riche en éléments grossiers. Le couvert végétal (hors algues), peut atteindre 10 à 25% et est composé essentiellement de mousses et d'hépatiques, accompagnées de plantains *Plantago stauntoni* et de quelques monocotylédones (*Agrostis delislei*, *Trisetum insulare*, *Uncinia compacta*).

- Crevasse, coulées et cratères (7)

Présents à toute altitude, souvent protégés à la fois du vent et de l'impact des bovins (anciennement ou encore actuellement) les crevasses, coulées et cratères apparaissent souvent comme des **refuges** (par exemple pour *Poa novarae*, *Spartina arundinacea*, et quelquefois des pieds naturels ou plantés de *Phyllica arborea*). Ces endroits sont aussi plus humides et peuvent abriter certaines espèces de fougères (en particulier *Blechnum australe*), de mousses ou de sphaignes qui n'existent pas dans l'environnement proche plus sec. Notons que la fougère « à trous » *Polystichum adiantiforme*, abondante à toute altitude, peut-être l'indice de la présence d'une crevasse invisible en première approche.

### **Les habitats naturels de l'île Saint-Paul**

**En raison de sa petite surface (7 km<sup>2</sup>) et de sa faible altitude (268 m pour le point le plus élevé) l'île Saint-Paul présente une faible diversité d'habitats, par comparaison avec l'île Amsterdam située 80 km au nord.** La description présentée ici est basée sur les observations réalisées dans le cadre du programme IPEV 136, en particulier par C. Beaumont en 1989, D. Salomon en 1997, M. Lebouvier et J. Whinam en 2007.

- Plages de galets et blocs (1)

Plus ou moins larges, au pied des falaises côtières autour de l'île et à l'intérieur du cratère, ces plages sont colonisées par les **otaries** (*Arctocephalus tropicalis*). On trouve **très peu de végétation** (quelques pieds d'*Apium sp.*, quelques maigres touffes de *Scirpus nodosus* et *Holcus lanatus* sur les deux cordons de galets larges de quelques dizaines de mètres situés de part et d'autre de la passe étroite qui permet le passage de la mer à l'intérieur du cratère. En plusieurs endroits, on note la présence de **sources chaudes et de**

**fumerolles**, visibles en haut de plage surtout à marée basse et dont l'activité est variable au cours du temps. La température de l'eau peut atteindre 70 à 100 °C.

- Falaises côtières à l'extérieur du cratère (2)

D'accès difficile ou impossible en raison de la forte pente (50 à 80°) ces falaises qui peuvent atteindre 80 m au sud de l'île, ont un **faible couvert végétal constitué essentiellement de *Poa novarae***.

- Falaises à l'intérieur du cratère (3)

Sur les pentes prononcées (30 à 70°) des parois intérieures du cratère la nature et la profondeur du sol est très variable. **La végétation, dense, est composée de *Poa novarae*** (de *Scirpus nodosus*, de *Polystichum adiantiforme*, fougère indicatrice de crevasses et failles. Ponctuellement, sur sol pauvre, *Blechnum penna-marina* forme des pelouses continues presque monospécifiques. Vers le sommet de la falaise en fond de cratère on peut distinguer quelques tâches claires de végétation qui correspondent à des **zones de sphaignes**, indicatrices de terres chaudes dans la prolongation des terres chaudes des versants extérieurs (voir ci-dessous, habitat 5e).

- Habitats anthropisés (4)

Il est intéressant de distinguer la **zone fortement anthropisée autour de la cabane maintenue en état comme refuge, et des ruines de la conserverie et de ses dépendances** (habitations, magasins, anciens jardins, cimetière) établies dans les années 1920 (). Très fréquentés par les **otaries** et par les **gorfous sauteurs** dont le chemin d'accès à la colonie traverse les ruines, **ce secteur est enrichi en matière organique**. Les plantes introduites y sont dominantes : *Apium sp*, *Holcus lanatus*, *Sonchus oleraceus*, *Rumex obtusifolius* (présente et abondante uniquement au niveau des ruines en 2007). Les falaises intérieures à proximité des installations humaines sont couvertes de larges plages de *Holcus lanatus*.

- Habitats de versants extérieurs (5) :

**Les pentes des versants extérieurs ont unephysionomie assez homogène**, les sols sont en moyenne plus profonds et plus humides dans la partie sud (entre les Quatre Collines et la Pointe Hurchinson) que dans la partie nord (Dos de Chèvre).

- **5a. Zones érodées en bordure des falaises côtières**

Il s'agit de bandes côtières de 1 à 10 m de large, rappelant les « Terres Rouges » citées pour Amsterdam, dont le sol riche en oxydes de fer, peut atteindre plusieurs dizaines de cm de profondeur majorité. La végétation rase est très éparse, principalement *Poa novarae* et *Scirpus nodosus*, et, localement quelques pieds d'*Apium sp*.

- **5b. Zones érodées de haut de pente**

A proximité de la crête, sur une largeur de quelques mètres à une vingtaine de mètres, les conditions de vent très contraignantes et la nature du sol, minéral, sec, riche en éléments grossiers, ne permettent pas un développement important de la végétation. Le sol nu est abondant, les bryophytes forment des coussins très ras et les graminées, essentiellement *Poa novarae* et *Holcus lanatus* se développent difficilement (port chétif, faible floraison). Vers l'extrémité est de la crête l'érosion éolienne est très active : les surfaces de sol nu sont plus importantes, les graminées sont moins abondantes et on observe quelques pieds de *Plantago stauntoni*.

- **5c. Habitat à *Scirpus nodosus* dense**

Cet habitat correspond à des plages de végétation très denses, difficilement pénétrable, dominées par *Scirpus nodosus* accompagné de *Polystichum adiantiforme*, sur sol noir organique, profond.

- **5d. Penthes herbeuses à *Poa novarae***

Cet habitat à *Poa novarae* domine les pentes extérieures du volcan, avec des variations de densité de vigueur et de hauteur de la végétation, de l'abondance des autres plantes (*Scirpus nodosus*, *Holcus lanatus*, et, en zone littorale, *Spartina arundinacea*) selon la profondeur, la richesse et l'humidité du sol.

- **5. e. Les « Terres chaudes »**

Habitat unique et particulièrement original, les terres chaudes sont réparties pour l'essentiel sur une zone en forme de croissant qui part de la crête du volcan vers le milieu du versant extérieur, le long d'une ligne de rupture de pente. Le sol profond est riche en fer, humide, parfois saturé. Le couvert végétal est très caractéristique. En bordure immédiate des terres chaudes *Poa novarae* est accompagné de nombreux pieds de *Spartina arundinacea*, espèce peu abondante sur les versants extérieurs sauf ponctuellement en zone littorale. Sur les terres chaudes le couvert végétal est dominé par diverses mousses et sphaignes et par *Lycopodium cernuum*, qu'on trouve très peu en dehors des terres chaudes. Sur les zones les plus chaudes (60 à 70 °C dans le sol à -10 cm) subsistent uniquement des mousses. En quelques endroits des orifices laissent échapper un air dont la température peut atteindre 69°C.

## II.D.3. Invertébrés

### II.D.3.a) Etat des connaissances des invertébrés

Exception faite de quelques spécimens anecdotiques rapportés par les premiers navires baleiniers, les premières descriptions et études de l'entomofaune des îles subantarctiques ont réellement débuté **lors des grandes expéditions scientifiques de la fin du XIX<sup>ème</sup> et le début XX<sup>ème</sup> siècle**. Parmi elles, citons entre autres l'expédition de Gauss, de la DSE (Deutsche Südpolar Expedition) et de la BANZAR (British, Australian and New Zealand Antarctic Research Expedition).

La majeure partie des découvertes sur les invertébrés des îles subantarctiques a néanmoins été réalisée par le **Dr Jeannel lors de la croisière du Bougainville** aux îles australes Françaises en 1939. Il rapporta plusieurs milliers de spécimens et contribua ainsi à la description de la plupart des espèces endémiques de ces archipels.

Un peu plus tard, **dans les années 1960, l'entomologiste Ph. DREUX a également largement contribué à l'étude des insectes plus spécifiquement sur l'archipel de Crozet**. Il fut notamment le premiers naturaliste à explorer l'île au cochon, et c'est à lui qu'on doit la plupart des théories biogéographiques sur la dispersion et la répartition des espèces endémiques des îles australes.

L'établissement des bases permanentes au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle (1951 à Kerguelen et Amsterdam, 1964 à Crozet), puis la mise en œuvre de programmes scientifiques soutenus par la Mission de Recherche des TAAF puis par l'IPEV ont permis d'améliorer les connaissances et de générer des données de manière plus régulière. A titre d'exemple, citons le travail de synthèse de **J.C Ledoux** qui permet de constituer la **référence sur la faune des araignées subantarctiques dans les années 1990**.

A partir de cette période, de nouvelles observations sont donc régulièrement enregistrées par des hivernants travaillant notamment pour le **programme IPEV 136 – SUBANTECO**. Dans ce programme, sont étudiés les variations spatio-temporelles de la biodiversité subantarctique, les processus d'invasions biologiques, les effets des variations environnementales sur l'écologie et la physiologie des espèces, ainsi que la perception de la biodiversité dans un contexte non marchand.

Il en résulte une **assez bonne connaissance des invertébrés autochtones et introduits notamment de Crozet et Kerguelen**. Certains taxons ont fait l'objet de nombreux travaux de biologie, écologie, écophysiologie, et génétique (cf. par exemple : Frenot *et al.*, 1986 ; Frenot, 2005 ; Hulle *et al.*, 2003 ; Hulle, 2010 ; Hulle, 2012 ; Charrier, 2010 ; Charrier, 2013 ; Lalouette *et al.*, 2009 ; Laparie *et al.*, 2010 ; Renault, 2002 ; Renault, 2011 ; Renault, 2012 ; Renault, 2014 ; Vernon, 1987 ; Vernon, 1996 ; Vernon, 1999).

Depuis sa création en 2006, **la Réserve naturelle travaille en collaboration avec ce programme scientifique**. Une base de données, intégrant également les données de la flore, a été mise en place conjointement par les deux entités. Elle intègre des données historiques du programme IPEV-136 et l'ensemble des relevés de terrain actuel.

### II.D.3.b) Invertébrés terrestres de Crozet et Kerguelen

#### *Invertébrés natifs*

La plupart des écosystèmes subantarctiques se caractérisent par une diversité **relativement faible d'espèces présentant cependant un fort taux d'endémisme**. **Les invertébrés n'échappent pas à cette règle** avec par exemple 90 % des invertébrés autochtones de Crozet qui sont propres à la région subantarctique de l'Océan Indien et 55 % qui ne sont présents que sur cet archipel.

**La faune entomologique des archipels de Crozet et Kerguelen est constituée d'une cinquantaine d'espèces natives pour la première et d'une trentaine d'espèces pour la seconde**. Elle regroupe des **diptères**, des **lépidoptères**, des **Coléoptères** mais aussi une espèce **d'hyménoptère** (*Kleidotoma icarus*, Quinlan *et al.*, 1964).



Les groupes qui possèdent la plus grande richesse spécifique sont les Coléoptères et les Diptères. Concernant les diptères, on relève actuellement 14 espèces natives sur Crozet et 11 sur Kerguelen (données non publiées, programme IPEV 136). Les coléoptères, quant à eux, sont dominés par la famille des curculionidés (Charançon) pour lesquels des divergences sur la taxonomie existent encore entre les différents spécialistes.

Cette faune, soumise à de fortes contraintes environnementales (vents forts et basses températures) est aptère ou brachyptère, ce qui limite considérablement les capacités de dispersion, en particulier d'une île à une autre au sein d'un archipel.

**Quelques espèces remarquables d'insectes présentes sur Crozet et/ou Kerguelen sont présentées ci-dessous :**

***Amblystogenium pacificum*** est la première espèce décrite de l'archipel de Crozet d'après des spécimens ramenés au XIXème siècle par un navire baleinier. Il s'agit du coléoptère le plus commun de l'île de la Possession. Les adultes comme les larves sont des carnivores aux mandibules puissantes que l'on retrouve en abondance dans tous les biotopes de l'île. Ce genre strictement endémique de Crozet comprend sur l'île de la Possession une deuxième espèce très proche : *Amblystogenium minimum*, légèrement plus petite et beaucoup plus rare.

**Insérer : Illustration du carabe *Amblystogenium pacificum* (© RAPP Mathieu, 2013)**

Photo 24. XXX

**Les mouches appartenant au genre *Anatalanta***, uniques aux îles subantarctiques, comprennent deux espèces très proches : *Anatalanta aptera* présente à Crozet, Kerguelen et Heard puis, *Anatalanta crozetensis* présente uniquement à Crozet.

Erigée au rang de véritable symbole des insectes aptères des Terres australes, *Anatalanta aptera* est, sans contexte, le mieux connu et le plus médiatisé des diptères subantarctiques. La philatélie australe lui a d'ailleurs consacré un timbre. Des études scientifiques dans de nombreux domaines (génétique, physiologie et écologie) ont permises de mieux comprendre les adaptations au froid remarquables de cet insecte (Programme Ipev 136 - Subanteco).

De par leur régime alimentaire (copro-nécrophage), ces deux espèces colonisent tous les types de milieux enrichie par les oiseaux marins venant à terre pour se reproduire et muer, du niveau de la mer (Colonie de Manchoth ou Gorfous) jusqu'à 700 mètres d'altitude (colonies hypogées de pétrel) (Vernon, 1987 – Laparie, 2008).

Afin d'échapper à la prédation les *Anatalanta* pratiquent la totomasie (faire le mort) en se laissant tomber sur le dos au moindre danger.

**Insérer : Illustration de la mouche *Anatalanta crozetensis* (© RAPP Mathieu, 2013)**

Photo 25. XXX

**Les *pringleophaga*** sont des papillons à ailes vestigiales dont les larves poly-phytophages sont extrêmement abondantes sous les pierres et dans la végétation des îles subantarctiques. Le genre comprend trois espèces très voisines : *P. marionensi* (Ile Marion), *P. kerguelensis* (Archipels de Crozet et Kerguelen) et *P. Crozetensis* (Archipel de Crozet).

Leurs larves sont les plus gros insectes des biotopes subantarctiques. Celle de *P. kerguelensis* avoisine parfois les 5 centimètres.

L'étymologie du genre donne une fausse idée de la biologie de ces papillons car s'ils peuvent effectivement se nourrir du chou des Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*), ils ne démontrent, par contre, aucune préférence réelle pour cette plante.

On retrouve ces deux espèces dans absolument tous les biotopes, des pelouses littorales jusque dans les fell-field d'altitude.

**Insérer : Illustration de la mouche *pringleophaga crozetensis* (© RAPP Mathieu, 2013)**

Photo 26. XXX

**Parmi les invertébrés, d'autres groupes, plus discret, sont aussi bien représentés tel que les collemboles, les annélides ou encore les acariens.** De par leurs spécificités, ces groupes demandent les connaissances de spécialistes pour leur collecte et/ou leur identification.

D'autres groupes sont néanmoins bien connus comme les **araignées**, où 9 espèces natives sont observées sur les archipels de Crozet et Kerguelen (7 et 2 espèces respectivement). 5 espèces sont endémiques à l'archipel de Crozet.

Le genre *Myro* est le groupe d'araignées le plus diversifié des terres australes. Il compte 5 espèces dont 4 sont présentes sur l'île de la possession. Deux espèces : *Myro pumilus* et *Myro Jaenneli* sont endémiques de l'archipel.

Contrairement à *M. pumilus* qui est très petite, *M. Jaenneli* est la plus grande araignée autochtone de la région subantarctique. Les femelles adultes ont avec les pattes une envergure pouvant dépasser les 2 cm. Son nom fait référence à Mr. Jeannel, l'un des pionniers de l'entomologie australe. Elle est très commune dans les pierriers, devient sporadique dans les zones de végétation dense et rare sur le littoral.

C'est une espèce itinérante qui chasse en se déplaçant et qui n'hésite pas à capturer des verres de terre, des charançons et des larves dépassant le centimètre. Elle est active toute l'année et l'on trouve, collé sur la face inférieure des pierres, un grand nombre de ses pontes en forme de cloches blanches et opaques.

**Insérer : Illustration de la mouche *Myro Jaenneli* (© RAPP Mathieu, 2013)**

Photo 27. XXX

Enfin, un **seul mollusque natif est observé sur Crozet et Kerguelen**. Il s'agit de *Notodiscus hookerii*, unique escargot terrestre présent sur les archipels de Crozet et Kerguelen et les îles Marion, Heard et Prince Edward. Il s'agit d'un petit escargot dont la taille et la masse à l'âge adulte varient de 5 à 7 mm et de 30 à 100 mg, respectivement. On le trouve dans différents types de milieux. Dans les fell-fields, il loge sous les cailloux et dans les habitats tourbeux, on l'observe sous la mousse parmi les réseaux racinaires des plantes, comme *Acaena magellanica*. (Charrier, 2010 et 2013).

Références consultés : Chauvin & Vernon, 1981 - Chapelin-Viscardi, 2007-2008 - Dreux, 1961 - Laparie, 2008 - Vernon, 1986 - Rapp Mathieu, 2013 - Charrier, 2013 - Ledoux, 1991

## Invertébrés introduits

La synthèse publiée par Frenot *et al.* en 2005 fait état de 36 espèces d'invertébrés introduits, dont 31 espèces d'insectes, quatre espèces de vers, et un mollusque (*Deroceras agresle* L., Limacidae à Kerguelen) introduites à Crozet et Kerguelen.

A Kerguelen, sept espèces sont envahissantes, dont un ver de terre (*Dendrodrilus rubidus tenuis* Eisen) et six insectes (Cf. Le nombre d'invertébrés introduits à Kerguelen (30) est le plus élevé pour l'ensemble des îles subantarctiques et périantarctiques. Le nombre cité pour Crozet (14) concerne l'île de la Possession, peu de données étant disponibles pour les autres îles de l'archipel. Le détail des invertébrés introduits dans la réserve se trouve en annexe IV.16 et IV.27.

Tableau 18 : Principaux invertébrés exotiques envahissants à Crozet et à Kerguelen.

Sources : Frenot *et al.* 2005 ; Chevrier *et al.* 1997 ; Hullé *et al.* 2003a, 2003b, Soubeyran 2008

Espèces	Taxonomie	Crozet	Kerguelen
<i>Calliphora vicina</i> Robineau Desvoidy, 1830	Diptera-Calliphoridae		x
<i>Dendrodrilus rubidus tenuis</i> Eisen	Annelida-Lumbricidae		x
<i>Fucellia maritima</i> Haliday	Diptera-Anthomyiidae		x
<i>Limnophyes mininus</i> Meigen	Diptera-Chironomidae		x
<i>Myzus ascalonicus</i> Doncaster, 1946	Homoptera-Aphididae	x	x
<i>Merizodus soledadinus</i> Guérin-Méneville	Coleoptera-Trechidae		x
<i>Rhopalosiphum padi</i> (Linnaeus, 1758)	Homoptera-Aphididae	x	x

Ces chiffres, pour les trois groupes d'îles, ne peuvent être considérés comme définitifs car un certain nombre de groupes, les microinvertébrés notamment, ont été moins étudiés. Par ailleurs quelques espèces observées pour la première fois récemment sont en cours d'identification.

Les groupes les plus importants numériquement sont les Diptères, les Hémiptères et les Coléoptères. Certains taxons, tels le Diptère *Psychoda pathenogenetica*, le puceron *Rhopalosiphum padi*, le lombricien *Dendrodrilus rubidus tenuis* sont très répandus dans l'ensemble du secteur subantarctique. Les importations de vivres frais et l'installation de serres sur les bases sont considérées comme ayant joué un rôle important, mais non exclusif, dans ces introductions.

Les serres installées sur les bases de Crozet et Kerguelen ont fait l'objet d'un réaménagement complet suite à l'arrêté 2009-26 du 2 avril 2009. L'activité de culture y a été arrêtée et les serres transformées en lieu de vie.

### II.D.3.c) Invertébrés terrestres de Saint-Paul et Amsterdam

Afin d'améliorer et de réactualiser les connaissances sur les invertébrés des îles Saint-Paul et Amsterdam des campagnes d'inventaires doivent encore être réalisées en collaboration avec des programmes scientifiques et des spécialistes.

Actuellement, 23 espèces appartenant à 7 ordres sont identifiées comme étant endémiques à Saint-Paul et/ou Amsterdam (Marchand, 1995).

Deux espèces de répartition subantarctique Océan indien sont également présentes sur Crozet et Kerguelen. L'araignée *Myro paucispinosus* est aussi présente sur l'archipel de Crozet. La mouche *Sciara jeanneli* est quant à elle présente à Kerguelen (Marchand, 1995).

## II.D.4. Vertébrés introduits

Avant l'arrivée de l'Homme, les mammifères terrestres (lapins, chats, rats, souris, bovins, ovins, rennes) et les poissons d'eau douce (salmonidés) étaient absents de Terres australes françaises. Les activités humaines, bien que récentes dans ces territoires, ont permis et favorisé volontairement ou involontairement l'introduction de mammifères et de poissons dulcicoles.

### II.D.4.a) Mammifères introduits

#### II.D.4) a) i. Etat des connaissances

Parmi l'ensemble des îles du sud de l'océan Austral, seules cinq îles ou archipels restent encore indemnes de toute introduction de mammifères (Heard et MacDonald, Sandwich du Sud, Bounty, Snares, Bouvet) (Chapuis *et al.*, 1992). La découverte des îles Amsterdam (en 1522) et Saint-Paul au XVI<sup>ème</sup> siècle, de l'archipel Crozet et des Iles Kerguelen en 1772, a quant à elle été suivie par **deux vagues successives d'introductions d'espèces**, suite aux différentes activités humaines qui ont eu lieu sur ces territoires :

- **La période d'exploration et d'exploitation baleinière et phoquière au XIX<sup>ème</sup> et au début du XX<sup>ème</sup> siècle** : Les baleiniers et phoquiers ont séjourné pendant de longues périodes sur les îles australes et ont transporté avec eux de nombreux animaux domestiques ainsi que des espèces commensales, destinées à être consommées et/ou à être mis en liberté sur les îles ;
- **La création des bases permanentes au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle et les nombreuses tentatives de développement économique associées** furent l'occasion d'une deuxième vague d'introductions d'espèces végétales et animales ;

Durant ces périodes, de nombreuses espèces ont aussi et surtout été apportées de manière involontaire.

A la création de la réserve naturelle des Terres australes françaises (en 2006), les mammifères introduits recensés sur les îles sont :

- le rat noir (*Rattus rattus*) ;
- le rat surmulot (*Rattus norvegicus*) ;
- la souris domestique (*Mus musculus*) ;
- le chat domestique (*Felis catus*) ;
- le lapin (*Oryctolagus cuniculus*) ;
- le mouton (*Ovis aries*) ;
- la vache (*Bos taurus*) ;
- le renne (*Rangifer tarandus*) ;
- le mouflon de Corse (*Ovis ammon*).

A noter qu'il ne s'agit pas là d'une liste exhaustive des espèces mammaliennes introduites par l'homme au cours de l'Histoire. En effet, d'autres espèces ont également été introduites mais ne se sont pas maintenues sur le territoire, comme le vison, le porc, etc.

A la création de la réserve naturelle des Terres australes françaises (2006), les mammifères introduits alors recensés au sein de celle-ci sont listés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 19. Inventaire des mammifères exotiques présents en 2016 au sein des 3 districts de la réserve naturelle des Terres Australes Françaises.** Lorsqu'une espèce est avérée présente, sa date de première introduction est indiquée. Les espèces ayant fait l'objet d'un ou plusieurs programmes d'éradications ciblant spécifiquement cette espèce en question sont figurées d'une \*. Sous chaque nom vernaculaire est indiqué en italique le nom scientifique de l'espèce. (Cf. Tableau 20 : Récapitulatif de la répartition des EEE à Crozet et de l'état des connaissances sur leur répartition). (D'après Derenne 1976 ; Chapuis *et al.*, 1994)

District	Souris	Rat noir *	Rat surmulot	Lapin de garenne *	Chat	Renne
----------	--------	------------	--------------	--------------------	------	-------

<b>Crozet</b>	<b>domestique</b> <i>Mus musculus</i>	<i>Rattusrattus</i>	<i>Rattusnorvegicus</i>	<i>Oryctolagusuniculus</i>	<b>haret*</b> <i>Feliscatus</i>	<i>Rangifertarandus</i>
Ile de la Possession	-	XIX <sup>ème</sup>	-	-	-	-
Ile de l'Est	XIX <sup>ème</sup>	-	-	Ap. 1826	-	-
Ile aux Cochons	-	-	-	Av. 1850	Av. 1887	-
Ile des Apôtres	-	-	-	-	-	-
Ile des Pingouins	-	-	-	-	-	-
<b>Kerguelen</b>	Av. 1874	XIX <sup>ème</sup>	-	1874	1956	1955-56
<b>St Paul &amp; Amsterdam</b>						
Ile de St Paul	Entre 1789 et	-	-	-	-	-
Ile d'Amsterdam	1835 Av. 1823	-	Av. 1931	-	1931	-

Ces espèces ont constitué des populations exotiques pérennes en liberté ou semi-liberté. Les mammifères introduits ont eu un impact très important sur les écosystèmes de ces îles originellement dépourvues de tout mammifère terrestre. En effet, ces îles, présentant une flore et une faune peu diversifiées et inscrites au sein de réseaux trophiques dysharmoniques sont d'autant plus vulnérables à l'arrivée de nouveaux herbivores et carnivores perturbant un équilibre fragile. Le détail des impacts de ces espèces ainsi que les opérations de gestion de ces populations mises en œuvre afin de les contrôler ou les éradiquer est présenté en partie IV.A.3. Du fait de ces opérations de gestion, il n'existe plus en 2017 de population reproductrice de bovins, mouflon et mouton, suite à leur élimination respective en 2010, 2012 et 2014. Il ne reste donc que 6 de ces 9 espèces de mammifères introduits.

Depuis le début du développement de la recherche dans les Australes et au vue de l'ensemble des programmes scientifiques ayant vu le jour, un nombre restreint d'entre eux ont mené des travaux ciblant les espèces animales exotiques (plus ou moins directement) comparé à ceux focalisés sur les organismes natifs. Ceci pourrait notamment expliquer le manque de connaissances relatives à la répartition – l'abondance et l'impact de ces espèces introduites au sein de la réserve. Cette partie présente néanmoins un **état des lieux des connaissances acquises de manière empirique par les acteurs de terrain et par les chercheurs impliqués sur cette thématique de recherche**. Ces espèces font en effet l'objet **d'opérations de gestion** et de **suisvis**. **L'impact de ces espèces sur la faune et la flore autochtone est présenté en partie IV.A.3.**

#### II.D.4) a) ii. Mammifères introduits présents sur l'archipel de Crozet

L'archipel de Crozet compte actuellement (2017) quatre espèces de mammifères : le **rat noir** (*Rattus rattus*), la **souris domestique** (*Mus musculus*), le **lapin de garenne** (*Oryctolagus cuniculus*), et le **chat haret** (*Felis catus*).

##### (a) Rongeurs

La souris domestique et le rat noir auraient été introduits accidentellement sur Crozet au XIX<sup>ème</sup> siècle (Chapuis et al., 1994).

##### *Souris domestique*

Dans l'archipel de Crozet, la **souris domestique** n'est présente de façon certaine que sur **l'île aux Cochons où nous n'avons aucune information sur l'état de son abondance**. Sa présence sur l'île de l'Est et les îles froides n'a pas été démontrée à l'heure actuelle.

### Rat noir

Le rat noir est le seul mammifère introduit sur l'île de la Possession. Il est absent des autres îles de cet archipel (Chapuis et al. 1994). Quelques travaux ont été réalisés sur ce rongeur dans les TAAF, en relation avec son impact sur les communautés aviaires (Mougin, 1970 ; Jouventin et al. 2003), son régime alimentaire (Pisanu et al., 2010).

### (b) Lagomorphe

#### Lapin de garenne

Le **lapin de garenne** a été introduit sur l'île aux Cochons et l'île de l'Est entre 1820 et 1874. Il fut lâché dans ces îles pour subvenir aux besoins d'éventuels naufragés (Kidder 1876, Chapuis *et al.*, 1994). La Réserve ne dispose d'aucune précision sur le nombre d'individus présents actuellement sur ces deux îles, qui sont en effet très peu fréquentées par les scientifiques car classées en réserve intégrale. Cependant, en 1974, la population était estimée à 2000 individus sur l'île aux Cochons (Derenne et Mougin 1976). Il n'y a pas de programme de recherche lié à la présence des lapins sur l'île aux Cochons et l'île de l'Est, et il n'y a pas d'opération de gestion associée.

### (c) Félin

#### Chat haret

Le **Chat haret** n'est présent dans l'archipel de Crozet que sur l'île aux Cochons où il fut introduit volontairement avant 1887 (Jouventin, 1989). Ici encore, la Réserve ne dispose d'aucune précision quantitative. En 1974, la population de chats haret était estimée sur l'île aux Cochons à 300-400 individus. Il est cependant supposé que la présence du lapin favorise le maintien de la population de chats en hiver, le chat pouvant s'en nourrir lorsque les oiseaux, une fois la reproduction passée s'en retournent en mer. Il n'y a pas non plus de programme de recherche associé à la présence de chat haret sur l'archipel de Crozet, et il n'y a pas d'opération de gestion associée.

Synthèse des espèces mammaliennes introduites au sein de l'archipel de Crozet :

Tableau 20 : Récapitulatif de la répartition des EEE à Crozet et de l'état des connaissances sur leur répartition

	Île de la Possession	Île de l'Est	Île aux Cochons	Île des Pingouins	Île des Apôtres
<b>Rongeurs</b>					
Rat noir	✓	X	X	AC	AC
Souris domestique	X	AC	✓	AC	AC
<b>Lagomorphe</b>					
Lapin de garenne	X	✓	✓	X	X
<b>Félin</b>					
Chat haret	X	X	✓	X	X

**Légende :** ✓ = Présence ; AC = Absence à confirmer ; X : Absence

### II.D.4) a) iii. Mammifères introduits présents sur l'archipel de Kerguelen

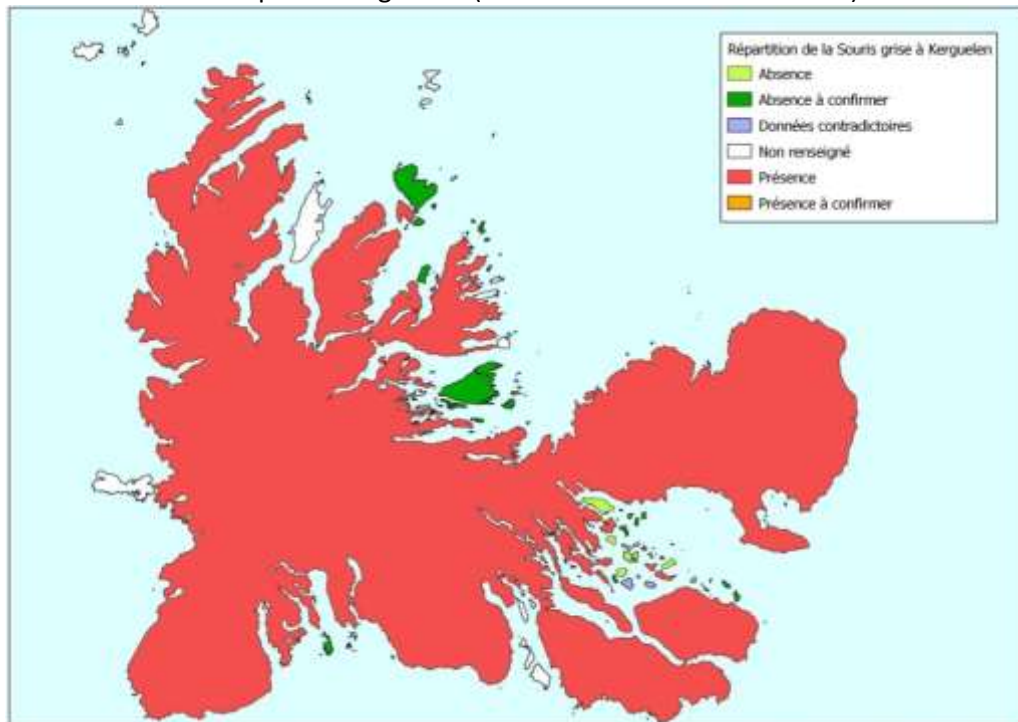
5 mammifères introduits sont toujours présents à Kerguelen, à savoir la souris domestique, le rat noir, le lapin, le chat haret et le renne. Le mouflon de Corse et le mouton ont été éradiqués dans le cadre du premier plan de gestion respectivement en 2012 et en 2015.

(a) Rongeurs

A l'instar de Crozet, la souris domestique et le rat auraient été introduits à Kerguelen de manière involontaire au XIXème siècle. En ce qui concerne la souris domestique, son introduction serait antérieure à 1874 (Chapuis et al., 1994).

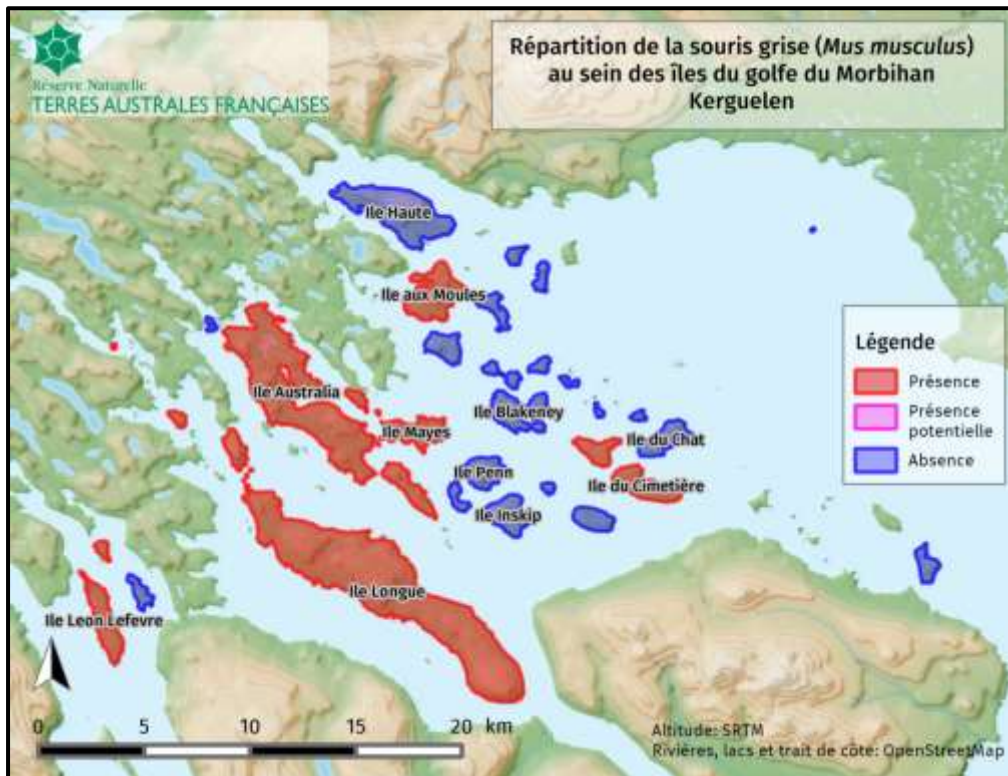
*Souris domestique*

La **souris domestique** serait présente sur **la totalité de la Grande Terre** (Pisanu, 1999) ainsi que sur de nombreuses îles de l'archipel de Kerguelen. (cf. Carte 35 et Carte 36 Carte 36).



Carte 35 : Répartition de la souris domestique à Kerguelen en 2012

Entre 2014 et 2016 les travaux entrepris par la Réserve naturelle ont permis de prospecter, confirmer ou infirmer la présence de rongeurs au sein de **nombreuses îles de l'archipel, permettant ainsi d'affiner la carte de répartition de la souris et du rat. Ainsi le statut de plus de 29 îles ou îlots, concernant la présence ou non de la souris a pu être (ré)-évalué et ceci aussi bien au sein des îles du Golfe du Morbihan qu'à l'extérieur de celui-ci.** Ainsi, les connaissances relatives à la distribution de la souris sur les îles de l'Archipel ont nettement été améliorées dans le cadre du premier plan de gestion de la réserve (2011-2015). Pour le Golfe du Morbihan notamment, une cartographie fiable et presque complète de cette distribution est désormais acquise et présente l'ensemble des conclusions de ces prospections.(cf. Carte 36).



Carte 36 : Répartition de la souris domestique (*Mus musculus*) domestique au sein des îles du golfe du Morbihan, Kerguelen (en 2016)

Entre 1996 et 2015, les suivis des populations de souris des îles Guillou, Cochons et de la Grande-Terre (Isthme Bas) avaient pour objectif de caractériser la dynamique des populations en fonction des variables climatiques, et selon les habitats (Pisanu et al. in prep). Les abondances en souris sont :

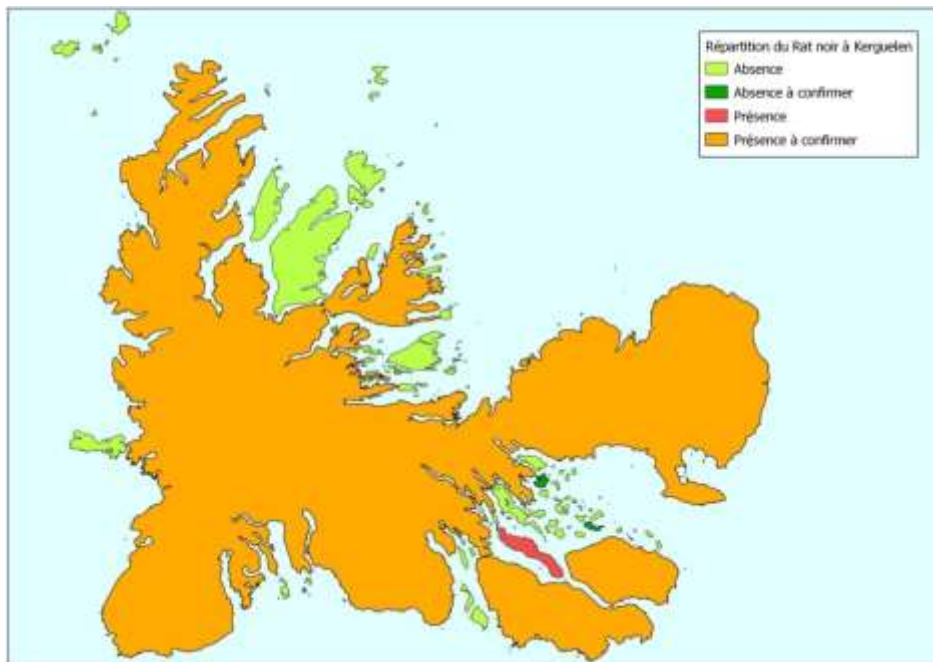
- faibles sur la Grande Terre [29 [6-76] ind. à l'hectare en moyenne en mai (2001-2015) ;
- élevées sur l'île Guillou (137[52-288] ind. à l'hectare en moyenne (1996-2013) ;
- plus élevées encore sur l'île aux Cochons (320 [205-382]ind. à l'hectare en moyenne (1999-2013)).

Les faibles effectifs sur le site Isthme-Bas sont vraisemblablement à mettre en relation avec la prédation du chat (Pontier et al. 2002), ainsi qu'une très faible ressource en invertébrés en relation avec la présence de *M. soledadinus* (Laparie et al. 2010). Concernant les autres îles, aucune autre étude de ce type n'a été menée.

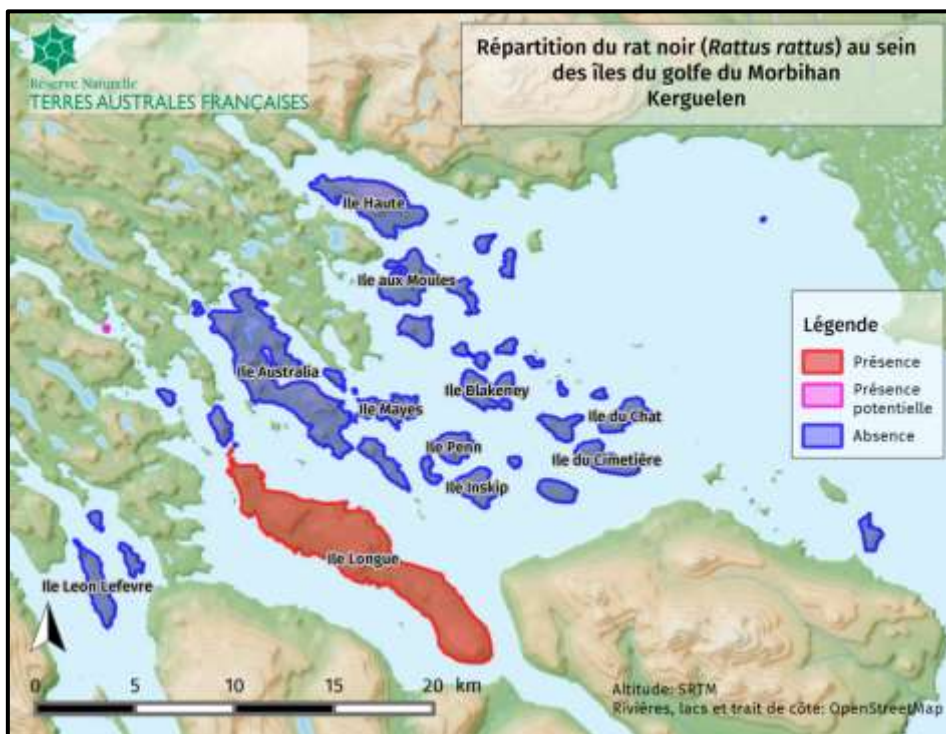
### Rat noir

La répartition du rat noir sur Kerguelen est beaucoup moins étendue que celle de la souris domestique. En effet, sur l'archipel, le rat noir est suspecté d'être présent de manière localisée sur la **Grande Terre** (6 700 km<sup>2</sup>). Des observations, à confirmer, établiraient sa présence de manière très localisée (Sourcils Noirs et Rivière des pépins notamment). Il est par ailleurs présent sur **l'île Longue** (34km<sup>2</sup>) et sur **trois des quatre rochers Colbeck**, ces îlots se situant dans le prolongement nord-ouest de l'île Longue. En effet, des observations ont été rapportées sur site et ont donné lieu à des prospections en 2015 et 2016. Si aucun individu n'a été capturé, la présence de trous ressemblant à ceux creusés par le rat laisse suspecter sa présence dans ce secteur. Bien que Michel Pascal (1983) affirmait que des rats se trouvaient cantonnés dans les différents bâtiments désaffectés de la **base de Port-aux-Français** et de la **station baleinière de Port-Jeanne-d'Arc**, des prospections ont été réalisées en 2015 sur ces deux sites permettant d'infirmer leur présence sur ces sites. Les densités en rat sur les sites où il est présent ne sont pas connues.





Carte 37 : Répartition du rat noir à Kerguelen



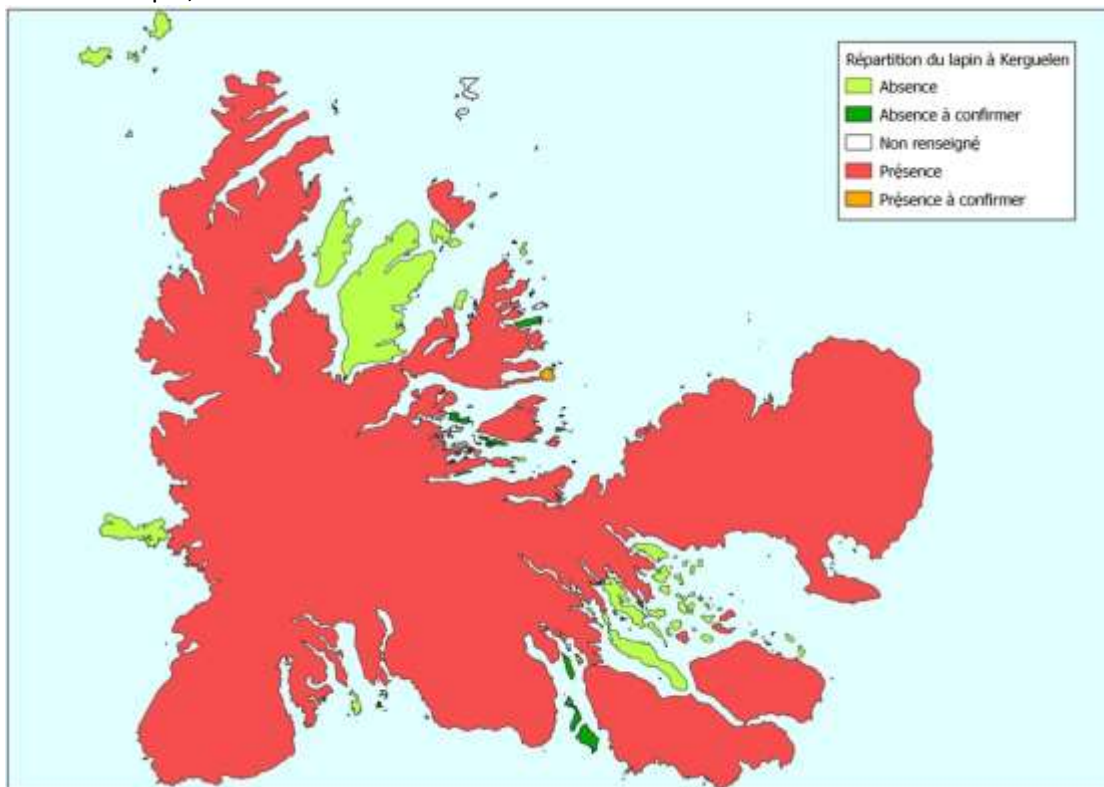
Carte 38 : Répartition du rat noir au sein des îles du Golfe du Morbihan Kerguelen

(b) Lagomorphe

### Lapin de garenne

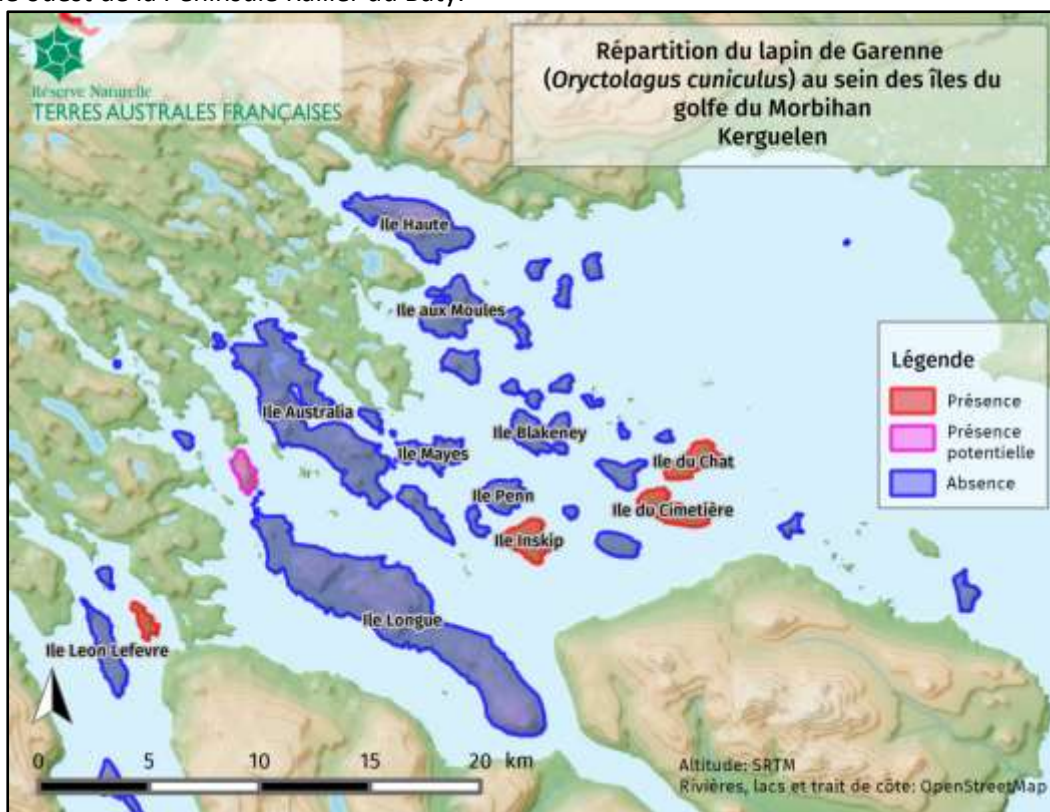
Le lapin de garenne a été introduit sur la **Grande Terre** et **neuf autres îles de l'archipel de Kerguelen** où il fut lâché pour subvenir aux besoins alimentaires d'éventuels naufragés. Les premiers individus introduits en 1874 étaient originaires de l'île Robben en Afrique du sud sur laquelle des lapins domestiques furent introduits en 1656 (Kidder 1876, Chapuis *et al.*, 1994). A Kerguelen, les lapins rencontrèrent des conditions favorables à leur installation et leur développement : l'absence de compétiteurs herbivores et de prédateurs, et des conditions climatiques et édaphiques favorables.

Le lapin occupe aujourd'hui une grande partie de la Grande Terre et est présent sur au moins 9 autres îles ou îlots de l'archipel, de 6 à 4500 hectares.



Carte 39 : Répartition du lapin à Kerguelen en 2017

Dans le **Golfe du Morbihan**, il est présent sur les îles Cimetière, Chat et Inskip. Il est aussi présent sur l'île du Port, l'île Howe, l'île aux Skuas, l'île Richard Foy, le rocher Kay, l'îlot Anse. La partie sud-ouest, a été longtemps libre de lapins mais des terriers et quelques individus ont été observés en décembre 2007 sur la partie ouest de la Péninsule Rallier du Baty.



Carte 40 : Répartition du lapin au sein des îles du golfe du Morbihan à Kerguelen

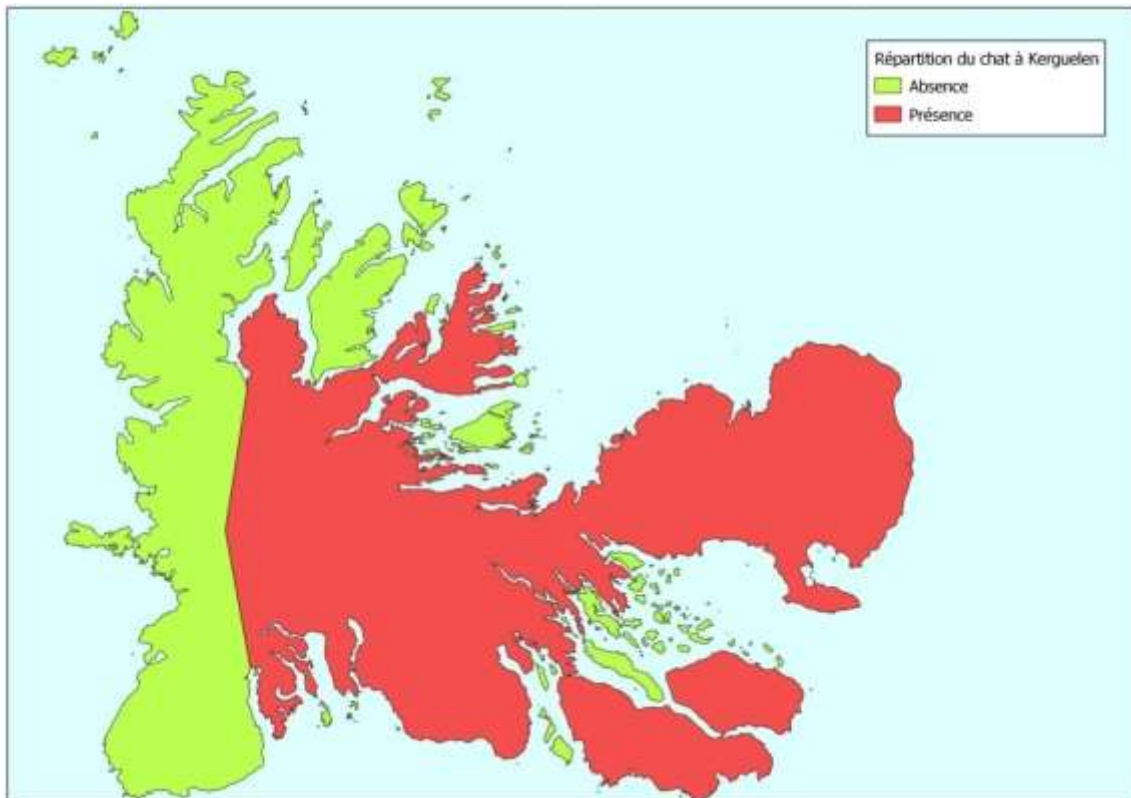
(c) Félins

**Chat haret**

3 chats ont été **introduits pour la première fois sur la Grande Terre de Kerguelen en 1956** pour endiguer la prolifération des rats et des souris, eux-mêmes introduits involontairement au 19<sup>ème</sup> siècle. Selon Bost (1960), la population de chats était de 7 000 individus en 1960. Une première campagne de tirs en 1960 suivit d'une deuxième débutée en 1973 auraient permis de passer à 3 500 individus en 1977 année à laquelle ces campagnes ont subitement cessées (Pascal, 1983). Le nombre de chats aurait ensuite augmenté pour être estimé en 1984 à 10 000 individus (Pascal, 1983). L'estimation la plus récente de la taille de la population faisait état, entre 1998 et 2000, de 7 000 individus sur l'ensemble de la Grande Terre avec des densités variant de  $0.4 \pm 0.15$  à  $2.4 \pm 0.22$  individus par  $\text{km}^2$  selon les sites étudiés (Say et al. 2001). L'estimation la plus récente de la taille de cette population fait état d'. La population de chats n'a plus été estimée de nouveau. Depuis 1994, le programme scientifique IPEV-279 « POPCHAT » étudie les facteurs déterminant la dynamique des populations de chat et les relations proie-prédateur à Kerguelen.

Deux îles du Golfe du Morbihan (proche de la Grande Terre) ont connu une éradication de leur population de chat. Il s'agit de l'île Guillou entre 1994 et 1996 et de l'île Stoll en 2003. Sur ces deux sites, la réserve réalise aujourd'hui un contrôle annuel permettant de limiter la recolonisation par de nouveaux individus. Depuis 2015, la réserve naturelle a également engagée une limitation de la population de chat du site de pointe Morne (péninsule Courbet) dans le but de limiter la prédation de celui sur les poussins de grand albatros (*Diomedea exulans*) (classé VU sur la Liste rouge mondiale de l'UICN).

La Carte 41 est construite grâce aux observations de chats ou d'indices de présence de chats faites sur le terrain.



Carte 41 : Répartition du chat haret sur Kerguelen

(d) Ongulés

**Il ne reste qu'une espèce d'ongulé avec une population reproductrice** : le renne est toujours présent à Kerguelen, sur la Grande Terre. Récemment, lors de l'exécution du premier plan de gestion de la Réserve, le mouflon de Corse et le mouton ont été éradiqués.

### *Renne*

Dix rennes en provenance de Suède furent introduits en 1955-56 sur l'archipel de Kerguelen : 7 animaux furent relâchés sur la Grande Terre et 3 sur l'île Haute.

Les rennes présents sur **l'île Haute** ont donné naissance à un petit troupeau, estimé à 115 individus en 1971. Par la suite, les effectifs ont diminué progressivement à cause du manque de nourriture et des prélèvements cynégétiques mais aussi par colonisation à la nage, vers la Grande Terre distante de moins de 500m. En 1980, tous les individus de cette île avaient rejoint les troupeaux de la Grande Terre (Chapuis et Boussès, 1992). Les rennes ont alors colonisé le Plateau Central et le nord de la Péninsule Courbet (Pascal, 1982). En 2011, compte tenu de l'état lacunaire des connaissances sur l'espèce, un programme de recherche (IPEV-1081 « RENKER », N.G. Yoccoz) a été initié afin de répondre aux interrogations du gestionnaire quant à son écologie et ses impacts à Kerguelen. L'espèce actuellement fréquente les mêmes secteurs que précédemment (Plateau Central, nord de la Péninsule Courbet), sa répartition étant limitée au sud-ouest par la Rivière Ampère (Plaine Ampère) et au nord-ouest par le Val des Entrelacs. L'effectif de la population, estimé à environ 2 000 individus (avant naissance), semble également stable.

Si le renne est présent sur la Grande Terre, il est aussi parfois observé ponctuellement sur les îles côtières qu'il peut rejoindre facilement à la nage (île Stoll, Guillou, îlots de la porte de Fer notamment).

#### Carte 42 : Distribution du renne sur l'Archipel de Kerguelen

### *Mouflon de Corse*

Deux couples de **mouflons de Corse** en provenance du zoo de Vincennes furent introduits, l'une en 1956 sur l'île Blakeney et l'autre en 1957 sur l'île Haute. Seuls les mouflons de l'île Haute survécurent et donnèrent naissance à une petite population estimée à une centaine d'individus en 1971 (Chapuis *et al.*, 1994). Dès 1995 plusieurs plans de régulation des mouflons de Haute ont vu le jour. Par la suite en 2009 dans le cadre de la mise en place du plan de gestion des espèces allochtones mené par la Réserve Naturelle, un processus d'éradication et d'abattage systématique a été initié. En 2012, ces actions ont permis d'éliminer les derniers mouflons de l'île Haute.

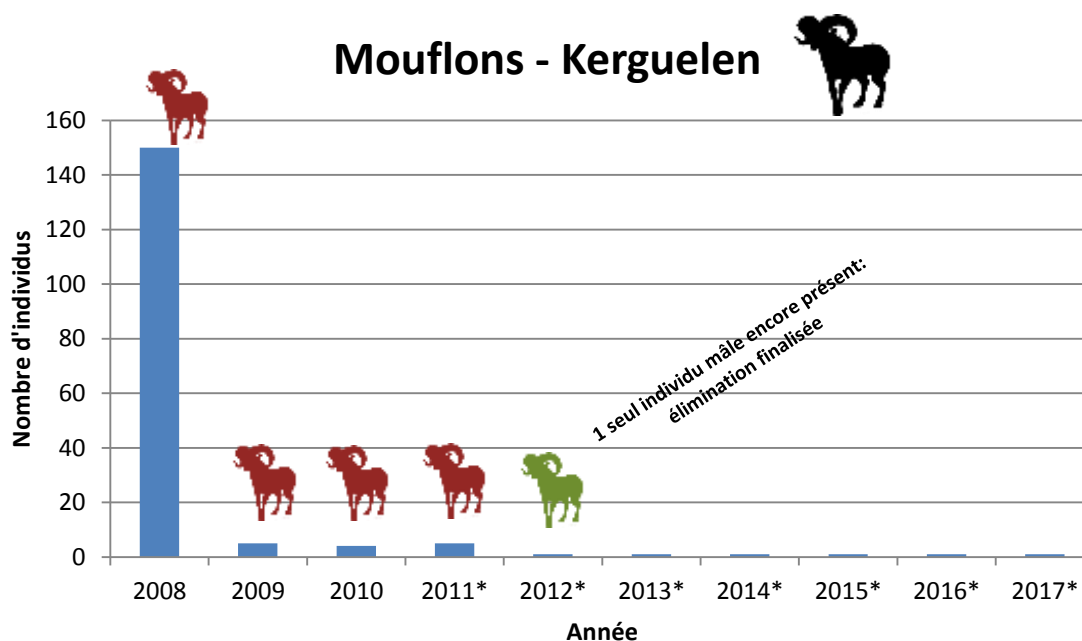


Figure 9. Bilan de l'effectif de la population de Mouflons (*Ovis aries musimon*) sur l'île Haute, District de Kerguelen entre 2008 et 2014. Notons qu'il s'agit d'estimations : les chiffres indiqués sont issus de comptes rendus et/ou d'approximations du nombre d'individus encore présents en fin d'année (Les dates accompagnées d'un astérisque correspondent aux années du premier plan de Gestion, 2015 n'étant pas ajoutée).

### Mouton

Entre 1909 et 1925, plusieurs tentatives d'élevage de **moutons** échouèrent sur Kerguelen. L'installation de la base scientifique en 1949 à Port-aux-Français s'est traduite par une relance de l'élevage de moutons avec l'introduction sur l'île aux Moules de 90 têtes en trois reprises (de 1952 à 1956). En 1958, l'île aux Moules devenant insuffisante pour alimenter le troupeau, 185 individus furent transférés sur **l'île Longue**.

**En 1990, le troupeau était estimé à 3000 individus** (Chapuis et al., 1992a), la majorité étant de la race Biset. Une réduction de la population a été initiée en 2009 en isolant les mâles des femelles par des clôtures et un parc tampon tout en prélevant des individus pour l'approvisionnement de la base. En 2014, la population de béliers était surestimée à 155 individus, les femelles et les jeunes ayant été éliminés par des opérations de gestion des équipes de la réserve (il n'y avait plus de brebis et d'agneaux en juin 2012). Depuis 2016 la régulation des derniers ovins de Kerguelen peut être considérée comme terminée : **on estime à moins de 5 le nombre de béliers restants sur l'île Longue** (2017).

## Moutons - Kerguelen

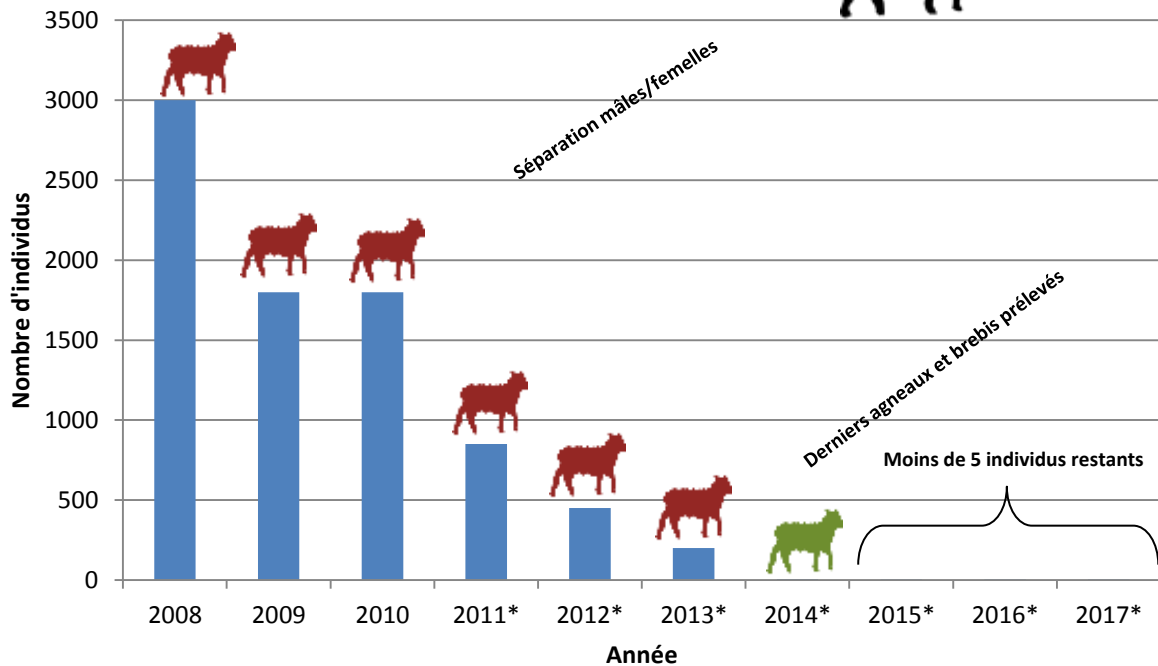


Figure 10. Evolution de l'effectif en moutons (*Ovis aries*) présents sur l'île Longue, District de Kerguelen entre 2008 et 2014. Notons qu'il s'agit d'estimations : les chiffres indiqués sont issus de comptes rendus et/ou d'approximations du nombre d'individus encore présents en fin d'année (Les dates accompagnées d'un astérisque correspondent aux années du premier plan de Gestion, 2015 n'étant pas ajoutée).

### II.D.4) a) iv. Mammifères introduits présents à Saint Paul et Amsterdam

Les mammifères ayant été introduits à Saint Paul sont la **souris domestique, le rat noir, le lapin, et le chat haret**, ce dernier ne s'étant pas maintenu. Seule la souris y est aujourd'hui toujours présente (2017). 3 mammifères introduits sont toujours présents sur l'île d'Amsterdam. Il s'agit de la souris domestique, du chat haret et du rat surmulot, autrement appelé « rat brun » (*Rattus norvegicus*). Les bovins, récemment éradiqués (2010), ont également été, par le passé, introduits sur Amsterdam.

#### (a) Rongeurs

##### *Souris domestique*

La souris domestique a été introduite involontairement sur l'île d'Amsterdam avant 1823 et entre 1789 et 1835 à Saint-Paul. Elle demeure aujourd'hui sur les deux îles. Après l'éradication des rats en 1997 sur l'île de Saint-Paul (cf. partie suivante), la population semble avoir explosé (observations de M. Lebouvier en 2002). Cependant, cette augmentation n'a pu être quantifiée faute d'un état initial et de suivis post-éradication. Aucune action de contrôle de la population d'Amsterdam n'a été réalisée jusque-là mais d'ambitieux efforts à cet égard sont proposés au sein du second plan de gestion de la réserve.

### *Rat noir*

Le rat noir a été **introduit à Saint-Paul au XVIII<sup>ème</sup> siècle**. Grâce à des fonds européens, l'île de Saint-Paul a été entièrement dératée en 1997 (avec l'éradication simultanée du lapin). Le succès de l'éradication a été confirmé par trois campagnes successives.

**Le rat noir n'a jamais été présent sur l'île d'Amsterdam.**

### *Rat surmulot*

Dans la réserve naturelle des Terres australes françaises, le rat surmulot n'est présent que sur **l'île d'Amsterdam** avec une première observation en 1931.

Bien que les observations fréquentes de ce rongeur permettent de supposer qu'il est ubiquiste et présent en très forte densité, sa répartition sur l'île ainsi que ses effectifs sont encore mal connus. Aucune action de contrôle de cette population n'a été réalisée jusque là mais d'ambitieux efforts à cet égard sont proposés au sein du second plan de gestion de la réserve.

(b) Lagomorphe

### *Lapin de garenne*

A **Saint-Paul**, le lapin a été introduit après 1874. Il a été éliminé de l'île en 1997 suite à une vaste opération d'éradication couplée avec l'éradication du rat noir. L'éradication totale des lapins a été confirmée lors des campagnes ultérieures de contrôle (Micol et Jouventin, 2002). Le lapin est donc absent du district.

**Le lapin n'a pas été introduit sur l'île d'Amsterdam.**

(c) Félin

### *Chat haret*

Observé pour la première fois en 1931 sur l'île d'Amsterdam, il est **réparti sur l'ensemble de l'île au niveau des faibles altitudes, ses effectifs semblent relativement bas**. Cependant, hormis les travaux de Furet (1989), peu d'informations sur l'état de sa population sont connues. Aucune action de contrôle de cette population n'a été réalisée jusque là mais d'ambitieux efforts à cet égard sont proposés au sein du second plan de gestion de la réserve (cf. volet B).

Il a également été introduit sur Saint-Paul mais ne s'y est pas maintenu.

(d) Ongulés

**Il ne reste actuellement plus d'espèce d'ongulés introduits sur le district de St Paul et Amsterdam.** Cependant, des bovins ont récemment (2010) été éradiqués de l'île d'Amsterdam.

## Vaches

En 1871, six bovins ont été introduits à partir de La Réunion sur l'île **Amsterdam** pour y développer l'élevage. Trois mois plus tard le projet était abandonné et les individus relâchés dans la nature. Des comptages successifs effectués en 1986 et 1988 estimaient le cheptel à 1600 et 2000 têtes respectivement. Ceux-ci occupant les deux-tiers de l'île (Bertheaux 1988 ; Micol et Jouventin 1995).

Un programme de contrôle a été entamé entre 1987 et 1998. En octobre 2008, un plan d'éradication a été ensuite lancé par la Réserve naturelle. En Décembre 2010, l'élimination de la population de bovins était finalisée.

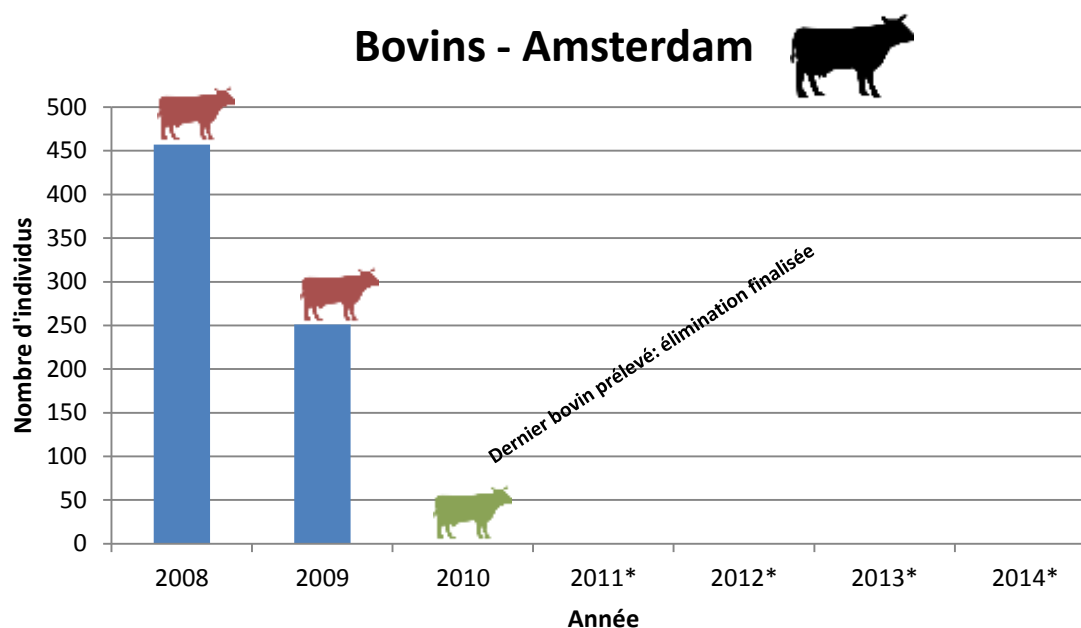


Figure 11. Bilan de l'effectif de la population de Mouflons (*Ovis aries musimon*) sur l'île Haute, District de Kerguelen entre 2008 et 2014. Notons qu'il s'agit d'estimations : les chiffres indiqués sont issus de comptes rendus et/ou d'approximations du nombre d'individus encore présents en fin d'année (Les dates accompagnées d'un astérisque correspondent aux années du premier plan de Gestion, 2015 n'étant pas ajoutée).

Le Tableau 21 résume quelles sont les espèces présentes sur les îles Saint Paul et Amsterdam en juin 2017.

Tableau 21. Espèces présentes en juin 2017 sur les îles Saint Paul et Amsterdam

	Île Saint-Paul	Île Amsterdam
Souris domestique	✓	✓
Rat noir	(éliminé)	X
Rat surmulot	X	✓
Lapin de garenne	(éliminé)	X
Chat haret	X	✓

### II.D.4.b) Oiseaux introduits

L'**astrild ondulé ou bec rose (*Estrilda astrild*)**, passereau présent sur l'île d'Amsterdam, est **la seule espèce d'oiseau introduite au sein de la Réserve naturelle et encore présente**. Les connaissances de la taille de la population ainsi que de la répartition de l'astrild ondulé sont anciennes et datent des années 1980 (Decante et al., 1987 ; Roux et Martinez, 1987). Elles ont été actualisées récemment suite à la campagne



d'été 2011-2012, au cours de laquelle l'agent de terrain de la réserve a procédé à des détectations visuelles en notant le nombre d'individus identifiés ainsi que leur localisation. L'espèce a été introduite volontairement de l'île de la Réunion en 1977 pour limiter l'extension du chardon (RNTAF, non publié).

Elle est fréquemment **observée sur la base mais aussi à Del Cano**, et dans les trouées de lave du grand tunnel (Decante et al. 1987). En 1981-82, leur abondance est estimée à 60-80 individus. En 1984-85, cette espèce est répartie sur 125 ha dans le nord-est de l'île, jusqu'à 3,5 km de la base, et entre 0 et 250 m d'altitude (Roux et Martinez, 1987). Les becs roses sont discrets au-delà de la coulée Heurtin. Plus récemment le bec rose n'a été observé que sur base (Francioly, comm. Pers.), à la cabane d'Antonelli et entre ces deux sites. A Antonelli, moins de 10 individus étaient observés. Un vingtaine de nids en plus ou moins bon état ont été découverts dans les cyprès du jardin malgache, soit à 600 m des premiers bâtiments de la base. L'abattage de nombreux cyprès a cependant supprimé des sites potentiels de nidification aux alentours de la base. L'espèce n'a pas encore été observée en nidification dans les sphylicas. Malgré l'absence d'un recensement exhaustif, il apparaît qu'après une expansion de son aire de répartition dans les années 1980 (125 ha) avec une **population de 60 à 80 individus**, l'espèce soit **en déclin** avec un effectif en diminution, probablement d'une **vingtaine d'individus**.

#### II.D.4.c) *Salmonidés introduits*

Des espèces de salmonidés ont été introduites dans les cours d'eau de Kerguelen et de Crozet. L'historique de leur introduction (Davaine & Beall, 1982 ; Lecomte et al., 2013) ainsi que leur répartition est connue (Davaine & Beall, 1982 ; Duhamel et al., 2005).

A **Kerguelen**, les salmonidés ont, dans un premier temps, été **introduits à la demande des administrateurs** afin de rendre l'archipel de Kerguelen davantage hospitalier pour les habitants temporaires (Davaine & Beall, 1982 ; Lecomte et al., 2013). **L'INRA** a ensuite saisi l'opportunité de leur présence dans ces territoires pour étudier l'écologie de ces populations, avant qu'un **partenariat soit établi entre les TAAF et la SAPMER**, société de pêche hauturière basée sur l'île de la Réunion, afin d'exploiter les stocks de salmonidés présents dans les rivières. **Ce dernier projet échoua** suite à la baisse des **coûts d'exploitation sur le continent européen, la diminution de la valeur du produit, et la présence de pathogènes à Kerguelen** (Labonne et al. 2013). Entre 2009 et 2012, le programme IPEV 1041 – SALMEVOL a étudié l'écologie des salmonidés de Kerguelen. Le rapport « Ecologie évolutive de la colonisation des îles Kerguelen par les salmonidés », publié en 2013 par Labonne et al. de l'UMR 1224 ECOBIP (cf. partie III.F) constitue un état des lieux de la connaissance de la biologie des salmonidés sur Kerguelen, des méthodes de suivi (échantillonnage, marquage individuel, etc.) et des méthodes d'analyse (estimation de l'âge et de la croissance, etc.) pratiquées.

A **Crozet**, deux expéditions en 1969 et 1972 ont permis l'introduction de **deux espèces de truites** (Davaine & Beall, 1982). Peu d'études existent cependant sur la répartition de ces espèces à Crozet. Remarquons cependant que l'introduction d'ombles de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) issus d'un même pool génétique répartis simultanément dans plusieurs rivières isolées géographiquement a permis de mesurer la différenciation par dérive génétique en quelques générations entre des populations naturelles en isolement reproducteur (Duhamel et al., 2005).

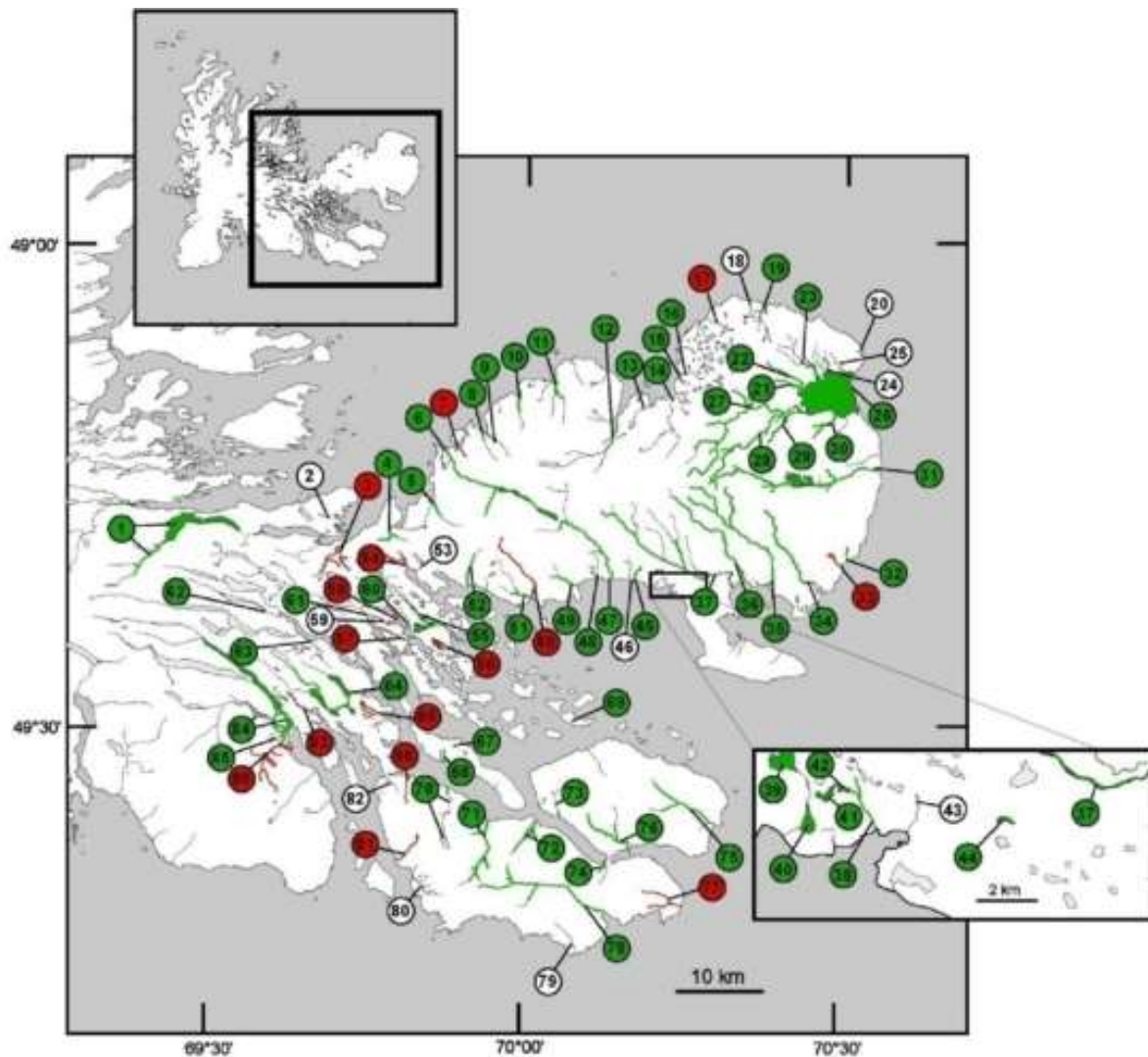
**Les dix espèces de poissons introduites dans les îles Kerguelen** l'ont été volontairement pour des activités de pêche-loisir ou en vue d'une exploitation. Cinq espèces (*Salmo trutta*, *Salmo alpinus*, *Salmo salar*, *Salvelinus fontinalis* et *Oncorhynchus kisutch*, et un hybride *Salvelinus fontinalis* x *Salmo alpinus*) sont toujours présentes, tandis que trois espèces (*Oncorhynchus mykiss*, *Oncorhynchus tshawytscha*, *Salvelinus namaycush*) et un hybride (*Salmo trutta* x *Salmo salar*) ne se sont pas maintenues (cf. Tableau 22).

**Tableau 22 : Comptabilité du nombre d'individus introduits, du nombre de rivières visées par les introductions et du nombre de rivières colonisées par les différentes espèces ou complexes d'espèces en 2012 (Labonne et al., 2013).**

Espèces	Nombre individus relâchés dans les rivières	Nombre de rivièresensemencées	Nombre de rivières actuellement colonisées
<i>S. trutta</i>	83 000	12 - 13	42
<i>S. salar</i>	275 000	3	1
<i>O. mykiss</i>	17 000	5	0
<i>O. kisutch</i>	409 000	2	2
<i>O. tshawytscha</i>	80 000	1	0
<i>S. fontinalis</i>	12 000	8	11
<i>S. namaycush</i>	4 000	2	0
<i>S. alpinus</i>	3 000	2	2
Hyb. <i>S. trutta</i> x <i>S. salar</i>	?	2	0
Hyb. <i>S. fontinalis</i> x <i>S. alpinus</i>	350	1	1
<b>Total</b>	<b>883 350</b>	<b>23</b>	<b>45</b>

La ferme aquacole du déversoir du lac d'Armor, située au sud-est du plateau central de Kerguelen est l'exemple phare de la volonté d'exploiter économiquement ces territoires, notamment par l'industrie piscicole. Créée en 1984, la ferme aquacole avait pour but d'élever du saumon coho (*O.kisutch*) puis, à partir de 1987 du saumon chinook (*O. tsawytscha*). Le projet est dû à l'initiative conjointe de la mission recherche des TAAF et de l'armement SAPMER, avec l'aide de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Face à l'effondrement des cours du saumon d'élevage et à l'isolement du site, l'expérience est abandonnée en 1993.

Entre 2009 et 2012, le programme IPEV 1041 – SALMEVOL avait pour objectif de documenter qualitativement et quantitativement les invasions de salmonidés (Labonne et al., 2013), ce programme ayant une soixantaine d'années d'ancienneté. L'état des lieux des cours d'eau colonisés par les salmonidés est résumé dans la Carte 43. Les salmonidés sont présents dans de nombreux cours d'eaux, « ce qui témoigne à la fois de l'effort dédié à l'introduction des espèces mais aussi de la capacité des salmonidés à coloniser eux-mêmes de nouveaux cours d'eau » (Labonne et al., 2013). En 2012, 45 bassins versants étaient colonisés.



Carte 43. Distribution des rivières colonisées par les diverses espèces de salmonidés (en vert), ou encore vierges (en rouge) ou au statut incertain (blanc) en 2012 (Labonne et al., 2013)

Sur l'île de la Possession, seules deux espèces subsistent, le réseau hydrographique étant réduit : la truite commune *Salmo trutta* présente dans les rivières du Camp et Moby Dick et l'omble de fontaine *Salvelinus fontinalis* présente dans la rivière du Camp (Davaine & Beall 1982). Il n'a pas été rapporté d'introduction sur les autres îles de Crozet.

## II.D.5. Etat de conservation des écosystèmes terrestre

Les écosystèmes terrestres des Terres australes françaises sont restés des écosystèmes originaux préservés de l'impact direct des activités humaines. On retrouve ainsi sur les îles des espèces de plantes originaires de l'aire tertiaire et de nombreuses endémiques aux adaptations originales. Pourtant, ce bon état de conservation peut varier d'une île à une autre, principalement en fonction de la présence ou non de vertébrés introduits comme le lapin qui peut avoir un impact sur les écosystèmes d'origine. Plus discrets, les effets des plantes et invertébrés introduits peuvent également constituer une menace non négligeable pour l'intégrité des habitats naturels. Un autre facteur essentiel conditionnant l'état de conservation est l'impact des changements globaux, notamment par la désertification et la modification du couvert végétal.

### *Crozet*

D'une manière générale on peut considérer que les habitats de **l'archipel de Crozet** sont dans un bon état de conservation. C'est particulièrement vrai pour les îles difficiles d'accès (île des Pingouins, îlots des Apôtres) et rarement visitées pour lesquelles les informations sont d'ailleurs fragmentaires mais soulignent l'absence de vertébrés et le faible nombre de plantes et invertébrés introduits (Chapuis *et al.* 1994, Dreux *et al.* 1982). Peu de données existent sur l'île aux Cochons et l'île de l'Est sur lesquelles l'impact des lapins est probablement sensible. Sur l'île de la Possession un seul vertébré, le rat noir *Rattus rattus* a été introduit et la majorité des plantes introduites sont actuellement restreintes à la proximité de la base et des installations portuaires. La dégradation des habitats de cette île, essentiellement liée aux activités humaines, passées ou actuelles, est donc localisée (installations portuaires, base, cabanes, chemins fréquemment utilisés).

### *Kerguelen*

**Pour l'archipel de Kerguelen**, l'état de conservation des habitats varie d'un secteur à l'autre et d'une île à l'autre. Une modification des écosystèmes sur une partie de l'archipel est liée à la présence du lapin, introduit en 1874. L'impact des rennes, présents dans la partie centrale de l'île principale, est également notable. L'état de conservation des plantes et des invertébrés est lié à l'impact des espèces introduites (plus nombreuses et plus largement distribuées à Kerguelen qu'à Crozet) et l'impact des changements climatiques (en particulier les déficits hydriques enregistrés dans l'est de Kerguelen depuis le début des années 1990).

### *Saint-Paul et Amsterdam*

**L'île Saint-Paul**, classée en réserve intégrale, est préservée de tout impact humain direct sur la partie terrestre. La biodiversité de l'île a connu un fort impact du à la présence du rat, notamment sur les populations d'oiseaux, mais on observe depuis la dératisation (1995) une recolonisation de l'île. Malgré la présence de quelques plantes introduites réparties sur l'ensemble de l'île (cratère intérieur et cratère extérieur), les habitats naturels présentent un fort degré de naturalité.



Photo 28. Habitat typique de Kerguelen composé de coussins d'azorelle et de choux de Kerguelen

L'état de conservation **des habitats d'Amsterdam** est hétérogène entre les zones de basse et de haute altitude.

Entre le niveau de la mer et 450 mètres, les habitats originels ont été fortement dégradés par la présence des bovins et de plusieurs incendies qui ont eu pour conséquences d'ouvrir le milieu et de permettre l'installation d'espèces végétales introduites. Depuis l'éradication des bovins en 1988 sur la partie sud de l'île, on observe une bonne régénération des habitats sur les sols peu dégradés. (données non publiées, programme Ipev 136 – Subanteco).

Au dessus de 450 mètres d'altitude, les habitats sont dans un bon état de conservation car l'absence de piétinement et d'incendie a permis de garder le milieu fermé empêchant les espèces introduites de s'y installer. D'autre part, les conditions climatiques plus contraignantes (vent, basses températures et forte précipitations) ont favorisé la présence d'une flore comprenant des espèces subantarctiques et des espèces endémiques.

Les tourbières à Sphaignes de la Caldeira et du « plateau des tourbières », classées en sites protégés pour l'exercice d'activités scientifiques et techniques, sont extrêmement bien préservées. Elles sont remarquables et particulièrement intéressantes puisque les autres îles du sud de l'Océan Indien (Marion, Crozet, Kerguelen, Heard) en sont dépourvues et qu'elles semblent receler des espèces de sphaignes originales dont l'étude est en cours

## II.E. Ecosystèmes marins

Les Terres australes françaises sont situées entre les 40èmes rugissants et les 50èmes hurlants. Ces territoires sont constamment balayés par des vents, particulièrement violents lors de l'hiver austral et qui agitent l'océan subantarctique. Ce dernier est soumis, au niveau de Crozet et de Kerguelen, à différentes masses d'eaux qui se rencontrent et se superposent. Les dynamiques océaniques conditionnent les patrons

de production biologiques et de biodiversité dans la zone. Alors qu'une partie de l'océan Austral se caractérise par une importante teneur en sels nutritifs, mais une pauvreté en phytoplancton, la zone de Kerguelen possède une productivité primaire élevée grâce aux apports en matière organique provenant des terres. La productivité secondaire de l'océan Indien, importante, contraste avec la faible productivité primaire de la zone. La diversité de poissons mésopélagiques et de céphalopodes dépend de cette productivité secondaire ainsi que des dynamiques océaniques (masses d'eaux, fronts polaires). Certaines de ces espèces peuvent aussi s'alimenter sur le benthos, formé des organismes, végétaux et animaux vivant sur ou dans le substrat des fonds marins ainsi que de ceux qui nagent dans son voisinage immédiat. Le benthos entretient des liens étroits avec le milieu pélagique, représenté par l'ensemble des eaux qui surmontent les fonds.

### II.E.1. Caractéristiques océanographiques de l'Océan Austral

L'océan Austral est le **quatrième océan mondial**, représentant quelques 20% de la superficie océanique totale. Ses limites sont définies au nord par la convergence subtropicale et au sud par le continent antarctique. Cet océan est soumis à **un régime continu de vents violents d'ouest** (westerlies associés à un régime de dépressions circum-antarctiques), particulièrement au niveau de **Kerguelen et Crozet**, situés entre les 40<sup>èmes</sup> rugissants et les 60<sup>èmes</sup> mugissants.

Les principales masses d'eau rencontrées sont, du fond vers la surface :

- **Les eaux antarctiques de fond (EAF)**, très froides (0°C), de salinité forte à composante sud-nord et à des profondeurs supérieures à 3 000 m ;
- **Les eaux circumpolaires profondes (ECP)**, masse d'eau la plus importante en épaisseur donc en volume et à teneur en O<sub>2</sub> minimum (4 à 4,1 ml/l), à température légèrement supérieure à 2°C et à composante d'écoulement nord-sud ;
- **Les eaux antarctiques intermédiaires (EAI)** à composante sud-nord résultant de la plongée (au niveau du front polaire) des eaux froides antarctiques superficielles (EAS) sous les eaux subantarctiques superficielles (ESAS). Elle se repère par un minimum de salinité en subsurface ;
- **Les eaux subantarctiques superficielles (ESAS)** au sud du front polaire, qui occupent l'intervalle bathymétrique 0-200 m jusqu'au front subtropical où elles sont alors remplacées par l'eau centrale de l'océan Indien (ECOI) de salinité et température plus élevées.

À ce schéma d'ensemble, il faut ajouter la grande dérive d'ouest, appelée courant circumpolaire antarctique (CCA), entraînant longitudinalement les eaux de surface dans un vaste mouvement circumpolaire avec les plus forts flux centrés vers 42°S au nord de Crozet et à la limite nord du plateau de Kerguelen. Les mélanges très importants entre masses d'eau différentes résultent d'une importante turbulence du CCA qui se manifeste sous la forme de tourbillons en zone subantarctique, à l'est nord-est de Kerguelen en particulier.

Enfin, une série de fronts bien marqués est recensée latitudinalement (Park et al 1991, 1993, 2014). Ils sont individualisés, pour la plupart, par des variations importantes de température des eaux de surface. On reconnaît ainsi (Lutjeharms & Valentine 1984) :

- **Le front subtropical (FST)**, qui est situé vers 42°Sud au nord du plateau des îles Crozet pour descendre vers 43°Sud au nord du plateau de Kerguelen. Il se caractérise par une transition du nord au sud des températures superficielles de 17,9 à 10,6°C ;
- **Le front subantarctique (FSA)**, au sud du FST, borde littéralement les deux plateaux vers 44°Sud à Crozet et 46°Sud à Kerguelen. Les températures baissent alors de 9,0 à 5,1°C (moyenne du front 7°C) au sud ;
- **Le front polaire (FP)** est localisé au sud de Crozet. Il passe vers 50°Sud et longe le plateau péri-insulaire des îles Kerguelen dans sa partie sud pour s'infléchir vers le nord sur son flanc est (vers

72°Est en remontant jusqu'à 48°Sud) et reprend un tracé latitudinal plus à l'est. Sa définition géographique, moins évidente que celle des deux fronts précédents, se définit par la présence la plus septentrionale de l'isotherme 2°C à 200 m de profondeur (Park et al., 1991, 1993; Orsi et al., 1995, Park et al. 2014). Pendant la période estivale, ceci correspond aux isothermes de surface compris entre 4°C et 5°C ;

- L'influence du **front du courant de retour des Aiguilles (FA)** ne se fait sentir, près du front subtropical, qu'à l'ouest de la zone étudiée.

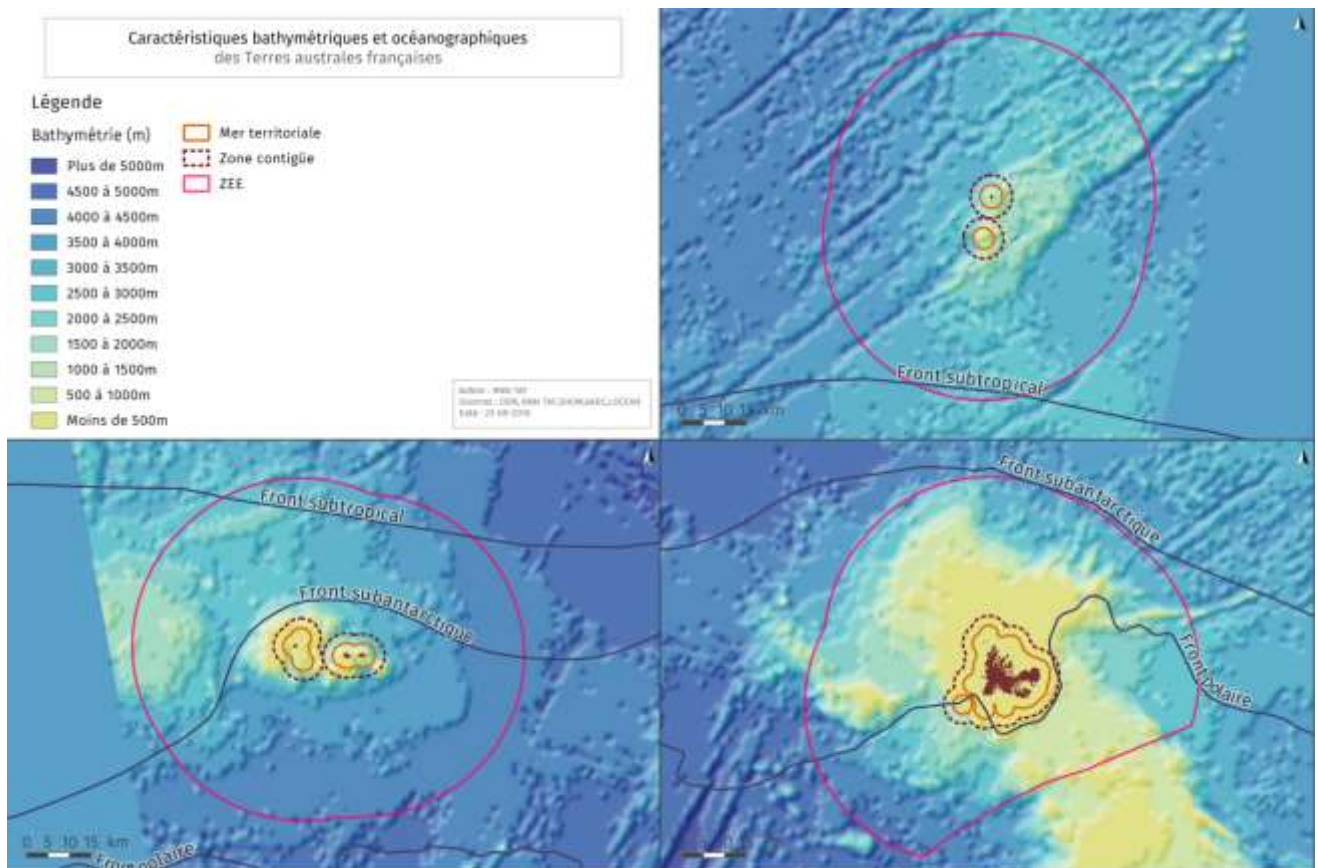
Entre ces fronts, de larges régions océaniques sont observées (Koubbi et al., 2011) :

- **La zone subantarctique**, entre le FST et FSA, est très limitée dans la ZEE de Kerguelen et de Crozet, à peu près 2° de latitude, du fait de la grande proximité des FST et FSA dans la région. C'est la zone frontale de transition (ZFT) (Gamberoni et al. 1982; Charriaud et Gamberoni 1987; Park et al., 1991 and 1993), siège de 98% du flux circumpolaire dans cette région. C'est une région particulièrement complexe où la séparation entre les eaux antarctiques et subantarctiques est la moins nette (Deacon 1983). Son origine serait liée à la topographie en amont des îles Crozet (Gamberoni et al. 1982) ;
- **La zone frontale polaire (ZFP)** se situe entre le FP et le FSA ;
- **La zone antarctique** se situe entre le FP et la limite sud du courant circumpolaire antarctique (CCA). Elle est la plus large au sud des Kerguelen ;
- **La zone subpolaire**, située entre la limite sud du CCA et le continent antarctique.

Enfin, les variations saisonnières ne sont pas négligeables pour les eaux superficielles. En été, une thermocline bien marquée en subsurface est mise en place, cette structure se désagrègeant en hiver par le mélange hivernal (Park et al. 1998).

Les **îles de St-Paul et Amsterdam** sont situées au nord de la convergence subtropicale. Les caractéristiques hydrologiques de cette région sont ainsi intimement liées à cette convergence. À ce niveau, les eaux de surface subantarctiques s'enfoncent sous la couche d'eau subtropicale plus chaude. Ainsi, une coupe perpendiculaire à la convergence montre un réchauffement assez brusque des eaux de surface d'environ 4 à 5°C. Ces eaux passent rapidement d'une température de 10-12°C au sud de la convergence, à une température de 14-16°C environ au nord. En moyenne, cette convergence est située durant l'été austral vers 40-41° de latitude sud. En hiver, elle remonte de quelques degrés vers le nord et atteint les deux îles, provoquant ainsi le refroidissement de leurs eaux durant cette saison (Delépine, 1963).

**Les dynamiques océaniques fortes autour de ces fronts sont des éléments essentiels qui conditionnent les patrons de production biologiques et de biodiversité dans la zone.**



Carte 44 : Carte bathymétrique et océanographique des Terres australes françaises

## II.E.2. Le domaine pélagique

**La position géographique des Terres australes françaises par rapport aux fronts polaire, subantarctique et subtropical entraîne des différences dans les assemblages pélagiques.** Ces différences sont liées au gradient latitudinal des masses d'eau et à la position des zones de fronts (Koubbi et al., 2014). Le front subtropical représente la limite nord de l'aire de répartition des espèces antarctiques, alors que le front subantarctique représente la **limite sud de l'aire de répartition des espèces tropicales** (Duhamel et al., 2014; Koubbi et al., 2014). Au nord du front subtropical, on retrouve le front du courant de retour des Aiguilles décrit par Koubbi (1993) qui représente une source particulière d'assemblages de larves de poissons. Ce **gradient de biodiversité** n'est pas uniquement latitudinal mais également longitudinal, notamment à Kerguelen du fait du méandre du front polaire autour du plateau. On observe également des différences dans les assemblages et l'abondance des espèces en fonction des niveaux bathymétriques et donc, de la distance à la côte.

*Précisons que les connaissances sur le domaine pélagique sur Saint-Paul et Amsterdam sont quasi-inexistantes et ne seront donc pas détaillées ici.*

### II.E.2.a) Etat de la connaissance

L'atlas **biogéographique de l'océan Indien** (de Broyer et al., 2014) fait une synthèse des espèces marines pour le plancton (notamment pour les Euphausiacés Cuzin et al., 2014), les poissons (Duhamel et al., 2014) et les céphalopodes (Rodhouse et al., 2014). Le gradient latitudinal de diversité est observé pour le plancton (Koubbi et al., 2011), les larves de poissons (Koubbi et al., 1991 ; Koubbi, 1993) ou les poissons pélagiques (Duhamel et al., 1998, 2014). La majorité des informations disponibles sur le domaine pélagique concerne les archipels de Crozet et de Kerguelen. Pour Saint-Paul et Amsterdam, on ne dispose que d'informations sur les poissons mésopélagiques grâce aux données issues des pêcheries sur le district. Le **programme CROMEBA** (CROzet Marine Ecosystem BAsed Management), mené depuis 2014 par par l'UMR



UMR BOREA 7208 (MNHN-UPMC), fait une synthèse des connaissances disponibles concernant le domaine pélagique, benthique, les oiseaux et mammifères marins mais également les paramètres environnementaux de l'archipel de Crozet (Koubbi et al. 2016). Dans le cadre de ce programme, Da Silva et al. 2016 approfondit l'analyse du phytoplancton et définit des écorégions pélagiques.

### II.E.2.b) Description de la biodiversité pélagique

#### II.E.2) b) i. La production primaire

**Si une partie de l'océan Austral se caractérise par une importante teneur en sels nutritifs, elle est néanmoins relativement pauvre en phytoplancton** (paradoxe HNLC (High Nutrient Low Chlorophyll)), avec une production primaire moyenne ne dépassant pas celle des mers les plus oligotrophes. Cette faible production primaire a été liée à l'insuffisance d'éléments ou de composés à l'état de traces.

En terme de production primaire, **la zone de Kerguelen est la principale exception de l'océan Indien**, car ses apports de fer et autres métaux venus de l'île et du plateau (Quéroué et al., 2015; van der Merwe, 2015, d'Ovidio 2015) induisent un enrichissement naturel des eaux de surface, ce qui permet un fort développement du phytoplancton sur le plateau et en aval.

Les eaux enrichies du plateau sont transportées au large par le Courant Circumpolaire Antarctique, fertilisant toute la région en aval de Kerguelen sous la forme d'un panache de forte production primaire. L'enrichissement des eaux de surface au large de Kerguelen est défini par les dynamiques océaniques, et en particulier par le brassage horizontal (d'Ovidio et al., 2015). A cause du transport essentiellement vers l'est du courant circumpolaire, **les eaux au nord et à l'ouest du plateau sont plutôt pauvres en chlorophylle-a alors que la partie est du plateau en présente de fortes concentrations, en particulier au nord-est.**

**Un important bloom est observé chaque année au-dessus de la zone profonde du passage entre Kerguelen et Heard (Park et al., 2008).** Le bloom phytoplanctonique associé au plateau de Kerguelen est observé chaque année de Septembre à Décembre et persiste à moindre mesure jusqu'en Janvier et Février (Mongin et al., 2008). La durée du bloom dépend de la stratification de l'océan au printemps (due aux vents réduits et au réchauffement des eaux de surface) et à la disponibilité de fer et de silicate en été. Des événements brefs de destratification de la colonne d'eau au printemps (suite notamment aux orages d'été) pourraient avoir un impact positif sur la production primaire puisque cela permet d'enrichir les eaux de surface en nutriments. Pendant la période de croissance, le bloom est dominé par des diatomés fortement silicifiés alors que des cellules plus petites dominent la phase de déclin telles que des diatomées de taille plus petite et moins silicifiées, et des nanoflagellés.

#### II.E.2) b) ii. La production secondaire

**La forte production secondaire de l'océan Indien contraste avec sa faible productivité primaire** (Jacques et Treguer, 1986). Les fortes concentrations de krill antarctique *Euphausia superba* dans la partie Sud de l'océan austral crée de fortes valeurs de biomasses zooplanctoniques et micronectoniques (Pakhomov et al., 2000). Les euphausiacés et les amphipodes constituent la part prédominante du macro-zooplancton (Pakhomov et Froneman, 2000), les chaetognathes et les salpes peuvent également être représentés localement par d'importantes populations. L'évolution des biomasses zooplanctoniques est fortement liée aux conditions environnementales et présente un pic en été, en raison du développement des nouvelles générations, et un pic au printemps en surface, dû à la remontée des espèces qui ont passé l'hiver en profondeur. D'après des études de modélisation des écosystèmes, (Lehodey et al 2010; 2015), le bloom de productivité a lieu de décembre à mars dans la zone est de Kerguelen.

**La région de Kerguelen abrite des assemblages océaniques avec des différences entre la partie nord et la partie sud-est (où les eaux sont plus froides).** La zone néritique est caractérisée par la présence d'une espèce de copépode endémique de la zone, *Drepanopus pectinatus*, qui est également observée autour de Crozet. Sur la zone côtière, cette espèce est la plus abondante, en particulier dans la baie du Morbihan, représentant 99% des copépodes.

La côte de Kerguelen est très particulière grâce à ces **nombreuses baies de différentes tailles et fjords où différents assemblages pélagiques sont observés.** On observe également une forte saisonnalité dans ces assemblages ichtyoplanctoniques (Koubbi, 1992; Koubbi et al., 2001). L'amphipode *Themisto*

*gaudichaudii* et l'euphausiacé *Euphausia valentini*, deux espèces clés de voûte (des proies des prédateurs supérieurs), sont également retrouvées en forte abondance dans la zone.

À **Crozet**, des variations dans l'abondance des euphausiacés, copépodes et foraminifères pélagiques sont observées en fonction de la position par rapport au Front Subantarctique (Meilland et al., 2015). Les variations d'abondance de la zone tropicale à Crozet semblent stables entre les années. Au niveau du Front Subantarctique, le changement en euphausiacés est important avec une plus forte abondance au sud du front. Koubbi et al. (2012) a listé les rares organismes planctoniques collectés dans la région de Crozet. Les données sont à ce jour trop réduites pour mener des analyses spatiales poussées.

#### II.E.2) b) iii. Les poissons mésopélagiques

**Le nombre total d'espèces de poissons mésopélagiques identifiés à ce jour autour des îles Australes françaises s'élève à 60 pour Kerguelen, 44 pour Crozet et 72 pour Saint-Paul et Amsterdam** (cf. Annexe XXX). **L'essentiel de la biomasse de poissons est constitué par les espèces mésopélagiques et principalement par les myctophidés.** Ces poissons de petite taille (20 à 300 mm) sont très abondants (Hulley, 1990) et jouent un rôle significatif dans la communauté d'organismes marins de l'Océan Austral en tant que prédateurs du méso et macrozooplancton et en tant que proies participant à la production d'organismes supérieurs dans le réseau trophique (Sabourenkov, 1992).

En termes de **richesse spécifique**, de la biomasse et de l'abondance, les poissons lanternes (famille des myctophidés) sont les poissons dominants dans les zones mésopélagique et bathypélagique de la zone subantarctique de l'Océan Indien (Duhamel & Hulley, 1993; Duhamel et al., 2005). Au moins 26 espèces de poissons lanternes sont connus dans la région de Crozet et Kerguelen (Hulley, 1990; Duhamel and Hulley, 1993) mais il n'y a pas d'espèces endémiques ou rares de myctophidés.

Il existe un **fort gradient latitudinal dans la distribution des myctophidés**. L'ichtyofaune des myctophidés est dominée par des espèces antarctiques (66%) et subantarctiques (34%) mais des espèces convergentes ou présentes dans les zones tempérées des deux hémisphères sont également présentes (Koubbi et al., 2011). Les modélisations d'habitats montrent que les zones de Crozet et de Kerguelen représentent les zones les plus au nord pour des espèces antarctiques comme *E. antarctica*, qui s'observe particulièrement dans le méandre du front polaire à l'est du plateau de Kerguelen. Si des espèces comme *K. anderssoni*, *P. bolini* et *G. braueri* sont également retrouvées principalement autour du front polaire, leur distribution peut s'étendre plus au nord jusqu'au **front subantarctique et subtropical**. *G. fraseri*, *G. nicholsi* et *P. tenisoni*, elles, sont plutôt liées à la zone du front subantarctique. Ceci confirme donc l'importance d'adopter une approche d'écorégionalisation pour comprendre les assemblages des myctophidés, espèces à fort enjeu écologique dans l'Océan indien.

**Autour de Kerguelen, les larves de Myctophidés** dominent la zone océanique, avec en particulier des larves de *Krefflichthys anderssoni*, *Gymnoscopelus* sp. et *Protomyctophum* sp. I (Koubbi et al., 1991). Les larves de *notothenidae* se trouvent sur le plateau alors que les larves de myctophidés se trouvent en **zone océanique**. La **richesse taxonomique des larves augmente au nord dans la zone frontale tropicale** (TFZ) et est la plus importante dans la région du front d'Agulhas (Koubbi, 1993 ; Koubbi et al, 2011). Les larves *K. anderssoni* sont les plus abondantes dans la zone épipélagique (Koubbi et al., 1991). Koubbi et al. (2003) a montré que la distribution est dépendante de l'âge. La distribution des petites larves pourrait indiquer un habitat essentiel (zone de ponte ou de nourricerie) dans le méandre du front polaire agissant comme une zone de rétention et d'habitat favorable à l'est du plateau de Kerguelen.

Si la diversité des espèces de poissons à Crozet et Kerguelen est importante, il n'existe pas d'espèces épipélagiques pouvant former de vastes bancs comme les sardines, les anchois, et les thons dans les mers de basses latitudes.

A Saint-Paul et Amsterdam, l'ichtyofaune mésopélagique est peu connue. Néanmoins, de grands pélagiques sont présents dans la zone, tels que le thon rouge du Sud (*Thunnus maccoyii*), le thon jaune (*Thunnus albacares*) et le thon obèse (*Thunnus obesus*) ainsi que des poissons à rostres même s'ils ne sont pas décrits.

#### II.E.2) b) iv. Les céphalopodes

Longtemps négligés car difficiles à échantillonner (évitement aux chaluts) il s'avère que les **céphalopodes**, tant les pieuvres que les calmars, sont une composante fondamentale de l'écosystème marin de Crozet et Kerguelen. Ils représentent une proie importante pour les cachalots (*Physiter macrocephalus*), oiseaux marins (procellariiformes) et poissons (*D. eleginoides*, requins sp.) (Cherel et Weimerskirch, 1999). Ont été dénombrées 36 espèces de céphalopodes à Crozet et 38 à Kerguelen, soit : 29 espèces de calmar à Crozet et 32 à Kerguelen ; 1 espèce de sépiole à Kerguelen ; 7 espèces de pieuvres à Crozet et 5 à Kerguelen (Cherel et al.2004). Cependant peu sont présentes dans la réserve marine, tout au moins au stade adulte. Ce sont des espèces benthopélagiques du plateau et de la pente, comme le calmar commun *Moroteuthis ingens* ou les espèces de pieuvre appartenant aux genres *Graneledone* et *Benthoctopus*.

### **II.E.2.c) Les enjeux identifiés pour le milieu pélagique**

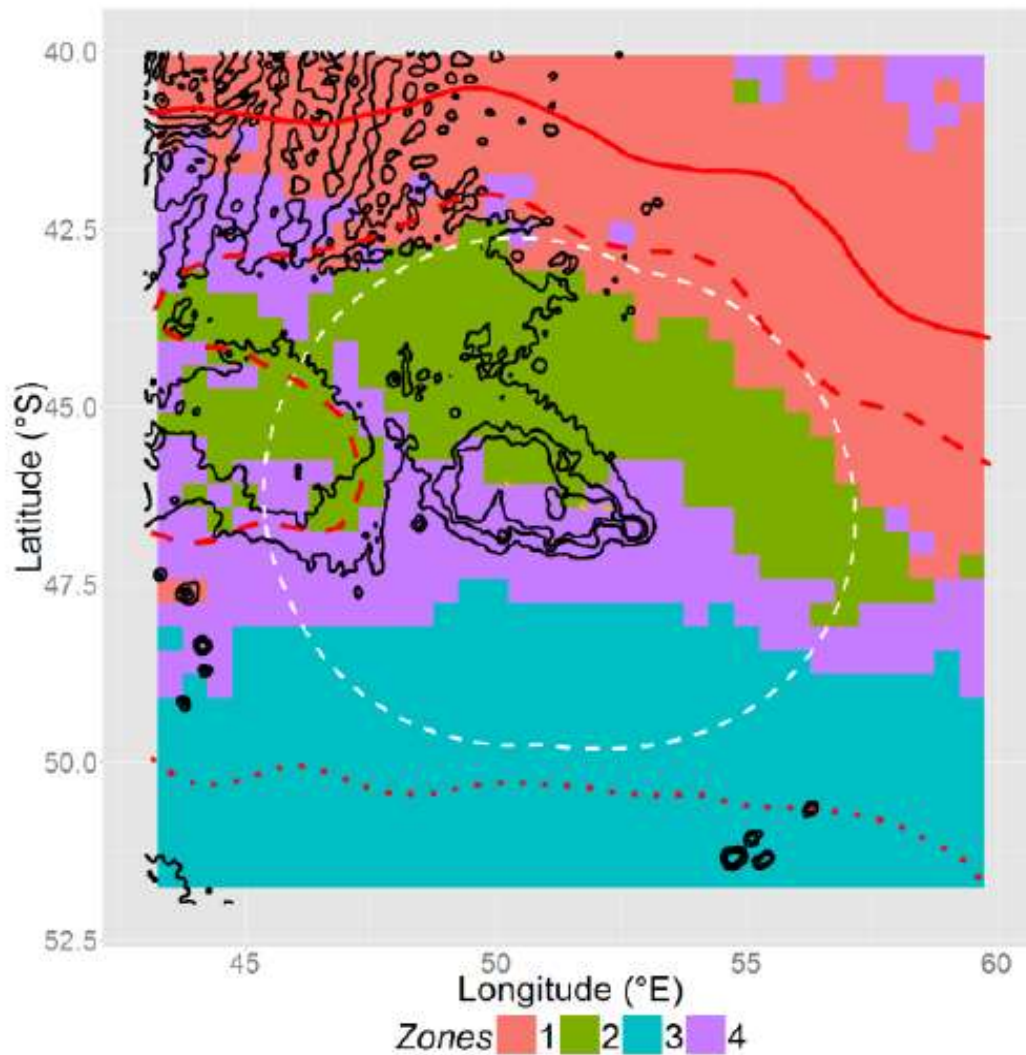
Les enjeux pour le milieu pélagique ont été identifiés suite aux **travaux d'écorégionalisation** qui, depuis 2010, ont été effectués par les scientifiques français dans le cadre de la Convention sur la conservation de la faune et de la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR).

#### **ENCADRE QU'EST-CE QU'UNE DEMARCHE D'ECOREGIONALISATION ?**

L'écorégionalisation fait la **synthèse des facteurs abiotiques (géomorphologiques et océanographiques) et biotiques (écologie et distribution des espèces)**. Elle met en évidence l'importance des fonctionnalités écologiques des milieux marins par **écorégion** et celle de les préserver, au travers d'un outil de protection comme celui de la réserve naturelle. Chacune de ces écorégions est définie par des caractéristiques liées à l'habitat (bathymétrie, production primaire, paramètres biogéochimiques...), au type d'assemblage d'espèces (prenant en considération l'endémicité et le statut de conservation) et à la fonctionnalité (habitats clés comme les frayères, les zones de nourricerie et d'alimentation, les zones à forte productivité primaire ou secondaire...). Elle peut être menée tant pour identifier les enjeux des milieux pélagiques que benthiques (cf. présentation des enjeux identifiés en milieu benthique en partie II.E.3.d).

#### **II.E.2) c) i. La démarche d'écorégionalisation à Crozet**

**Le programme CROMEBA (CROzet Marine Ecosystem Based Management)**, en cours depuis 2014, a pour objectif de caractériser les enjeux écologiques sur l'archipel de Crozet (Koubbi et al. 2016). L'étude réalisée par **Da Silva en 2016** dans le cadre de ce programme permet de définir quatre grandes régions pélagiques.



Carte 45 : Les écorégions pélagiques à Crozet

### **Zone 1 :**

La région la plus au nord est caractérisée par une forte turbulence. Elle est productive en raison de la configuration de la circulation et est une zone très dynamique. L'activité tourbillonnaire est très réduite. Cette région se trouve dans les zones subantarctiques et subtropicales et est influencée par la zone frontale triple de Crozet. Les fronts et les zones de transition entre écorégions peuvent être importants pour la conservation puisqu'ils constituent des zones potentiellement très productives ou marquant des transitions biogéographiques (Koubbi et al., 2011, 2014).

### **Zone 2 :**

La région située à proximité du plateau de Crozet est caractérisée par une importante productivité et comprend la zone du bloom phytoplanctonique annuel en aval du plateau. Cette zone de bloom peut être subdivisée en deux secteurs. Le premier secteur, à l'est de cette zone, est sous l'influence de l'effet d'île (Doty and Oguri, 1956) à l'origine de l'enrichissement en fer par les sédiments du plateau (Planquette et al., 2007; Sanial et al., 2014) qui permet la croissance phytoplanctonique. En effet, les modèles lagrangiens d'advection des masses d'eau ont permis de décrire le schéma de circulation des eaux provenant du plateau de Crozet et qui se déplacent vers le nord-est. De plus, ces modèles fournissent une bonne estimation de l'âge des masses d'eau depuis l'événement d'enrichissement en fer (Sanial et al., 2014). Cela a permis de mettre en évidence une zone de faible circulation au nord du plateau qui correspond à la zone de rétention décrite par Pollard et al. (2007). Cette zone correspond à une zone de convergence des trajectoires de prédateurs supérieurs tels que les manchots macaroni (Bon et al., 2015) ou les éléphants de mer. Le second secteur de la zone du bloom, à l'ouest, est relativement moins impacté par la circulation

des eaux fertilisées. Il est cependant caractérisé par une importante activité tourbillonnaire. Les tourbillons sont des structures pouvant largement influencer la production primaire (Falkowski et al., 1991). Un tourbillon récurrent est formé par un filament issu du FSA. La dynamique associée à ce filament est importante pour la productivité phytoplanctonique. En effet, il conduit à une intrusion d'eau et de nutriments qui crée des conditions plus favorables pour la croissance phytoplanctonique (Read et al., 2007).

La concentration en chlorophylle-a peut être très importante (maximale en octobre/novembre) dans la **zone 2**. Elle est caractérisée principalement par la présence du bloom *T. macrura* a la probabilité de présence la plus importante mais devient rare au nord de 44°S. *E. valentini* est présente dans l'ensemble de la zone mais la probabilité de présence associée est relativement faible (0,4 à 0,6). Enfin, *E. frigida* et *E. triacantha* sont très peu présents sauf vers l'est à 52°E-45°S et 55°E-46°S respectivement. *P. bolini* et *G. fraseri* sont les espèces les plus fréquentes de cette zone. À proximité du plateau, leur probabilité de présence est comprise entre 0,6 et 0,8, puis elle décroît avec l'éloignement. À 44,5°S, elle devient inférieure à 0,6 avant d'être de 0,2 à 0,4 en limite de zone. Puis, par ordre décroissant de présence, *G. braueri*, *K. anderssoni* et *P. tenisoni* sont trouvés (probabilité de présence globalement comprise entre 0,2 et 0,6) et ces trois espèces ont une présence plus marquée (>0,6) à l'est de la zone (55-56°E, 46-47°S). *G. nicholsi*, *E. carlsbergi* et *E. antarctica* sont y très peu retrouvés.

### **Zone 3 :**

La région sud, globalement située sous 48°S, présente des concentrations de chlorophylle-a très faibles. Cette région correspond aux zones HNLC typiques de l'océan Austral. Les MLD en hiver y sont profondes. Le mélange profond hivernal est le mode de transport vertical du fer le plus commun (de Baar et al., 1995). Toutefois, la croissance phytoplanctonique est limitée dans cette région. De ce fait, la profondeur de la couche de mélange (MLD) n'est pas suffisamment importante dans cette zone pour approvisionner les eaux superficielles en fer. En effet, la ferricline est à environ 330 m de profondeur, en moyenne, dans l'Océan Austral (Tagliabue et al., 2014). De plus, la région sud est moins turbulente avec des fronts de transports faibles et une intensité de courant associée très faible. Elle présente cependant de nombreux tourbillons. Dans les eaux peu dynamiques, les bordures des tourbillons sont de véritables barrières, empêchant les échanges entre les particules piégées à l'intérieur des tourbillons et l'environnement externe. Dans des eaux plus dynamiques, les échanges de particules sont possibles, sous forme de filaments, et les tourbillons peuvent être détruits (Basdevant and Philipovitch, 1994; Hua and Klein, 1998).

Dans cette **zone 3**, les concentrations en chlorophylle-a, proxy du phytoplancton, sont très faibles. La probabilité de présence d'*Euphausia frigida* est très importante à l'est de cette écorégion, tandis que dans la partie ouest elle est quasi nulle. *Euphausia triacanta*, *Euphausia valentini* et *Thysanoessa macrura* (classés par présence croissante) ont des répartitions zonales et sont chacun majoritairement présents dans cette région. De plus, les répartitions de *E. triacanta*, *E. valentini* et, dans une moindre mesure, *E. frigida* semblent contrainte au sud par le front polaire. *E. triacantha* et *E. valentini* ont un maximum de probabilité de présence entre 50 et 52°S, tandis que *T. macrura*, essentiellement présent dans cette écorégion, est représenté dans l'ensemble de la zone avec probabilité de présence associée très importante (>0,8). *Electrona antarctica* et *Protomyctophum bolini* sont principalement présents dans cette zone, plus particulièrement situés au centre de la zone. *Gymnoscopelus braueri*, *Protomyctophum tenisoni* et *Krefflichthys anderssoni* sont tous présents, bien que la probabilité de présence de *K. anderssoni* soit plus importante au sud du front polaire. *Gymnoscopelus nicholsi*, *Gymnoscopelus fraseri* et *Electrona carlsbergi* sont peu présents dans cette écorégion.

### **Zone 4 :**

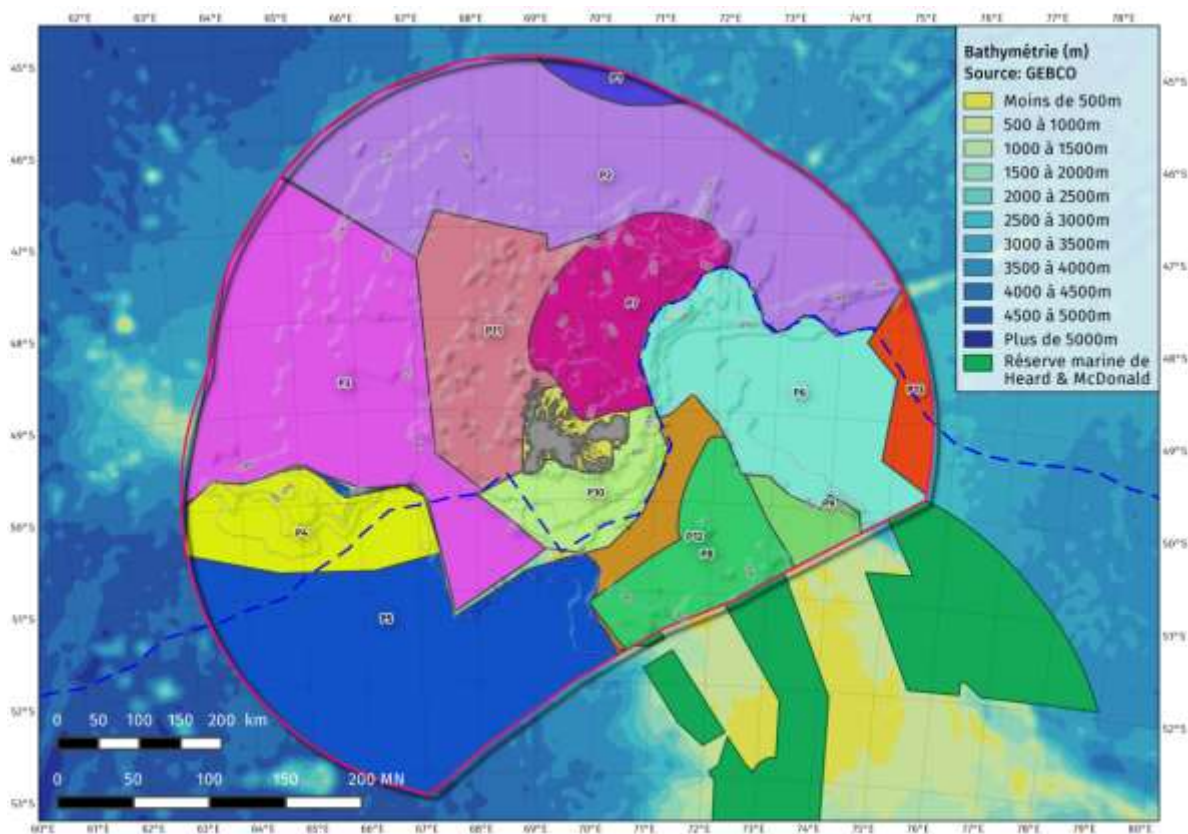
La concentration de chlorophylle-a est faible. Cette zone est caractérisée par la présence importante de *E. valentini* et *T. macrura*. *E. triacantha* y est moins présente et *E. frigida* ne l'est pratiquement pas. *P. tenisoni*, majoritairement situé dans cette zone, est présent de manière importante dans l'ensemble de la zone et est l'espèce qui y est la plus répandue. *G. braueri*, *G. fraseri*, *K. anderssoni* et *P. bolini* sont également très courantes. *E. antarctica* est peu présente, tandis que *E. carlsbergi* et *G. nicholsi* le sont rarement.



Photo 29. Iceberg à Crozet

II.E.2) c) ii. La démarche d'écorégionalisation à Kerguelen

**Un atelier scientifique, qui s'est tenu à Paris en juin 2016 et a rassemblé 29 experts, a permis d'identifier les enjeux écologiques à Kerguelen (Koubbi et al., 2016a) dont ceux relatifs au milieu pélagique. 12 écorégions pélagiques ont été déterminées; elles sont définies selon plusieurs grandes caractéristiques décrites ci-après.**



Carte 46 : Les écorégions pélagiques à Kerguelen

### Le front polaire :

Le principal élément structurant la zone est le front polaire qui **détermine la répartition des espèces selon un gradient latitudinal**. Dans la zone de Kerguelen, ce front est contraint par la topographie du plateau de Kerguelen. Il est associé à un jet qui transporte l'eau par un canyon situé dans la partie sud du passage profond entre les plateaux de Kerguelen et de Heard (**P12**). Le front polaire continue ensuite le long de la partie est du plateau et serpente en suivant la crête Gallieni. Ce méandre crée une zone de rétention d'eau en surface et subsurface qui favorise la productivité pélagique et représente donc une zone d'alimentation importante pour les oiseaux et mammifères marins (**P6**). On y trouve de fortes concentrations de larves et de juvéniles de poissons mésopélagiques et *Muraenolepididae*. C'est une zone unique de circulation qui a un rôle clé dans le cycle de vie de nombreux poissons, dont le myctophidé *K. anderssoni*, qui se reproduirait dans la zone. C'est une zone d'importance écologique (Ecologically or Biologically Significant Marine Areas (EBSAs)) d'après les sept critères scientifiques décrit par Clark et al. 2014.

### L'enrichissement en fer :

Un gradient longitudinal est observé : les eaux venant du sud-ouest pauvres en fer s'enrichissent en passant près du plateau et dans le passage entre Kerguelen et Heard (**P12 et P8**). La zone P8 est donc enrichie en fer, ce qui favorise la production phytoplanctonique et donc la concentration des oiseaux et mammifères marins.

### Les zones de forte productivité :

La partie nord-est du plateau au large du Golfe des Baleiniers (**P7**) serait une zone importante de rétention d'organismes pélagiques et une des zones les plus productives de la zone. Plusieurs espèces de poissons

passent leur cycle de développement larvaire dans la zone dont *C. gunnari* qui fraie dans le canyon du golfe des Baleiniers ou le *N. Rossi* pour qui cette zone représente une zone de nourricerie.

Une autre zone très productive est la zone sud du plateau de Kerguelen **(P8)**. C'est une des zones les plus productives du POOZ (Permanent Open Ocean Zone) du sud de l'océan indien.

La troisième zone **(P9)** est située au sud du méandre où les eaux froides remontent par le Fawn Trough de la zone antarctique en subsurface, ce qui structure la composition des organismes primaires et secondaires et permet l'alimentation de prédateurs supérieurs comme les manchots royaux.

#### **Le banc Skiff (P4) :**

Il existe autour du banc Skiff un "effet banc" (piégeage des organismes réalisant des migrations nyctémérales, transportés sur les hauts fonds) lié à la présence proche du front polaire. C'est une zone essentielle de dispersion larvaire.

#### **Zone High Nutrient Low Chlorophyll (HNLC) :**

La plupart de la zone océanique ouest au-delà du banc skiff **(P3)** est influencée par les eaux antarctiques et est considérée être une zone HNLC. La productivité est faible due à des apports limités en fer.

#### **L'influence du courant circumpolaire antarctique :**

La zone océanique au nord du plateau continental **(P2)** est caractérisée par une intensité maximale du courant circumpolaire antarctique qui a une influence sur toute la partie nord du plateau.



### II.E.2) c) iii. Enjeux de conservation et perspectives pour le domaine pélagique

Le domaine pélagique dans les Terres australes françaises présente des caractéristiques essentielles pour les écosystèmes marins. **Les zones de haute productivité, alimentées par les apports en fer du plateau et structurées par les fronts océaniques, sont à la base de tout le réseau trophique et soutiennent la présence d'espèces et d'assemblages d'espèces très particuliers.** De plus, ces zones de forte productivité permettent la séquestration de quantité importante de carbone et peuvent ainsi être considérées comme des **“puits de carbone”** à l'échelle planétaire. Ces zones prioritaires pour la conservation et la gestion durable des ressources ont été intégrées dans le périmètre de la Réserve, accompagnées de mesures de gestion adaptées.

Par ailleurs, rappelons que le domaine pélagique est également conditionné par les dynamiques océaniques. Selon les modèles de changement climatique, d'importantes modifications de ces dynamiques sont à prévoir dont **le déplacement du front polaire, la réduction de la zone subantarctique, les modifications des masses d'eau, l'augmentation de la température de l'eau**, etc. Ces changements pourraient avoir des impacts importants sur le domaine pélagique, en particulier sur la productivité primaire qui influe sur l'ensemble du réseau trophique. En prévision de ces changements, le périmètre de la Réserve garantit une représentativité des différents milieux.

D'autres pressions pourraient également affecter les organismes pélagiques comme **la pêche ou la pollution**, bien que dans les Terres australes françaises, il n'existe pas de pêche ciblée sur les organismes pélagiques. Il est cependant nécessaire d'anticiper ces potentiels impacts par des mesures de gestion et une réglementation des activités sur ces zones adaptées.

Si les données sur Kerguelen et Crozet sont encore parcellaires, elles sont quasi inexistantes pour Amsterdam et Saint-Paul. Il existe donc un fort enjeu de connaissance pour ces îles, sur lesquelles une attention particulière du plan de gestion 2018-2027 est portée.



Photo 30. Des zones d'alimentation importantes pour l'albatros à sourcils noirs (*Thalassarche melanophrys*)

### II.E.3. Le domaine benthique

Le **domaine benthique** s'étend sur un **large gradient bathymétrique**, depuis la côte jusqu'aux grandes profondeurs. Il est divisé en "étages". Un étage correspond à un espace vertical du domaine benthique marin, où les conditions écologiques sont sensiblement constantes ou varient régulièrement entre deux niveaux critiques marquant les limites de l'étage. Ces conditions permettent le développement de peuplements caractéristiques.

Ce domaine entretient **des liens étroits avec le domaine pélagique**, comptant par exemple de nombreuses espèces dont le stade larvaire se fait dans la colonne d'eau. Certaines espèces benthiques représentent également une source d'alimentation importante pour des poissons pélagiques ou encore des mammifères marins. Des **taxons indicateurs d'écosystèmes marins vulnérables** (CCAMLR 2009) sont utilisés pour caractériser et localiser les milieux benthiques les plus vulnérables. Ce sont des habitats fragiles, sensibles aux changements globaux et aux dégradations liées aux activités humaines comme la pêche.

Si les zones côtières sont assez bien documentées, les écosystèmes profonds, difficiles d'accès, restent encore largement méconnus, si bien que les informations présentées ci-après sur ce domaine sont moindres que celles du milieu côtier.

*En outre, précisons que l'état de la connaissance sur le domaine benthique n'est pas homogène entre les ZEE. Seule Kerguelen dispose de suffisamment de données pour réaliser un exercice d'écorégionalisation.*

#### II.E.3.a) Etat de la connaissance

Notre connaissance de la biodiversité marine benthique remonte aux premières observations menées entre 1873 et 1874 par Wyville Thomson lors de l'expédition du *Challenger*. Les principales études et inventaires scientifiques de la faune et de la flore benthiques ont été réalisées en zone côtière de 1961 à 1970 par P. Arnaud, R. Delépine, JC Hureau et M. Ranou, auxquelles s'ajoutent deux campagnes d'exploration sous-marine réalisées en plongée par P. Grua (1962-1963) qui apportent les premiers éléments de connaissance *in situ* du benthos marin côtier. A partir des années 1970, une deuxième phase de programmes scientifiques menée sur le terrain en biologie benthique et physiologie (programme Benthos-Mac et nombreuses thèses) a complété notre connaissance de la biodiversité côtière en s'appuyant sur de nouveaux moyens logistiques dédiés (laboratoires BIOMAR et navires *La Japonaise* et *La Curieuse* à Kerguelen). Enfin, depuis 2011, la mise en place d'un observatoire sous-marin côtier (programme Proteker) permet de réaliser un suivi régulier des habitats benthiques côtiers aux Kerguelen tout en améliorant notre connaissance de leur biodiversité (inventaire des espèces, analyses génétiques, physiologie, écologie trophique). Dans ce but, neuf sites de suivi contrastés et représentatifs de la diversité des habitats côtiers ont été sélectionnés et instrumentés (enregistreurs de température, placettes de colonisation à l'heure actuelle).

Plus au large, notre connaissance s'appuie sur une première vague de campagnes océanographiques réalisées à la fin du 19ème et début du 20ème siècle (*Gazelle* (1874), Deutsche Tiefsee Expedition (1898), Deutsche Südpolar Expedition (1901), BANZAR (1929)). Quelques rares expéditions mises à part (ex: *Eltanin* en 1962), un apport déterminant viendra des campagnes réalisées par le *Marion Dufresne* dans les années 1970-80 (MD03 (1974), MD04 (1975), MD08 (1976), MD30 (1982) et MD42 (1985)) ainsi que de campagnes plus récentes (ANARE en 1990, campagne 26 du *Southern Champion* en 2003 et POKER II en 2010)(MNHN 2011; 2013). Différentes études complètent également la connaissance sur les poissons démersaux et mésopélagiques (Duhamel 1993; 1998; 2011a). Le programme PIGE 2015, une campagne d'évaluation de la biomasse de poisson des glaces, a permis également de récolter des données sur les poissons démersaux et les organismes indicateurs d'EMV (Ecosystèmes Marins Vulnérables) (MNHN 2015).

Toutes les données issues de ces campagnes montrent que l'archipel de Kerguelen et son plateau possèdent une riche biodiversité marine. Cependant, l'exploration de cette biodiversité est loin d'être terminée comme en témoignent les inventaires successifs de la faune benthique. Ainsi, le nombre d'espèces invertébrés benthiques répertoriées dans la région passe de 172 (Arnaud, 1974) à 735 (Jouventin et al., 1996), puis à 960 (Amézière et al. 2011a). D'autre part, il existe un profond déséquilibre entre notre

connaissance de la biodiversité benthique des zones côtières de Kerguelen et du Plateau de Kerguelen (archipel le plus étudié et donc le mieux connu) et celle de Crozet et de St Paul-Amsterdam dont l'inventaire reste encore très incomplet. Il ne faudrait donc pas en conclure à une richesse plus faible à Amsterdam et Crozet qu'à Kerguelen du fait de ce fort déséquilibre de connaissance.

Aussi incomplète soit elle, notre connaissance de la biodiversité benthique montre une plus grande convergence dans la composition des faunes et flores de Crozet et Kerguelen (îles subantarctiques) par rapport à celles de St Paul et Amsterdam (au nord de la convergence antarctique, climat Cfb<sup>6</sup>). Elles seront donc présentées ensemble ci-après.

### **II.E.3.b) Zonation et habitats en domaine côtier**

#### **II.E.3) b) i. Les milieux côtiers à Kerguelen et Crozet**

Les milieux côtiers de Kerguelen et Crozet se caractérisent par **une mosaïque d'habitats et d'écosystèmes variés, peu étendus et morcelés, parfois uniques à l'échelle de l'océan Austral** comme à l'échelle globale (ex : moulières et fjords à seuil des Kerguelen). Ils présentent donc une forte valeur patrimoniale mais aussi fonctionnelle (Cf. Chapitre IV. B. 2. e.). La description suivante présente la zonation et ses habitats d'après les anciens travaux de Delépine (1976) et Arnaud (1974) complétés par des observations des programmes plus récents (PROTEKER 2016). Cette zonation s'appuie principalement sur les travaux réalisés à Kerguelen mais dont les conclusions valent aussi en grande partie pour le milieu côtier de Crozet, très similaire à celui de Kerguelen.

#### **L'étage supra-littoral :**

L'étage supra-littoral est essentiellement caractérisé par des lichens, qui se rapportent aux genres *Verrucaria*, *Lichina*, et *Calloplaca* et, plus occasionnellement, aux genres *Hildenbrandia* et *Prasiola* (Chlorophycée). Il correspond également à la zone de peuplement des lasses supra-littorales (débris d'algues laminaires - *Macrocystis* et *Durvillea* - et de coquilles rejetés à la côte) qui forment parfois de véritables « banquettes » au rôle fonctionnel (habitat de choix pour les diptères et collemboles) et valeur patrimoniale importants (diptères à ailes réduites *Anatalanta aptera*, *Apetenus littoralis* et *Amalopteryx maritima*).

#### **L'étage médio-littoral :**

L'étage correspond à la zone de balancement des marées (zone de marnage ou zone intertidale) découvrant parfois des platiers avec des mares où se développent des algues calcaires encroûtantes, refuge d'une très riche microfaune (acariens, polychètes, ostracodes,..) et macrofaune de mollusques, isopodes et amphipodes. Cet étage se caractérise à Kerguelen par un faible marnage (seulement 1 à 2 m) permettant la présence de multiples flaques et cuvettes dans le faciès rocheux qui offrent un refuge pour la faune et la flore. Il est également caractérisé par l'écoulement d'eau douce qui modifie localement les conditions de salinité. De nombreuses espèces endémiques sont inféodées en tout ou partie à cet habitat (mollusques pulmonés *Kerguelenella lateralis*, littorines, bivalves, poissons *Harpagifer* et jeunes *Notothenia*).

En termes de composition botanique, c'est dans cet étage que se trouve un grand nombre des espèces d'algues décrites à Kerguelen (Cf. Annexe III) parmi lesquelles nous citerons pour exemple les genres *Hildenbrandia* (Rhodophycée), *Bostrychia* (Rhodophycée), *Porphyra* (Rhodophycée), et *Iridea* (Rhodophycée).

#### **L'étage infra-littoral :**

---

<sup>6</sup> Climat type Cfb selon la classification de Köpper (C = Climat tempéré chaud; f = Climat humide sans saison sèche; b = été tempéré)

L'étage infralittoral est caractérisé par la ceinture des grandes algues laminaires à crampons *Durvillea antarctica* (Chamisso in Choris) Hariot, 1892 en limite de basse-mer sur les substrats rocheux qui laissent la place entre 5 et 25 m de profondeur aux grandes "forêts" de l'algue géante *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh, 1820 qui domine sur les fonds sableux et de graviers. Les *Macrocystis* représentent des biomasses considérables (1 106 000 tonnes estimées pour une surface de 186 km<sup>2</sup> dans le seul Golfe du Morbihan à Kerguelen (Belscher & Mouchot 1992).

Leur rôle écologique est primordial : entre 5 et 25 mètres de profondeur, ces espèces "clé de voûte" sont structurantes d'habitats qui rassemblent le tiers des espèces marines benthiques de la faune péri-insulaire concernée. Les *Macrocystis* abritent un riche assemblage d'invertébrés (près de 200 espèces) qui, soit y sont inféodés pour toute la durée de leur vie, soit utilisent ce biotope comme zone de reproduction et/ou nourricerie puis vont à l'âge adulte peupler d'autres biotopes du plateau péri-insulaire. Les zones à *Macrocystis* offrent un abri contre les prédateurs aux poissons et constituent les nourriceries où grandissent les jeunes de 2/3 des espèces de poissons. Les *Macrocystis* ont enfin un rôle mécanique important en protégeant les côtes de l'érosion. Elles forment avec les *Durvillea* un écran protecteur qui atténue le déferlement des vagues, favorise la sédimentation fine et assure la stabilité de la communauté. À Kerguelen, parmi les hôtes des *Macrocystis*, il faut signaler une sous-espèce de cétacé endémique : le dauphin de Commerson (*Cephalorhynchus commersonii ssp.*). Ce dauphin vit entre la côte et les fonds de 100 m et se réfugie dans les champs de *Macrocystis* des nombreuses baies et fjords où il est à l'abri des orques.

À plus grande profondeur, à Kerguelen, baies et bassins à seuil se développent sur des fonds vaseux à feutrage de spicules d'éponges ou de sables fins et représentent des zones de frayères et/ou de nourriceries pour les poissons.



Photo 31. Manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus*) sur un îlot entouré de *Macrocystis pyrifera*

### **Les fjords, une singularité en France :**

Les fjords sont très rares dans l'océan Austral, Kerguelen étant la seule île du secteur Indien à en posséder. La zone littorale de Kerguelen abrite de longs fjords protégés sur la façade est et au sud ainsi que des bassins à seuil (golf du Morbihan...). À la différence des zones côtières classiques, les fjords présentent des conditions abiotiques particulières. L'eau de surface des fjords, en grande partie issue de torrents et de la fonte des neiges, est très peu salée. Le fond des fjords joue le rôle de piège à sédiments très fins, anoxiques où se sont développés des milieux particuliers, les vases euxiniques et leur « matelas » de spicules d'éponges. Les fjords comme celui des Portes Noires, de la Baie de Laissez Porter ou de la Baie de la Table sont d'importantes zones d'accumulation de plancton et d'ichtyoplancton. Ils représentent également des zones de nourricerie ou d'alimentation pour de nombreuses espèces marines. Certaines zones de ce biotope sont caractérisées par la présence de moulières à seuil, habitats originaux à *Mytilus edulis (desolationis)* qui forment de véritables récifs en fond de certains fjords (Portes noires, Henri Bossière, Larose).

Dans le Golfe des Baleiniers et le Golfe de Choiseul au sein de la réserve, certains fjords sont en continuité avec des canyons sous-marins qui sont des frayères importantes pour les poissons.

#### II.E.3) b) ii. Les milieux côtiers à Saint-Paul et Amsterdam

L'étagement vertical y est irrégulier puisqu'il est fonction de l'exposition à la houle, excepté dans le cratère abrité de Saint-Paul où l'étagement très condensé présente des limites parfaitement parallèles.

##### **L'étage supra-littoral :**

Cet étage est le domaine des lichens dorés et des Cyanophycées. On y trouve un gastéropode pulmoné abondant, *Marinula nigra*, et un isopode oniscoïde très commun, *Deto armata*. Les insectes halophiles sont représentés dans cette zone par le Diptère Tendipedidae *Telmatogeton sanctipauli*.

Localement, on peut trouver un peuplement de laisses d'algues avec de nombreuses larves d'insectes, des collemboles, des amphipodes Talitroides et des isopodes Oniscoides terrestres (*Porcellio scaber*), avec lesquels on retrouve *Deto armata* et *Marinula nigra*.

Etant donné qu'il n'existe pas de plage de sable aux îles Saint-Paul et Amsterdam, les substrats meubles sont seulement représentés par de petites accumulations de sable, localement, entre les galets et les blocs. Le peuplement est représenté par les amphipodes Talitroidés.

##### **L'étage médio-littoral :**

La limite supérieure est marquée par un revêtement d'algues rouges (*Porphyra*) assez irrégulier, les cavités étant peuplées par le gastéropode pulmoné *Kerguelenella macgillivrayi* et par une faunule variée (halacariens, larves d'insectes, nématodes, etc.). Les flaques sont nombreuses et comprennent parmi les algues corallinacées quelques isopodes (*Parisoctadus perforatus*), des patelles abondantes (*Nacella depsta*) (taxonomie en cours de réévaluation), de petites astéries (*Patiriella exigua*) et parfois de jeunes langoustes (*Jasus paulensis*). Galets et petits blocs abritent des gastéropodes communs tels que *Gibbula lacazei*, *Purpura dumasi*, et de petites astéries (*Patiriella exigua*). Entre les blocs, amphipodes Talitroidés et polychètes sont présents en zone sableuse et réduite.

##### **L'étage infra-littoral :**

On peut y distinguer deux sous-ensembles:

(1) L'infra-littoral supérieur présente une couverture extrêmement riche d'algues. La frange superficielle est recouverte d'un revêtement algal dense à base de Corallinacées et de Gigartinales, accompagnées localement, de touffes de *Splachnidium rugosum*. Cette couverture algale est extrêmement riche en isopodes (*Idotea nitida*, *Dynamenella brunnea*), amphipodes du genre *Hyale* (*H. media*, *H. grandicornia*, *H. hirtipalma*) et présente une espèce de patelle polymorphe abondante (*Nacella depsta*) (taxonomie en cours de réévaluation). Dans la zone des laminaires (*Laminaria pallida*), les petits gastéropodes sont particulièrement abondants (*Phasianella munieri*) ainsi que les polychètes (spirorbinés) et la faune fixée (bryozoaires et éponges). A noter que les thalles de laminaires sont très pauvres en épifaune.

(2) L'infra-littoral inférieur, très riche, est occupé par les fonds à *Macrocystis pyrifera* et algues rouges sciaphiles. Les crampons de *Macrocystis* abritent à leur surface la faune fixée (bryozoaires, ascidies coloniales, hydriaires, etc.) alors que de nombreux invertébrés (polychètes sédentaires, spongiaires, amphipodes (Podoceridés surtout et Caprellidés), isopodes (Limnoriidés), échinodermes et mollusques) et juvéniles de langoustes se réfugient à l'intérieur. Les thalles sont couverts de Spirorbinés (*Paralaeospira levinseni*), d'hydriaires (*Laomedea (Obelia) geniculata*), de bryozoaires (*Celleporella hyalina*) ainsi que d'un isopode commun de grande taille (50 mm) de la famille des Idotheidae. La faune des algues rouges est représentée par les bryozoaires, hydriaires, spirorbinés, et petits bivalves (*Hosochstetterina crenella*). Un grand gastéropode Cymatiidae, *Argobuccinum ranelliforme proditor*, est très abondant dans tout

l'infralittoral. Enfin, une espèce de poulpe (*Octopus sp.*) peut être saisonnièrement et selon les années plus ou moins abondante.

Les plages de sable sont rares entre les *Macrocystis* et la côte et pauvres en macrofaune (décapode *Ovalipes trimaculatus*, holothuries, mollusque *Venus antarctica*).

### **L'étage circa-littoral :**

Le peuplement le plus typique est constitué par un coralligène à base de grands bryozoaires constructeurs du genre *Tubicellepora*, présents entre 40 et 80 m de profondeur environ, en particulier dans le nord d'Amsterdam. Ces massifs de bryozoaires branchus sont colonisés par d'autres bryozoaires, accompagnés de Rhodophycées calcaires. On y trouve de nombreux foraminifères épibiontes, des éponges et ascidies variées (dont *Corella eumyota*), de nombreux tubes de polychètes, des hydraires, etc. À partir de 70-80 m, les fonds sont caractérisés par des Gorgonaires *Acanthogorgia cf. candida*, et l'Antipathaire arborescent *Antipathes subpinnata*, qui forment de véritables "forêts" sous-marines autour des deux îles. Les "troncs" et "branches" morts de cet antipathaire servent de support à une abondante épifaune de bryozoaires (touffes de *Bugula*, etc.), alcyonaires, zoanthaires etc. On trouve aussi des exemplaires de Scléractiniaires, dont le plus abondant est *Caryophyllia profunda*, parfois accompagné par *Desmo-phyllum cristagalli*. des spécimens de gastéropodes Cymatiidae, *Charonia lampas pustulata* et *Ranella olearium* (cf. Arnaud et Beurois 1972) ainsi que des oursins.

#### II.E.3) b) iii. Zonation en domaine profond

En domaine néritique (plateaux et talus), la zonation repose sur la distribution de **taxons indicateurs d'environnements marins vulnérables (EMV)**. Ils sont généralement définis comme des assemblages d'organismes benthiques marins, dont les taux de croissance lents et la fragilité des espèces associées les rendent particulièrement sensibles et vulnérables aux pressions anthropiques telles que la pêche de fond. La notion d'"Ecosystèmes Marins Vulnérables", dans le contexte de la CCAMLR, incluent les seamounts, les cheminées hydrothermales, les coraux d'eaux froides et les champs d'éponges (CM 22-06, 2012). 23 groupes ont été définis comme indicateurs EMV par la CCAMLR (CCAMLR VME, 2009) en fonction de leur valeur patrimoniale, de leur rôle dans la structure de l'habitat et de leur valeur en tant que bioindicateur d'un écosystème benthique remarquable. Ces espèces indicatrices d'EMV sont donc utilisées pour identifier les enjeux de conservation sur une zone.

Pour le plateau de Kerguelen, la distribution géographique de ces taxons est connue grâce aux prélèvements réalisés lors des campagnes POKER et a été utilisée pour modéliser leurs habitats. Lors de la campagne PIGE 2015 (MNHN 2015), 10 taxons indicateurs d'EMV ont été identifiés autour de Kerguelen mais il est probable que tous les taxons identifiés par la CCAMLR soient présents dans la zone. Cette étude a permis de confirmer l'hétérogénéité de la composition des peuplements benthiques entre le plateau de Kerguelen et le banc Skiff. Le banc Skiff, malgré sa surface réduite, concentre les plus forts enjeux de conservation. 6 groupes indicateurs sur les 10 groupes recensés sont présents dans cette zone restreinte, tout en demeurant absents ou présents en faible quantité dans le secteur nord-est du plateau de Kerguelen. C'est le cas des ascidies, des Bathylasmatidae (crustacés), des Euryalida (échinodermes : ophiures), des Hyocrinidae (échinodermes : crinoïdes), des Gorgonacea (cnidaires), des Hexactinellida (éponges) qui constituent des enjeux propres au banc Skiff.

Dans le secteur nord-est du Plateau de Kerguelen, les enjeux de conservation au titre des EMV ont pour bioindicateurs des Actinaria (cnidaires), des Brachiopoda, des Demospongiae (éponges) et des Pterobranchia (hémichordés).

A Crozet, les données issues des campagnes du *Marion Dufresne* (MD08 en 1976, MD30 en 1982) analysées par les scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle ont permis d'identifier 4 groupes de taxons indicateurs d'EMV : Cnidaria (cnidaires), Bryozoa (bryozoaires), Alcyonacea (alcyonaires) et Euryalida (ophiures), tous suspensivores se nourrissant de nutriments et de matière organique issue de la production planctonique. Euryalides exceptées, tous sont des organismes sessiles et coloniaux. Ces données sont toujours en cours de traitement à l'heure actuelle.

### II.E.3.c) Description de la biodiversité benthique

#### II.E.3) c) i. Les organismes benthiques à Crozet et Kerguelen

De nombreux organismes marins benthiques sont présents tout autour des archipels des îles Kerguelen et Crozet. Les inventaires disponibles (Arnaud 1974, Delépine 1976, Jouventin et al., 1996, Améziane et al. 2011), bien que partiels, listent les espèces des groupes suivants : Crustacés (262 espèces dont 225 à Kerguelen et 86 à Crozet, faisant de cet embranchement le plus riche en espèces), macro-algues (plus d'une centaine d'espèces), spongiaires (99 espèces dont 99 à Kerguelen et 2 à Crozet), annélides (122 espèces dont 118 à Kerguelen et 6 à Crozet), brachiopodes (5 espèces dont 4 à Kerguelen et 1 à Crozet), mollusques (174 espèces dont 156 à Kerguelen et 79 à Crozet), chélicerates (9 espèces dont 9 à Kerguelen et aucune à Crozet), échinodermes (une centaine d'espèces recensées pour les 5 classes (cf Améziane et al 2011)), et tuniciers (70 espèces au total recensées dont 67 à Kerguelen et 21 à Crozet). Lors de la campagne POKER 2, une campagne d'évaluation de la biomasse de poissons à Kerguelen en 2010, a permis d'identifier 81 taxons (phylums, familles, genres et espèces).

La définition des taxons indicateurs d'EMV réalisée par la CCAMLR (2009) prend en compte la valeur patrimoniale des espèces, leur rôle dans la structuration des habitats, s'ils sont des bioindicateurs d'écosystèmes benthiques remarquables ou bien s'ils sont particulièrement sensibles aux pressions d'origine anthropique (ex : pêche). Ces espèces, ou taxons indicateurs d'EMV sont donc utilisés pour identifier les enjeux de conservation d'une zone donnée. Outre un inventaire très général de la richesse spécifique des principaux organismes présents, cette partie s'attache donc à présenter les espèces indicatrices d'EMV et/ou les espèces à forts enjeux patrimoniaux.

Il est important de noter que 50 à 70% du benthos animal ne possède pas de phase de dispersion dans son cycle de vie (développement protégé). Cela explique la grande biodiversité observée, mais implique aussi une vulnérabilité de certains taxons.

Tableau 23. Estimation de la richesse spécifique des invertébrés marins benthiques sur le plateau de Kerguelen en janvier 2011. (Ameziane et al 2011).

Phylum/ Subphylum	Classe	Arnaud, 1974	Jouventin et al., 1996	Ameziane et al. 2011
<b>Porifera</b>	<i>Desmopongiae</i>	3	87	95
	<i>Calcarea</i>	-	12	15
	<i>Hexactinellida</i>	-	-	3
<b>Cnidaria</b>	<i>Hydrozoa</i>	5	-	6
	<i>Anthozoa</i>	-	-	4
	<i>Staurozoa</i>	-	-	1
<b>Nemertinea</b>		-	-	1
<b>Brachiopoda</b>		-	4	7
<b>Bryozoa</b>		-	-	58
<b>Polychaeta</b>		29	108	109
<b>Mollusca</b>	<i>Gastropoda</i>	24	107	131

	<i>Bivalvia</i>	15	29	30
	<i>Solenogastre</i>	-	4	4
	<i>Polyplacophora</i>	2	3	6
	<i>Scaphopoda</i>	-	1	1
	<i>Cephalopoda</i>	-	8	25
<b>Crustacea</b>	<i>Malacostraca (Amphipoda)</i>	42	84	85
	<i>Malacostraca (isopoda)</i>	15	54	54
	<i>Malacostraca (tanaidacea)</i>	1	20	20
	<i>Malacostraca (mysidacea)</i>	-	20	20
	<i>Malacostraca (cumacea)</i>	-	20	20
	<i>Malacostraca (Decapoda)</i>	4	6	20
<b>Chelicerata</b>	<i>Pycnogonida</i>	10	21	51
<b>Echinodermata</b>	<i>Echinoidea</i>	2	6	10
	<i>Holothuroidea</i>	2	29	34
	<i>Ophiuroidea</i>	2	15	18
	<i>Asteroidea</i>	6	29	35
	<i>Crinoidea</i>	1	1	6
<b>Tunicata</b>	<i>Ascidiacea</i>	9	67	93
<b>Total</b>		<b>172</b>	<b>735</b>	<b>960</b>

Les données proviennent de Arnaud (1974), Jouventin et al. (1996) et Ameziane et al. (2011)

#### Les organismes benthiques sessiles :

Parmi les organismes benthiques les plus remarquables, il faut noter le rôle fonctionnel essentiel pour la structuration des habitats joué par les macroalgues laminaires *Durvillea antarctica* et *Macrocystis pyrifera* en zone côtière. Cette dernière en particulier sert de lieu de vie et de refuge à une faune variée et riche (Cf. Chapitre IV. B. 2. b.) et joue un rôle important dans le cycle de vie (jeunes stades) de nombreux organismes et des poissons en particulier.

A plus grande profondeur, ce rôle structurant pour les habitats est joué par les invertébrés benthiques sessiles parmi lesquels on retrouve plusieurs taxons indicateurs d'EMV représentés par les spongiaires (démospouges), les cnidaires (alcyonnaires, gorgonaires et hydrozoaires) et les ascidies.

#### Les échinodermes :



Parmi les échinodermes, une centaine d'espèces a été inventoriée. Cette richesse est bien représentée par l'exemple des échinides (oursins) qui comptent 12 espèces communes dans l'archipel de Kerguelen, espèces bien diversifiées puisque 10 genres et 5 familles sont représentés. De même, 11 espèces d'échinides ont été répertoriées dans la ZEE de Crozet pourtant bien moins étudiée que celle de Kerguelen. Parmi les échinides, il faut noter la présence à Kerguelen uniquement de l'espèce *Ctenocidaris nutrix*, taxon indicateur d'EMV. Cette espèce est bien représentée sur tout le plateau jusqu'en zone côtière à faible profondeur (5 m). A noter du point de vue biogéographique que l'étude des échinides de Crozet a montré qu'ils se rapprochent davantage de la faune du sud de l'Amérique du Sud que de la zone de Kerguelen. Cette même tendance se retrouve chez d'autres taxons benthiques tels que les astéries, les bivalves et bryozoaires, les éponges, les gastropodes et les pycnogonides (Griffiths et al 2009, Downey et al 2012, Pierrat et al 2013). Deux autres taxons indicateurs d'EMV sont présent à Kerguelen et Crozet : les ophiures euryalides et les crinoïdes hyocrinidés.

### **Les crustacés :**

Il existe peu de représentants des crustacés décapodes libres à Kerguelen et Crozet. À Kerguelen, seul un petit crabe (*Halicarcinus planatus*) est présent, principalement dans les zones à *Macrocystis*. A plus grande profondeur, on trouve deux Lithodidae (*Paralomis birsteini* et *Paralomis aculeata*), un genre de langoustine (*Thymipides grobovi*), une petite galathée (*Munida spica*) et de grosses crevettes rouges (*Pasiphaea balsii* et *Nematocarcinus romenskyi*).

A Crozet, les Lithodidae du genre *Paralomis* (*P. aculeata*, *P. birsteini*) sont aussi présents, deux lithodes (*Lithodes murrayi* et *Neolithodes duhameli*), une petite galathée *Uroptycus insignis* (*M. spicae*). Dans les deux secteurs, les crustacés amphipodes de type grammarien et caprélien ou les isopodes tels que les Serolidae (*Serolis* spp.) ou *Exosphaeroma gigas* et *Gnathia* sp.

Il faut noter l'importance des cirripèdes sur le plateau, un des taxons indicateur d'EMV.

### **Les mollusques :**

En zone côtière à Kerguelen, deux espèces de bivalves sont particulièrement importantes à la fois en termes de biomasse et de rôle fonctionnel pour la structuration d'habitats originaux. La moule *Mytilus edulis desolationis* est à la base d'écosystèmes originaux et uniques représentés par les moulières de seuil (cf. la partie habitats plus haut). Non seulement l'espèce édifie localement un habitat original, mais elle influe également en partie sur les dynamiques sédimentaires et hydrologiques des zones de fjord situées en amont (Arnaud 1974). Plus en profondeur, une autre moule, *Aulacomya ater*, réalise de véritables bioconstructions "profondes" (entre 5 et 20 m de profondeur) moins connues mais qui participent à la constitution de biotopes tout aussi originaux (ex: moulières de la Baie des Swains).

Parmi les mollusques, il faut aussi noter le rôle fonctionnel joué par deux céphalopodes à Kerguelen, les poulpes *Benthoctopus thillei* et *Graneledone gonzalezi*, qui représentent des proies pour quelques espèces de poissons comme la légine.

### **Les poissons démersaux :**

#### **La diversité des poissons démersaux :**

En complément des études publiées par Duhamel (1987) et Duhamel et al. (2005 and 2014), l'étude de Martin & Pruvost, 2007 liste 57 espèces provenant de 18 familles (cf. Annexe IV). La plupart de ces familles ne sont représentées que par 1 à 3 espèces. Les familles dominantes en termes de richesse sont les Nototheniidae et Liparidae (9 espèces chacunes), Moridae (7 espèces), Macrouridae et Ophidiidae (5 espèces), Zoarcidae (4 espèces). Les assemblages de poissons à Crozet sont similaires aux îles voisines (Marion et Prince-Edward et les îles de Kerguelen/Heard) (Duhamel, 1987; Duhamel, 2005; Duhamel et al., 2014).

Crozet et Kerguelen abritent de nombreuses espèces endémiques ou à aire de répartition restreinte dans l'Océan Austral. La famille des Nototheniidae par exemple est remarquable par sa forte endémicité dans l'Océan indien. Parmi les espèces endémiques, on compte aussi la raie Eaton (*Bathyrāja eatonii*, endémique stricte du plateau de Kerguelen), la raie rugueuse (*Bathyrāja interrupta*), raie de Murray (*Bathyrāja murrayi*), grande gueule (*Channichthys rhinoceros*), grande gueule à voile (*Channichthys velifer*), sagre long nez (*Etmopterus granulosus*), cassigné noir (*Alocephalus* sp.), cacique antarctique (*Zanclorhynchus spinifer*), bocassette crapaud (*Lepidonotothen (Lindbergichthys) mizops*), bocasse triangulaire (*Gobionotothen acuta*), pillard épineux profond (*Harpagifer spinosus*), la limace à mâchoire oblique (*Paraliparis obliquosus*) (Chernova et al., 2003; Duhamel et al. 2005). Certaines espèces ne sont connues que de Crozet comme: *A. australis*, *H. crozetensis*, *C. crozetensis*, *C. discoveryae*, *P. cousinsi*, *P. priedei*, *P. duhameli* et *P. wolffi*. *Amblyrāja taaf* est endémique de Crozet, des îles Marion et Prince Edward ainsi que des bancs (Ob & Lena, Africana/Kara Dag). *Zanclorhynchus spinifer* n'est présent qu'à Crozet, aux îles Marion et Prince Edward, Kerguelen et Heard, Macquarie et Kara-Dag Seamount.

De nombreuses espèces abyssales ont également été décrites (Cousins & Priede, 20012; Duhamel, 1992; Duhamel & King, 2007; Nielsen et al., 2008).

Les espèces les mieux décrites restent encore celles qui ont fait l'objet d'une exploitation en raison de leur importante biomasse et de leur valeur commerciale, comme le colin de Kerguelen (*Notothenia rossii*), le colin austral (*Lepidonotothen squamifrons*), la légine australe (*Dissostichus eleginoides*), et le grenadier (*Macrourus carinatus*) présents à Kerguelen et à Crozet, et le poisson des glaces (*Champscephalus gunnari*) présent uniquement à Kerguelen. Leurs habitats sont définis par Duhamel et al., 2014.



Photo 32. Poisson grande gueule (*Channichthys rhinoceros*)

### **Focus sur deux espèces ciblées par les pêcheries à Crozet et Kerguelen**

**La légine australe** (*Dissostichus eleginoides*) est un poisson de la famille des Nototheniidae présente sur l'ensemble des plateaux péri-insulaire et continentaux de l'océan austral. On la retrouve depuis la côte jusqu'à plus de 2000m de profondeur, avec une ségrégation bathymétrique importante des tailles (juvéniles à la côte et sur le plateau, adulte sur les pentes et dans les profondeurs). C'est un prédateur démersal qui se nourrit d'autres poissons (poisson des glaces, myctophidae etc.) et de calmars à l'âge adulte (teutophage). Elle peut atteindre plus de 2 m et 80 kg. La légine atteint sa maturité sexuelle à l'âge de 6 ans ou 9 ans respectivement pour les mâles et les femelles et peut vivre plus de 35 ans. Elle se reproduit pendant l'hiver austral (juin/juillet), chaque femelle pond plusieurs centaines de milliers d'œufs.



Photo 33. Légine australe (*Dissostichus eleginoides*)

**Le poisson des glaces** (*Champscephalus gunnari*) est un poisson de la famille Channichthyidae que l'on retrouve autour de nombreuses îles de l'océan austral (mais pourtant absent à Crozet). A Kerguelen on le retrouve sur le plateau par des fonds inférieurs à 300m. Les cohortes (classes d'âge) sont bien différenciées spatialement. présentent des adaptations physiologiques uniques parmi les vertébrés : un sang incolore. Cette particularité est due à la quasi-absence d'hémoglobine (pigment respiratoire du sang) et de la myoglobine qui est à l'état de traces dans les muscles. Pour pallier à cette absence, ces espèces possèdent des adaptations fonctionnelles spécialement au niveau du système cardiovasculaire et des branchies où l'oxygène passe par simple diffusion dans le sang. Ses proies sont essentiellement des euphausiacées, des amphipodes et des poissons lanternes pour les plus gros individus, dont il se nourrit la nuit lors de sa migration nyctémérale (au fond la journée et dans la colonne d'eau la nuit). La maturité sexuelle est atteinte à 3 ans, et il peut vivre jusqu'à 5 ou 6 ans. La reproduction a lieu en juin sur le plateau nord-est et en avril/mai sur le banc Skiff.



Photo 34. Poisson des glaces (*Champscephalus gunnari*)

### **L'influence de la bathymétrie :**

**La profondeur est le principal facteur influençant la diversité, distribution et abondance des poissons démersaux.**

Sur le plateau, *Lepidonotothen larseni* et *L. squamifrons* sont les espèces les plus abondantes (Duhamel et al., 1983), alors que *Dissostichus eleginoides* est abondant le long du talus.

Sur la partie supérieure du talus, de 500m à 1000m de profondeur, on retrouve principalement des espèces de Liparids (*Paraliparis spp.*)(Duhamel et al. 2005, Eastman et al. 2005), *Muraenolepis marmoratus* et poissons plats (espèces *Mancopsetta* et *Achiropsetta*).

La **partie plus profonde du talus**, jusqu'à 2000m, est la zone la plus diversifiée avec environ 37 espèces. L'ichtyofaune y est différente, comprenant des espèces à répartition circum-subantarctique ou que l'on retrouve dans d'autres océans (*Antimora rostrata*, *Lepidion spp.*, *Halargyreus johnsonii*, *Macrourids* par exemple). On y trouve également trois espèces endémiques : *Amblyraja taaf* (Crozet/Marion et Prince Edward), *Paraliparis duhameli* (Crozet)et *obliquosus*(Crozet/Kerguelen).

**Dans les grands fonds**, plus de 2000m, l'ichtyofaune est surtout composée de Zoarcidae, Liparidae, Ophidiidae et quelques Macrourids and Ipnopidae. Dans les zones abyssales, des études récentes ont révélé la présence de 7 nouvelles espèces : *Careproctus crozetensis*, *C. discoveryae*, *Careproctus sp.*; *Pachycara cousinsi*, *P. priedei*; *Apagesoma australis* et *Paraliparis wolffi* (Cousins & Priede, 2012).

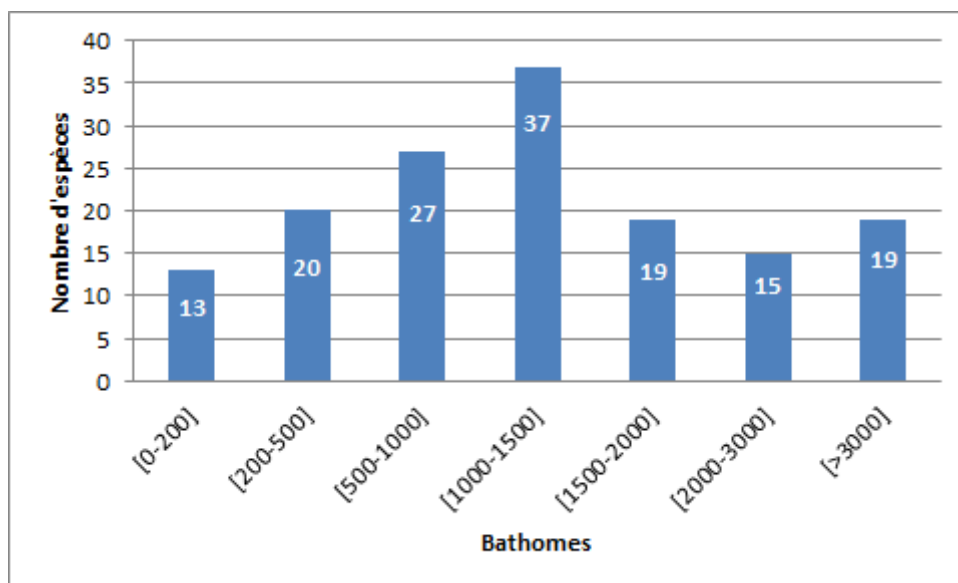
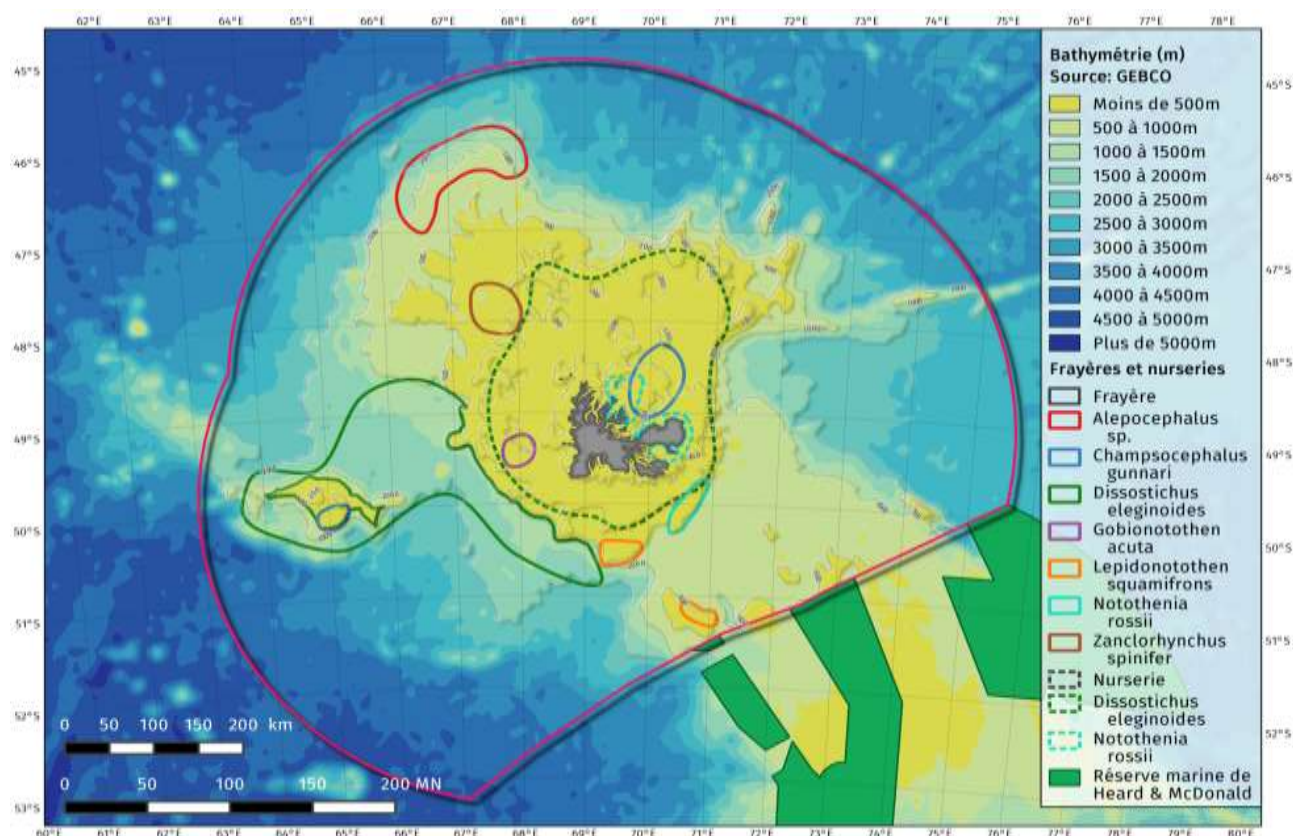


Figure 12. La diversité des espèces par bathomes dans la zone océanique de Crozet

## Les zones fonctionnelles des poissons démersaux :

Les **zones fonctionnelles** telles que les **frayères**, les **zones de concentration larvaires** ou les zones de **nourriceries** ont été identifiées dans les études précédemment citées. Pour Kerguelen, ces données ont été synthétisées au cours de l'atelier scientifiques sur les enjeux de conservation (Cf. Carte 11) (Koubbi et al. 2016a). Des différences de distribution spatiale en fonction des étapes de la vie (*life stage*) sont observées pour certaines espèces qui migrent depuis les zones de frayères vers les zones de nurserie. Ce phénomène de migration ontogénique est observé notamment pour la légine ou les colins.



Carte 47. Frayères et nurseries des principales espèces commerciales à Kerguelen

### II.E.3) c) ii. Les organismes benthiques de Saint-Paul et Amsterdam

Seuls les groupes les plus abondants et sur lesquels nous disposons d'assez d'informations sont ici présentés.

#### Les organismes benthiques sessiles :

Parmi la flore et la faune benthique des îles Saint-Paul et Amsterdam, il faut noter **l'importance fonctionnelle fondamentale des grandes algues laminaires pour la structuration des habitats et des populations**, et en particulier pour des espèces à forte valeur patrimoniale telle que la langouste *Jasus paulensis* (Beurois 1975). En premier lieu, la grande laminaire *Macrocystis pyrifera* dont les frondes dérivant vers l'est sous l'action des vents d'ouest est un vecteur de dispersion essentiel pour la faune (Beurois 1975) et la connectivité entre populations de nombreuses espèces dans l'océan Indien (dispersion de larves et propagules). D'autre part, en terme fonctionnel, les macroalgues sont également d'importance car les peuplements de *Laminaria pallida* et de macroalgues photophiles (fonds durs de l'infralittoral supérieur) et ceux de *Macrocystis pyrifera* et algues rouges sciaphiles (infralittoral inférieur) abritent les populations de langoustes "foncées" dites de terre. L'algue *Macrocystis pyrifera* joue également un rôle très structurant de l'habitat grâce à ses crampons qui constituent un refuge pour les stades juvéniles de

nombres d'espèces. C'est notamment le cas des jeunes langoustes dont le développement est très dépendant écologiquement de ces algues.

En domaine plus profond (circalittoral), le fort rôle de structuration des habitats est relayé par les macro-invertébrés benthiques sessiles qui jouent un rôle de structuration des habitats essentiel pour la survie des peuplements des langoustes "claires" dites du large. **Ces organismes "clé de voûte" sont surtout représentés par les bryozoaires, les gorgonaires et les antipathaires.** Ce sont d'abord les peuplements de coralligènes qui jouent ce rôle entre 40 et 80 m de profondeur. Ces coralligènes sont constitués de massifs de grands bryozoaires constructeurs branchus du genre *Tubicellepora* associés à des algues calcaires, des bryozoaires et de grands foraminifères encroûtant. Au-delà de 80 m, les habitats sont structurés par les gorgonaires du genre *Acanthogorgia*, puis enfin par l'antipathaire géant arborescent *Antipathes subpinnata* qui forme de véritables "forêts" sous-marines, et dont les parties mortes servent de support à d'autres invertébrés sessiles (bryozoaires, alcyonaires, zoanthaires). Ces habitats marins sont particulièrement vulnérables car le taux de croissance lent de leurs espèces "clés" ne permettrait pas de supporter une dégradation soutenue (ex : destruction des colonies par chalutage).

### **Les mollusques :**

Dans l'étage supralittoral, une espèce de gastéropode pulmoné *Marinula nigra* est particulièrement abondante. Les autres espèces abondantes se trouvent dans l'étage médio-littoral (pulmoné *Kerguenella macgillivray*, bivalve *Lasaea consanguinea* et patelle *Nacella depsta*). Au niveau de l'infralittoral supérieur plusieurs petits gastéropodes sont particulièrement abondants, c'est le cas de *Phasianella munieri* et du grand gastéropode *Argobuccinum ranelliforme proditor*. La "praire" *Venus antarctica* est commune dans les substrats meubles de l'infralittoral. Enfin, l'espèce de poulpe du genre *Octopus* est abondante certaines années.

### Les crustacés :

Ils sont représentés en zone supralittorale par l'isopode oniscoïde *Deto armata* ainsi que par des amphipodes de la famille des Talitroidea. Des amphipodes du genre *Hyale* : *H.media*, *H.grandicornia*, *H.hirtipalma* sont abondants à l'étage infralittoral ainsi que les isopodes, *Cirolana rugicauda*, *Parisocladus perforatus*, *Idotea nitida* et *Dynamella brunnea* (cette dernière est endémique de St-Paul et Amsterdam). De 0 à 500m, on retrouve la langouste *Jasus paulensis*, espèce emblématique qui fait l'objet d'une pêche ciblée.

#### **Focus sur une espèce ciblée par la pêche à Saint-Paul et Amsterdam**

La langouste de Saint Paul (*Jasus Paulensis*) est un crustacé de la famille des Palinuridae. On retrouve d'autres espèces du genre *Jasus* distribuées tout autour de l'hémisphère sud, dans les eaux tempérées de l'Océan Atlantique, de l'Océan Indien et de l'Océan Pacifique. La langouste de Saint-Paul, a une distribution limitée aux côtes des îles Saint-Paul et Amsterdam, et à certains monts sous-marins de l'Océan Indien. Cependant, bien que l'on ait longtemps fait la distinction entre la *Jasus paulensis* de Saint-Paul et la *Jasus tristani* de l'archipel Tristan da Cunha (Atlantique Sud), la génétique n'établit pas suffisamment de différences entre les deux espèces pour justifier leur séparation en deux espèces distinctes (Jeffs et al. 2013). Chez *Jasus Paulensis*, selon la profondeur on distingue deux formes (Duhamel 1980). En zone côtière, caractérisée par la présence de l'algue brune *Macrocystis pyrifera* (de 0 à 50 m de profondeur), on rencontre un type de *Jasus paulensis*, dite langouste côtière, se nourrissant principalement d'algues alors qu'en zone profonde, au-delà de 50 m et jusqu'à 460 m de profondeur, *Jasus paulensis* est plus claire de couleur jaune-orangée et appelée langouste profonde, principalement détritivore et en moyenne plus grosse que celles côtières. Les langoustes du genre *Jasus* sont matures qu'après 3 à 7 ans selon l'espèce (Jeffs et al. 2013). Néanmoins, chez *Jasus paulensis*, l'âge de maturité précis est méconnu. La reproduction de *Jasus paulensis* a lieu en hiver austral, après mue de la femelle. Ainsi, on rencontre des femelles œuvées du mois de mai au mois de septembre (Duhamel 1980). Les œufs fécondés sont portés sur les soies ovigères de la femelle jusqu'à l'éclosion, les larves planctoniques (phyllosomes) sont alors emportées au large et commencent leur phase pélagique. Elles se métamorphosent après plusieurs mois en pueruli, légèrement mobiles, certains parviennent par un mécanisme inconnu à rejoindre les eaux côtières ou des hauts fonds (Jeffs et al. 2013).



Photo 35. *Jasus paulensis* de Saint Paul et Amsterdam

### Les poissons démersaux :

A Saint-Paul et Amsterdam, les espèces qui dominent l'ichtyofaune démersale sont le "bleu" (*Acantholatris monodactylus*), le "saint-paul" (*Latris lineata*), le cabot (*Polyprion oxygeneios*), le tazard (*Thyrsites atun*), le rouffe antarctique (*Hyperoglyphe antarctica*), le "rouget" (*Serranus novemcinctus*) et le "rose",

(*Plagiogeneion rubiginosus*). L'ichtyofaune de ces îles est très similaire à celles de Tristan da Cunha (Atlantique sud), Juan Fernandez (Pacifique sud) et même celles d'Australie méridionale (Tasmanie en particulier), de Nouvelle-Zélande et d'Afrique Australe (Duhamel 1989). Trois espèces endémiques appartiennent au domaine néritique, il s'agit de *Notopogon armatus* de la famille des Macroramphosidae, *Neomerinthe bauchotae* de la famille des Scorpaenidae et *Bovichtus veneris* de la famille des Bovichthyidae.



Photo 36. *Bovichtus veneris*, espèce endémique de Saint-Paul et Amsterdam

**Focus sur deux espèces ciblées par la pêche à Saint-Paul et Amsterdam**

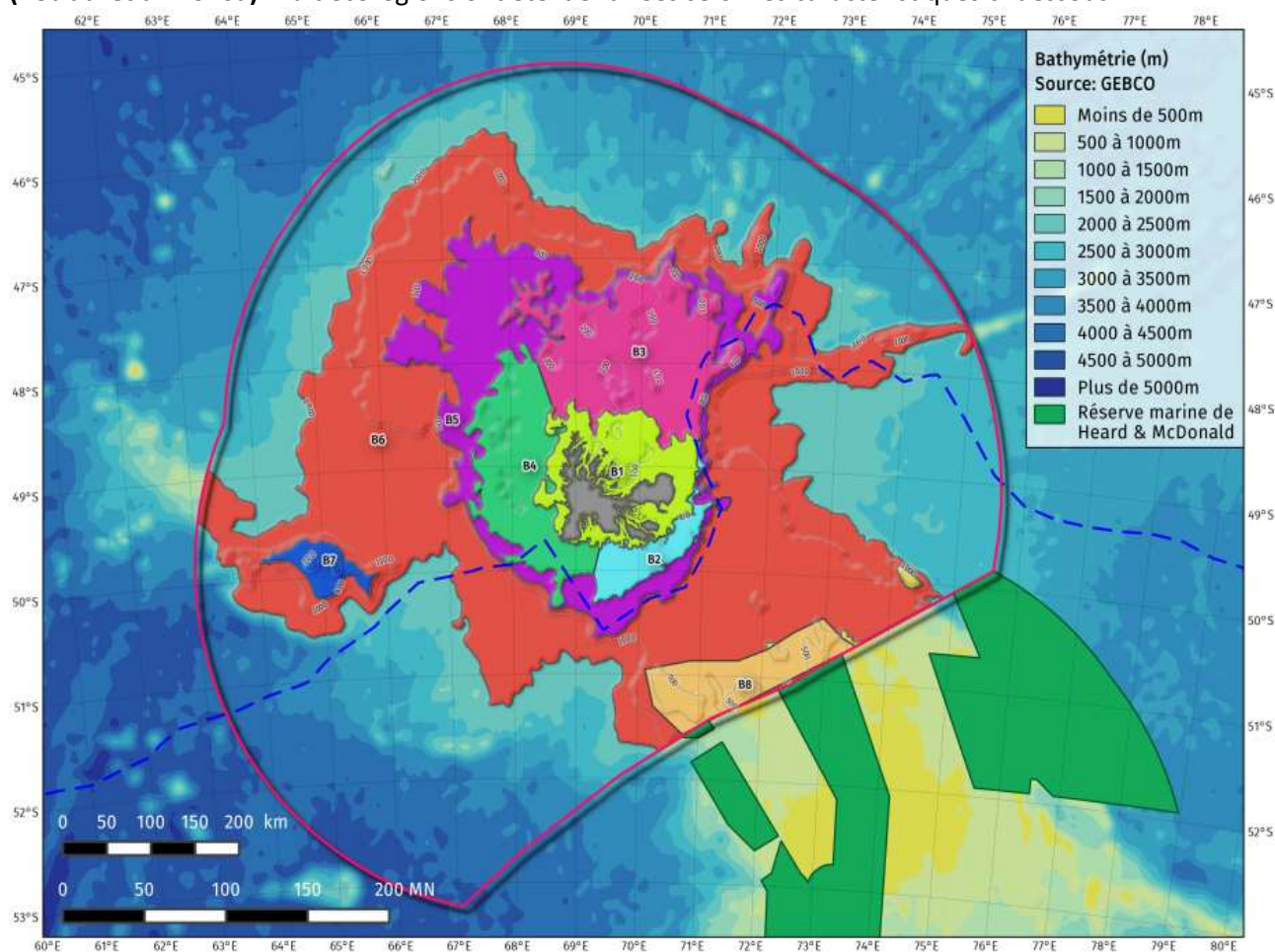
**Le saint-paul et le cabot** sont des poissons démersaux que l'on retrouve sur les côtes et hauts-fonds des zones subtropicales de l'hémisphère sud. Ce sont des prédateurs ichthyophages à l'âge adulte, et qui peuvent atteindre respectivement 25kg et 100kg plus de 100kg. Ces deux espèces ont une phase juvénile pélagique, puis reviennent à la côte à l'âge adulte. A Saint-Paul et Amsterdam, les programmes de marquages recapture de *Latris lineata* laissent supposer des stocks de poisson adultes distincts entre les deux îles.



## II.E.3.d) Les enjeux identifiés pour le milieu benthique

### II.E.3) d) i. La démarche d'écorégionalisation à Kerguelen

Les enjeux de conservation du domaine benthique ont été caractérisés lors de l'atelier de juin 2016 à Paris (Koubbi et al. 2016a). Huit écorégions ont été identifiées selon les caractéristiques ci-dessous:



Carte 48. Les écorégions benthiques à Kerguelen

#### **B1 Le domaine côtier :**

Le domaine côtier abrite de nombreuses espèces, dont des espèces endémiques, et des habitats qui remplissent une fonction essentielle dans le cycle de vie de nombreuses espèces à forte valeur patrimoniale. Ainsi, les zones de laminaires (macroalgues) à *Macrocystis pyrifera* jouent un rôle essentiel dans le cycle de vie de nombreux invertébrés, poissons et mammifères marins (comme le dauphin de Commerson). Les habitats côtiers constituent également des zones de frayères pour de nombreux poissons comme le *Lepidonotothen squamifrons* qui a une zone de ponte dans les fjords au nord de Kerguelen et dans le golfe du Morbihan.

### **B2, B3, B4 La zone de plateau (100 to 200m) :**

Le plateau peut se diviser en 3 zones : la zone nord-est du plateau (B3) ; la zone sud-ouest du plateau (B4) et la zone sud (B2). La zone NE et SO ont une topographie très différente et présentent des assemblages benthiques particulier. Le plateau NE présente une forte abondance en organismes benthiques et en poissons démersaux. L'abondance semble moins importante sur le plateau SO mais on y trouve une plus forte diversité de VME (corails rouges et Euryalidae (ophiures). La partie sud du plateau est moins particulière que les deux autres.

### **B5. Le talus continental (200 to 500m) :**

Peu d'informations sont disponibles pour cette zone qui est une zone essentielle pour différentes espèces commerciales (zones de frayères).

### **B6. La zone profonde (500 to 2000m) :**

Un changement important de la faune se produit à partir de 500m, avec l'apparition des poissons de grande profondeur comme les grenadiers et les antimores. On dispose de peu d'informations sur la zone profonde, notamment pour les céphalopodes et les organismes benthiques pour lesquels sont supposées de fortes concentrations dans la partie ouest. Cette zone représente un fort enjeu de connaissance.

### **B7. Banc Skiff :**

C'est le seul banc déconnecté du plateau. C'est une zone potentiellement importante au plan biogéographique : les seamounts peuvent dans certains cas être des relais pour le maintien de la connectivité biologique entre les plateaux, ou bien constituer des zones d'isolat impliquant des phénomènes d'endémisme. Moins productive, les quantités de biomasse pour la faune benthique sont plus faibles que sur le plateau NE mais la diversité des espèces est supérieure. On y trouve des zones de frayères pour le *C. gunnari* et la légine australe. En revanche, il n'y a pas d'assemblage spécifique de poissons sur ce banc.

### **B8. Kerguelen-Heard seamounts :**

Cette zone est moins bien connue. Le plateau et le talus sont des zones importantes pour les poissons démersaux avec de fortes abondances sur la zone nord est. On y trouve une zone de ponte du *L. squamifrons*, *Channichthys rhinocerotus*, *Zanclus cornutus spinifer*, *C. gunnari* et *N. rossii*. Sur la zone profonde de 800 à 1100 m, à l'ouest du plateau, se trouve l'unique zone de ponte de la légine australe du plateau de Kerguelen.

### **Zone abyssale :**

Ces zones restent inexplorées et des études sont nécessaires afin de mieux connaître ces milieux potentiellement vulnérables.

#### II.E.3) d) ii. Enjeux de conservation et perspectives pour le domaine benthique

Les écosystèmes benthiques sont structurés en fonction des différents bathomes, chacun d'entre eux présentant des espèces ou assemblages d'espèces particuliers. Les données des programmes scientifiques en cours attestent d'une grande diversité d'habitats et d'espèces en milieu côtier, abritant des zones fonctionnelles essentielles pour les espèces marines comme les zones d'alimentation, de reproduction et de nourricerie. Ces zones sont **particulièrement vulnérables aux modifications de l'environnement et aux activités humaines qui y sont plus fréquentes.**

Les **taxons indicateurs d'écosystèmes marins vulnérables (EMV)** permettent d'identifier des milieux riches et diversifiés, potentiellement sensibles aux activités de pêche et au changement climatique. C'est le cas par exemple du banc Skiff, qui présente une diversité importante de taxons indicateurs d'EMV dans une zone restreinte, ainsi qu'un particularisme fort dans la composition de ses peuplements. Le classement du banc Skiff en zone de protection renforcée et l'interdiction de toute activité industrielle et commerciale qui en découle garantit la préservation des enjeux de conservation sur cette zone.

Par ailleurs, les ZEE australes concentrent un certain nombre de **frayères et de nurseries** pour les espèces patrimoniales, parmi lesquelles des espèces commerciales. Ces différentes zones, qui sont incluses dans le périmètre de la Réserve, font l'objet de mesures de gestion adaptées. Malgré l'existence d'un modèle de gestion durable des pêcheries australes qui limite l'interaction avec le benthos, les prises accessoires de taxons indicateurs d'EMV demeurent, ce qui encourage l'adoption de mesures de régulation et le suivi renforcé des activités de pêche pour certaines de ces zones.

De manière générale, il existe un **fort enjeu d'acquisition de connaissance sur le domaine benthique et en particulier sur les Écosystèmes Marins Vulnérables (EMV)**. Le manque de connaissances à leur sujet ne permet pas en l'état de statuer précisément sur le statut patrimonial de chacun des taxons. Si les informations sont parcellaires sur Kerguelen, elles sont d'autant plus rares sur Crozet, Saint-Paul et Amsterdam où les campagnes halieutiques sont très occasionnelles. Pourtant, ces deux districts sont tout aussi impactés par les changements globaux et les activités de pêche (langouste et poissons à Saint-Paul et Amsterdam et légine sur Crozet). L'approche d'écorégionalisation engagée sur Kerguelen et présentée ci-avant n'est donc pas possible sur ces territoires. Il est donc essentiel d'y engager de plus amples campagnes scientifiques visant l'étude des organismes benthiques, afin d'assurer la pertinence des mesures de gestion sur ces sites. L'étude et le suivi des écosystèmes benthiques demandent des moyens différents en fonction de la profondeur. Si les fonds sédimentaires sont en général accessibles par les outils déployés depuis les navires, les substrats durs, souvent bien moins connus car plus difficiles d'accès, nécessitent des techniques d'études "in situ" de type plongée, ROV (*Remotely Operating Vehicle*), etc. Ces facteurs sont pris en compte dans le cadre des actions de ce plan de gestion visant l'amélioration des connaissances sur ces écosystèmes.



Photo 37. Patelle (*Nacella edgari*) sur un rocher (profondeur-1m) devant Port aux Français

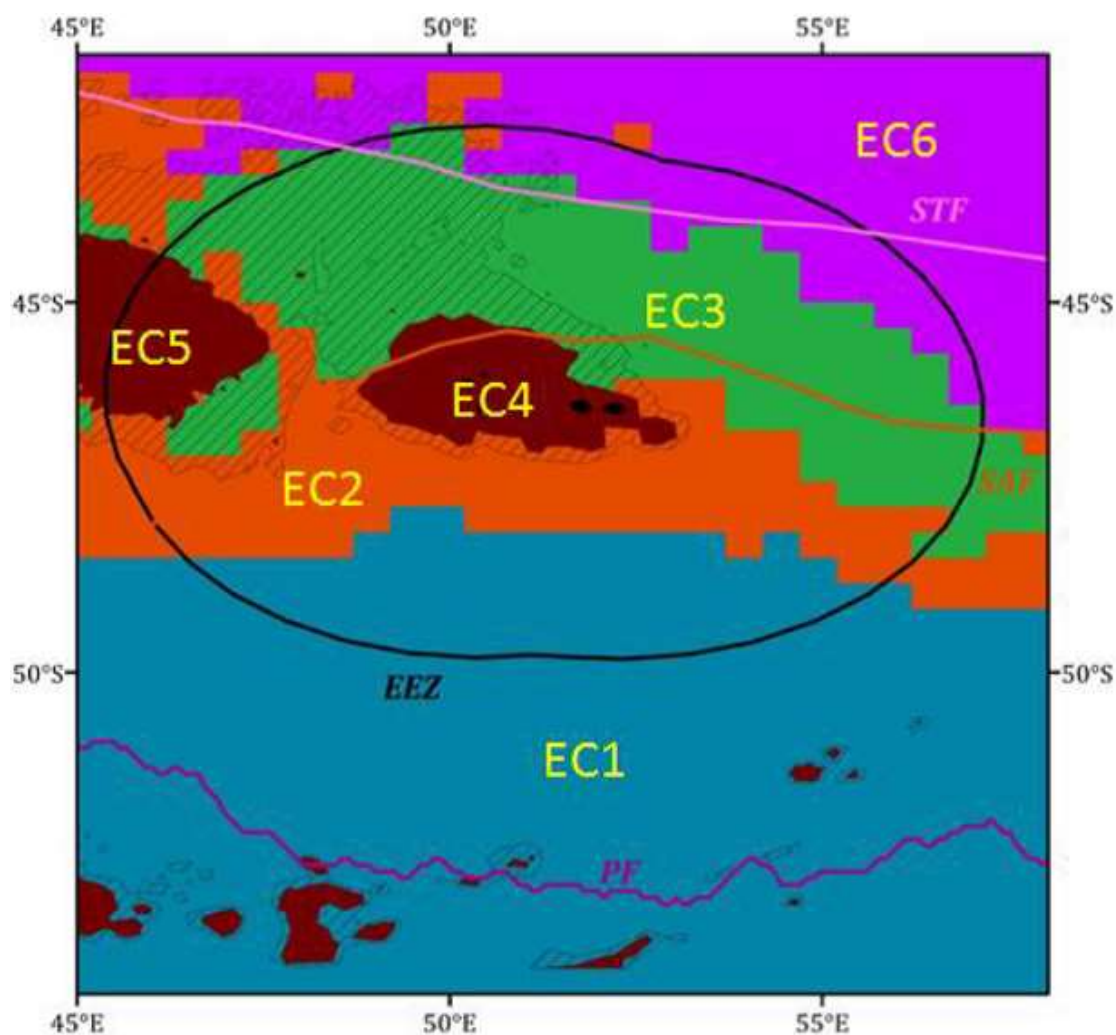
#### II.E.4. Synthèse sur les dynamiques écorégionales

Le milieu marin est un **système complexe** défini selon **des caractéristiques biologiques, océanographiques, pédologiques et chimiques**. Sur les Terres australes, la présence des différents fronts détermine la composition des communautés biologiques, elles-mêmes influencées par le niveau bathymétrique autour des îles. De plus, les espèces peuvent utiliser différents milieux en fonction de leur cycle de vie (migration ontogénique). **Pour comprendre les dynamiques autour de ces îles, il est essentiel de prendre en compte l'ensemble des interactions trophiques, depuis le phytoplancton jusqu'aux prédateurs supérieurs. La superposition de ces données, ainsi qu'une analyse multidisciplinaire, permet de définir des "écorégions".**

*Si l'atelier scientifique de juin 2016 (Koubbi et al. 2016a) et le projet CROMEBA (Koubbi et al. 2016b) ont permis d'identifier ces dynamiques écorégionales, les données sont insuffisantes sur Saint-Paul et Amsterdam pour réaliser cet exercice.*

##### **II.E.4.a) Les écorégions marines à Crozet**

**Le projet CROMEBA (CROzet Marine Ecosystem Based Management)** fait une synthèse des connaissances disponibles d'un point de vue pélagique, benthique et oiseaux et mammifères marins sur l'archipel de Crozet (Koubbi et al. 2016). Le projet approfondit également l'analyse des dynamiques pélagiques autour de l'archipel, présentées en partie II.E.2) c) i. . Six écorégions marines ont été délimitées dans le cadre de ce projet:



Carte 49. Les écorégions marines à Crozet

### **EC 1 :**

Cette zone présente les températures de surface annuelles les plus faibles ( $T < 5^{\circ}\text{C}$ ) et une salinité relativement plus faible que les eaux situées plus au nord. La couche de mélange est plus profonde en hiver (190m) en comparaison aux régions du Nord. La région sud-ouest de la ZEE se caractérise par la région du front polaire et la présence de structures frontales avec une activité de transport moins intense ( $0,15 \text{ d}^{-1}$ ), mais également la présence des monts sous-marins Ob et Lena, ces monts sont uniques concernant le domaine de planification 5 de la CCAMLR. C'est une région peu productive et moins turbulente que les autres mais permettent la rétention tourbillonnaire. Les tourbillons ont un rôle important pour les voyages alimentaires des manchots royaux pendant la période estivale de reproduction (Cotté et al. 2007). Enfin, cette zone n'est pas soumise à l'effet d'île du plateau de Crozet et n'est donc pas enrichie par les sédiments qui y sont associés. Elle est caractérisée par une concentration en chlorophylle a qui reste faible au cours de l'année ( $< 0,3 \text{ mg.m}^{-3}$ ) et correspond aux zones HNLC (High Nutrients Low Chlorophyll) typiques de l'océan Austral. La croissance du phytoplancton est limitée dans cette région. En outre, la région est moins turbulente avec des fronts de transport faibles associés à une très faible intensité de courant. Toutefois, cette région présente de nombreux gyres.

L'EC1 est ciblée par les manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus*) et les albatros fuligineux à dos clair (*Phoebetria palpebrata*), notamment lors de leur période de reproduction durant laquelle ils sont particulièrement présents dans la zone centrale. La distribution des manchots royaux est fortement dépendante de la zone frontale, en particulier du front polaire. La population se nourrit essentiellement pendant l'été au sud de l'archipel de Crozet, à savoir dans les eaux de la zone frontale polaire (Bost et al., 1997; 2009; 2015). Les albatros fuligineux à dos clair sont peu présents dans cette zone, notamment en dehors de leur période de reproduction, période durant laquelle ils privilégient le secteur Est de l'EC1. C'est

aussi le cas des albatros fuligineux à dos sombre (*Phoebetria fusca*) et des gorfous macaroni (*Eudyptes chrysolophus*). Ces derniers utilisent notamment les eaux profondes de la zone frontale polaire et de la zone subantarctique en période d'incubation mais également en hiver, à savoir en dehors de leur période de reproduction.

Les pétrels à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis*) et les pétrels géants antarctiques (*Macronectes giganteus*), bien que rares, peuvent également être présents dans cette région. Ils ciblent également la zone centrale de l'EC1. Enfin les grands albatros (*Diomedea exulans*), les pétrels géants subantarctiques (*Macronectes halli*) et les gorfous sauteurs de l'Est (*Eudyptes filholi*) sont peu présents dans cette région.

La zone centrale de cette écorégion, située au sud des îles, est considérée comme la partie la plus importante de cette écorégion puisque c'est une zone de transit du manchot royal vers ses zones d'alimentation situées au sud de la ZEE de Crozet.

### **EC 2 :**

Cette écorégion possède les mêmes caractéristiques physiques que l'écorégion 1, les températures de surface sont relativement froides et la salinité est faible. La couche de mélange est légèrement plus profonde que dans l'écorégion 1. C'est une région intermédiaire puisqu'elle est peu productive mais dynamique de par la présence de plusieurs tourbillons dans la partie ouest, à la limite du plateau Del Cano. C'est également une zone HNLC.

À l'exception des grands albatros et les pétrels géants subantarctiques, de nombreux prédateurs supérieurs sont présents dans cette zone. Les manchots royaux, albatros fuligineux à dos clair la traversent pour leur nutrition. Elle constitue une voie de passage vers le front polaire notamment au cours des périodes de reproduction, ce qui en fait une zone de transit capitale. Elle constitue également une partie de la zone de nutrition des gorfous sauteurs de l'est et des albatros fuligineux à dos sombre. Les gorfous macaronis, pétrels à menton blanc et pétrels géants antarctiques s'y nourrissent et y transitent pour accéder à l'EC1. En particulier, la zone centrale de cette écorégion est une zone importante de transit pour les oiseaux marins.

### **EC 3 :**

Cette zone présente une température de surface intermédiaire entre les eaux du nord plus chaudes et celles du sud plus froides. La salinité de surface est relativement élevée et la couche de mélange en hiver est moins épaisse que dans les régions du sud avec une profondeur de 100m. Le temps de rétention des gyres est élevé, notamment au Nord-ouest du plateau de Crozet. Cette écorégion est presque entièrement située dans la ZEE de Crozet. La circulation est à l'origine d'une production de phytoplancton significative dans cette région qui est moins dynamique. Cette région comprend la zone de bloom phytoplanctonique qui peut être subdivisée en deux parties :

- Le premier secteur est sous l'influence de l'effet d'île (Doty et Oguri, 1956), provoquant un enrichissement en fer des sédiments du plateau (Planquette et al, 2007; Sanial et al 2014..). Il permet la croissance du phytoplancton. Ceci est une zone de faible circulation, au nord du plateau, ce qui correspond à la zone de rétention. Cette zone correspond à une zone cible pour les grands prédateurs tels que le manchot macaroni et les éléphants de mer

- Le deuxième secteur, à l'ouest en direction du plateau Del Cano, est relativement moins affecté par la circulation des eaux enrichies. Cependant, elle se caractérise par une grande activité tourbillonnaire. Les gyres sont des structures qui peuvent grandement influencer sur la production primaire (Falkowski et al., 1991).

Les pétrels géants subantarctiques se distribuent majoritairement dans l'EC3 et sont très peu présents dans les autres régions. Dans EC3, leur présence décroît avec l'éloignement au plateau. Les pétrels géants antarctiques sont également principalement distribués dans cette zone. Toutefois, ils se dirigent préférentiellement vers le secteur est. Les pétrels à menton blanc ciblent le secteur compris entre 50,8-52°E et 43-45°S, tandis que les gorfous macaroni vont préférentiellement légèrement plus à l'est (50,9-53,2°E et 43,8-46°S). Le secteur nord-ouest, où est localisé le tourbillon récurrent, est ciblé par les gorfous sauteurs et macaronis hors de leur période de reproduction et par les albatros sombres. Enfin, les albatros fuligineux à dos clair, manchots royaux et grands albatros pénètrent peu dans EC3.

EC3 est une des rares zones où passent deux fronts, le Front Subtropical et le Front Polaire, et c'est la seule région subantarctique véritable des TAAF. Ceci crée des enjeux tout particuliers, très différents de ce que

l'on peut retrouver à Kerguelen. Cette zone pourrait être particulièrement impactée par le changement climatique et le déplacement des fronts qu'il engendrerait. Enfin, cette zone est essentielle en termes de production biologique avec la zone de rétention, le tourbillon à l'Ouest et l'effet d'île à l'Est.

#### **EC 4 :**

Cette écorégion regroupe les 5 îles de l'archipel ainsi que la région du plateau limitée par l'isobathe à 500m et qui enrichit les eaux avec du fer ce qui est important pour la production du phytoplancton. Les eaux enrichies du plateau restent autour de ce dernier plus de 50 jours. La proportion en fer est importante au niveau du bord du plateau et diminue rapidement avec la distance. Le fer est dispersé préférentiellement vers le Nord-Est. EC4 est caractérisée par des températures de surface relativement chaudes (~5°C), une salinité faible et une couche de mélange peu profonde. Le transport frontal est très réduit. La concentration en chlorophylle-a est importante dans cette zone. Les espèces de zooplancton *E. valentini*, *T. macrura* et *E. triacantha* sont abondantes, alors que *E. frigida* est absente de cette zone.

Les poissons mésopélagiques sont peu présents. *G. nicholsi* et *P. bolini* sont les plus représentés, suivis de *P. tenisoni*, *G. braueri* et *G. fraseri*. Enfin, les espèces *K. anderssoni*, *E. antarctica* et *E. carlsbergi* sont très peu présentes à absentes.

La zone Est du plateau est une zone très intéressante puisqu'elle permet l'inclusion de régions benthiques représentatives de Crozet en présentant un fort gradient bathymétrique, des fortes populations d'organismes mésopélagiques et de mammifères marins, ainsi que des espèces de poissons endémiques (Nototheniidae, Liparidae, Rajidae). Le canyon situé au nord est du plateau est également une zone intéressante de cette écorégion.

C'est également le lieu privilégié des nombreux oiseaux marins présents à Crozet et qui viennent s'alimenter dans cette zone, proche des colonies, durant la période de reproduction mais également d'alimentation des juvéniles.

#### **EC 5 :**

La température de surface est chaude, la salinité et la profondeur de la couche de mélange faible. L'intensité du transport frontal est réduite et la rétention tourbillonnaire importante. Cette zone n'est pas enrichie en fer par les sédiments du plateau de Crozet.

La concentration en chlorophylle-a est très faible. L'espèce zooplanctonique la plus retrouvée est *E. valentini*, tandis que *T. macrura* et *E. triacantha* sont moins présentes et *E. frigida* est quasi absente.

Les poissons mésopélagiques *G. fraseri* et *P. bolini* sont les plus représentés. Toutefois, les espèces *P. tenisoni*, *K. anderssoni* et *G. braueri* sont également trouvées. *E. antarctica*, *E. carlsbergi* et *G. nicholsi* sont quant à elles très peu présentes.

EC5 est majoritairement ciblée par les grands albatros. Elle semble être une voie privilégiée vers l'ouest. Dans cette zone sont également présents des albatros fuligineux à dos sombre et, notamment hors de la période de reproduction, des gorfous macaronis et sauteurs. Les pétrels à menton blanc se dirigent principalement à la limite sud de cette zone. Les manchots royaux, pétrels géants antarctiques, pétrels géants subantarctiques et albatros fuligineux à dos clair y sont très peu présents.

Cette zone est probablement une zone de connectivité importante avec les îles de Marion et Prince Edward. Mais les données sur cette zone sont encore lacunaires.

#### **EC 6 :**

Cette région présente des données de températures de surface (~10°C) et de salinité les plus hautes de la région de Crozet. La couche de mélange est plus superficielle que dans les autres régions (100m en hiver). C'est la seule région subtropicale présente dans la ZEE de Crozet. L'activité de transport frontal est très importante au nord (0.25 d<sup>-1</sup>), zone qui se caractérise par la juxtaposition de plusieurs fronts (Front Subantarctique, Front polaire et le courant de retour des Aiguilles) qui forment la zone frontale triple de Crozet. Cette zone est productive en raison de la configuration de la circulation et est très dynamique. Le transport frontal à mésoéchelle est très intense, ce qui déstabilise rapidement les tourbillons formés. Elle possède une concentration en chlorophylle a plus importante en Octobre et Novembre, mais l'augmentation est plus faible (0,5 mg.m<sup>-3</sup>) que dans EC3. Les espèces zooplanctoniques *E. frigida*, *E. valentini*, *T. macrura*, et *E. triacantha* sont très peu présentes.

La rétention tourbillonnaire est donc quasi inexistante. Enfin, la zone n'est pas soumise à l'enrichissement en fer par les sédiments du plateau de Crozet. La concentration de chlorophylle-a peut être importante au cours de l'année. Toutefois, les espèces zooplanctoniques *E. frigida*, *E. valentini*, *T. macrura*, et *E. triacantha* sont très peu présentes.

Les poissons mésopélagiques sont très peu trouvés avec des probabilités de présence inférieures à 0,2.

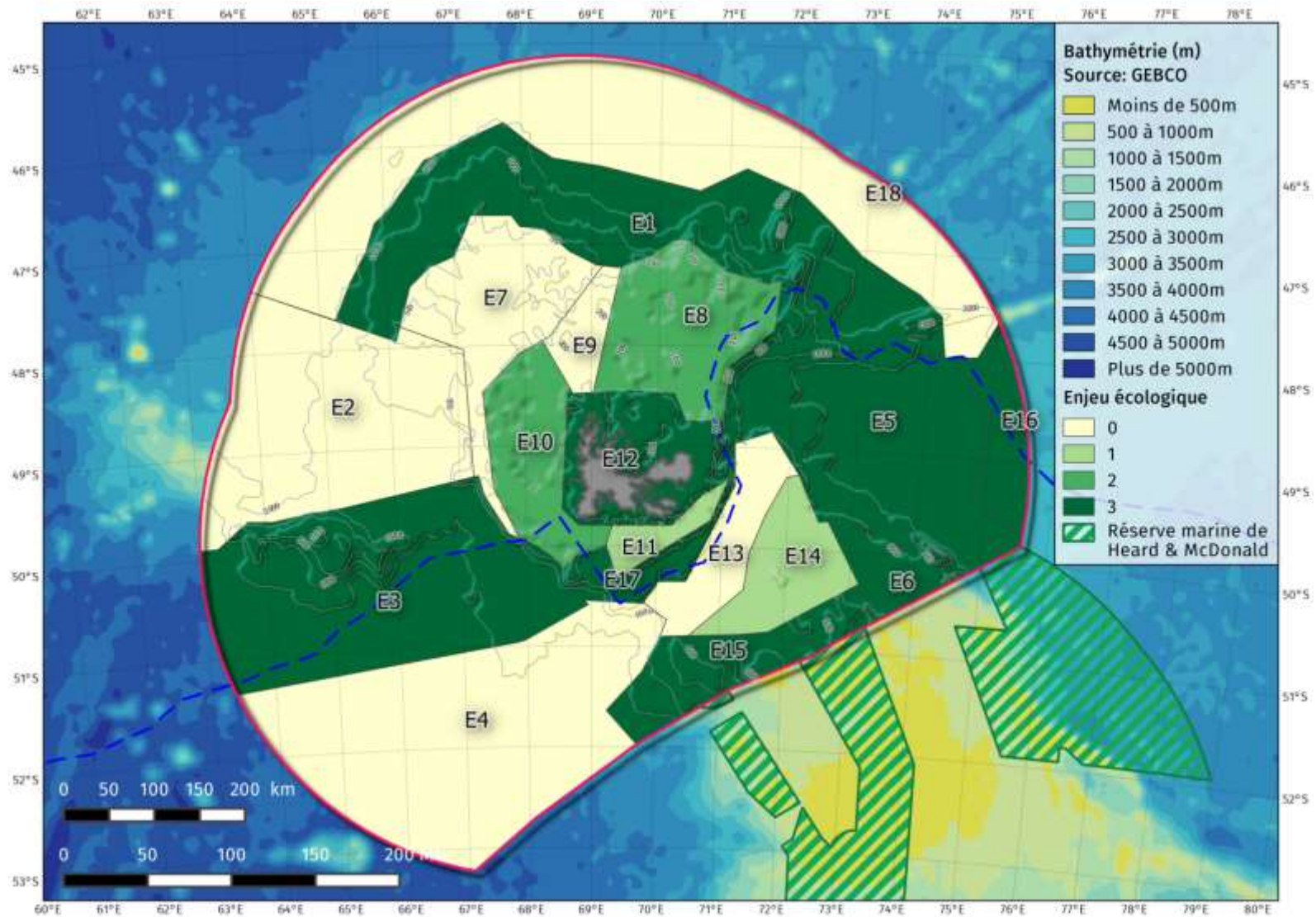
Cette écorégion est globalement moins ciblée par les oiseaux marins. Cependant, ce sont majoritairement les albatros fuligineux à dos sombre, les pétrels à menton blanc et les pétrels géants subantarctiques qui s'y dirigent, principalement dans le secteur central entre 48 et 52°E. Hors de leur période de reproduction respective, les albatros fuligineux à dos clair, les gorfous macaronis et les gorfous sauteurs se dirigent dans le secteur central de cette région. Les gorfous sauteurs ciblent également une zone plus à l'est, à la frontière de EC3. Les grands albatros, manchots royaux, pétrels géants antarctiques sont très peu présents dans cette région.

Sa situation au niveau du Front Subtropical en fait une zone particulièrement intéressante d'un point de vue écologique.

#### *II.E.4.a) Les écorégions marines à Kerguelen*

Lors de l'atelier qui s'est tenu à Paris en 2016 (Koubbi et al 2016), une carte synthétique a été créée, découpant la ZEE de Kerguelen **en 18 écorégions** (cf. Carte 50). Ces écorégions représentent une synthèse de la démarche d'écorégionalisation engagée pour chacun des compartiments. Ces zones ont été classées en 4 niveaux d'importance écologique : haute (3), moyenne (2), faible (1), non significative (0).





Carte 50. Les écorégions de Kerguelen prioritaires selon leur valeur écologique.

Valeur écologique de 0 (non significative) à 3 (forte)

Les zones présentant **les plus forts enjeux écologiques** sont caractérisées ci-dessous :

#### **Ecorégion 1. Talus Nord :**

Cette zone est située au sud du Front Subantarctique caractérisée par une forte intensité du courant circumpolaire antarctique. Une zone de rétention est observée au centre de cette écorégion. Les zones nord-ouest et sud-est sont des zones de haute abondance et de diversité pour les oiseaux et mammifères marins qui se nourrissent de calmars. Cette zone est également riche en poissons démersaux, dont de nombreuses espèces endémiques et patrimoniales que l'on retrouve le long du talus. Cette zone a été catégorisée lors de l'atelier comme une zone de haute valeur écologique.

#### **Ecorégion 3. Banc Skiff :**

Cette zone comprend le banc Skiff et les zones alentours, incluant ainsi tous les gradients bathymétriques du haut du banc jusqu'aux zones profondes. Le banc Skiff est le banc le plus large de toute la zone et représente une zone essentielle de reproduction pour le poisson des glaces et la légine australe. Cette écorégion inclut dans sa partie sud une partie du Front Polaire. Cette zone comprend une forte diversité d'espèces indicatrices EMV. Cette zone a été catégorisée comme une zone de haute valeur écologique.

#### **Ecorégion 5. Méandre du Front Polaire / Polar Front meander :**

C'est la zone la plus au nord du front polaire mais également la zone la plus au nord pour les assemblages d'espèces typiques de l'antarctique. C'est une zone majeure pour l'alimentation des oiseaux et mammifères marins consommateurs de ressources mésopélagiques. La partie Ouest est très stable d'une année sur l'autre, représentant une zone stable d'alimentation pour les prédateurs supérieurs. Cette zone représente une haute valeur écologique.

#### **Ecorégion 6. Incursion d'eau froide :**

C'est la partie la plus au nord des eaux de surfaces subantarctiques ce qui structure la distribution verticale du micronekton. Ceci rend les proies mésopélagiques plus accessibles aux prédateurs supérieurs. Cette zone a une haute valeur écologique.

#### **Ecorégion 8. Nord-est du plateau de Kerguelen :**

Cette zone est caractérisée par une forte biomasse phytoplanktonique et une forte biomasse et diversité de taxons indicateurs d'EMV. Les dauphins de Commerson et les manchots macaroni sont dépendants de cet habitat en été. Elle présente une valeur écologique moyenne.

#### **Ecorégion 10. Plateau Ouest :**

Cette écorégion présente une grande diversité de taxons indicateurs d'EMV. C'est une zone de fraie pour le *G. acuta*. Elle représente une valeur écologique moyenne.

#### **Ecorégion 12. Zone côtière :**

La zone côtière est caractérisée par divers habitats comme des fjords, des baies et des forêts de Kelp. Cette zone est fortement influencée par les apports d'eau douce par les rivières. C'est sur cette zone côtière que l'on détient le plus de connaissance scientifique grâce à des études à long terme.

Ces zones côtières représentent des zones de reproduction et d'alimentation pour de nombreuses espèces, dont les oiseaux et mammifères marins. Ce sont également des zones de fraie pour les poissons côtiers, dont de nombreuses espèces endémiques, et des zones de nourricerie pour des poissons néritiques tel que *N. rossii*. Elles présentent également de forte concentration de taxons indicateurs d'EMV. Le dauphin de Commerson fréquente également les eaux côtières. Historiquement, les zones côtières abritaient de fortes concentrations de baleine à bosse. On y retrouve la baie du Morbihan, qui est la plus large baie comprenant de multiples îles et îlots. La Baie des Baleiniers est une zone de nourricerie pour les larves de poissons. Certaines fjords sont des zones de fraie pour le *L. squamifrons*. Pour toutes ces caractéristiques, cette zone présente une forte valeur écologique.

#### **Ecorégion 15. Les seamounts de Kerguelen- Heard :**

Cette zone rassemble les seamounts de Heard et Kerguelen situés à la frontière de la ZEE Australienne. Ces habitats sont couverts de vase et représente la zone principale d'alimentation pour les éléphants de mer juveniles. On y trouve également une zone de reproduction de *L. squamifrons*. Cette zone a une forte importance écologique.

#### **Ecorégion 16. Zone océanique Est :**

C'est une zone hautement productive liée au Panache de Kerguelen. Elle se caractérise par une importante activité mésoéchelle (tourbillons), liée à la turbulence du CCA, qui a un fort potentiel structurant sur l'écosystème. C'est une zone importante pour les éléphants de mer, les gorfous sauteurs et les pétrels. Elle présente une forte valeur écologique.

#### **Ecorégion 17. Zone de plateau Sud :**

C'est une zone de fraie pour le *L. squamifrons* et *N. rossii*. Elle présente une forte valeur écologique.

Les autres zones présentent **relativement moins d'enjeux écologiques** (enjeux faibles ou non significatifs). Pourtant, ces espaces **restent des zones à ne pas négliger** d'un point de vue de la conservation puisqu'elles permettent la connexion entre les différentes écorégions de la ZEE. Elles sont définies ci-après:

**Ecorégion 2. Zone océanique ouest**, située en dehors du plateau continental de Kerguelen.

**Ecorégion 4. Zone océanique sud-ouest**, zone profonde située en dehors du plateau continental.

**Ecorégion 7. Plateau nord-ouest et ouest**, zone néritique qui contient une zone de fraie du *Z. spinifer*.

**Ecorégion 9. Zone néritique nord**

Ecorégion 11. Plateau Sud

**Ecorégion 13. Passage Kerguelen Heard**, zone profonde située entre le plateau continental de Kerguelen et le plateau de Heard.

**Ecorégion 14. Zone sud productive**, zone d'alimentation secondaire pour les otaries à fourrure, les manchots royaux et manchots de macaroni.

**Ecorégion 18. Zone océanique Nord**, zone océanique située entre le plateau continental et le Front Subantarctique.

## **II.F. Oiseaux et mammifères marins**

**Les Terres australes françaises abritent les populations d'oiseaux et mammifères marins parmi les plus diverses et abondantes de la partie indienne de l'océan Austral.** La richesse des communautés d'oiseaux de Crozet et Kerguelen est due en partie à la proximité des trois fronts (STF, SAF et PF) associée à une forte productivité primaire en mer, particulièrement sur les plateaux continentaux, ce qui est essentiel pour l'alimentation des oiseaux et mammifères marins, et à la présence des îles qui offrent des sites de reproduction et de nidification. La concentration à terre des espèces est d'autant plus importante que les îles australes sont très isolées.

**47 espèces d'oiseaux marins, dont 14 sont évaluées menacées par la Liste rouge TAAF de l'IUCN (IUCN 2016), 3 pinnipèdes et 6 cétacés** se reproduisent régulièrement sur ces îles. Le domaine marin de ces îles est essentiel pour ces espèces pour qui il représente des zones d'alimentation, tandis que le domaine terrestre représente des zones de reproduction.

Par ailleurs, les oiseaux et mammifères marins sont considérés comme des bioindicateurs efficaces des changements dans les écosystèmes à différentes échelles spatiales et temporaires (Piatt and Sydeman, 2007). La présence, la diversité et l'abondance de ces prédateurs supérieurs fournissent des informations sur les autres taxons, notamment sur leurs proies (Wilson et al., 1994; Benoit-Bird et al., 2011) ou sur les espèces associées (Ballance et al., 1997). Ces espèces ont des niches trophiques variées dominées par les crustacés, les poissons pélagiques, les poissons mésopélagiques et les calmars.

## II.F.1. Etat de la connaissance

**Un suivi à long terme des oiseaux et mammifères marins est assuré depuis plusieurs dizaines d'années par le CEBC-CNRS** (Programme 109 IPEV ORNITHOECO: Oiseaux et mammifères marins sentinelles des changements globaux dans l'océan Austral).

Différents **programmes de distribution spatiale** sont également en cours depuis de nombreuses années. Certains programmes sont aujourd'hui terminés, mais ont contribué significativement à améliorer les connaissances. C'est le cas des programmes « Glides - Distribution en mer et conservation des oiseaux antarctiques » (ANR 07 Biodiv), IPSOS-SEAL « Investigation of the vulnerability of the Productivity of the Southern Ocean Subsystems to climate change : the Southern Elephant seal Assessment from mid to high Latitudes » (ANR VMC 07), « Réponses comportementales et démographiques des prédateurs marins de l'océan Indien aux changements globaux environnementaux » (ANR REMIGE), « Conservation des espèces menacées d'albatros et de pétrels de l'Océan Indien sud » (Fondation Prince Albert II de Monaco). D'autres ont cours aujourd'hui. C'est le cas des Zones Atelier « Recherches sur l'Environnement Antarctique et Subantarctique », de l'observatoire Mammifères Explorateurs du Milieu Océanique (MEMO SOERE CTD 02), ou encore du programme CNESTOSCA « Eléphants de mer océanographes » et Argonautica (CLS).

**L'Atlas of top predators from French southern Territories in the Southern Indian Ocean (Delord et al, 2013) fait la synthèse des données à jour sur les déplacements en mer et les zones d'alimentation des oiseaux marins et des pinnipèdes.** Il est le résultat d'un projet qui a été financé par les TAAF et l'Agence des AMP dans le cadre du programme "bio-régionalisation en vue de l'établissement d'un réseau d'aires marines protégées dans l'océan Austral, les Kerguelen, Crozet, mer Dumont d'Urville. Cette section reprend en grande partie les données issues de cet Atlas.

Hormis quelques récits des premiers explorateurs, scientifiques ou baleiniers, **les premières connaissances sur les oiseaux et les pinnipèdes des TAF ont été acquises avec l'installation des bases dans les années 1960-1970.** La première synthèse des effectifs des oiseaux et des pinnipèdes a été réalisée à la fin des années 1980 suite à plusieurs campagnes de dénombrement dans les années 1980 (Weimerskirch et al. 1989, Jouventin et al. 1984, Voisin, 1984). Pour les espèces les plus difficiles à dénombrer (e.g. petites espèces de procellariidé nichant en terrier) ou pour les colonies sur des sites difficiles d'accès (e.g. île de l'Est et îles Froides à Crozet) seuls les effectifs des années 1980 sont disponibles. Pour le reste, des dénombrements sur des pas de temps variant de l'année à plusieurs dizaines d'années ont été effectués par le programme IPEV 109. Depuis 2010, la réserve naturelle complète la cartographie et le dénombrement des oiseaux marins sur le territoire. Les dernières informations publiées sur le nombre de couples reproducteurs par espèces sont synthétisées dans le Tableau 25, le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, et le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

**Pour les cétacés, les données disponibles compilent les données de captures durant la chasse à la baleine (données CBI),** les données d'observations visuelles côtières ou hauturières à bord de navires de pêches collectées par les contrôleurs des pêches des TAAF (pêcheries opérant dans la ZEEs des TAAF) ou de navires de recherches (à partir du N.O. La Curieuse – programme ICOKER de l'IPEV et du N.O. Marion Dufresne – programme 109 de l'IPEV géré par le CEBC-CNRS), les données d'observations opportunistes depuis les côtes des îles subantarctiques (programme IPEV 109) ou encore les données d'échouages de cétacés sur les rivages (MNHN).

En complément des évaluations Liste Rouge de l'IUCN disponibles pour la majorité des espèces d'oiseaux et mammifères marins (IUCN 2016), la **Liste rouge des vertébrés des TAAF** a été réalisée et éditée en 2015 (UICN France, MNHN & TAAF 2015).

## II.F.2. Oiseaux

### II.F.2.a)

### Etat des connaissances

Au total, **47 espèces d'oiseaux se reproduisent de manière régulière dans la réserve** (cf. Liste Rouge). Les connaissances sur leur répartition et leurs effectifs sont très inégales. Les espèces formant de grandes colonies sur des sites accessibles font l'objet d'un inventaire régulier. Au contraire, les espèces présentes de manière plus diffuse ou se reproduisant dans des terriers ne sont dénombrées que de manière partielle. C'est d'autant plus le cas sur les sites difficilement accessibles où les données sont parfois anciennes et pour lesquelles seules quelques espèces ont été dénombrées.

La **réserve héberge des espèces endémiques** ou pour lesquelles une grande partie de la population mondiale est présente sur les îles. Malgré l'éloignement des îles, les populations d'oiseaux peuvent être affectées, de manière plus ou moins importante, par les changements globaux et/ou les activités humaines, notamment la pêche. Les oiseaux marins représentent un enjeu majeur de conservation pour la réserve naturelle et il apparaît **primordial d'actualiser les connaissances de leur répartition et de leurs effectifs**, plus particulièrement sur les sites où les données sont absentes ou anciennes.

**Le programme IPEV 109 ORNITHOECO récolte des données depuis plusieurs dizaines d'années** sur les oiseaux nicheurs des Terres Australes. Depuis 2010, les agents de la réserve naturelle complètent la cartographie et le dénombrement des espèces dans le cadre du plan de gestion. La compilation de ces données apporte une connaissance importante sur l'état des populations de plusieurs espèces. Cependant, les informations déjà disponibles ne concernent pas toutes les espèces ni tous les sites où se reproduisent ces espèces. Par ailleurs, certaines données sont anciennes et n'ont pas été renouvelées depuis les années 1980.

Dans ce contexte, **l'objectif du premier plan de gestion était de cartographier et dénombrer l'ensemble des colonies d'oiseaux présentes dans la réserve**, notamment des colonies pour lesquelles aucune donnée n'était disponible pour des espèces à forte valeur patrimoniale ou ayant historiquement des effectifs importants et dont les données sont anciennes.

La réalisation de ces dénombrements a permis d'une part **d'estimer les populations d'oiseaux pour lesquelles des lacunes ont été identifiées** et d'autre part **d'estimer des tendances de ces populations**. Les deux grandes méthodes de dénombrement sont adaptées à chaque espèce. Il s'agit :

- **des dénombrements directs** par comptage visuel à terre, en mer ou sur photographie, à l'échelle d'une colonie ou d'une île entière. Cette méthode est applicable aux espèces à nidification épigée tels que les albatros ou les manchots.
- **des dénombrements par échantillonnage** pour les espèces à reproduction non coloniale ou faiblement coloniale (canards d'Eaton), à large distribution et les espèces à nidification hypogée (la plupart des pétrels).

Les dénombrements peuvent ensuite être complétés par des **suivis démographiques** afin d'identifier les causes démographiques des changements de certaines populations. Les suivis démographiques sont restreints à des colonies d'étude bien définies et font appel ou non au marquage individuel des oiseaux (bagueage des adultes reproducteurs et des poussins). Différentes espèces sont ainsi suivies par Capture-Marquage-Recapture (CMR), technique basée sur le marquage individuel. Pendant la période de reproduction, les terriers occupés (espèces hypogées) ou les nids (espèces épigées) sont cartographiés et contrôlés visuellement ou à l'aide d'un « burrowscope » (caméra endoscope pour terrier) afin de vérifier le statut reproducteur de l'oiseau sans le déranger. Les données issues de ce type de suivi permettent d'estimer des paramètres démographiques essentiels à la compréhension des tendances de populations (succès de reproduction, âge de la première reproduction, taux de recrutement).

A Crozet et à Kerguelen, plusieurs espèces clés **se reproduisent dans des sites difficilement accessibles** (îles Froides et île de l'Est à Crozet, ou côte ouest de Kerguelen et îles Nuageuses) **et s'alimentent en mer**, dans des zones d'alimentation encore inconnues. Comme les oiseaux marins constituent des indicateurs privilégiés pour étudier les changements dans l'écosystème marin, il est nécessaire de mieux comprendre leurs zones d'alimentation et de reproduction.

Trois méthodes sont employées par le CEBC-CNRS (programme IPEV-109) pour suivre les espèces d'oiseaux dans leurs déplacements en mer :

- Les **balises Argos** ou **PTT (Platform Terminal Transmitter)** permettent d'assurer le suivi des séjours en mer relativement longs, tout en permettant de collecter les données sur les trajets sans recapture obligatoire des oiseaux. La précision des localisations fournies par ces appareils est assez bonne (de 100m à 1km) et permet une vingtaine de localisations par jour.
- Les **GPS (Global Positioning System)**, positionnés sur les oiseaux, permet de les suivre avec davantage de précision, de l'ordre d'une dizaine de mètres, et pour des déplacements en mer courts (2-3 jours). Cependant, ce sont des récepteurs, et non des émetteurs ; les oiseaux doivent donc être capturés à nouveau afin de pouvoir accéder aux données de déplacement.
- Les appareils de **géolocalisation par la lumière (GLS)** ne permettent pas un suivi aussi précis que les précédents (erreur médiane des positions de 180km) mais présentent une durée de vie supérieure en occasionnant une gêne minimale pour l'oiseau. La contrainte est, comme pour le GPS, de devoir capturer l'oiseau à nouveau pour accéder aux données de déplacement.

Figure 13. Méthodes de suivi en mer utilisées par les chercheurs du CEBC-CNRS (programme IPEV-109)

Les données collectées sur 16 espèces d'oiseaux de 1992 à 2012 sont synthétisées dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Ces données ont servi à la réalisation des cartes du document « *Atlas of top predators from French Southern Territories in the Southern Indian Ocean* » (Delord et al. 2013). Un nouveau suivi des trajets en mer a été réalisé en 2013 sur les albatros à sourcils noirs de la colonie de Cap Français à Kerguelen et a été intégré au **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Récemment, la pose de GLS sur des pétrels plongeurs, pétrel bleu, prion de Belcher et prions de la Désolation a permis d'acquérir pour la première fois des informations sur ces espèces. Plusieurs suivis en mer par les programmes de l'IPEV (programmes 109 et 394) sont toujours en cours à Amsterdam (albatros à bec jaune), Crozet (grand albatros, manchot royal) et Kerguelen (albatros à sourcils noirs, grand albatros, manchot royal, manchot papou, gorfou macaroni).

Tableau 24. Liste des données télémétriques du CEBC-CNRS et de la réserve naturelle de 1992 à 2012.

Manchots						
<b>Manchot royal</b>	Crozet	Ile de la Possession	133	PTT	1998-2009	IPEV 394
	Kerguelen	Péninsule Courbet	60	PTT	1992-2004	IPEV 394
<b>Manchot papou</b>	Kerguelen	Péninsule Courbet	6	PTT	2002	IPEV 394
<b>Gorfou sauteur subantarctique</b>	Crozet	Ile de la Possession	11	GLS	2007	IPEV 394
	Kerguelen	Péninsule Courbet	14	GLS	2007	IPEV 394
<b>Gorfou sauteur du Nord</b>	Amsterdam		11	GLS	2007	IPEV 109-394
<b>Gorfou Macaroni</b>	Crozet	Ile de la Possession	20	PTT	2009-2010	IPEV 394
	Crozet	Ile de la Possession	11	GLS	2007	IPEV 394
	Crozet	Ile de la Possession	15	GPS	2013	IPEV 394
	Kerguelen	Péninsule Courbet	5	PTT	2000-2001	IPEV 394
	Kerguelen	Péninsule Courbet	19	GPS	2007	IPEV 394
Albatros						
<b>Albatros d'Amsterdam</b>	Amsterdam		41	PTT	1996; 2000; 2011-2012	RN/IPEV 109
	Amsterdam		20	GPS	2011	RN/IPEV 109
	Amsterdam		14	GLS	2006-2012	RN/IPEV 109
<b>Grand albatros</b>	Crozet	Ile de la Possession	278	PTT	1989-1992 ; 1994 ; 1998-2005 ; 2008 ; 2010	IPEV 109
	Crozet	Ile de la Possession	36	GLS	2006-2011	IPEV 109
	Kerguelen	Péninsule Courbet	31	PTT	1998;2002	IPEV 109
	Kerguelen	Péninsule Courbet	16	GLS	2007-2010	IPEV 109
<b>Albatros à sourcils noirs</b>	Kerguelen	Presqu'île Ronarc'h	94	PTT	1994-1995 ; 1999; 2004-2007; 2009	IPEV 109
	Kerguelen	Presqu'île Ronarc'h	52	GLS	2009-2012	IPEV 109

	Kerguelen	Péninsule Loranchet	14	GPS	2013	RN
<b>Albatros à bec jaune</b>	Amsterdam		101	PTT	1996 ; 2001 ; 2002 ; 2006	IPEV 109
	Amsterdam		17	GLS	2007-2008	IPEV 109
<b>Albatros fuligineux à dos clair</b>	Crozet	Ile de la Possession	4	PTT	2008-2009	IPEV 109
	Crozet	Ile de la Possession	9	GLS	2009-2010	IPEV 109
	Kerguelen	Presqu'île Ronarc'h	5	PTT	1994; 2008-2009	IPEV 109
	Kerguelen	Presqu'île Ronarc'h	11	GLS	2008-2009	IPEV 109
<b>Albatros fuligineux à dos sombre</b>	Amsterdam	Amsterdam	7	PTT	2008	IPEV 109
	Amsterdam	Amsterdam	16	GLS	2008-2010	IPEV 109
	Crozet	Ile de la Possession	28	PTT	1992-1994, 2007- 2009	IPEV 109
	Crozet	Ile de la Possession	31	GLS	2007-2010	IPEV 109
<b>Pétrels</b>						
<b>Pétrel géant antarctique</b>	Crozet	Ile de la Possession	9	PTT	2008	IPEV 109
	Crozet	Ile de la Possession.	14	GLS	2009-2010	IPEV 109
<b>Pétrel géant subantarctique</b>	Crozet	Ile de la Possession	6	PTT	2008	IPEV 109
	Crozet	Ile de la Possession	17	GLS	2009-2010	IPEV 109
	Kerguelen	Péninsule Courbet	6	PTT	2008	IPEV 109
	Kerguelen	Péninsule Courbet	11	GLS	2009-2010	IPEV 109
<b>Pétrel à menton blanc</b>	Crozet	Ile de la Possession	16	PTT	1996-1997	IPEV 109
	Kerguelen	Presqu'île Ronarc'h	30	PTT	2006-2007	IPEV 109
	Kerguelen	Presqu'île Ronarc'h	25	GLS	2006-2008	IPEV 109
<b>Pétrel gris</b>	Kerguelen	Golfe du Morbihan	7	PTT	2008	IPEV 109
	Kerguelen	Golfe du Morbihan	10	GLS	2007-2008	IPEV 109
<b>Skuas</b>						
<b>Skua subantarctique</b>	Kerguelen	Golfe du Morbihan	6	GLS	2008	IPEV 109

Les suivis télémétriques menés par le CEBC-CNRS depuis plusieurs années doivent être poursuivis afin de combler les déficits de connaissances sur les zones d'alimentation pour des colonies ou des stades de vie d'espèces non encore étudiées. Les espèces concernées sont le **gorfou macaroni** (Kerguelen : îles Nuageuses, Rallier du Baty ; Crozet : île aux Pingouins et île de l'Est), le **manchot papou** (Kerguelen : îles Nuageuses ; Crozet : île de l'Est), l'**albatros à sourcils noirs** (Kerguelen : îles Nuageuses), l'**albatros à tête grise** (Kerguelen : îles Nuageuses ; Crozet : île de l'Est et île aux Pingouins), l'**albatros à bec jaune** (Kerguelen : îles Nuageuses ; Crozet : île de l'Est), le **manchot royal** (Kerguelen : Rallier du Baty, Crozet : île aux Cochons), le **grand albatros** (Kerguelen : Rallier du baty en été ; Crozet : île aux Cochons), le **gorfou sauteur** (Kerguelen : Péninsule Courbet, presqu'île Joffre ; Crozet : île de l'Est, Saint Paul) et les **petits pétrels** dont la taille est supérieure à 150 grammes (Kerguelen et Crozet). A noter que les suivis n'ont pas été initiés sur les **sites isolés** (Saint-Paul, île de l'Est, île aux Pingouins, île aux Cochons, îles Nuageuses) pour des raisons logistiques et pour éviter tout impact sur des sites et des espèces sensibles.

#### II.F.2) a) i. Etat des connaissances pour les données oiseaux à Crozet

Les îles Crozet sont reconnues pour la diversité de leurs communautés d'oiseaux marins, la plus variée au monde avec les îles Kerguelen (Jouventin et al. 1984, Philips et al. 2016), et également pour la taille gigantesque de certaines populations comme les manchots ou les pétrels. Les connaissances sur l'avifaune sont très variables selon les îles.

- **L'île de la Possession** est de loin la mieux connue, avec une présence permanente d'ornithologues depuis 1966, et le premier inventaire datant de 1959 avec la visite d'un ornithologue américain. Sur La Possession, des suivis à long terme de populations de plusieurs espèces sont réalisés depuis 1966. Sur la période du premier plan de gestion de la réserve, seule l'île de La Possession a fait l'objet d'inventaires par les agents de la réserve naturelle, en plus des suivis réalisés par les programmes de l'IPEV.
- **Les îlots des Apôtres** ont été survolés en hélicoptère, en 1981-82 puis en 2016-17, fournissant une estimation des effectifs pour les plus grandes espèces.

- **L'île de l'Est** a fait l'objet de deux expéditions scientifiques spécifiquement dédiées à un inventaire de l'avifaune, un mois en 1970 (Despin et al. 1972) et 6 mois en 1981-1982 (Jouventin et al. 1984). La couverture de l'île peut donc être considérée comme bonne et a été actualisée en 2016-17 pour les plus grandes espèces par l'acquisition d'images satellites. Pour la plupart des autres espèces les informations sont aujourd'hui anciennes et mériteraient d'être actualisées.
- **L'île aux Cochons** a vu une expédition ornithologique de 4 mois en 1976 (Derenne et al. 1976), puis quelques visites épisodiques de quelques jours en 1982. Les effectifs pour certaines espèces (manchot royal, grand albatros) ont été actualisés à partir d'images aérienne et satellite (1988, 2016-17). On peut considérer que pour cette île l'inventaire est complet, mais mériterait d'être actualisé pour certaines espèces.
- **L'île des Pingouins** a vu une expédition pluridisciplinaire avec un inventaire partiel de l'avifaune en 1985 (Dreux et al. 1988). Des survols ont permis le dénombrement des colonies d'albatros en 1981-82 puis en 2016-17.

Au cours du premier plan de gestion (2011-2015), les inventaires réalisés par la réserve naturelle se sont uniquement déroulés sur l'île de La Possession. Des dénombrements par échantillonnage fournissent une estimation des populations de pétrel plongeur de Géorgie du Sud et de pétrel à menton blanc (données non publiées). Des comptages directs sont venus actualiser les effectifs des manchots (programme IPEV 109), des albatros (programme IPEV 109), du pétrel géant subantarctique, du pétrel géant antarctique, du skua subantarctique et du cormoran de Crozet.

#### II.F.2) a) ii. Etat des connaissances pour les données oiseaux à Kerguelen

**L'avifaune de Kerguelen est bien connue** et étudiée depuis l'établissement de la base scientifique permanente à Port-aux-Français, construite en 1950. Les travaux de Weimerskirch et al. (1988) font état de 36 espèces d'oiseaux marins à Kerguelen. Les premiers effectifs et les premières cartographies des oiseaux sont principalement issues des prospections du début des années 1970 (Derenne et al. 1974) complétées par des prospections en 1984-85 et 1985-86 (Weimerskirch et al. 1988, Mougin, 1985). Ces prospections couvrent la majorité de la Grande Terre (hormis la côte ouest), les îles du golfe du Morbihan et un certain nombre d'autres îles (île Foch, îles Nuageuses notamment). Depuis cette période, les suivis se sont mis en place sur des colonies d'oiseaux de la péninsule Courbet, la péninsule Jeanne d'Arc et les îles du golfe du Morbihan.

**L'ensemble des sites facilement accessibles depuis la base de Port-au-Français ont été visités au moins une fois depuis 2009 à pied ou en survol par hélicoptère** : la Péninsule Courbet, les îles du Golfe du Morbihan, la Presqu'île Ronarc'h, la Presqu'île Jeanne d'Arc et le Plateau central. Les îles et les sites plus difficiles d'accès ont quant à eux été visités en fonction des moyens logistiques disponibles :

- En fonction des moyens maritimes, des survols en hélicoptère de plusieurs sites ont été effectués en 2011-12 (Baie Ducheyron), 2014-15 (Ile de Croy) et 2016-17 (Péninsule Rallier du Baty, Massif Gallieni, Presqu'île Jeanne d'Arc, Presqu'île Ronarch) permettant de mettre à jour les effectifs de manchot et albatros (en fonction de la date des survols) ;
- La côte nord a été inventoriée grâce à la présence du voilier Peregrine en 2011-12 ;
- La présence de *La Curieuse* en 2012-13 puis 2013-14 a permis de compléter certains secteurs comme le Massif Gallieni, l'île du Prince de Monaco, la Presqu'île Joffre et la Péninsule Rallier du Baty.



II.F.2) a) iii. Etat des connaissances pour les données oiseaux à Saint Paul et Amsterdam

Comme pour Crozet et Kerguelen, les premières informations précises sur la répartition et les effectifs des oiseaux et des pinnipèdes remontent aux années 1970 et 1980 (Segonzac 1972, Jouventin et al. 1984, Tollu 1984).

L'île d'Amsterdam a été intégralement inventoriée de novembre 2011 à mars 2012. L'île de Saint-Paul a fait l'objet d'un inventaire partiel (en dehors de la saison de reproduction) par le programme IPEV-109, en collaboration avec la réserve naturelle, pendant 9 jours en avril 2012.

Contrairement aux îles Crozet et Kerguelen, la taille relativement réduite d'Amsterdam et St-Paul permet d'avoir des localisations de colonies relativement fiables et actualisées pour les espèces d'albatros et de gorfous sauteurs. Par contre, il n'existe pas de cartographie précise pour les autres espèces.

**II.F.2.b) Dénombrement et répartition géographique**

II.F.2) b) i. Oiseaux de l'archipel Crozet

**Présentation générale**

**Les oiseaux (38 espèces) se reproduisant à Crozet appartiennent à 5 ordres différents:**

- les **manchots** (Sphenisciformes),
- les **albatros** et **pétrels** (Procellariiformes),
- les **skuas**, **goélands**, **sternes** et **chionis** (Charadriiformes),
- les **cormorans** (Pelecaniformes),
- et les **canards** (Anseriformes).

Les estimations d'effectif les plus récentes pour chaque espèce sont indiquées dans le tableau 17.

**Tableau 25 : Liste des espèces d'oiseaux se reproduisant dans l'archipel Crozet et leurs effectifs. L'estimation du nombre de couple doit être prise avec précaution car certaines évaluations sur des îles peu accessibles datent des années 1980. Les effectifs des pétrels fouisseurs sont en particulier sujet à caution en raison des difficultés de dénombrement (a : Duriez & Delord ; b : Jouventin et al. 1984 ; c : Jouventin et al. 1990 ; d : Barbraud et al. 2008 ; e : Guinet et al. 1995)**

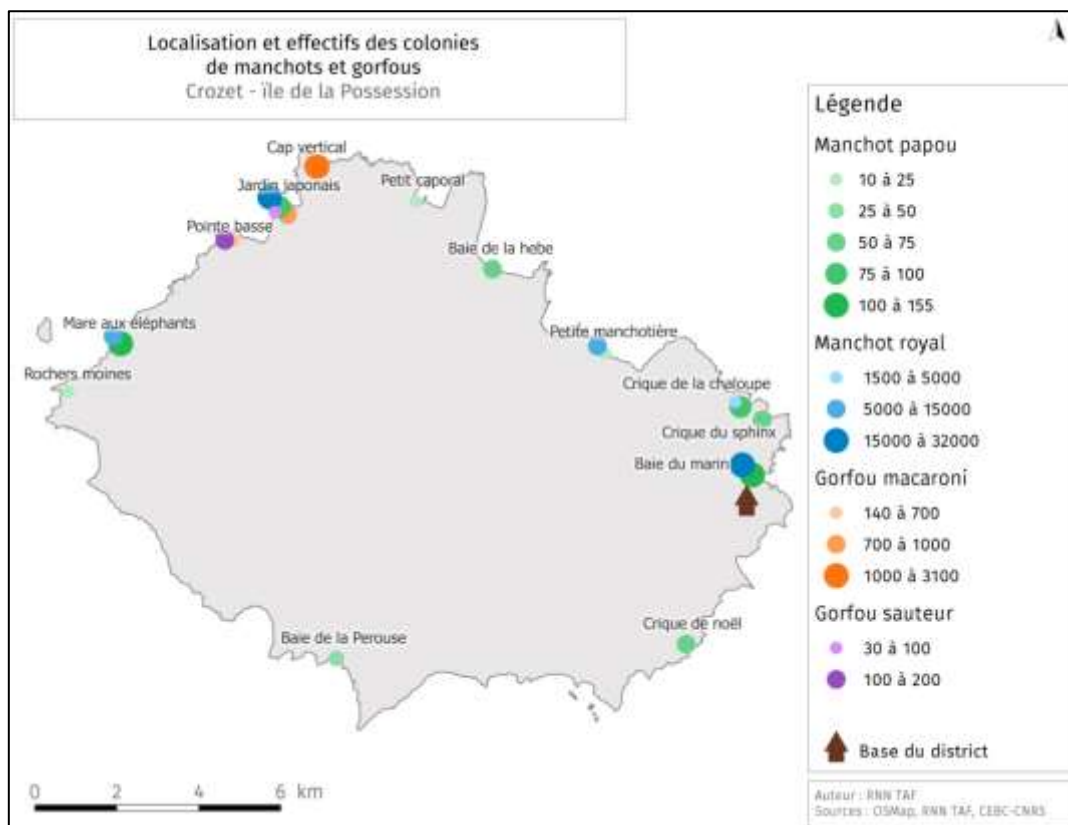
Nom scientifique	Nom commun	Nombre de couples
<i>Anas eatoni</i>	Canard d'Eaton	< 700 (a)
<i>Chionis minor</i>	Petit bec-en-fourreau	< 3 000 (a)
<i>Larus dominicanus</i>	Goéland dominicain	800 (a)
<i>Stercorarius antarcticus</i>	Labbe subantarctique	< 600 (a)
<i>Sterna virgata</i>	Sterne de Kerguelen	< 200 (a, b)
<i>Sterna vittata</i>	Sterne subantarctique	100 (a, b)
<i>Thalassarche carteri</i>	Albatros à Bec jaune	7 000 (a, b)
<i>Thalassarche melanophris</i>	Albatros à sourcils noirs	< 1 000 (a, b)
<i>Thalassarche chrysostoma</i>	Albatros à tête grise	< 1 000 (a, b)
<i>Thalassarche salvini</i>	Albatros de Salvin	3 (c)
<i>Phoebastria palpebrata</i>	Albatros fuligineux à dos clair	< 2 200 (a, b)
<i>Phoebastria fusca</i>	Albatros fuligineux à dos sombre	< 2 200 (a, b)
<i>Diomedea exulans</i>	Albatros hurleur	< 2 200 (a, b)
<i>Garrodia nereis</i>	Océanite à croupion gris	< 900 (a)
<i>Fregetta tropica</i>	Océanite à ventre noir	< 9 000 (a)
<i>Oceanites oceanicus</i>	Pétrel de Wilson	< 100 000 (a)

<i>Pelecanoides urinatrix</i>	Pétrel plongeur commun	< 4 M (a)
<i>Pelecanoides georgicus</i>	Pétrel plongeur de Géorgie du Sud	< 2,1 M (a)
<i>Daption capense</i>	Damier du Cap	< 300 (a)
<i>Macronectes halli</i>	Fulmar de Hall	< 1 200 (a, b)
<i>Macronectes giganteus</i>	Fulmar géant	1 060 (a, b)
<i>Pachyptila turtur</i>	Petit prion	< 290 000 (a)
<i>Puffinus assimilis</i>	Petit puffin	ND (a)
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Pétrel à menton blanc	23 600 [9800-36800] (d)
<i>Pterodroma lessonii</i>	Pétrel à tête blanche	< 200 (a)
<i>Halobaena caerulea</i>	Pétrel bleu	< 180 000 (a)
<i>Aphrodroma brevirostris</i>	Pétrel de Kerguelen	< 110 000 (a)
<i>Procellaria cinerea</i>	Pétrel gris	< 5000 (a)
<i>Pterodroma macroptera</i>	Pétrel noir	< 100 000 (a)
<i>Pterodroma mollis</i>	Pétrel soyeux	< 10 000 (a)
<i>Pachyptila belcheri</i>	Prion de Belcher	< 50 (a)
<i>Pachyptila desolata</i>	Prion de la désolation	< 200 (a)
<i>Pachyptila salvini</i>	Prion de Salvin	5,2 M (a)
<i>Eudyptes chrysolophus</i>	Gorfou macaroni	< 2,9 M (a)
<i>Eudyptes filholi</i>	Gorfou sauteur subantarctique	< 150 000 (a)
<i>Pygoscelis papua</i>	Manchot papou	< 20 000 (a)
<i>Aptenodytes patagonicus</i>	Manchot royal	1 M (e)
<i>Phalacrocorax melanogenis</i>	Cormoran de Crozet	< 850 (a)

### **Manchots et gorfous**

L'archipel de Crozet est renommé pour ses colonies de **manchots**. **La plus grande colonie de manchot royal au monde est celle de l'île aux Cochons avec plus de 500 000 couples dénombrés en 1988** (Guinet et al. 1995). Les colonies de l'île de la Possession sont les mieux connues avec 68 700 couples dénombrés en 2016 (données non publiées). **Espèce la plus abondante, le gorfou macaroni est présent sur toutes les îles de l'archipel avec un effectif au maximum de 2,9 millions de couples**. Moins abondants, le gorfou sauteur subantarctique et le manchot papou se reproduisent aussi sur l'archipel.

Les colonies de manchot et gorfou ont été cartographiées sur l'île de La Possession sur la période du premier plan de gestion. Toutefois il manque le dénombrement des colonies de gorfou macaroni et gorfou sauteur subantarctique sur les côtes sud et ouest de l'île.



Carte 51. Carte des colonies de manchots et gorfous sur l'île de la Possession (Crozet) – Données collectées par le programme IPEV-109 (CEBC-CNRS) et la Réserve naturelle dans le cadre du premier plan de gestion

### Albatros

Crozet est l'archipel où se reproduit la plus grande diversité d'espèces d'albatros avec sept espèces. Le **Grand Albatros** est présent sur la plupart des îles et fait l'objet d'un suivi annuel depuis 40 ans sur l'île de la Possession (330 couples en 2016). Les **albatros du genre Thalassarche (albatros à sourcils noirs, albatros à bec jaune, albatros à tête grise)** sont surtout bien représentés sur l'île aux Pingouins, les îlots des Apotres et l'île de l'Est. Découvert nicheur en 1986 sur l'île aux Pingouins (trois couples), l'**albatros de Salvin** est la quatrième espèce du genre Thalassarche à se reproduire à Crozet. Enfin l'**albatros fuligineux à dos clair** et l'**albatros fuligineux à dos sombre** se reproduisent en falaise sur toutes les îles de l'archipel.

### Pétrels

19 espèces de pétrels sont nicheuses sur Crozet. Les plus abondantes sont les pétrels planctonivores nichant en terrier, comme le **prion de Salvin (*Pachyptila salvini*)** qui est endémique de Crozet et de Marion, territoire sud-africain, le **petit prion (*Pachyptila turtur*)**, le **pétrel bleu (*Halobaena caerulea*)**, le **pétrel-plongeur commun (*Pelecanoides urinatrix*)**, et le **pétrel plongeur de Géorgie du Sud (*Pelecanoides georgicus*)**. D'autres espèces de prion sont plus rares : le **prion de la Désolation (*Pachyptila desolata*)** et le **prion de Belcher (*Pachyptila belcheri*)**. On trouve trois espèces d'océanites : l'**océanite de Wilson (*Oceanites oceanicus*)**, l'**océanite à ventre noir (*Fregatta tropica*)** et l'**océanite à croupion gris (*Garrodia nereis*)**. Parmi les grandes espèces de pétrels nichant en terrier, on trouve à Crozet quatre espèces de ptérodromes : le **pétrel à tête blanche (*Pterodroma lessonii*)**, le **pétrel noir (*P. macroptera*)**, le **pétrel soyeux (*P. mollis*)** et le **pétrel de Kerguelen (*Lugensa brevirostris*)**, et deux espèces du genre *Procellaria* : le **pétrel à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis*)** et le **pétrel gris (*Procellaria cinerea*)**. Enfin le **damier du Cap (*Caption caoensis*)**, niche sur les falaises côtières et le **pétrel géant antarctique (*Macronectes giganteus*)** et **pétrel géant subantarctique (*M. halli*)** nichent à terre en colonies disséminées. Pour ces deux dernières espèces, les comptages récents sur l'île de La Possession font état de 241 et 435 couples respectivement.

Pour les espèces fouisseuses, les densités de terriers peuvent être mesurées sur le terrain. En tenant compte du taux d'occupation des terriers et du taux de détection, il est possible d'estimer la densité de couples. Ainsi, la densité de pétrel à menton blanc a été estimée en moyenne à 7,14 couples/ha sur l'île de La Possession (Barbraud et al. 2008). En extrapolant à l'ensemble de l'archipel, la population de pétrel à menton blanc est estimée à 23 600 couples [9800-36 800].

Le nombre de terriers de pétrel plongeur de Géorgie du Sud mesurée sur l'île de La Possession en 2012-2013 est d'au minimum 10 000 terriers occupés (RNN TAF, non publié).

Pour les autres espèces, seulement quelques estimations anciennes des densités de terrier existent, voir aucune estimation.

### *Skuas, goélands, sternes et chionis*

Les **sternes antarctiques (*Sterna vittata*)** (100 individus) et **de Kerguelen (*Sterna virgata*)** (<200 individus) se tiennent près de la côte. Les **goélands dominicains (*Larus dominicanus*)**, les **skuas subantarctiques (*Stercorarius antarcticus*)** et les **petits becs-en-fourreau (*Chionis minors*)** nichent principalement autour des colonies de manchots.

La population de petits becs-en-fourreau n'est pas connue mais des dénombrements partiels ont été menés sur l'île de La Possession en 2011-2012 et 2012-2013.

### *Cormorans*

La population de **cormoran de Crozet (*Phalacrocorax melanogenis*)**, récemment reconnue comme une espèce distincte du cormoran de Kerguelen (*Phalacrocorax verrucosus*), a été estimés à 850 individus (Duriez et Delord, 2012) dont au moins 220 couples sur l'île de La Possession (RNN TAF 2013, non publié).

### *Canards*

Sur l'île de la Possession, les observations opportunistes montrent la présence de petits groupes de **canards d'Eaton (*Anas eatoni*)** dans les zones humides de l'intérieur. Bien qu'aucun dénombrement précis n'ait été réalisé, la population est estimée à 750 individus (Duriez et Delord, 2012).

II.F.2) b) ii. Oiseaux de l'archipel de Kerguelen

### *Présentation générale*

Les oiseaux (36 espèces) se reproduisant à Kerguelen appartiennent à 5 ordres différents (Weimerskirch et al. 1988):

- les manchots (*Sphenisciformes*),
- les albatros et pétrels (*Procellariiformes*),
- les skuas, goélands, sternes et chionis (*Charadriiformes*),
- les cormorans (*Pelecaniformes*)
- et les canards (*Anseriformes*).

Tableau 26. Liste des espèces d'oiseaux se reproduisant à Kerguelen (a : Duriez & Delord 2012 ; b : RNN TAF, non publié ; c : Barbraud et al. 2008 ; d : Barbraud & Delord 2006 ; e : Barbraud et al. 2009 ; f : RNN TAF, Bilan d'activité 2016)

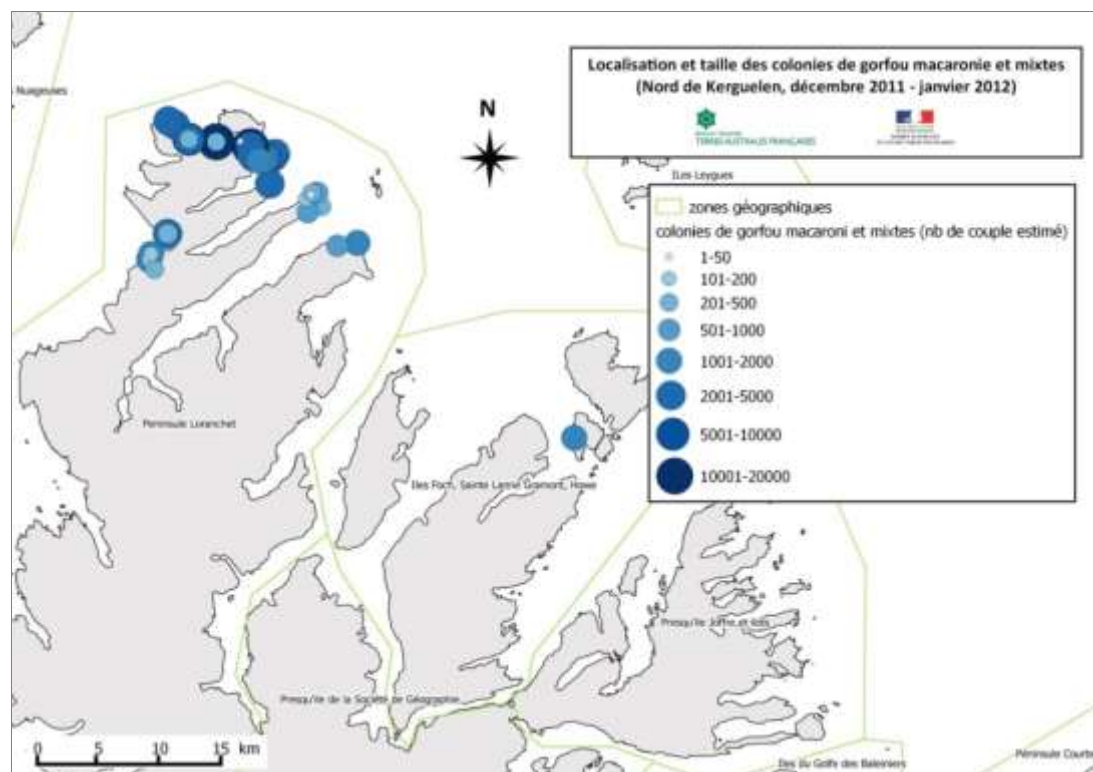
Nom scientifique	Nom commun	Effectif
------------------	------------	----------

<i>Anas eatoni</i>	Canard d'Eaton	>10 000
<i>Chionis minor</i>	Petit bec-en-fourreau	< 5 000
<i>Larus dominicanus</i>	Goéland dominicain	< 5 000
<i>Stercorarius antarcticus</i>	Labbe subantarctique	< 4 000
<i>Sterna virgata</i>	Sterne de Kerguelen	< 2 000
<i>Sterna vittata</i>	Sterne subantarctique	< 2 000
<i>Thalassarche carteri</i>	Albatros à Bec jaune	10 - 50
<i>Thalassarche melanophris</i>	Albatros à sourcils noirs	3 300
<i>Thalassarche chrysostoma</i>	Albatros à tête grise	6 900
<i>Phoebetria palpebrata</i>	Albatros fuligineux à dos clair	< 5 200
<i>Phoebetria fusca</i>	Albatros fuligineux à dos sombre	< 10
<i>Diomedea exulans</i>	Albatros hurleur	1 420
<i>Garrodia nereis</i>	Océanite à croupion gris	< 2 000
<i>Fregetta tropica</i>	Océanite à ventre noir	< 10 000
<i>Oceanites oceanicus</i>	Pétrel de Wilson	< 800 000
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	Pétrel plongeur commun	< 1 M
<i>Pelecanoides georgicus</i>	Pétrel plongeur de Géorgie du Sud	< 2 M
<i>Daption capense</i>	Damier du Cap	< 2 000
<i>Macronectes halli</i>	Fulmar de Hall	< 2 200
<i>Macronectes giganteus</i>	Fulmar géant	30 - 50
<i>Pachyptila turtur</i>	Petit prion	< 2 000
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Pétrel à menton blanc	234 000 [186 000-297 000]
<i>Pterodroma lessonii</i>	Pétrel à tête blanche	< 30 000
<i>Halobaena caerulea</i>	Pétrel bleu	>> 200 000
<i>Aphrodroma brevirostris</i>	Pétrel de Kerguelen	< 100 000
<i>Procellaria cinerea</i>	Pétrel gris	3 400 [1 900 - 5 600]
<i>Pterodroma macroptera</i>	Pétrel noir	< 200 000
<i>Pterodroma mollis</i>	Pétrel soyeux	> 100 000
<i>Pachyptila belcheri</i>	Prion de Belcher	< 1 M
<i>Pachyptila desolata</i>	Prion de la désolation	< 2 M
<i>Eudyptes schlegeli</i>	Gorfou de Schlegel	< 50
<i>Eudyptes chrysolophus</i>	Gorfou macaroni	> 1,8 M
<i>Eudyptes filholi</i>	Gorfou sauteur subantarctique	> 65 000
<i>Pygoscelis papua</i>	Manchot papou	> 23 000
<i>Aptenodytes patagonicus</i>	Manchot royal	385 000
<i>Phalacrocorax verrucosus</i>	Cormoran de Kerguelen	> 12 000
<i>Anas eatoni</i>	Canard d'Eaton	>10 000
<i>Chionis minor</i>	Petit bec-en-fourreau	< 5 000
<i>Larus dominicanus</i>	Goéland dominicain	< 5 000
<i>Stercorarius antarcticus</i>	Labbe subantarctique	< 4 000
<i>Sterna virgata</i>	Sterne de Kerguelen	< 2 000
<i>Sterna vittata</i>	Sterne subantarctique	< 2 000
<i>Thalassarche carteri</i>	Albatros à Bec jaune	10 - 50
<i>Thalassarche melanophris</i>	Albatros à sourcils noirs	3 300
<i>Thalassarche chrysostoma</i>	Albatros à tête grise	6 900
<i>Phoebetria palpebrata</i>	Albatros fuligineux à dos clair	< 5 200
<i>Phoebetria fusca</i>	Albatros fuligineux à dos sombre	< 10
<i>Diomedea exulans</i>	Albatros hurleur	1 420
<i>Garrodia nereis</i>	Océanite à croupion gris	< 2 000
<i>Fregetta tropica</i>	Océanite à ventre noir	< 10 000
<i>Oceanites oceanicus</i>	Pétrel de Wilson	< 800 000
<i>Pelecanoides urinatrix</i>	Pétrel plongeur commun	< 1 M

<i>Pelecanoides georgicus</i>	Pétrel plongeur de Géorgie du Sud	< 2 M
<i>Daption capense</i>	Damier du Cap	< 2 000
<i>Macronectes halli</i>	Fulmar de Hall	< 2 200
<i>Macronectes giganteus</i>	Fulmar géant	30 - 50
<i>Pachyptila turtur</i>	Petit prion	< 2 000
<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Pétrel à menton blanc	234 000 [186 000-297 000]
<i>Pterodroma lessonii</i>	Pétrel à tête blanche	< 30 000
<i>Halobaena caerulea</i>	Pétrel bleu	>> 200 000
<i>Aphrodroma brevirostris</i>	Pétrel de Kerguelen	< 100 000
<i>Procellaria cinerea</i>	Pétrel gris	3 400 [1 900 - 5 600]
<i>Pterodroma macroptera</i>	Pétrel noir	< 200 000
<i>Pterodroma mollis</i>	Pétrel soyeux	> 100 000
<i>Pachyptila belcheri</i>	Prion de Belcher	< 1 M
<i>Pachyptila desolata</i>	Prion de la désolation	< 2 M
<i>Eudyptes schlegeli</i>	Gorfou de Schlegel	< 50
<i>Eudyptes chrysolophus</i>	Gorfou macaroni	> 1,8 M
<i>Eudyptes filholi</i>	Gorfou de Filhol	> 65 000
<i>Pygoscelis papua</i>	Manchot papou	> 23 000
<i>Aptenodytes patagonicus</i>	Manchot royal	385 000
<i>Phalacrocorax verrucosus</i>	Cormoran de Kerguelen	> 12 000

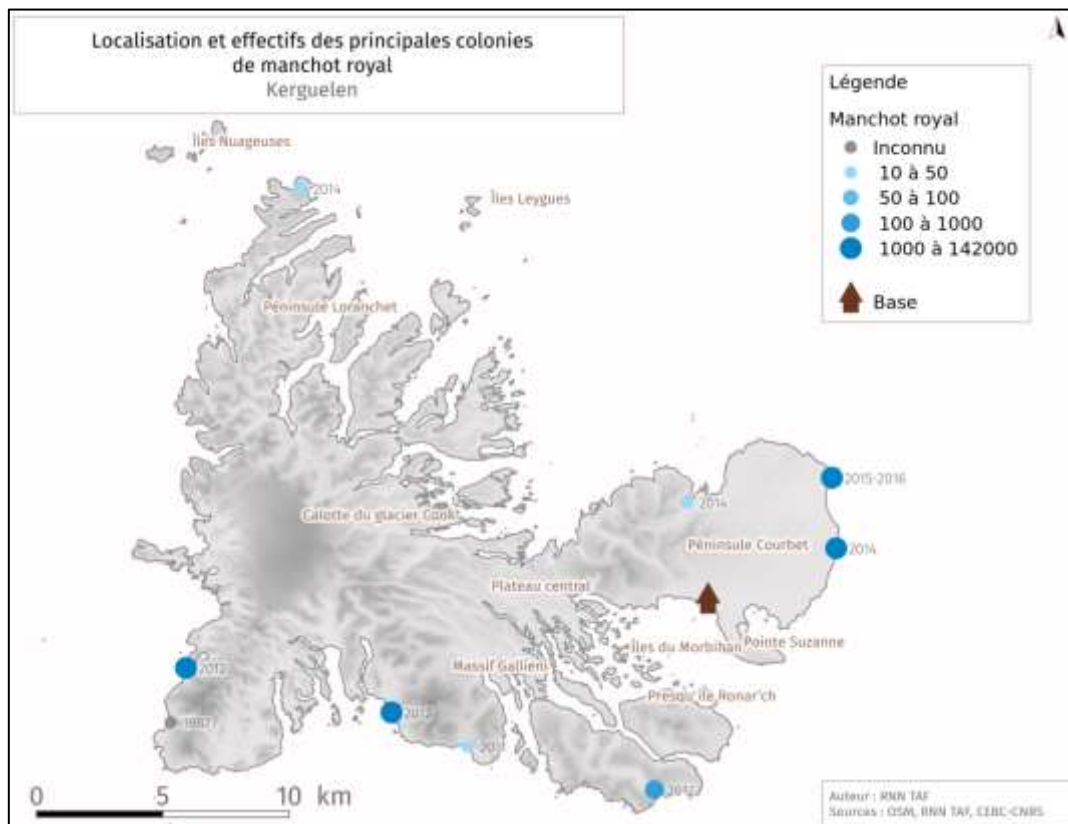
### Manchots et gorfous

Parmi les cinq espèces de manchots, les **gorfous macaronis (*Eudyptes chrysolophus*)** sont les plus abondants (>1,8 millions de couples). Les colonies pouvant rassembler plusieurs centaines de milliers d'individus sont localisées à la pointe nord de la Grande Terre, la péninsule Rallier du Baty, les presqu'îles Ronarc'h et Jeanne-d'Arc et la côte nord de la péninsule Courbet.



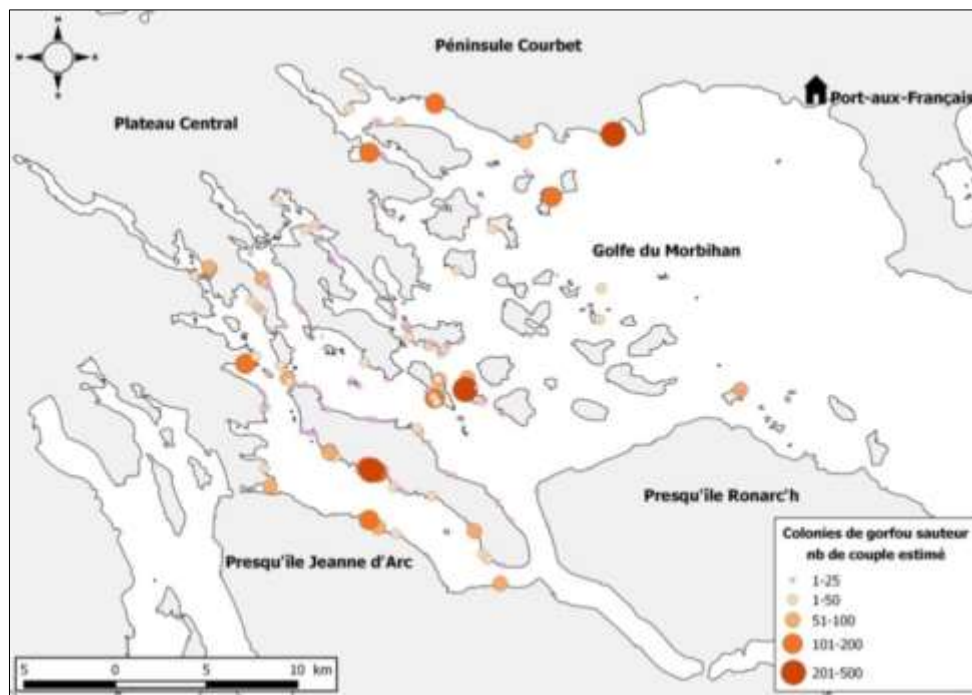
Carte 52. Carte des colonies de gorfou macaroni et mixtes dans le nord de Kerguelen – Campagne d'été 2011-2012

La population de **manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus*)** (385 000 couples, voir **Erreur ! Source du envoi introuvable.**) à Kerguelen est la troisième au monde et la plus grande colonie de l'archipel, au cap Ratmanoff, regroupe plus de 140 000 couples (Delord, 2015). Les principales colonies de manchots royaux ont été dénombrées au moins une fois entre 2011 et 2017.

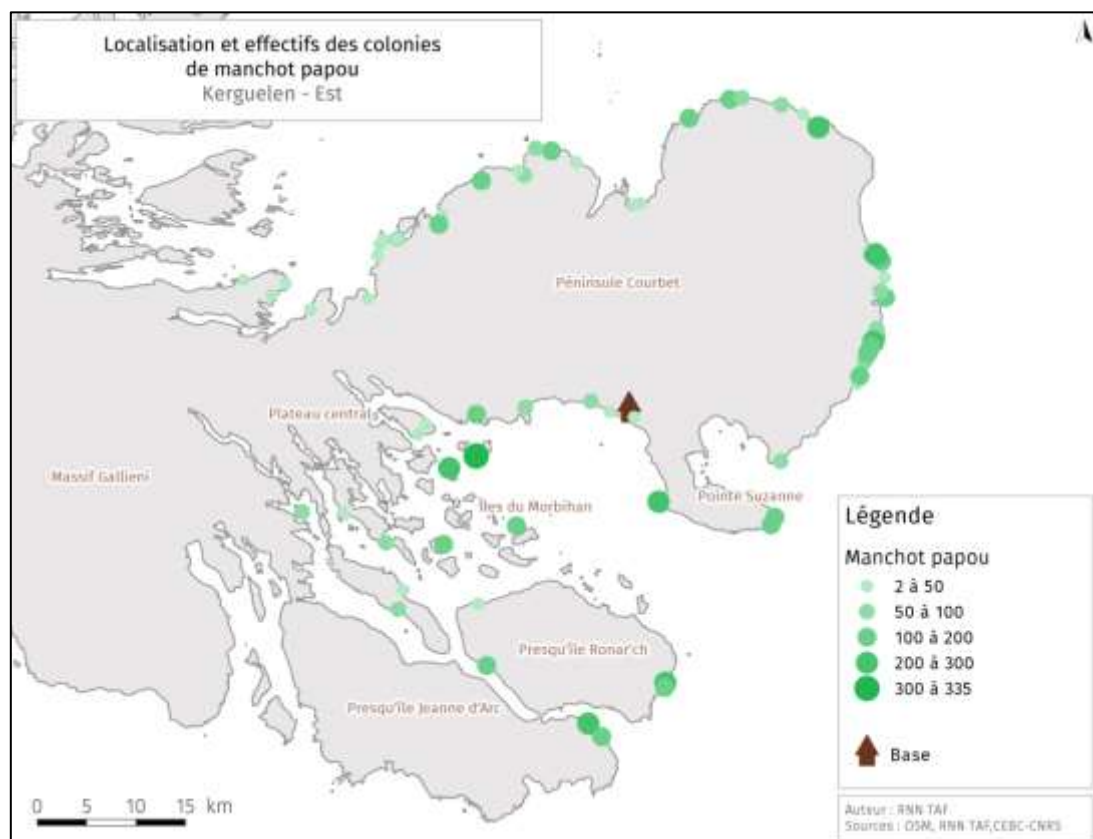


Carte 53. Carte des colonies de manchot royal à Kerguelen – Données collectées par le programme IPEV-109 (CEBC-CNRS) et la Réserve naturelle dans le cadre du premier plan de gestion

Les **gorfous sauteurs subantarctiques (*Eudyptes filholi*)** (Carte54) et les **manchots papous (*Pygoscelis papua*)** (Carte55) sont communs. Bien qu'imprécises, les dernières estimations font état respectivement de 65 000 couples et 23 000 couples. Des dénombrements dans certains secteurs de l'archipel (côte nord-ouest, golfe du Morbihan, péninsule Courbet) montrent la présence d'un très grand nombre de colonies de tailles allant de quelques couples à quelques centaines de couples. Le gorfou de Schlegel est un nicheur rare à Kerguelen.



Carte54. Carte des colonies de gorfous sauteur subantarctique dans le Golfe du Morbihan – Campagne d’été 2014-2015



Carte55. Carte des colonies de manchot papou dans l’est de l’archipel de Kerguelen – Données collectées par le programme IPEV-109 (CENC-CNRS) (péninsule Courbet, 2007) et la Réserve naturelle (golfe du Morbihan, septembre-octobre 2010).

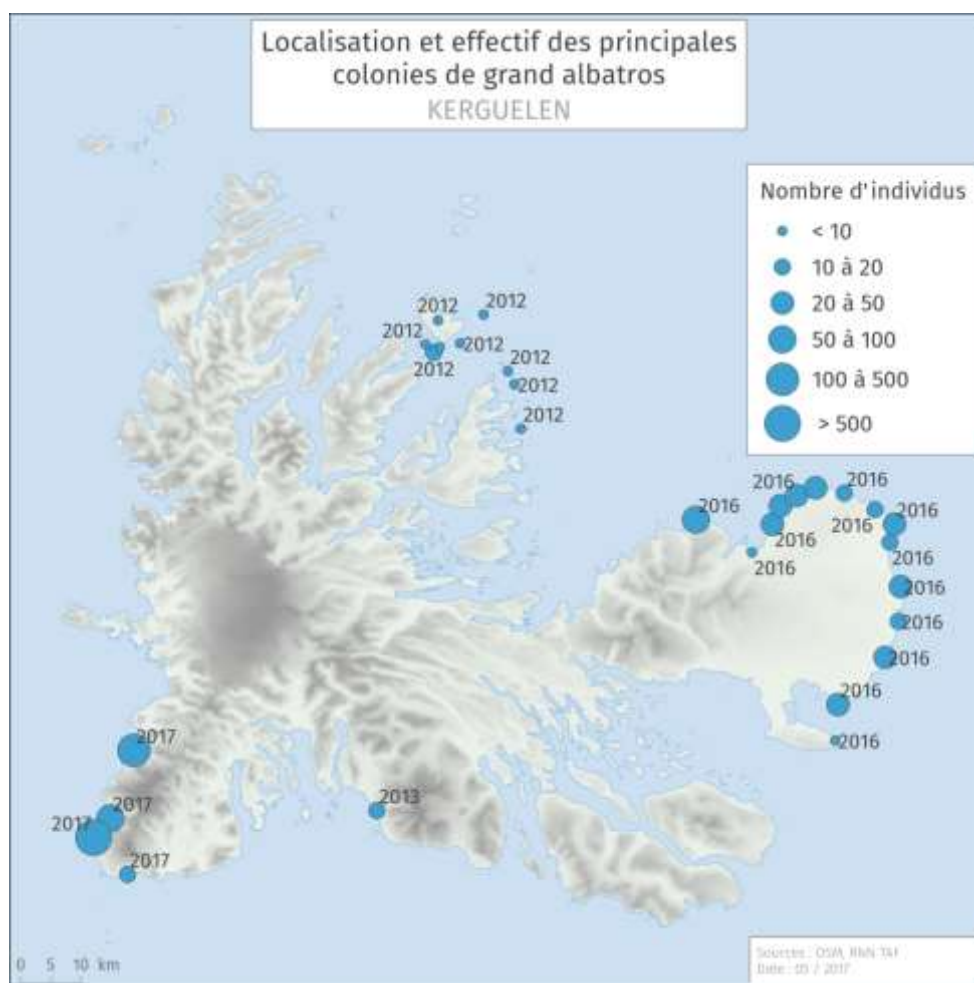


## Albatros

Six espèces d'albatros nichent à Kerguelen. Cinq espèces sont présentes en nombre, tandis que la présence de l'**albatros fuligineux à dos sombre (*Phoebetria fusca*)**, dont la population s'établit à 50 couples nicheurs, est anecdotique.

Pour Kerguelen, presque toutes les colonies de **grand albatros (*Diomedea exulans*)** de l'île ont été dénombrées par les agents de la réserve ou du programme IPEV-109 du CEBC-CNRS. La population totale est estimée à 1 420 couples (RNN TAF, non publié).

Les populations d'albatros du genre *Thalassarche* se concentrent principalement sur l'île de Croix (albatros à bec jaune, albatros à sourcils noirs et albatros à tête grise) et la presqu'île Jeanne d'Arc (albatros à sourcils noirs). Les dénombrements récents sur ces sites indiquent la présence de 10 à 50 couples d'**albatros à bec jaune**, 3300 couples d'**albatros à sourcils noirs** et 6900 couples d'**albatros à tête grise**.



Carte 56. Carte des colonies d'albatros à Kerguelen – Données collectées par le programme IPEV 109 (CEBC-CNRS) et la RNN TAF (données acquises entre 2012 et 2016)

## Pétrels

Pratiquement toutes les espèces de pétrels nichant à Crozet se reproduisent également à Kerguelen. La liste et le nombre de pétrels nichant à Kerguelen est disponible dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

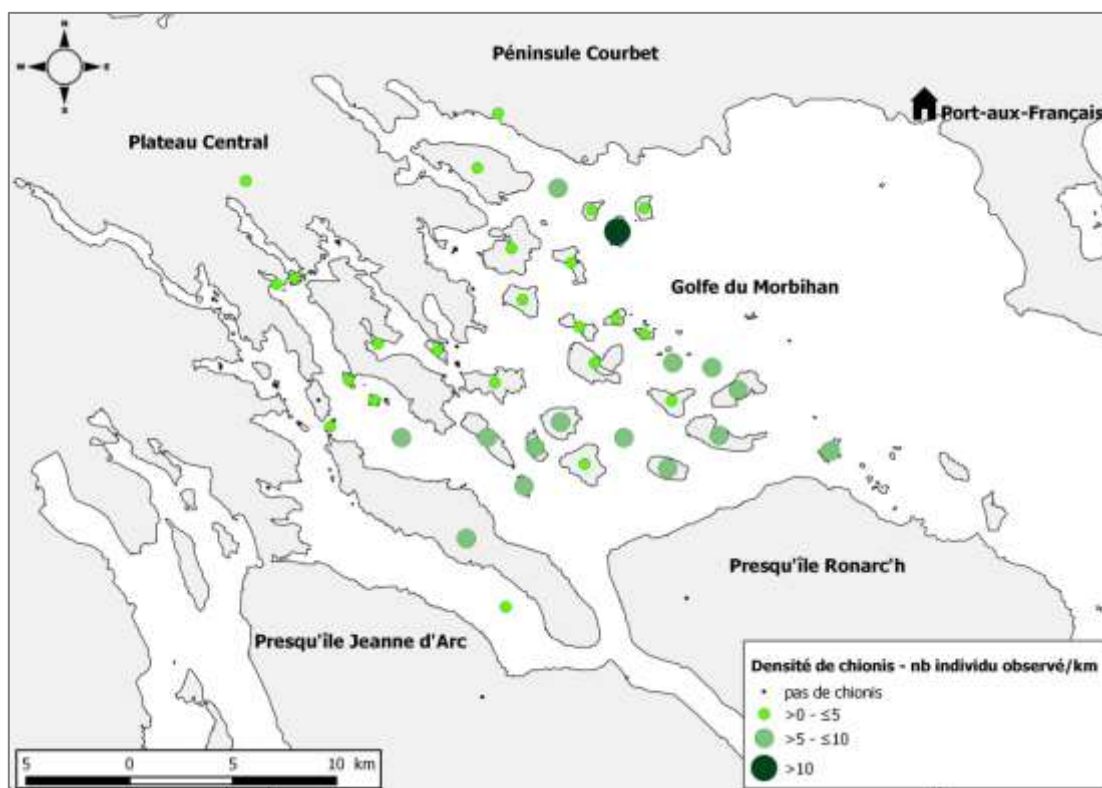
Quelques espèces de pétrels nichant en terrier ont fait l'objet de dénombrements plus précis. Ainsi la population de **pétrel à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis*)** a été estimée à 234 000 couples [186 000-297 000] pour l'ensemble de l'archipel (Barbraud et al. 2008). La population de **pétrel gris (*Procellaria***

*cinerea*) est estimée à 3 400 couples [1 900 - 5 600] (Barbraud et al. 2009). Pour le **pétrel bleu (*Halobaena caerulea*)**, les prospections sur une seule île du golfe du Morbihan indiquent la présence de 142 000 terriers fréquentés [106 000-179 000] (Barbraud & Delord, 2006), supposant ainsi que la population réelle de l'archipel est largement supérieure à l'estimation de 200 000 couples proposée par Weimerskirch et al. (1988).

Seuls quelques couples de **pétrels géants antarctiques (*Macronectes giganteus*)** se reproduisent au sud-ouest de Kerguelen, alors que le **pétrel géant subantarctique (*Macronectes halli*)** est commun. Le pétrel géant subantarctique se reproduit en colonies disséminées sur de nombreux sites des archipels de Kerguelen, tandis que le pétrel géant antarctique est connu pour se reproduire en colonies sur uniquement deux sites de Kerguelen. Des dénombrements des nids avec couveur de pétrel géant subantarctique ont été réalisés sur plusieurs sites et montrent que la péninsule Courbet héberge la plus grande population avec 900 couples (RNN TAF, bilan d'activité 2016). Bien qu'aucune estimation globale précise n'ait été réalisée, on peut estimer que moins de 2 200 couples se reproduisent à Kerguelen (Duriez et Delord, 2012).

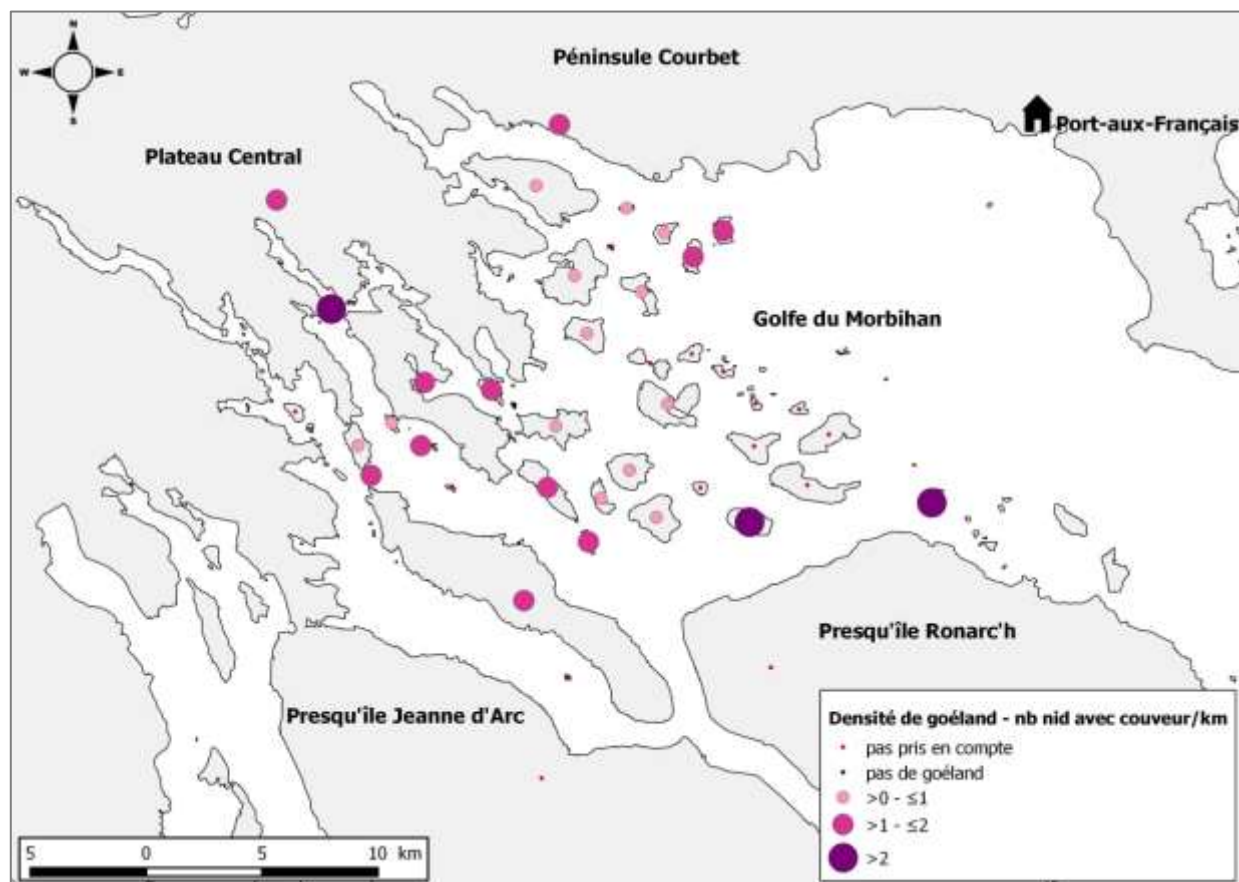
### *Skuas, goélands, sternes et chionis*

A Kerguelen, le **petit bec-en-fourreau (*Chionis minor*)** est présent sur la Grande Terre et les îles en densité variable. L'île Mayes fait l'objet de dénombrements complets annuels. En 2015, 24 territoires étaient dénombrés sur l'île (CEBC-CNRS, non publié). Dans le reste du Golfe du Morbihan, les prospections réalisées en 2014-2015 ont permis de dénombrer **1254 individus** (RNN TAF, non publié). Les densités rapportées au linéaire de côte prospecté montrent une grande différence entre les îles (environ 4,11 individus/km) et la Grande Terre (0,08 individus/km). Ailleurs, seuls des dénombrements opportunistes incomplets ont été réalisés sur d'autres sites lors de prospections. A l'échelle de Kerguelen, la population est estimée à **5000 couples** (Duriez et Delord, 2012).



Carte 57. Carte de répartition des observations de petit bec-en-fourreau réalisées en 2014/2015 dans le Golfe du Morbihan à Kerguelen.

Les **goélands dominicains (*Larus dominicanus*)** constituent une population de 5 000 couples. En 2014/2015, les prospections en zodiac dans le golfe du Morbihan ont permis de cartographier les colonies de goéland dominicain sur l'ensemble des îles. Au total 417 nids ont été dénombrés (RNN TAF, non publié).

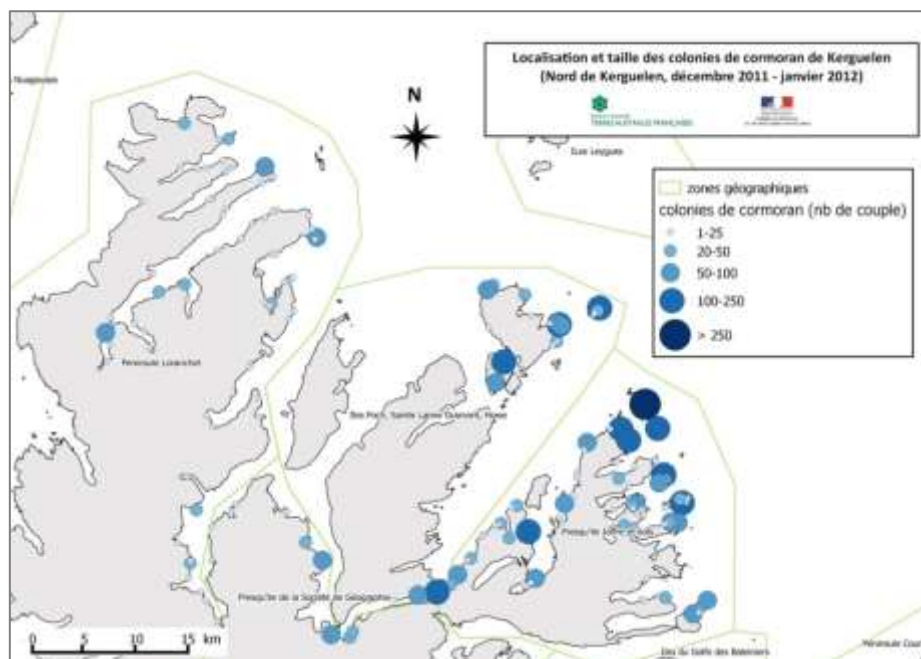


Carte 58. Carte de répartition des observations de goéland dominicain réalisées en 2014/2015 dans le Golfe du Morbihan à Kerguelen.

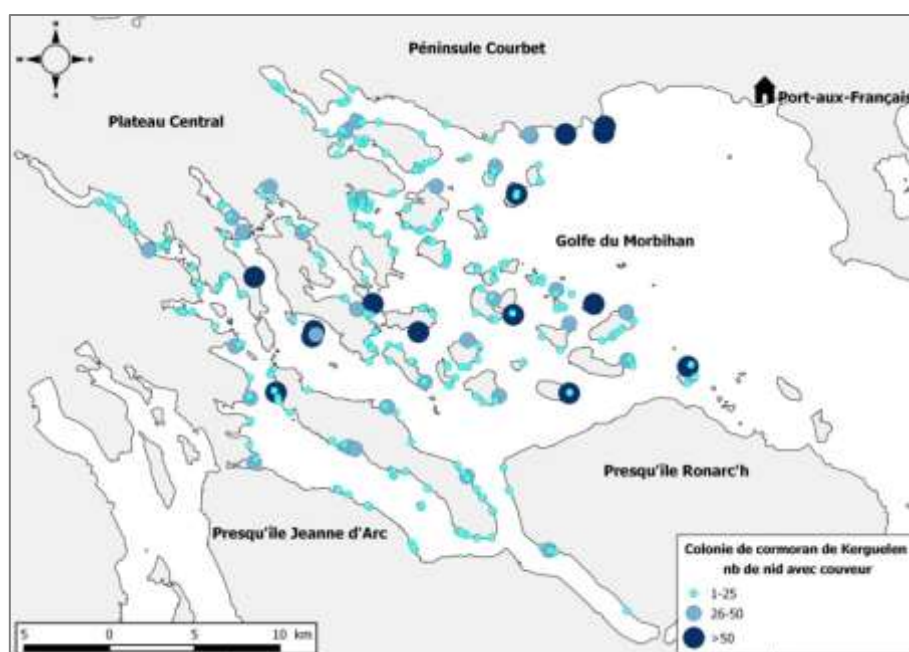
Les couples de **sternes de Kerguelen (*Sterna virgata*)** et **sternes antarctiques (*Sterna vittata*)** sont estimés pour les deux espèces à moins de 2 000 couples.

### *Cormorans*

Le **cormoran de Kerguelen (*Phalacrocorax verrucosus*)** niche sur les falaises cotières sur tout l'archipel. Les dénombrements récents mais toutefois non exhaustifs sur la péninsule Courbet, le golfe du Morbihan et le nord-ouest de Kerguelen indiquent la présence d'au minimum 12 000 couples, chiffre supérieur aux estimations de Weimerskirch et al. 1988.



Carte59. Carte de répartition des colonies de cormoran de Kerguelen réalisée en 2011/2012 dans le nord de Kerguelen.



Carte60. Carte de répartition des colonies de cormoran de Kerguelen réalisée en 2014/2015 dans le Golfe du Morbihan à Kerguelen.

### Canards (Anatidés)

Avant 2009, peu d'études avaient été menées sur le **canard d'Eaton (*Anas eatoni*)** à Kerguelen pour améliorer les connaissances sur sa répartition et ses effectifs. La mise en place d'un suivi annuel hivernal par les agents de la réserve naturelle est venue combler ces lacunes.

Les résultats de ces analyses amènent plusieurs constats :

- L'espèce est présente en plus forte densité sur les côtes qu'à l'intérieur (constaté sur la Péninsule Courbet en été et en hiver),

- En été, les densités sont globalement plus fortes sur les îles que sur la Grande Terre
- Les densités sur la Péninsule Courbet sont plus fortes en hiver qu'en été confirmant l'utilisation de la Péninsule Courbet en hivernage par l'espèce

Bien que les canards soient observés à proximité de la côte, l'estran n'est que très peu utilisé. Ce sont surtout les prairies côtières avec plans d'eau peu profonds qui accueillent les rassemblements hivernaux. Le site de Pointe Morne présente les effectifs de canards hivernants les plus forts connus (2 280 canards en mai 2015 ; RNN TAF, non publié). Le site de Pointe Suzanne est aussi connu pour héberger des rassemblements importants (jusqu'à 1 000 – 1 200 ind.). La population hivernante sur la Péninsule Courbet, principale zone d'hivernage de l'espèce, est estimée en moyenne entre 20 000 et 36 000 canards selon les années (période 2011-2015). Ceci permet de supposer que la population reproductrice est supérieure à 10 000 couples, effectif supérieur à l'estimation de 5000 couples mentionnée par Duriez & Delord (2012), et même supérieur à l'estimation de 5000-10000 couples proposée par Weimerskirch et al. (1988).

#### II.F.2) b) iii. Oiseaux de Saint-Paul et Amsterdam

##### Présentation générale

Dix espèces d'oiseaux marins se reproduisent à Amsterdam et quinze espèces sur Saint-Paul. Il est important de souligner la présence de deux espèces endémiques, **l'albatros d'Amsterdam (*Diomedea amsterdamensis*)**, dont la population nicheuse est restreinte **au** Plateau des Tourbières (Amsterdam), et **le Prion de Mac Gillivray (*Pachyptila macgillivrayi*)** qui se reproduit à Saint-Paul.

Tableau 27. Liste des espèces d'oiseaux se reproduisant à Amsterdam et Saint-Paul (a : Duriez & Delord, 2012 ; b : RNN TAF, non publié ; c : IPEV 109, non publié)

Nom scientifique	Nom commun	Nombre de couples
<i>Stercorarius antarcticus</i>	Labbe subantarctique	> 60 (b)
<i>Sterna vittata</i>	Sterne subantarctique	250 (a)
<i>Thalassarche carteri</i>	Albatros à Bec jaune	22 700 (c)
<i>Diomedea amsterdamensis</i>	Albatros d'Amsterdam	< 40 (a)
<i>Phoebastria fusca</i>	Albatros fuligineux à dos sombre	< 410 (b, c)
<i>Fregetta grallaria</i>	Océanite à ventre blanc	< 100 (a)
<i>Pachyptila turtur</i>	Petit prion	< 20 (a)
<i>Puffinus assimilis</i>	Petit puffin	< 25 (a)
<i>Procellaria cinerea</i>	Pétrel gris	< 10 (a)
<i>Pterodroma macroptera</i>	Pétrel noir	50 (a)
<i>Pterodroma mollis</i>	Pétrel soyeux	< 50 (a)
<i>Pachyptila macgillivrayi</i>	Prion de Macgillivray	< 200 (a)
<i>Puffinus carneipes</i>	Puffin à pieds pâles	> 500 (a)
<i>Eudyptes moseleyi</i>	Gorfou sauteur du Nord	34 000 (a)
<i>Morus serrator</i>	Fou austral	1 - 3 (a)
<i>Morus capensis</i>	Fou du Cap	1 - 3 (a)
<i>Estrilda astrild</i>	Bec-rose	50 (a)

L'île d'Amsterdam a été intégralement inventoriée de novembre 2011 à mars 2012. L'île de Saint-Paul a fait l'objet d'un inventaire partiel (en dehors de la saison de reproduction) par le programme IPEV-109, en collaboration avec la réserve naturelle, pendant 9 jours en avril 2012.

### *Manchots et gorfous*

A Saint-Paul et Amsterdam, seuls des **gorfous sauteurs du Nord (*Eudyptes moseleyi*)** y nichent. Selon Duriez et Delors (2012), la population de gorfous sauteurs à Amsterdam s'établit à 25 000 couples, tandis qu'elle est de 9 000 couples à Saint Paul.

### *Albatros*

Concernant Amsterdam, trois espèces nichent sur l'île. **L'albatros à bec jaune (*Thalassarche carteri*)** et **l'albatros fuligineux à dos sombre (*Phoebastria fusca*)** ont fait l'objet d'un dénombrement complet sur toute l'île en 2012. **L'albatros d'Amsterdam (*Diomedea amsterdamensis*)** fait quant à lui l'objet d'un suivi annuel exhaustif dans le cadre d'un Plan National d'Actions en faveur de cette espèce.

Seuls quelques couples d'**albatros à bec jaune** et à **d'albatros fuligineux à dos sombre** nichent sur l'île de Saint-Paul.

### *Pétrels*

Les populations de pétrels ont décliné suite à l'introduction de mammifères sur Amsterdam. Selon Duriez et Delord (2012), il subsiste quelques couples de **pétrels soyeux (*Pterodroma mollis*)** et de **pétrels gris (*Procellaria cinerea*)**.

Sur l'île de Saint-Paul, le puffin à pieds pâles s'est maintenu malgré la présence des rats. Toutes les autres espèces de pétrel étaient concentrées sur la Roche Quille, îlot rocheux à 200 m des côtes de Saint-Paul. Les effectifs étaient alors faibles avec seulement quelques dizaines de couples pour chaque espèce, hormis le prion de Mac-Gillivray dont la population était estimée à 150-200 couples. Suite à l'éradication des rats en 1997, un début de recolonisation de l'île par les pétrels nichant en terrier a été observé. Toutefois aucune nouvelle estimation des populations n'a été effectuée. Il faut aussi signaler la présence de quelques couples de **fou du Cap (*Morus capensis*)** et de **fou Austral (*M. serrator*)** sur Saint-Paul.

### *Skuas, goélands, sternes et chionis*

Le **skua subantarctique (*Stercorarius antarcticus*)** se reproduit sur l'île d'Amsterdam, et des dénombrements complets ont été effectués en 2012. On y dénombrait cette année-là 62 couples. Les effectifs des **sternes antarctiques (*Sterna vittata*)** sont connus de manière partielle à Amsterdam.

A Saint Paul, 200 couples de **sternes antarctiques (*Sterna vittata*)** nichent sur la Roche Quille. Le **skua subantarctique (*Stercorarius antarcticus*)** y est aussi présent.

#### *II.F.2.c) Zones d'alimentation*

##### *II.F.2) c) i. Présentation générale*

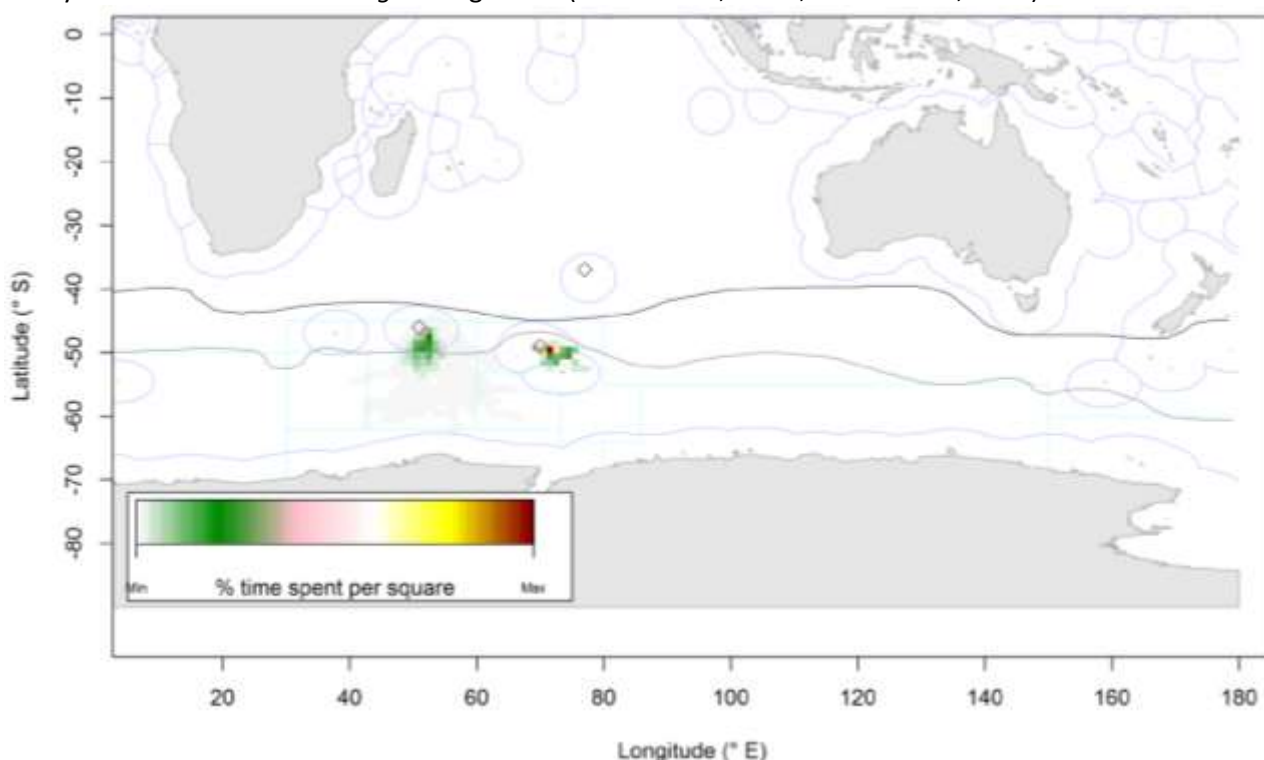
Pour leur reproduction, l'ensemble des espèces d'oiseaux recensées dans la réserve naturelle des Terres australes françaises retournent à terre. De nombreuses espèces se regroupent alors en colonies qui représentent de forts enjeux de conservation. **La majorité de ces espèces se nourrissent en mer.** Les zones fréquentées sont différentes d'une espèce à l'autre en fonction du régime alimentaire, du mode de recherche alimentaire, du stade de développement des individus (juvéniles, immatures, adultes reproducteurs) et de la période du cycle de vie (période reproductrice ou non reproductrice, incubation, élevage des jeunes). Les méthodes de suivi sont présentées en partie II.F.2.a), **Erreur ! Source du renvoi**

ntrouvable.. Les résultats des cartographies des zones d'alimentation de certaines espèces (manchot royal, grand albatros, pétrel à menton blanc et albatros à sourcils noirs) sont présentés ci-après.

## II.F.2) c) ii. Exemples de zones d'alimentation

### *Manchot royal*

Le manchot royal se reproduit à Crozet et à Kerguelen. Lors des deux périodes de reproduction (été et printemps), le régime alimentaire des poussins dépend presque exclusivement de poissons (>90%)ainsique de céphalopodes. Les poissons entrant dans ce régime sont essentiellement des myctophidés, *Krefflichthys anderssoni*, *Electrona carlsbergi* et *Protomyctophum tenisoni* étant les trois principales espèces consommées à Crozet, tandis qu'à Kerguelen les principales espèces consommées sont *K. anderssoni* et *Muraenolepis marmoratus* (Cherel et al., 2007 ; Cherel & Ridoux, 1992 ; Cherel et al., 1993 ; Ridoux, 1994 ; Bost et al. 2002). En hiver, la consommation de céphalopodes et notamment d'*OnychoteuthisMoroteuthis ingens* augmente (Cherel et al., 1996 ; Cherel et al., 1993).



Carte 61. Distribution en mer observée des manchots royaux adultes de Kerguelen et Crozet (île de la Possession). La couleur indique le pourcentage de temps passé par carré de 1°. Le front subtropical est représenté en gris foncé et le front polaire est représenté en gris clair (Source : Delord et al. 2013).

En été, les zones d'alimentation des manchots royaux sont particulièrement dépendantes des fronts océaniques, particulièrement de la position du front polaire antarctique. Du fait de la proximité des colonies de Kerguelen avec le front polaire, les manchots royaux de Kerguelen parcourent de plus faibles distances que ceux de Crozet.

En automne et hiver, leurs zones d'alimentation s'étendent du front polaire au nord jusqu'à la limite des glaces au sud.

**Les manchots royaux sont dépendants des conditions océaniques pour s'alimenter.** Les anomalies climatiques à large échelle (températures de surfaces plus chaudes, déplacement du front polaire vers le Sud durant l'été austral) liées au Dipôle subtropical de l'océan Indien ont en effet un impact sur les zones d'alimentation des manchots royaux comme cela a été montré par Bost et al. (2015). Cela **affecte**

directement les populations de manchots royaux en modifiant leur distribution en mer, leurs distances parcourues, leurs profondeurs de plongée, et finalement leur succès reproducteur (cf. partie IV.C.2.c).

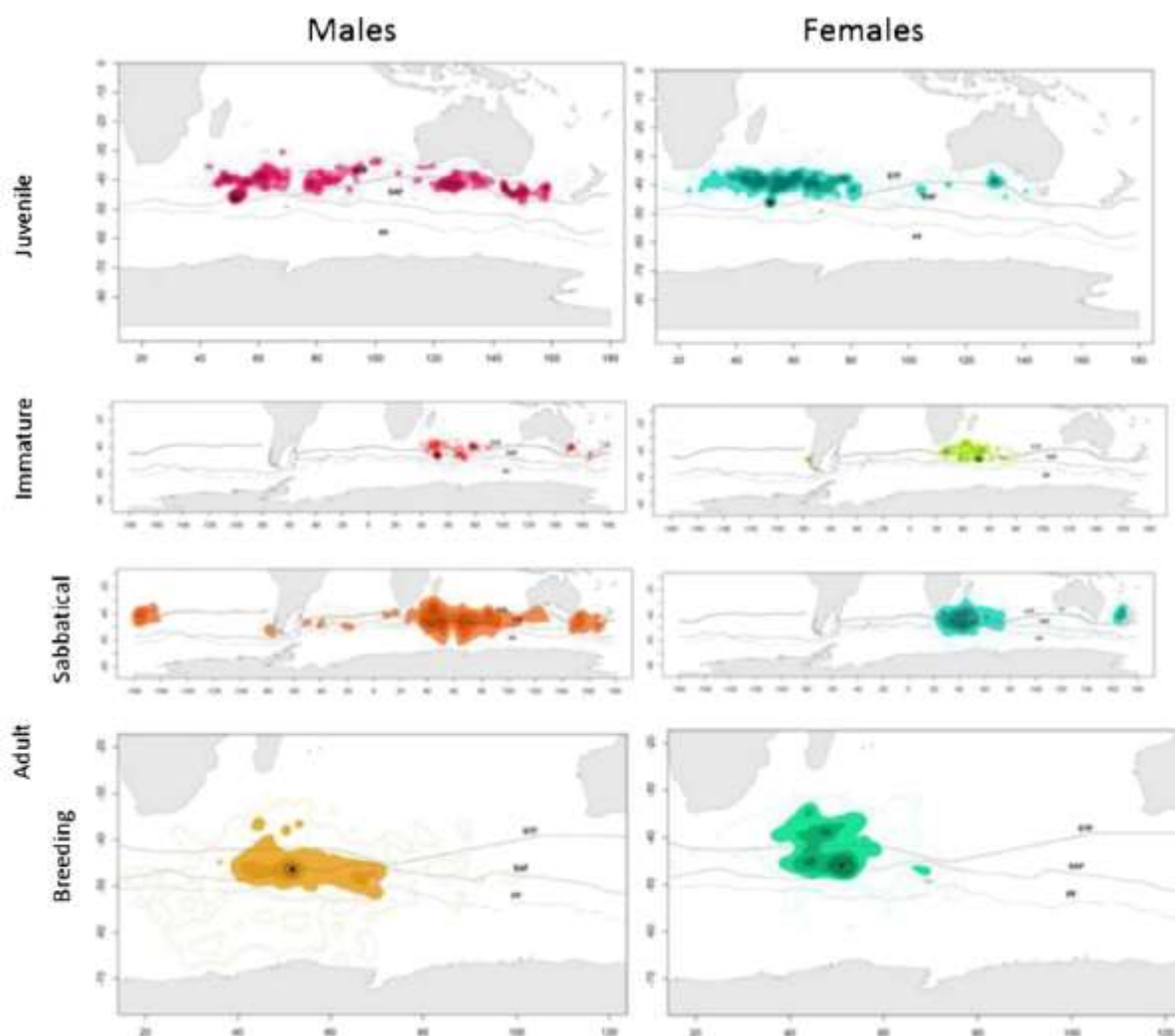
### *Grand albatros*

Le régime alimentaire des grands albatros est composé de calmars et de poissons en proportion variable. L'espèce de poisson la plus fréquemment consommée est la légine australe *Dissotichus eleginoides*, capturée naturellement ou en suivant les bateaux de pêche.

Le grand albatros a été la première **espèce marine suivie par des techniques télémétriques satellitaires** (Delord et al. 2013) et fait aujourd'hui parti des espèces pour lesquelles nous possédons le plus d'informations sur la distribution en mer à différents stades de vie (adultes reproducteurs/non reproducteurs, immatures, juvéniles).

Lors de sa vie, un grand albatros vivant 50 ans couvre **une distance de 8,5 millions de kilomètres** (Weimerskirch et al. 2014) grâce notamment à ses **migrations circumpolaires**. Ces mouvements continus à large échelle des grands albatros constituent probablement une stratégie de recherche alimentaire, maximisant la distance parcourue et ainsi la probabilité de rencontre avec une proie. **Les zones d'alimentation des grands albatros évoluent au cours de leur vie et ces zones d'alimentation sont différentes pour les mâles et les femelles**. Ainsi, lorsqu'un mâle vieillit, il se déplace progressivement des eaux subtropicales aux eaux antarctiques. Les femelles, quant à elles, restent dans les eaux subantarctiques mais augmentent leur vitesse de voyage en vieillissant (Weimerskirch et al. 2014). La **Erreur ! Source du envoi introuvable** montre l'évolution de la distribution des zones d'alimentation chez les grands albatros en fonction de leur sexe et de leur stade de développement.





Carte 62. Distribution de zones d'alimentation d'albatros hurleurs mâles et femelles à différents stades de développement (Source : Weimerskirch et al. ,2014)

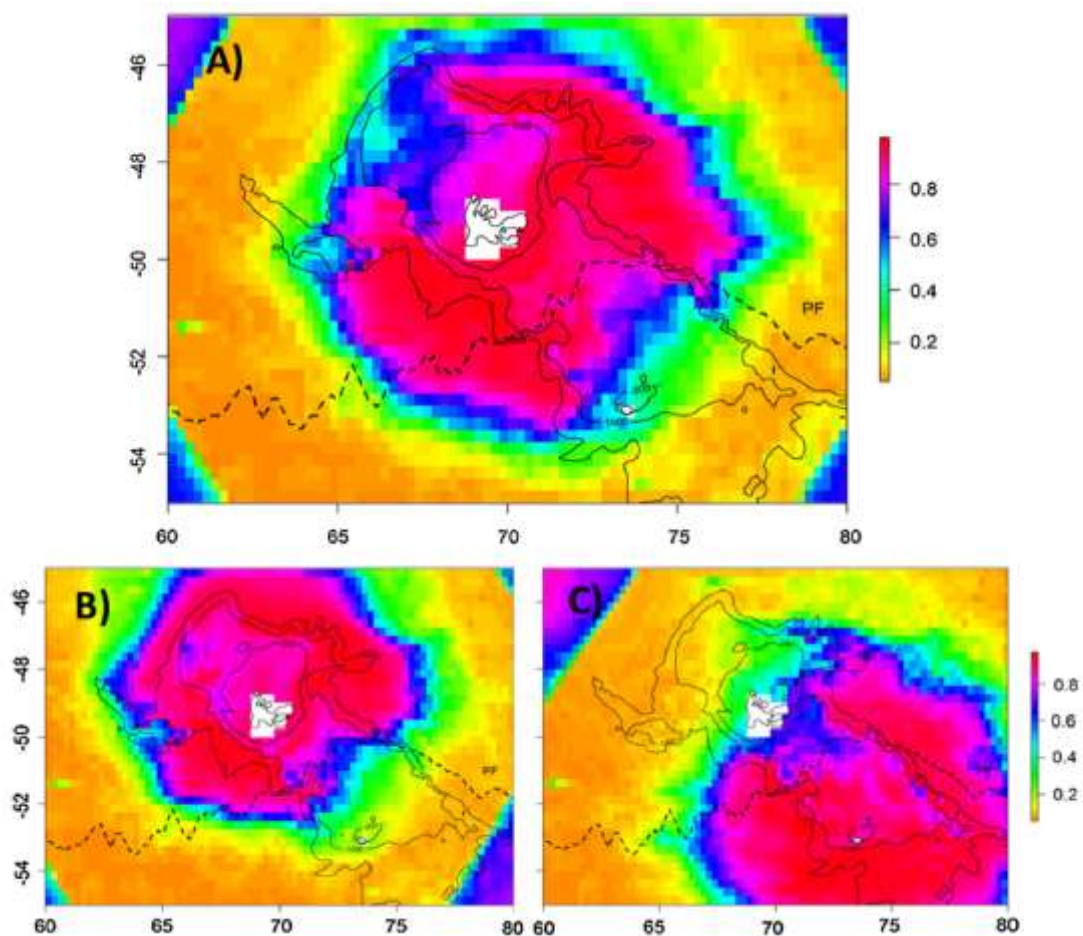
Ces changements importants des zones d'alimentation signifient que **cette espèce rencontre des eaux allant de températures élevées (30°C) à basses (1°C) et rencontre des conditions de vent très différentes**. Les juvéniles ont tendance à se nourrir dans les eaux tropicales et subtropicales, où les vents sont moins violents qu'au-dessus des eaux subtropicales. Lors du stade immature (entre 2 et 5 ans), les albatros hurleurs retournent sur le site de ponte où ils sont nés afin de trouver un futur partenaire et se nourrissent en mer à proximité du site, avant de visiter les autres colonies d'albatros dans l'océan Indien. A l'âge adulte, les albatros doivent modifier leurs comportements alimentaires et alternent entre une année de reproduction, lors de laquelle ils recherchent activement de la nourriture et retournent régulièrement à la colonie, et une année sabbatique, au cours de laquelle ils partent longtemps et loin de la colonie. Pendant la période de reproduction, les zones d'alimentation des mâles se situent dans les eaux subantarctiques et antarctiques, alors que celles des femelles se situent dans des eaux plus chaudes. Les succès de reproduction sont les plus élevés quand les albatros ont entre 15 et 25 ans, lorsque les albatros ont acquis une bonne expérience en recherche alimentaire. Le succès reproducteur diminue ensuite, les capacités de recherche d'alimentation des albatros diminuant avec l'âge (sénescence).

### *Albatros à sourcils noirs*

**Les albatros à sourcils noirs se reproduisent à Crozet et à Kerguelen, où ils représentent 0.7% de la population mondiale (ACAP, 2010)**. Ces oiseaux sont suivis sur différentes colonies. Le régime alimentaire de l'albatros à sourcils noirs est composé de poissons, de céphalopodes et de charognes de

manchots (Cherel et al. 2002). Les poissons consommés sont des espèces néritiques, proies naturelles des albatros mais qui peuvent aussi provenir des hameçons appâtés des palengriers. La manière dont les albatros à sourcils noirs capturent ces poissons démersaux reste inconnue.

Les **trajets en mer** des albatros à sourcils noirs ont été étudiés par Thiers et al (2016) à partir de plusieurs colonies de Kerguelen (Canyon des Sourcils noirs au sud de la Grande Terre et Cap Français au nord de la Grande Terre) ainsi que sur l'île de Heard (Australie). Des modèles d'habitat ont été réalisés à partir des localisations de présence et pseudo-absence de l'espèce, et des variables environnementales telles que la bathymétrie, la concentration en chlorophylle a ou la température de surface de la mer. La prédiction des zones d'alimentation montre peu de recouvrement entre les colonies de Kerguelen et de Heard et MacDonal. Ils possèdent cependant des patrons communs, la probabilité de présence des albatros à sourcils noirs se concentrant sur le plateau et le long des bordures du plateau. Ces modèles confirment les premiers résultats obtenus par Cherel et al. (2000) montrant que les albatros de la colonie du Canyon des Sourcils Noirs se nourrissent sur le plateau et sa bordure.

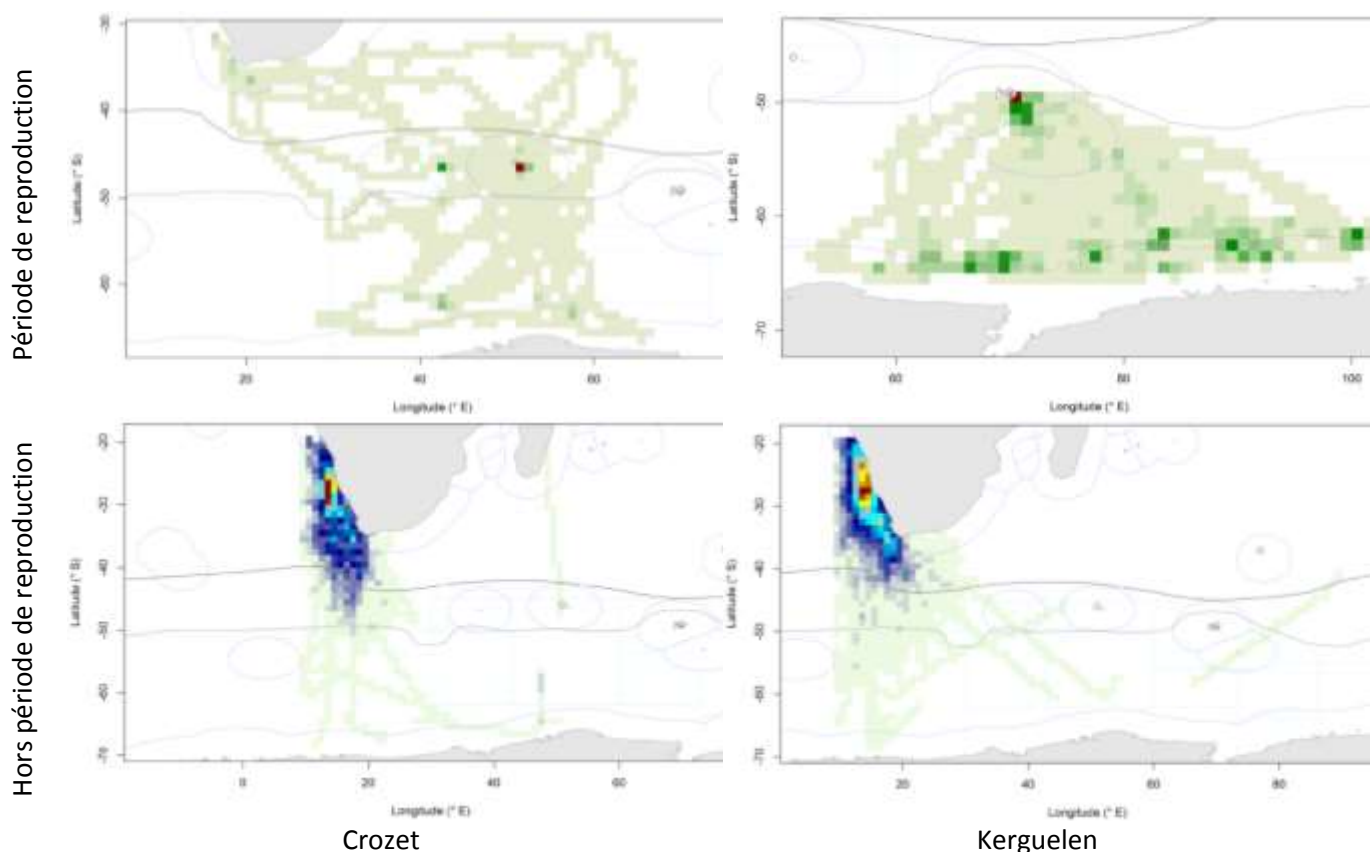


Carte 63. Probabilité de présence prédite des colonies d'Albatros à sourcils noirs de (a) Canyon des Sourcils Noir, (b) Cap Français, (c) Heard et MacDonal. Les contours du plateau de Kerguelen/Heard (lignes continues) et du Front Polaire (lignes pointillées) sont représentés (Source : Thiers et al., 2016).

### *Pétrel à menton blanc*

Les **pétrels à menton blanc** *Procellaria aequinoctialis* se reproduisent sur les îles Kerguelen et Crozet, où l'on trouve 25% de la population mondiale estimée (ACAP, 2010). Les pétrels à menton blanc se nourrissent, par ordre d'importance, de poissons, de céphalopodes et de crustacés (Catard et al. 2000, Connan et al. 2007, Delord et al. 2010). Les principales proies chez les poissons sont les myctophidés et les

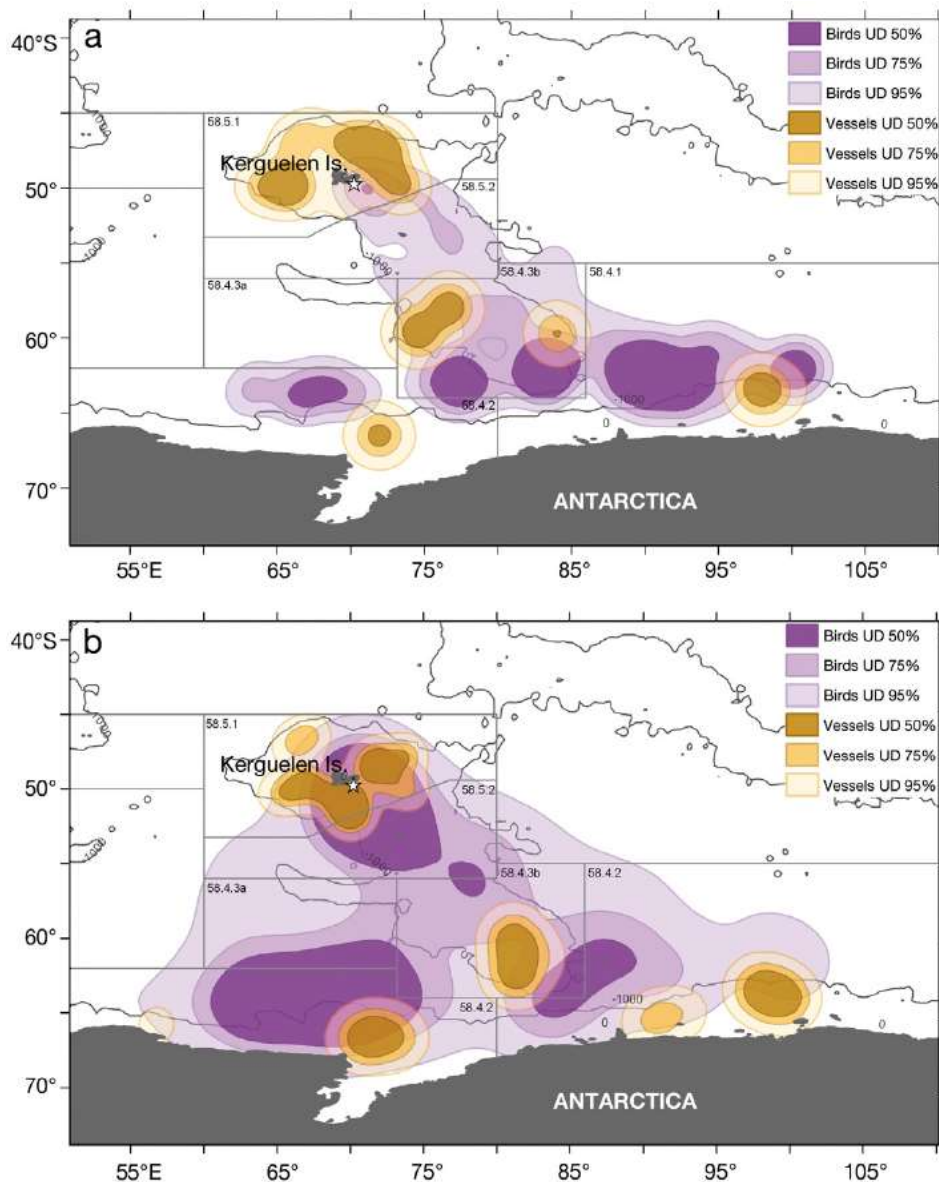
paralepididés ainsi que des marcouridés évoluant dans les eaux profondes. La principale espèce de céphalopode consommée est le brachioteuthidé *Slosarczykovia circumantarctica*. Les crustacés incluent principalement l'hyperiidé *Themisto gaudichaudii* et des Krill. Les pétrels à menton blanc se nourrissent régulièrement de krill antarctique *E. superba* lors de la période de reproduction en s'alimentant directement dans les eaux antarctiques aux latitudes élevées. La présence d'appâts (poissons et calmars) ainsi que de déchets dans les contenus stomachaux indique la forte interaction avec les bateaux de pêche (Delord et al. 2010). Carte Delord 2013



**Carte 64. Distribution en mer observée des pétrels à menton blanc de Kerguelen et Crozet (île de la Possession). La couleur indique le pourcentage de temps passé par carré de 1°. Le front subtropical est représenté en gris foncé et le front polaire est représenté en gris clair (Source : Delord et al. 2013).**

Les trois principales zones d'alimentation du pétrel à menton blanc sont les plateaux proches des colonies de Crozet et Kerguelen, les eaux antarctiques jusqu'en bordure de la banquise et le courant du Benguela au large de l'Afrique du sud et de la Namibie (Delord et al. 2013). Durant la période de reproduction, alors que les oiseaux de Crozet exploitent une large zone allant des eaux subantarctiques aux eaux antarctiques, les oiseaux de Kerguelen se nourrissent dans les eaux antarctiques. En dehors de la saison de reproduction, les pétrels à menton blanc des deux archipels migrent vers l'ouest pour rejoindre le courant du Benguela.

La comparaison des trajets d'oiseaux équipés à Kerguelen et les positions des bateaux de pêche à la légine dans les ZEE des TAAF montre un faible recouvrement entre les zones d'alimentation des pétrels à menton blanc en période de reproduction et les zones de pêches (Delord et al. 2010). Bien que le pourcentage d'interaction semble faible, le nombre de captures accidentelles est élevé et a incité à prendre des mesures de réduction des captures.

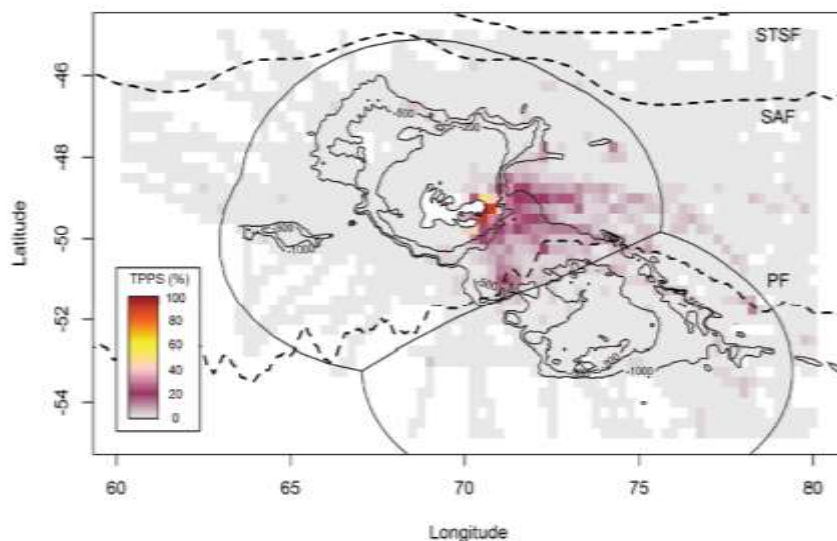


Carte 65. Comparaison des distribution des pétrels à menton blanc (en violet) et des bateaux de pêche à la légine (en orange) durant la période d'incubation des oiseaux en 2008 (a) et la période d'élevage des jeunes en 2006 (b). La colonie d'étude à Kerguelen est située par une étoile blanche (Source : Delord et al. 2010).

II.F.2) c) iii. Zones présentant un fort enjeu pour l'alimentation des oiseaux marins

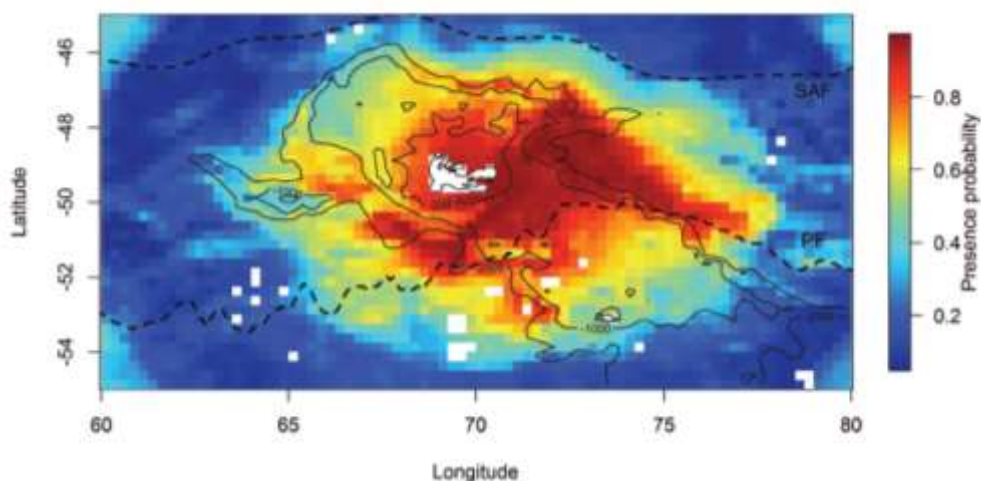
Ces travaux, effectués espèce par espèce, permettent d'aboutir à **l'identification de zones présentant de forts enjeux pour la communauté d'oiseaux marins vivant dans les Terres australes françaises** (Thiers et al., 2016, Thèse Thiers 2015). L'analyse individuelle puis collective des localisations en mer provenant d'oiseaux et de mammifères marins permet de déterminer l'utilisation globale de la zone étudiée par l'ensemble des espèces suivies. Thiers et al. (2015, 2016) ont ainsi cartographié le temps passé par secteur (TPPS) cumulé pour 9 espèces suivies dans les environs de Kerguelen (cf. Carte 66). Ces 9 espèces comprennent des oiseaux volants tels que le grand albatros (*Diomedea exulans*), l'albatros à sourcils noirs (*Thalassarche melanophris*), le pétrel à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis*) et le cormoran de Kerguelen (*Leucocarbo verrucosus*), des oiseaux plongeurs comme le manchot royal (*Aptenodytes patagonicus*), le manchot papou (*Pygoscelis papua*) et le manchot macaroni (*Eudyptes chrysolophus*), et enfin de mammifères marins comme l'éléphant de mer austral (*Mirounga leonina*) et l'otarie à fourrure de

Kerguelen (*Arctocephalus gazealla*). On observe que les plus fortes valeurs de TPPS sont à l'est et au sud-est de l'archipel.



Carte 66. Carte de temps passé par secteur (TPPS) cumulé standardisé pour les 9 espèces suivies dans les environs de Kerguelen (Source : Thèse de Thiers, 2015)

Lorsque les données télémétriques sont présentes et qu'elles représentent au mieux les différents comportements de recherche alimentaire observés, **il est possible de construire des cartes de prédiction de présence**. Thiers et al. (2016) ont construit cette carte pour 4 espèces (**le grand albatros, le manchot royal, l'albatros à sourcils noirs et l'otarie à fourrure**). **Une zone de forte utilisation par ces 4 espèces apparaît au niveau du plateau de Kerguelen, au Sud-Est de l'archipel**. Les bords du plateau, à l'Est et à l'Ouest de la Grande Terre sont également des zones où les probabilités de présence prédites sont très élevées. Les valeurs sont très faibles au-dessus du Front subantarctiques, et les plus fortes valeurs sont comprises entre les côtes de Kerguelen et du Front Polaire.



Carte 67. Carte de la moyenne des prédictions de présence pour les 4 espèces (grand albatros, manchot royal, albatros à sourcils noirs, otarie à fourrure) de l'archipel de Kerguelen (Source : Thiers et al. 2016)

Les oiseaux marins sont donc dépendants, pour leur survie, des ressources alimentaires disponibles en mer, particulièrement dans les zones à forte productivité. **La préservation des oiseaux marins doit donc s'attacher d'une part à la protection des sites de reproduction à terre, et d'autre part à celle des sites d'alimentation et des ressources alimentaires en mer.**

#### II.F.2.d) Dynamique de population

**Les informations fournies par les tendances à long terme sont primordiales pour avoir la vision la plus pertinente de l'état de conservation de ces populations.** Les protocoles mis en oeuvre permettent d'une part d'estimer les tendances des populations (par dénombrements directs ou par échantillonnages) et d'autre part de suivre les variations temporelles des paramètres démographiques tels que le succès de la reproduction et le taux de survie.

**Les grandes colonies d'oiseaux marins peuvent être suivies annuellement par dénombrement direct.** C'est le cas des manchots royaux dont les adultes couveurs sont dénombrés sur photographie. Ce travail a par exemple permis de montrer la stabilité de la population sur l'île de La Possession à Crozet malgré des variations interannuelles.

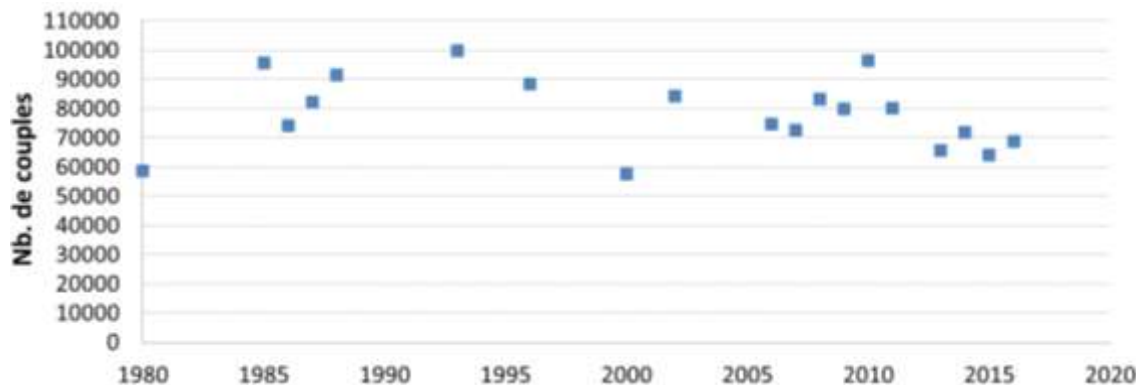


Figure 14. Evolution des effectifs de manchot royal de 1980 à 2016 – Ile de la Possession – Crozet (Source : CEBC-CNRS)

Les espèces se reproduisant de manière plus diffuse ou nicheuses en terriers sont difficilement recensées de manière annuelle. Dans ce cas, des méthodes de comptage par échantillonnage sont privilégiées (dénombrement par distance de détection sur transect par exemple) et sur un pas de temps plus long (variant 10 ans à 20 ans en général). Même si la méthode est moins précise que les dénombrements annuels, la comparaison des effectifs obtenus sur ce pas de temps permet de dégager une tendance.

**Pour plusieurs espèces, les tendances à long terme sont issues du suivi régulier d'une seule localité ou d'une seule colonie.** Cependant, il est possible que des facteurs locaux influencent ces tendances. Dans la mesure du possible, il est utile de suivre à long terme plusieurs colonies afin d'avoir une bonne représentativité de la tendance globale à l'échelle des archipels. Le nombre important d'espèces se reproduisant dans la réserve naturelle et la difficulté de dénombrement que représentent certains sites nécessite cependant un effort considérable pour compléter les données.

Le tableau suivant résume les tendances des dynamiques de population des espèces étudiées.

Tableau 28. Tendances renseignées à partir du calcul du taux de croissance annuel moyen lorsque l'information est disponible ou en comparant les dénombrements disponibles.  $\lambda$  : Taux de croissance annuel moyen. Données : RNN TAF et CEBC-CNRS, non publié (sauf mention contraire).

<b>Manchot royal</b>	<i>Aptenodytes patagonicus</i>	Crozet : → (1985-2016) ; $\lambda = 0,995$ Kerguelen : ↗ (1985-2014)
<b>Manchot papou</b>	<i>Pygoscelis papua</i>	Crozet : → (1988-2014) ; $\lambda = 0,988$ Kerguelen : → (1992-2014) ; $\lambda = 0,995$
<b>Gorfou macaroni</b>	<i>Eudyptes chrysolophus</i>	Crozet : → (2010-2015) Kerguelen : ↗ (1963-2014) ; $\lambda = 1,010$

<b>Gorfou subantarctique</b>	<b>sauteur</b>	<i>Eudyptes filholi</i>	Crozet : → (2010-2016) Kerguelen: ↗ (1994-2014)
<b>Gorfou subtropical</b>	<b>sauteur</b>	<i>Eudyptes moseleyi</i>	Amsterdam : ↘ (1971-2016)
<b>Grand albatros</b>		<i>Diomedea exulans</i>	Crozet : → (1975-2016) ; $\lambda = 1,004$ Kerguelen : ↗ (1985-2016) ; $\lambda = 1,017$
<b>Albatros d'Amsterdam</b>		<i>Diomedea amsterdamensis</i>	Amsterdam : ↗ (1987-2015) ; $\lambda = 1,070$
<b>Albatros à sourcils noirs</b>		<i>Thalassarche melanophris</i>	Kerguelen : → (1978-2016) ; $\lambda = 1,012$
<b>Albatros à bec jaune</b>		<i>Thalassarche carteri</i>	Amsterdam : ↘ (1983-2012) ; $\lambda = 0,989$
<b>Albatros fuligineux à dos sombre</b>	<b>à</b>	<i>Phoebetria fusca</i>	Crozet : → (1980-2016) ; $\lambda = 0,990$ Amsterdam : ↘ (1997-2012) ; $\lambda = 0,969$
<b>Albatros fuligineux à dos clair</b>	<b>à</b>	<i>Phoebetria palpebrata</i>	Crozet : ↗ (1981-2016) ; $\lambda = 1,016$ Kerguelen : ?
<b>Pétrel géant antarctique</b>		<i>Macronectes giganteus</i>	Crozet : ↗ (1980-2014) ; $\lambda = 1,054$
<b>Pétrel subantarctique</b>	<b>géant</b>	<i>Macronectes halli</i>	Crozet : → (1980-2015) ; $\lambda = 1,007$ Kerguelen : ↗ (2010-2016)
<b>Pétrel à menton blanc</b>		<i>Procellaria aequinoctialis</i>	Crozet : ↘ (1983-2004) (Barbraud et al., 2006) Kerguelen : ?
<b>Pétrel bleu</b>		<i>Halobaena caerulea</i>	Kerguelen : ↘ (1988-2000) (Barbraud & Delord, 2006)
<b>Pétrel gris</b>		<i>Procellaria cinerea</i>	Kerguelen : ↘ (1988-2005) (Barbraud et al., 2006)
<b>Pétrel à tête blanche</b>		<i>Pterodroma lessonii</i>	Kerguelen : ?
<b>Pétrel noir</b>		<i>Pterodroma macroptera</i>	Kerguelen : ?
<b>Pétrel de Kerguelen</b>		<i>Aphrodroma brevirostris</i>	Kerguelen : ?
<b>Prion sp.</b>		<i>Pachyptila</i>	Kerguelen : ?
<b>Pétrel plongeur sp.</b>		<i>Pelecanoides</i>	Kerguelen : ?
<b>Cormoran de Kerguelen</b>		<i>Leucocarbo verrucosus</i>	Kerguelen : ↗ (1995-2012) ; $\lambda = 1,036$
<b>Canard d'Eaton</b>		<i>Anas eatoni</i>	Kerguelen : → (hivers 2011-2015)

Skua subantarctique	<i>Stercorarius antarcticus</i>	Kerguelen : ?
Goéland dominicain	<i>Larus dominicanus</i>	Kerguelen : ↗ (2006-2014) ; $\lambda = 1,114$
Sterne de Kerguelen	<i>Sterna virgata</i>	Kerguelen : ?
Sterne antarctique	<i>Sterna vittata</i>	Kerguelen : ?
Petit bec-en-fourreau	<i>Chionis minor</i>	Kerguelen : ↘ (1990-2015) ; $\lambda = 0,993$

## II.F.3. Pinnipèdes

### II.F.3.a) Etat des connaissances

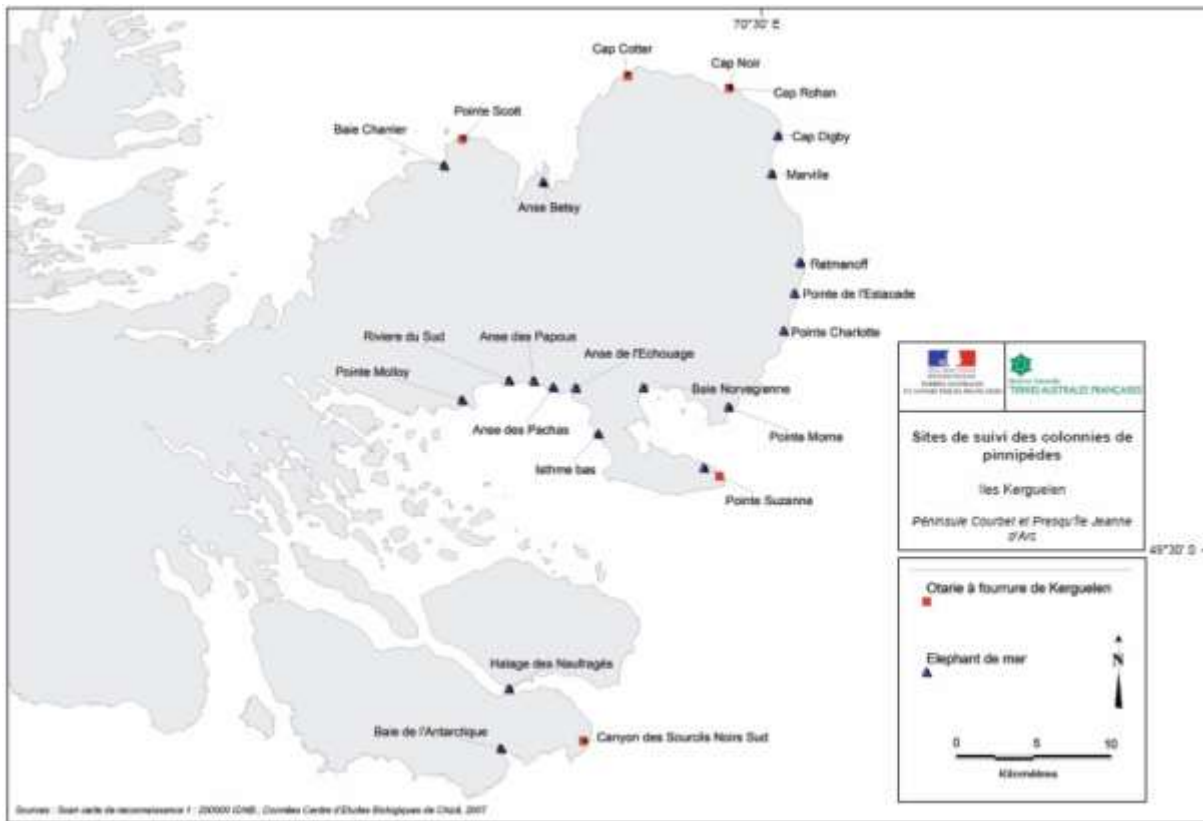
Quatre espèces de l'ordre des pinnipèdes sont recensées sur les archipels de Crozet et Kerguelen, et sur les îles Saint-Paul et Amsterdam. Ils appartiennent à deux familles distinctes:

- Les **phocidae** avec deux représentants : **l'éléphant de mer austral (*Mirounga leonina*)** et **le léopard de mer (*Hydrurga leptonyx*)**
- Les **otaridae** représentés par 2 espèces : **l'otarie à fourrure d'Amsterdam (ou otarie à fourrure subantarctique, *Arctocephalus tropicalis*)** et **l'otarie à fourrure de Kerguelen (ou otarie à fourrure antarctique, *Arctocephalus gazella*)**.

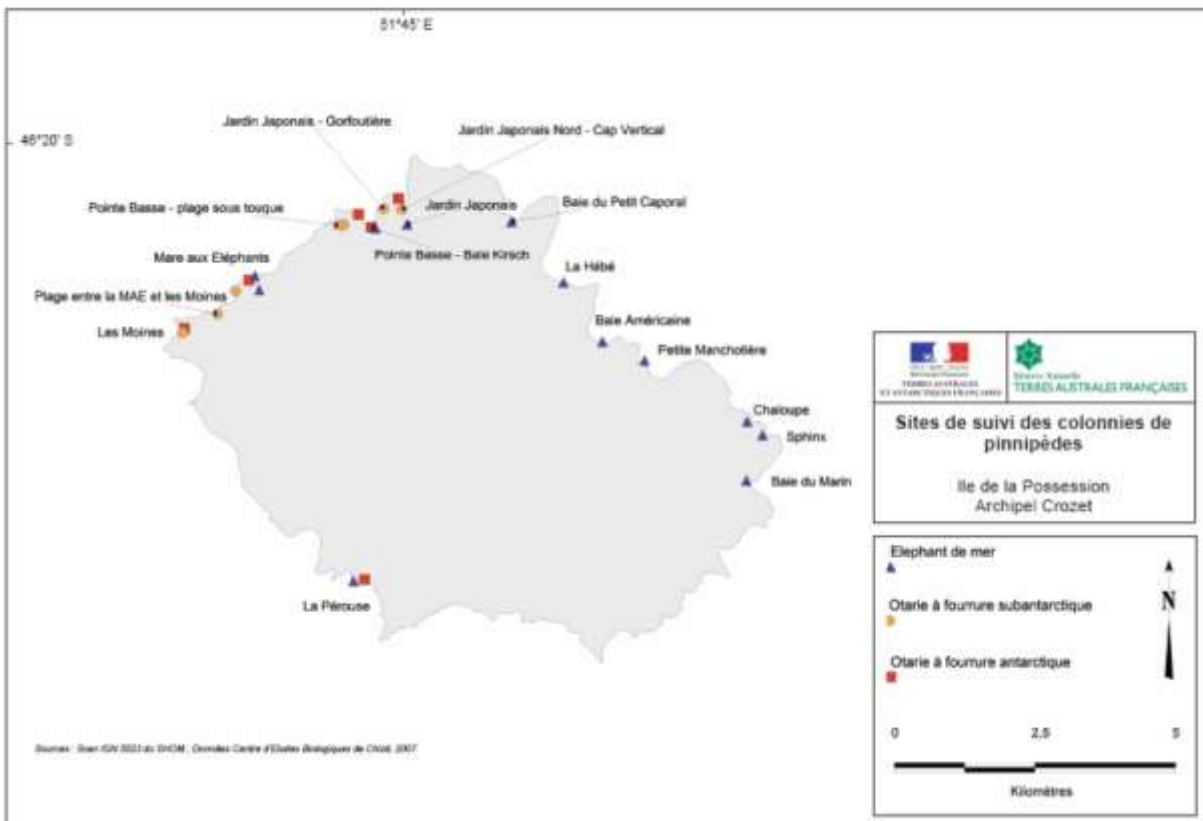
Ces espèces ont été **fortement exploitées du 19<sup>ème</sup> au 20<sup>ème</sup> siècle** : les otaries à fourrure chassées pour leur fourrure et les éléphants de mer pour leur graisse ont été menées proche de l'extinction (cf. partie III.D.1 et partie IV.B.1).

Le premier plan de gestion de la réserve naturelle (2011-2015) avait pour objectif de s'appuyer sur l'expertise du programme scientifique IPEV 109 pilotés par le CEBC-CNRS pour cartographier et dénombrer l'ensemble des colonies de pinnipèdes présents dans la réserve, notamment des colonies pour lesquelles aucune donnée n'est disponible ou ayant historiquement des effectifs importants et dont les données sont anciennes. Les travaux effectués ont permis de **cartographier les colonies de pinnipèdes dans l'est de Kerguelen (otaries à fourrure de Kerguelen et éléphants de mer), sur l'île de la Possession à Crozet (éléphants de mer, otarie à fourrure de Kerguelen, otarie à fourrure d'Amsterdam) et l'île d'Amsterdam (otaries à fourrure d'Amsterdam)**.





Carte 68. Localisation des colonies de pinnipèdes dans l'est de Kerguelen



Carte 69. Localisation des colonies de pinnipèdes sur l'île de la Possession – Crozet

Les effectifs ne sont pas connus sur un certains nombre de sites où l'on dispose pourtant de données anciennes comme l'île de Saint-Paul (otarie à fourrure d'Amsterdam), les îles Nuageuses, Ronde, Leygues et la côte ouest à Kerguelen et les îles Cochons et de l'Est à Crozet.

## II.F.3.b) Dénombrement et répartition géographique

### Éléphant de mer austral

**L'éléphant de mer austral (*Mirounga leonina*) vient se reproduire et muer sur les plages de Kerguelen et Crozet.** D'importantes populations font l'objet de dénombrements réguliers sur la péninsule Courbet (Kerguelen) et l'île de La Possession (Crozet). D'autres colonies sont connues mais n'ont jusqu'à présent pas fait l'objet de dénombrements précis.

Le suivi sur le long terme de la colonie d'éléphants de mer se reproduisant sur la partie est de la péninsule Courbet (Kerguelen) et sur l'île de La Possession (Crozet) est réalisé annuellement par le programme IPEV-109 (CEBC-CNRS). Ce suivi a été complété en 2010, 2011 et 2012 par des dénombrements réalisés par les agents de la Réserve naturelle sur plusieurs secteurs facilement accessibles de Kerguelen.

**Les dénombrements ont lieu en période de reproduction autour du 15 octobre**, pic de présence à terre des femelles reproductrices. Femelles, mâles dominants et mâles périphériques sont alors comptabilisés mais seul le nombre de femelles reproductrices est pris en compte afin de suivre l'évolution des populations. Un facteur de correction est appliqué en fonction de la date du comptage pour obtenir une estimation du nombre de femelles venues réellement se reproduire sur chaque site dénombré.

Tableau 29. Dénombrements des colonies d'éléphants de mer à Kerguelen. Source : Laborie, 2017.

Date	Zone	Comptage	Correction		
			Minimum	Moyenne	Maximum
11/10/2015	PAF-MOLLOY	2037	2050	2440	2940
16-18/10/2010	Port Kirk-Nord Bouquet de la Grye	388	390	440	550
12/10/2016	Anse du Vulcan-Port Elizabeth	957	960	1120	1330
12/10/2015	Port-Elizabeth	937	940	1100	1310
13/10/2015	Port Elizabeth-Baie Charrier	2712	2710	3130	3710
14/10/2015	Baie Charrier-Riv. du Nord	1387	1390	1580	1880
15/10/2015	Riv. du Nord-Cap Cotter	1622	1620	1840	2200
16/10/2015	Cap Cotter-Cap Noir	918	920	1050	1260
17/10/2015	Cap Noir-Cap Digby	1336	1340	1530	1870
17/10/2015	Cap Digby-Ratmanoff	11263	11260	12910	15720
19/10/2015	Ratmanoff-Pointe Charlotte	8614	8610	10160	12770
19/10/2015	Pointe Charlotte-Morne	6247	6250	7370	9260
20/10/2015	Morne-Pte de l'étoile (Guite)	7938	7940	9580	12250
20/10/2015	Pte de l'étoile (Guite)-Pte Suzanne	777	780	940	1200
21/10/2015	Pte Suzanne-Pte Guite	1558	1560	1930	2520
21/10/2015	Pte Guite-PAF	2609	2610	3240	4220
02-03/10/2010	PJDA-Halage des Naufragés	75	80	160	250
15/10/2011	Halage des Naufragés	165	170	190	220
14/10/2011	Plaine des Sarcelles	1014	1010	1160	1370
16/10/2011	Baie Greenland	970	970	1100	1330
19/10/2012	Anse de l'Antarctic	723	720	850	1070
<b>Total</b>		54247	54280	63820	79230



Carte 70. Répartition et effectifs des femelles reproductrices connues sur l'archipel des Kerguelen (à droite) et localisation des zones favorables à la reproduction des éléphants de mer pour lesquelles les effectifs ne sont pas connus (en bas à gauche, polygones rouges). Source : Laborie, 2017.

Les derniers dénombrements indiquent que la population connue d'éléphants de mer à Kerguelen avoisine les 64 000 individus. L'observation des photos satellites prises dans le sud-ouest de Kerguelen montre la présence de nombreux harems. Sur l'île de La Possession à Crozet, environ 800 femelles viennent se reproduire. Ainsi, les Terres australes françaises sont connues pour abriter la 2<sup>ème</sup> population d'éléphants de mer au monde après la Géorgie du Sud, mais abriteraient en réalité la première population au monde (Guinet, Comm. Pers.).

### L'otarie à fourrure de Kerguelen

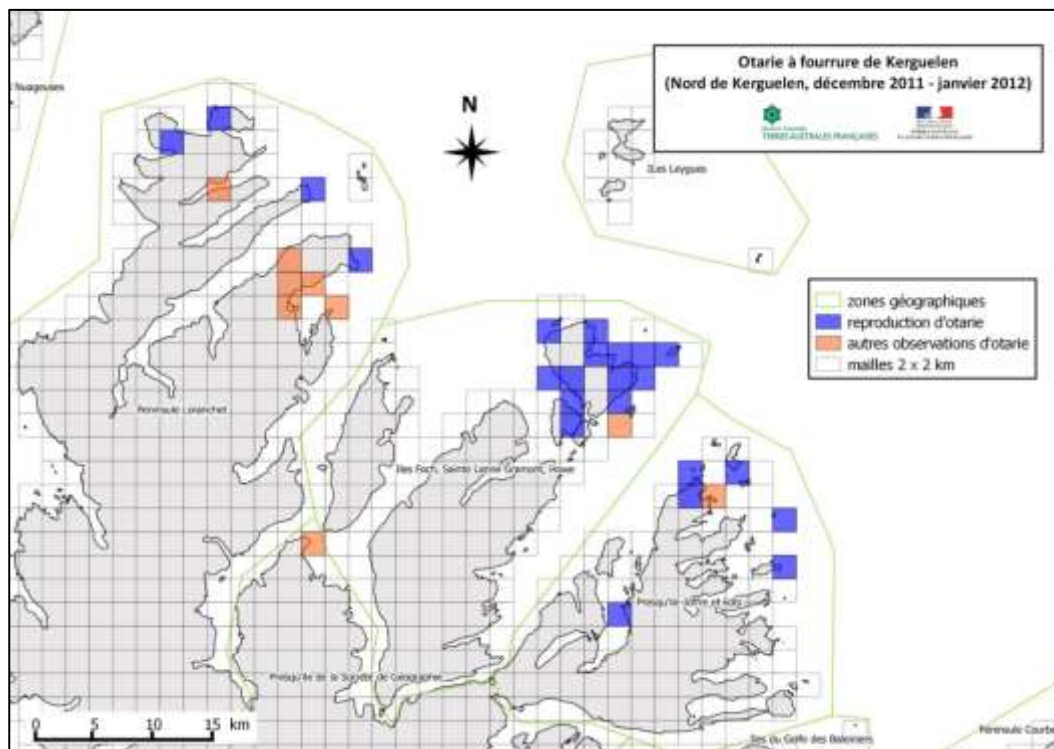
L'otarie à fourrure de Kerguelen (*Arctocephalus gazella*), se reproduit à Kerguelen et Crozet. A l'instar des éléphants de mer, les colonies à terre de la Péninsule Courbet (Kerguelen) et de l'île de La Possession (Crozet) sont suivies de manière précise. D'autres colonies sont identifiées mais les derniers dénombrements sont anciens voire inexistantes.

Les effectifs d'otarie sont estimés à partir du nombre de jeunes pendant la période de reproduction (un jeune par femelle). Les résultats des comptages récents sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 30. Dénombrements des colonies d'otaries à fourrure de Kerguelen dans la Réserve naturelle

Espèce	Sites	Année	Protocole	Programme	Effectif retenu	Unité	Commentaire
<b>Kerguelen</b>							
<b>Otarie de Kerguelen</b>	Péninsule Courbet Est	2014-15	Comptage direct	IPEV 109	≈ 6 000	jeunes	
	Presqu'île Ronarc'h	févr-15	Comptage direct	RN	> 220	jeunes	

	Côte nord-ouest	2011-12	Comptage direct	RN	> 4 500	jeunes	
<b>Crozet</b>							
<b>Otarie de Kerguelen</b>	Ile de la Possession	2012	Comptage direct	IPEV 109	524	jeunes	suivi annuel
	Ile de l'Est			pas de comptage			
	Ile aux Cochons			pas de comptage			
<b>Saint-Paul et Amsterdam</b>							
<b>Otarie de Kerguelen</b>	non concerné						



Carte 71. Répartition des otaries à fourrure de Kerguelen sur la côte nord-ouest de Kerguelen – 2011-2012.

### L'otarie à fourrure d'Amsterdam

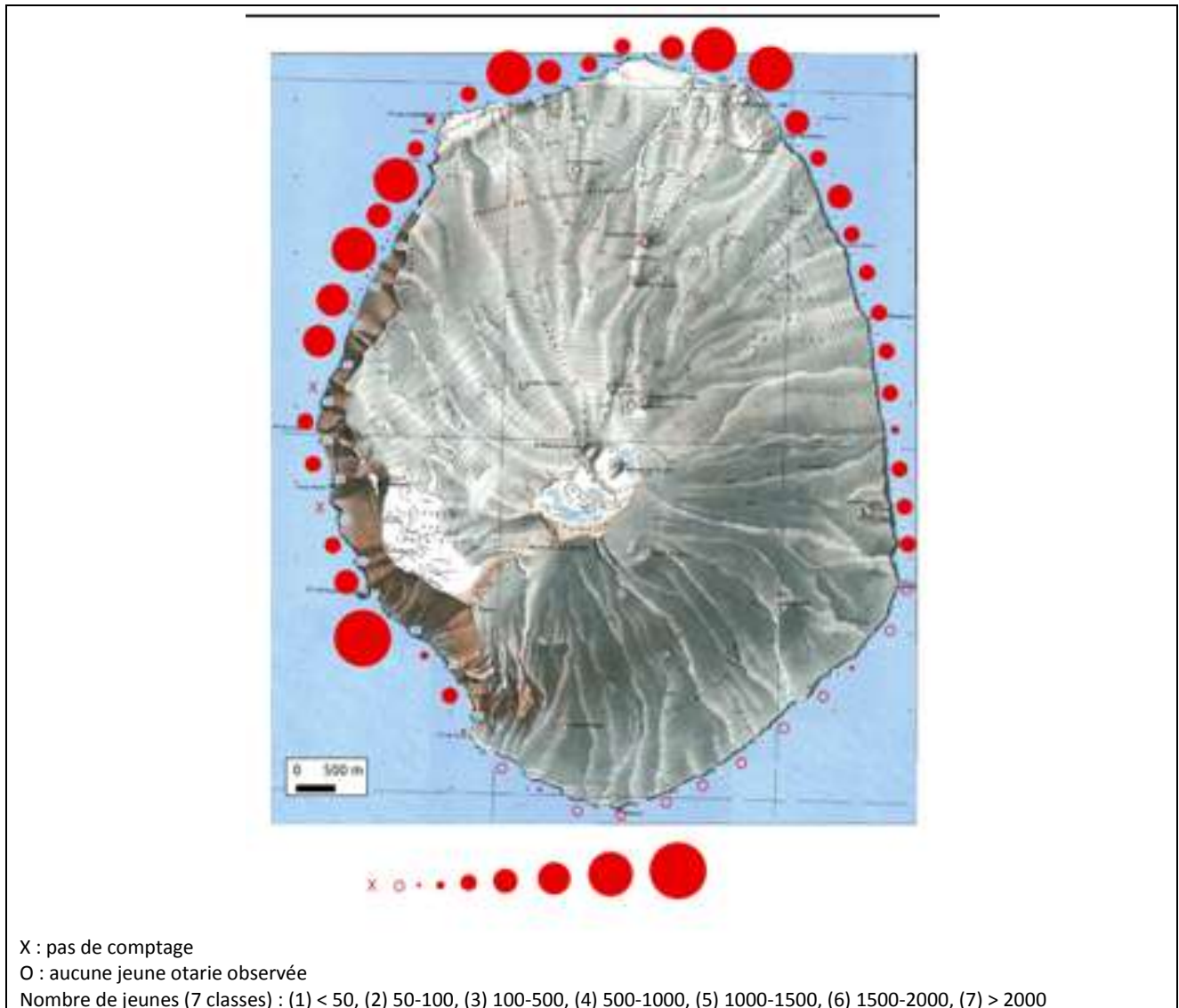
L'otarie à fourrure d'Amsterdam, *Arctocephalus tropicalis*, se reproduit quant à elle à Crozet, Saint-Paul et Amsterdam. Pour la première fois en 2017, la reproduction d'une femelle d'otarie à fourrure d'Amsterdam a été attestée sur la péninsule Courbet à Kerguelen (CEBC-CNRS, non publié).

Les effectifs d'otarie sont estimés à partir du nombre de jeunes pendant la période de reproduction (un jeune par femelle). Les résultats des comptages récents sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tableau 31), tandis que l'emplacement des colonies est représenté dans la Carte 72.

Tableau 31. Dénombrements des colonies d'otaries à fourrure d'Amsterdam dans la réserve naturelle

Espèce	Sites	Année	Protocole	Programme	Effectif retenu	Unité	Commentaire
<b>Kerguelen</b>							
<b>Otarie d'Amsterdam</b>	non concerné						
<b>Crozet</b>							
<b>Otarie</b>	Ile de la Possession	2011-12	Comptage direct	IPEV 109	241	jeunes	suivi annuel

d'Amsterdam	Ile de l'Est	pas de comptage					
	Ile aux Cochons	pas de comptage					
<b>Saint-Paul et Amsterdam</b>							
Otarie d'Amsterdam	Ile d'Amsterdam	2011-12	Comptage direct	IPEV 109 + RN	22987	jeunes	suivi annuel
	Ile de Saint-Paul	pas de comptage					



Carte 72. Répartition des otaries à fourrure d'Amsterdam avec les effectifs de jeunes observés – Ile d'Amsterdam – 2011-2012.

### II.F.3.c) Zones d'alimentation

Les pinnipèdes, et en particulier les éléphants de mer, sont des consommateurs clés dans le réseau trophique (Guinet et al. 1996). Les otaries à fourrure sont de gros consommateurs de poissons de la famille des myctophydés (Cherel et al. 2007, Cherel et al. 2008). Les éléphants de mer consomment également des myctophidés, qu'ils capturent à des profondeurs plus importantes, ainsi que des calmars, dans des proportions variables. En vieillissant, les mâles d'éléphants de mer se nourrissent à des niveaux trophiques plus élevés, sur des proies de plus grande taille, tandis que les femelles élargissent le panel de proies qu'elles capturent (Baillleul et al. 2010, Chaigne et al. 2013).

Pendant les 30 dernières années, les études *in-situ* des oiseaux de mer et des mammifères marins dans les océans au sud du Front Subtropical ont mis en évidence leur association avec les secteurs frontaux majeurs. Plus récemment, l'avancement des microtechnologies a permis le suivi par télémétrie d'individus et de découvrir comment ces prédateurs marins utilisent les zones frontales.

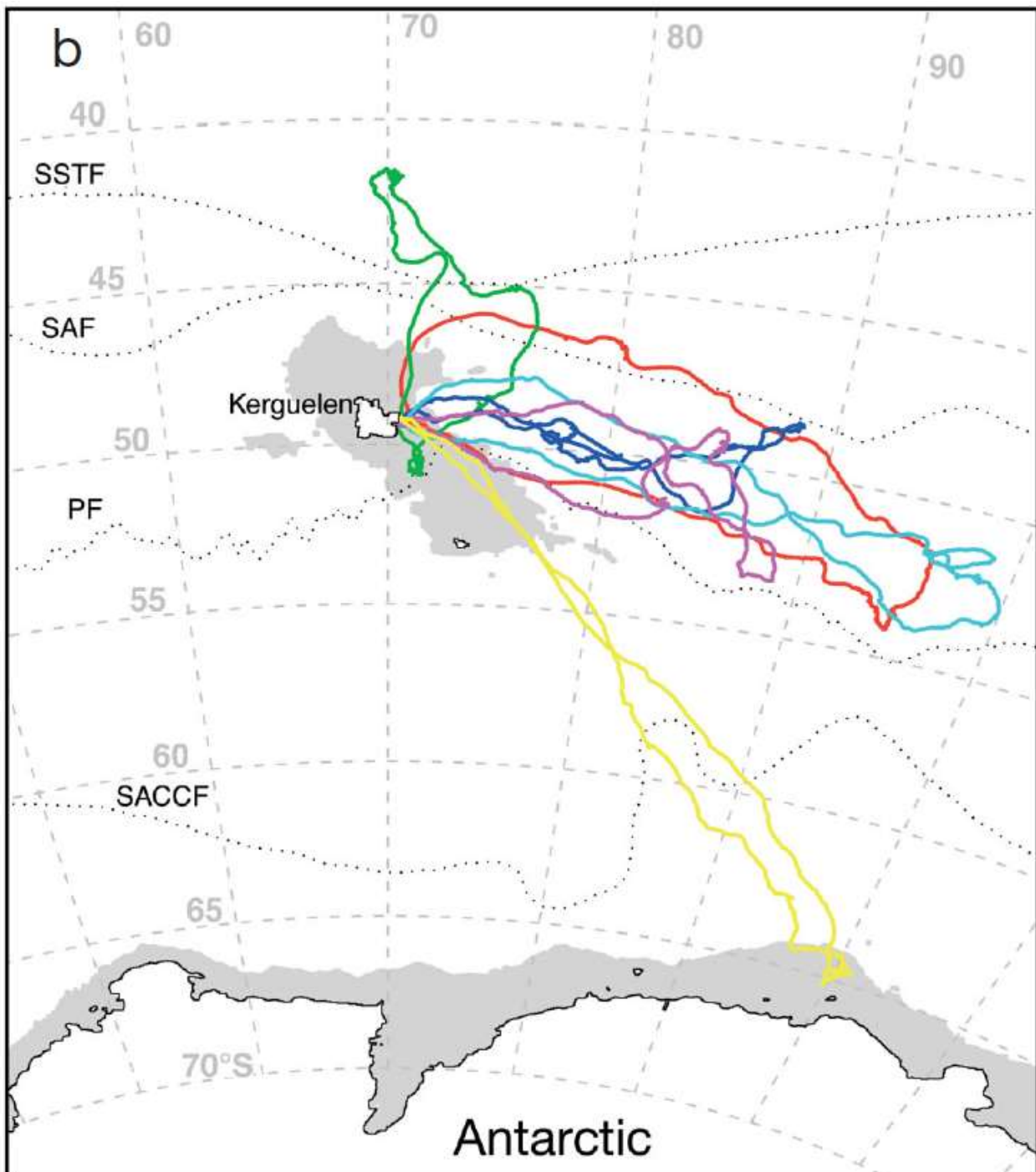
Les résultats d'études montrent que **les pinnipèdes sont fortement spécialisés dans l'utilisation des fronts. Ils exploitent les trois dimensions de la colonne d'eau**, et peuvent profiter de discontinuités physiques verticales, et ainsi avoir accès à des proies plus profondes que les oiseaux marins.

### *L'éléphant de mer*

Le front polaire représente un important secteur d'alimentation pour la population d'éléphant de mer de Kerguelen. Cette espèce entreprend de grandes migrations à travers les eaux australes à la recherche de proies et plonge régulièrement à des profondeurs de 400 à 1500m. Le suivi d'individus équipés sur la péninsule Courbet a permis d'identifier **deux stratégies comportementales distinctes (Bailleul et al. 2010, Dragon et al. 2012, Guinet et al. 2014, Hindellet al. 2016) :**

- a) Certains individus recherchent leurs proies principalement dans les **zones océaniques entre le front subtropical et les limites du courant circumpolaire antarctique. Les éléphants de mer recherchent les concentrations de proies le long de structures océaniques particulières telles que des tourbillons océaniques de quelques dizaines de kilomètres (Cotté et al. 2015).**
- b) D'autres se nourrissent dans la **zone de plateau autour de Kerguelen et autour du continent antarctique (profondeur inférieure à 1000 m)**. Ils passent la plupart de leur temps à plonger dans les eaux froides, près des bordures de plateau, où ils exploitent les fonds (O Toole et al. 2014, Labrousse et al. 2015). Sur le plateau péri-antarctique, les zones de pack sont recherchées par les éléphants de mer.

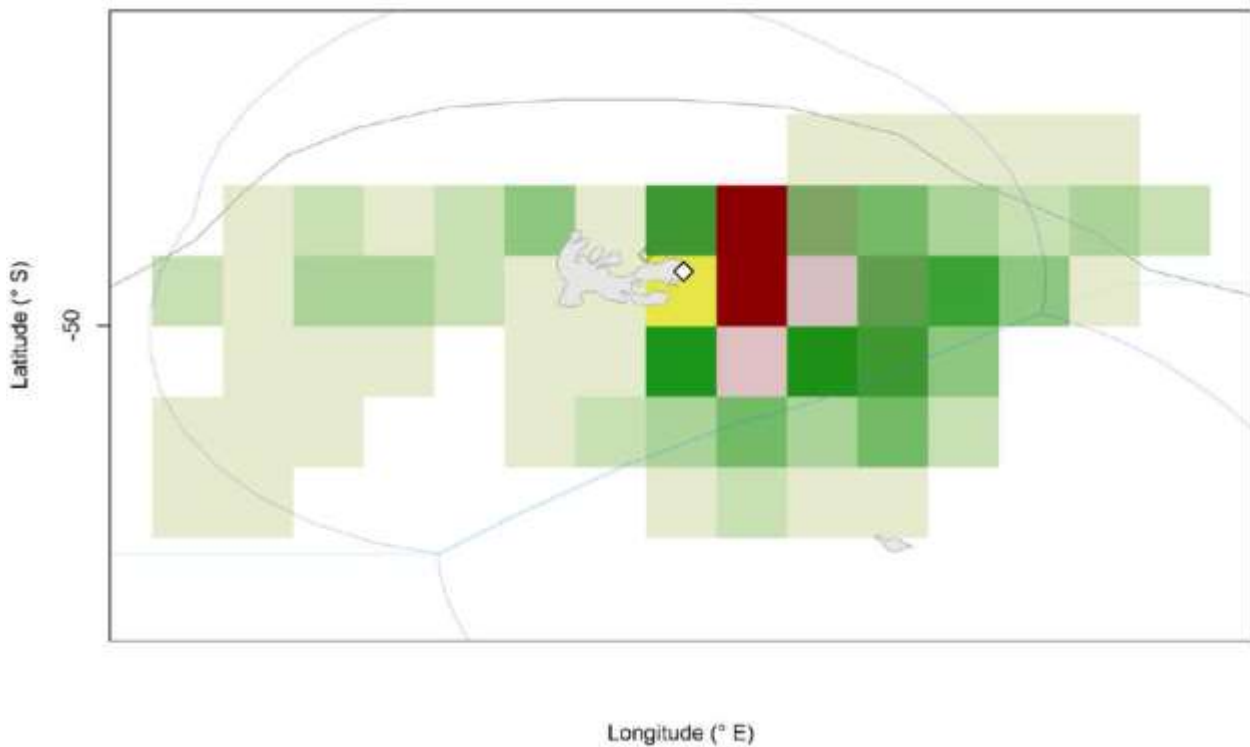
**L'utilisation de ces stratégies dépend du sexe et de l'âge des individus.** Les jeunes, dans leurs premiers trajets en mer, s'alimentent uniquement sur le plateau de Kerguelen. Les mâles adultes s'alimentent aussi bien sur le plateau de Kerguelen que le plateau péri-antarctique, tandis que les femelles adultes s'alimentent majoritairement dans les zones océaniques interfrontales et pour une petite partie d'entre elles sur le plateau péri-antarctique.



Carte 73. Exemples de trajets en mer de 6 femelles d'éléphant de mer équipées à Kerguelen après la période de reproduction en 2008 et 2009. Les traits pointillés indiquent les différents fronts océaniques (SACCF : front du courant circumpolaire antarctique, PF : front polaire, SAF : front subantarctique, SSTF : front subtropical). Les zones grisées indiquent les zones de bathymétrie inférieure à 500 m. (Source : Dragon et al. 2012).

#### *L'otarie à fourrure de Kerguelen*

A Kerguelen, l'étude du comportement alimentaire des femelles allaitantes d'otarie à fourrure de Kerguelen (*Arctocephalus gazella*) de la colonie du Cap noir (péninsule Courbet) a permis de mettre en évidence leur aire d'alimentation. Les otaries pour se nourrir ciblent principalement les eaux le long du plateau associée au côté oriental du front polaire (Guinet & al. 2001; Lea & Dubroca, 2003).



Carte 74. Distribution en mer observée d'une colonie d'otaries à fourrure de Kerguelen sur la péninsule Courbet à Kerguelen, et en période de reproduction. La couleur indique le pourcentage de temps passé par carré de 1°. Le front subtropical est représenté en gris foncé et le front polaire est représenté en gris clair (Source : Delord et al. 2013).

### II.F.3.d) *Dynamiques de populations*

Les études du programme IPEV-109 (CEBC-CNRS) ainsi que le premier plan de gestion ont aussi pour objectif d'estimer les **variations interannuelles des paramètres démographiques** (nombre de nouveaux nés, nombre de femelles et de mâles, taux de survie, âge de recrutement, fréquence de reproduction, etc.) afin de modéliser et de comprendre la dynamique des populations de pinnipèdes, ainsi que l'effet des variations de l'environnement sur ces populations.

Par le passé, les trois espèces de pinnipèdes se reproduisant à terre dans la réserve naturelle ont fait l'objet d'une exploitation intense qui a conduit à de fortes régressions des effectifs. **Les populations ont connu leurs niveaux les plus bas au XIX<sup>e</sup> siècle et début du XX<sup>e</sup> siècle, allant même jusqu'à la disparition locale de certaines espèces.** C'est notamment le cas de l'otarie à fourrure d'Amsterdam sur l'île de La Possession (district de Crozet) et de l'otarie à fourrure de Kerguelen dans l'archipel de Kerguelen. Depuis l'arrêt de l'exploitation, les populations se reconstituent et les espèces ont progressivement recolonisé les îles où elles avaient disparu.

Les premiers dénombrements réalisés dans les années 1950 ont permis de documenter le retour progressif de ces espèces. Ce n'est qu'à partir des années 1990 que des colonies d'étude sont réellement suivies par le programme IPEV-109. En plus des effectifs annuels, des données démographiques (succès de la reproduction, survie, âge de première reproduction...) et sur l'état corporel des animaux (masse au sevrage) sont collectées. Ces données permettent de comprendre les causes d'évolution des populations et donc d'orienter le gestionnaire dans son action.



### *Eléphant de mer austral*

Le dénombrement des femelles en période de reproduction (octobre), réalisé annuellement depuis le milieu des années 1980 sur la partie est de la péninsule Courbet (Kerguelen) et les données historiques disponibles permettent de reconstituer l'évolution de la population sur Kerguelen. L'effectif total de femelles venant se reproduire à terre chaque année (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) est estimé à partir du comptage sur chaque portion de côte, corrigé par la date à laquelle est effectué le comptage (l'effectif maximal étant atteint autour du 15 octobre de façon invariable entre les années). Les résultats montrent qu'après une baisse depuis les années 1950 jusqu'à la fin des années 1980 (Guinet et al. 1992, Guinet et al., 1999), **l'effectif s'est globalement stabilisé (Authier et al. 2011) et semble même réaugmenter ces dix dernières années (Laborie 2017)**.

La même tendance est observée sur l'île de La Possession à Crozet. Aucune information n'est disponible sur les autres îles de l'archipel.

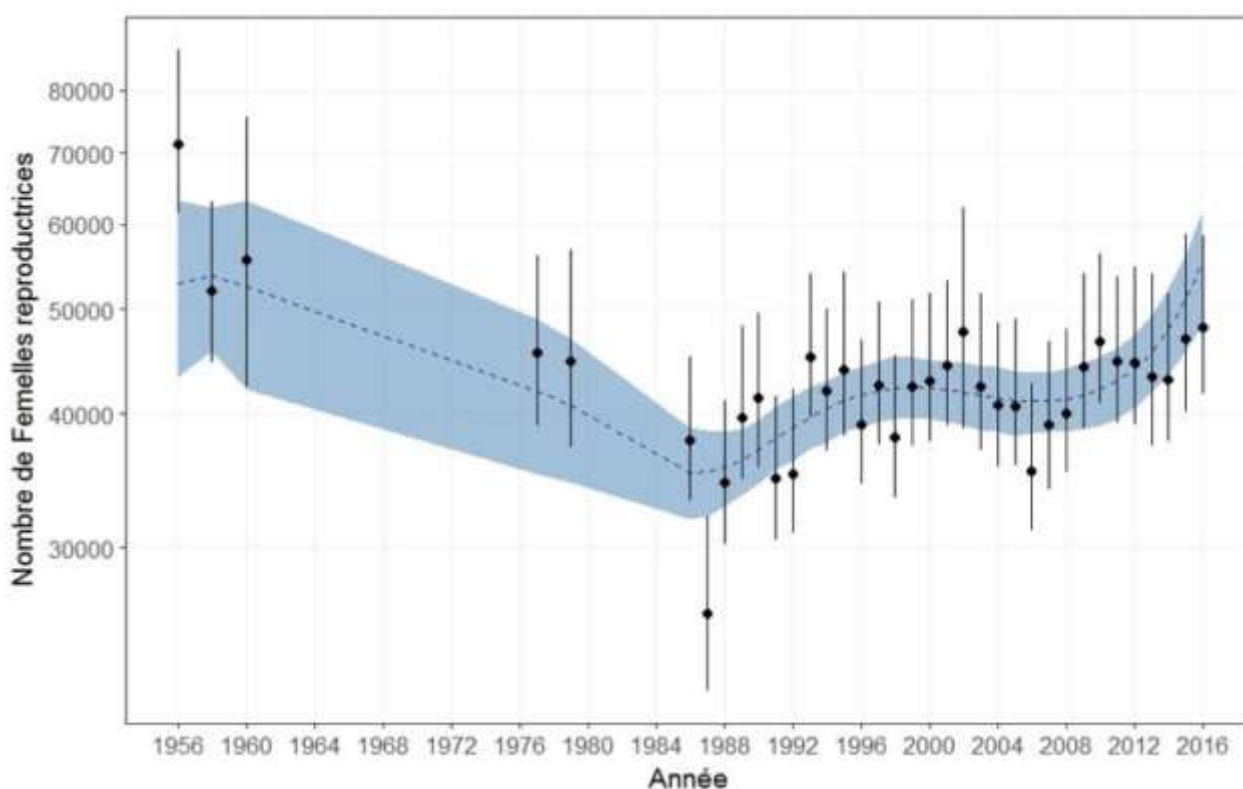


Figure 15. Evolution du nombre de femelles d'éléphant de mer venant se reproduire sur la partie est de la péninsule Courbet (Kerguelen). Chaque point représente un comptage et l'intervalle de confiance associé après correction par la date du comptage. La ligne pointillée représente la courbe de tendance de la population et son intervalle de confiance associé (Source : Laborie, 2017, mis à jour d'après Authier et al., 2011).

### *Otarie à fourrure de Kerguelen*

Les données collectées sur les sites de suivi sur Crozet et Kerguelen indiquent une **croissance de la population** (CEBC-CNRS, non publié). Seule une partie de la population des deux archipels fait l'objet d'un suivi.

### Otarie à fourrure d'Amsterdam

Le dénombrement annuel des nouveaux nés d'otarie d'Amsterdam sur l'île de la Possession (Crozet) et l'île d'Amsterdam indique une forte croissance de la population depuis les années 1980 (cf. **Erreur ! Source du envoi introuvable.**).

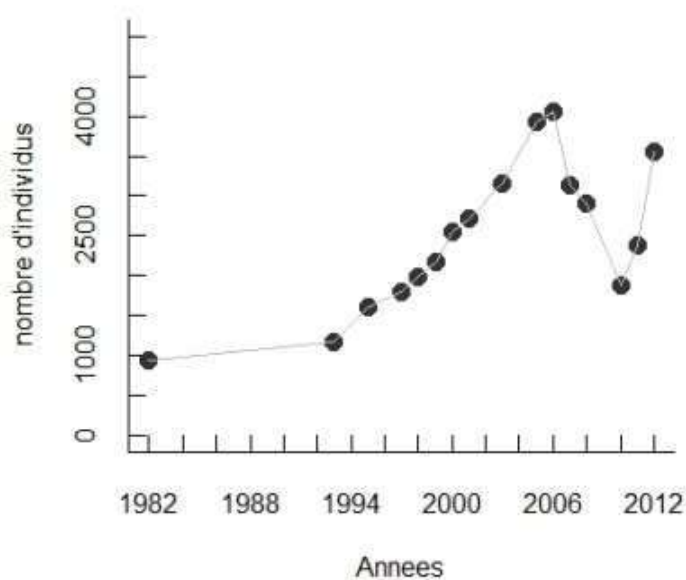


Figure 16. Evolution du nombre de jeunes de l'année sur les trois zones les plus peuplées de l'île d'Amsterdam (Source : Montorio, 2012).

Les dynamiques de population de ces trois espèces sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau 32. Récapitulatif des tendances de populations d'éléphants de mer, d'otarie de Kerguelen, et d'otarie d'Amsterdam

<b>Éléphant de mer</b>	<i>Mirounga leonina</i>	Péninsule Courbet : → Ile de la Possession : →
<b>Otarie de Kerguelen</b>	<i>Arctocephalus gazella</i>	Ile d'Amsterdam : ↗ Ile de la Possession : ↗
<b>Otarie d'Amsterdam</b>	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	Ile d'Amsterdam : ↗ Ile de la Possession : ↗

## II.F.4. Cétacés

### II.F.4.a) Etat des connaissances

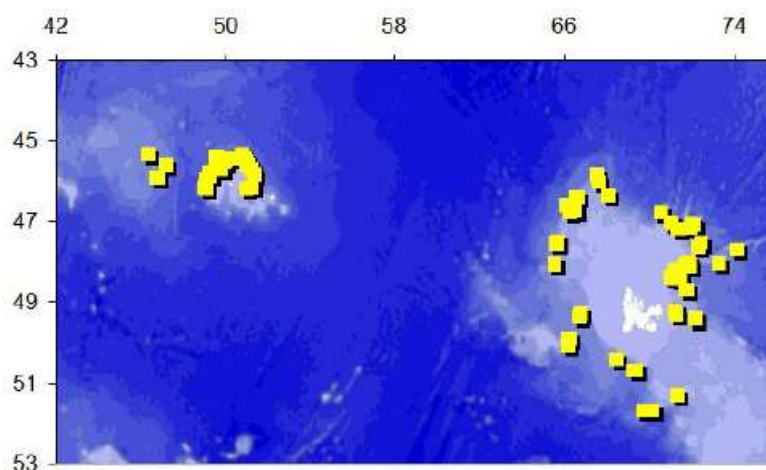
L'inventaire faunistique des espèces de cétacés présents dans les eaux de Crozet, Kerguelen, Amsterdam et St-Paul a été réalisé à partir de plusieurs sources de données :

- Les données de captures durant la chasse à la baleine issues de la base de données de la Commission baleinière internationale (CBI) ;
- Les données d'observations visuelles côtières ou hauturières à bord de navires de pêches collectées par les contrôleurs des pêches des TAAF (pêcheries opérant dans la ZEEs des TAAF) ou de navires de Recherche (à partir du N.O. La Curieuse – programme IPEV-ICOKER et du N.O. Marion Dufresne – programme IPEV-109 piloté par le CEBC-CNRS) ;
- Les données d'observations opportunistes depuis les côtes des îles subantarctiques (programme 109 de l'IPEV géré par le CEBC-CNRS) ;
- Les données d'échouages de cétacés sur les rivages (MNHN).

A ces données s'ajoutent celles récoltées dans le cadre du premier plan de gestion de la réserve naturelle (2011-2015), dont l'un des objectifs était de procéder à un inventaire des espèces de cétacés présentes dans les eaux territoriales des îles Crozet, Kerguelen et Amsterdam. Il s'agissait d'une part de préciser quelles sont les espèces de cétacés présentes, à quelles périodes de l'année et enfin de caractériser leur habitat au sein de la réserve naturelle. Afin d'atteindre ces objectifs, plusieurs approches devaient être mises en œuvre simultanément, dont des prospections et observations opportunistes ainsi que des études acoustiques (hydrophones).

En particulier, **les observations opportunistes et les photo-identifications effectuées par les contrôleurs embarqués sur les navires en pêche des trois districts austraux sont désormais référencées et enregistrées dans la base de données PECHEKER du MNHN.** Ces observations se concentrent principalement sur les zones de pêche mais également lors des transits des navires et concernent l'ensemble des mammifères marins. Le temps de présence important et la grande superficie prospectée par les navires de pêche permet d'obtenir des données de présence sur des espèces parfois rarement observées :

- Le petit rorqual antarctique (*Balaenoptera bonaerensis*)
- La baleine bleue ou grand rorqual (*Balaenoptera musculus*)
- Le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*)
- Le dauphin de Commerson (*Cephalorhynchus commersonii kerguelensis*)
- La baleine franche australe (*Eubalaena australis*)
- Le globicéphale noir (*Globicephala melas edwardsii*)
- L'hypérodon austral (*Hyperoodon planifrons*)
- Le dauphin sablier (*Lagenorhynchus cruciger*)
- Le dauphin aptère austral (*Lissodelphis peronii*)
- La baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*)
- L'orque épaulard (*Orcinus Orca*)
- Le grand cachalot (*Physeter macrocephalus*)



Carte 75. Exemple de données opportunistes extraites de la base de données PECHEKER : observations de dauphins sablier *Lagenorhynchus cruciger* depuis les navires de pêche

Ces données, **opportunistes**, ne permettent pas encore de mesurer des abondances ou des tendances de populations pour ces espèces.

La connaissance sur la présence et la distribution des cétacés dans les eaux subantarctiques des TAAF sont très inégales d'une espèce à l'autre. Des études spécifiques sont menées sur le dauphin de Commerson, les orques et les cachalots. Pour les autres espèces, seules des données d'observations opportunistes de la côte ou à partir des navires de pêche (palangrier) ou de Recherche ainsi que les données d'échouages apportent quelques renseignements sur leurs présences.

#### II.F.4.b) Dénombrement et répartition géographique

##### II.F.4) b) i. Présentation générale

Actuellement, **25 espèces de cétacés dont 6 espèces de mysticètes**(cf. Tableau 33) et **19 espèces d'odontocètes** (Tableau 34) sont reportées dans les eaux subantarctiques des TAAF.

##### II.F.4) b) ii. Inventaire des mysticètes observés

Toutes les espèces de mysticètes présentes dans les eaux subantarctiques des TAAF sont actuellement classées sur la Liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) et certaines ont un statut indéfini par manque de données les concernant, en particulier les sous-espèces de grandes baleines telles que la baleine bleue pygmée. Peu de données d'observations visuelles de grandes baleines ou de recherches ont été reportées depuis les 30 dernières années. L'effort d'observation insuffisant et les conditions climatiques difficiles dans la région peuvent expliquer ce manque d'informations concernant ces espèces menacées. Ces observations ne sont faites que sur quelques individus et ne sont pas systématiques d'une année sur l'autre.

Tableau 33. Récapitulatif des observations de mysticètes dans les eaux subantarctiques

Espèce	ZEE Crozet	ZEE Kerguelen	ZEE Amsterdam	Observation hors ZEE
--------	------------	---------------	---------------	----------------------

Baleine franche australe <i>Balaena glacialis/australis</i>	✓	✓	✓	Entre Kerguelen et Amsterdam
Rorqual de Rudolphi/Rorqual boréal <i>Balaenoptera borealis</i>	0	✓	0	0
Rorqual bleu Antarctique et pygmée <i>Balaenoptera musculus, intermedia/brevicauda</i>	✓	✓	✓	0
Rorqual commun <i>Balaenoptera physalus</i>	✓	✓	✓	Entre Kerguelen et Amsterdam
Petit Rorqual <i>Balaenoptera acutorostrata</i>	✓	✓	✓	Entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine à bosse <i>Megaptera novaeangliae</i>	✓	✓	✓	0

Au total, **6 espèces de mysticètes ont été observées dans les ZEE de Kerguelen et/ou de Crozet**. Parmi elles, seulement 3 l'ont été dans les eaux côtières de Kerguelen et/ou Crozet: la baleine franche, la baleine à bosse et le petit rorqual. Seul le petit rorqual se reproduit dans les eaux de la réserve naturelle. Seules 5 de ces espèces ont été observées dans les eaux de Saint-Paul et d'Amsterdam.

#### II.F.4) b) iii. Inventaire des odontocètes observés

Les odontocètes présents dans les eaux subantarctiques des TAAF regroupent **12 espèces de Delphinidés, 5 espèces de Ziphiidés et 2 espèces de Physeteridés**. Les connaissances sur leurs présences et leurs distributions dans les eaux subantarctiques des TAAF sont très inégales d'une espèce à l'autre.

Tableau 34. Récapitulatif des observations d'odontocètes dans les eaux subantarctiques

Espèce	ZEE Crozet	ZEE Kerguelen	ZEE Saint-Paul et Amsterdam	Observation Hors ZEE
Dauphin de Commerson <i>Cephalorhynchus commersoni</i>	0	✓	0	✓
Globicéphale noir <i>Globicephala melas</i>	✓	✓	0	0
Globicéphale tropical <i>G. macrorhynchus</i>	✓	✓	0	0
Dauphin de Risso <i>Grampus griseus</i>	✓	✓	0	0
Dauphin d'Electre <i>Peponocephala electra</i>	✓	0	0	0
Dauphin de Fraser <i>Lagenodelphis hosei</i>	✓	0	0	entre Crozet et Kerguelen
Lagénorhynque obscur <i>Lagenorhynchus obscurus</i>	✓	0	✓	entre Crozet et Kerguelen
Lissodelphis austral <i>Lissodelphis peronii</i>	✓	0	0	entre Crozet et Kerguelen
Lagénorhynque sablier <i>Lagenorhynchus cruciger</i>	✓	0	0	entre Crozet et Kerguelen
Marsouin à lunettes <i>Phoceo dioptrica</i>	0	✓	0	0
Orque <i>Orcinus orca</i>	✓	✓	✓	✓

Fausse-orque <i>Pseudorca crassidens</i>	0	0	0	✓
Hyperoodon antarctique <i>Hyperoodon planifrons</i>	0	Echouage	0	entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine à bec de Blainville <i>Mesoplodon densirostris</i>	0	0	0	entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine de Gray <i>Mesoplodon grayi</i>	0	0	0	entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine de layard <i>Mesoplodon layardii</i>	0	✓	0	0
Baleine à bec de Cuvier <i>Ziphius cavirostris</i>	0	Echouage	0	entre Kerguelen et Amsterdam
Cachalot <i>Physeter macrocephalus</i>	✓	✓	✓	✓
Cachalot pygmé <i>Kogia sp.</i>	0	0	0	✓

Parmi les 19 espèces d'odontocètes recensées dans les eaux subantarctiques des TAAF, toutes ont été observées au moins une fois dans les ZEE de Crozet et/ou Kerguelen. Cependant, seules le dauphin de Commerson (*Cephalorhynchus commersonii* spp. *Kergelensis*), l'orque épaulard (*Orcinus orca*), le globicéphale noir (*Globicephala melas* ssp. *Edwardii*), le lagénorhynque sablier (*Lagenorhynchus cruciger*) et le dauphin aptère austral (*Lissodelphis peronii*) se reproduisent dans les eaux de la réserve naturelle des Terres australes françaises. Les autres espèces sont des espèces de passage. Seules trois espèces ont été observées dans les ZEE de Saint-Paul et Amsterdam : le cachalot, l'orque commun et le Lagénorhynque obscur.

Ci-après sont présentées les connaissances de la Réserve naturelle sur le dauphin de Commerson, l'orque épaulard, et le cachalot, qui ont fait l'objet d'études de recensement par photo-identification et l'utilisation de balises Argos menées par le CEBC-CNRS afin de mieux connaître les populations de ces espèces évoluant dans les eaux de la réserve naturelle nationale.

### *Le dauphin de Commerson*

Le dauphin de Commerson (*Cephalorhynchus commersoni kerguelenensis*) constitue la seule population de l'océan Indien et l'unique population pour cette sous-espèce. Une seule autre population existe dans l'océan atlantique au large des eaux sud-américaines. Le dauphin de Commerson des Kerguelen a été décrit comme une sous-espèce *Cephalorhynchus commersoni kerguelenensis* (Robineau et al., 2007), isolée géographiquement. Les deux sous-espèces se distinguent par la taille (ceux de Kerguelen étant environ 20% plus grands) et la pigmentation des individus.

C'est une des espèces les plus observées dans les eaux côtières des îles Kerguelen, surtout en raison de sa curiosité vis à vis des bateaux. Elle y est observée tout au long de l'année sauf en hiver (juin à août), plus particulièrement dans le Golfe du Morbihan où la plupart des observations ont été faites (Robineau 1984, 1989 ; de Buffrénil et al., 1989 ; Borsa 1997 ; Robineau & Duhamel, 2006).



Photo 38. Dauphin de Commerson (*Cephalorhynchus commersonii ssp kerguelensis*) dans le golfe du Morbihan, Kerguelen

Le programme de suivi des dauphins de Commerson du CEBC-CNRS a été mis en œuvre afin de compléter ces connaissances. Il s'est appuyé sur des observateurs embarqués sur les navires opérant en zone côtière à Kerguelen : Chaland et zodiac semi-rigide « Commerson » dans le Golfe du Morbihan, et Curieuse à l'extérieur du Golfe. Dans le Golfe du Morbihan, les **effectifs** présents sont estimés à partir de la mise en œuvre d'une approche *line-transect* couplée à un travail de photo-identification des individus (aileron dorsal et prise de vue du dos) et d'analyse par modélisation de Capture Marquage Recapture (CMR). Ce travail a permis d'estimer l'abondance et la distribution de la population dans le Golfe du Morbihan. Les photo-identifications ont également permis de dresser un premier catalogue des individus identifiés. Des biopsies pour analyses génétiques et sexage ont également été effectuées, ainsi que des études acoustiques. Depuis 2011, **52 individus ont été identifiés**, tandis **que la taille de la population du Golfe du Morbihan a été estimée à 69 individus (Savouré-Soubelet, 2016)**. Bien que l'effort de prospection y soit plus faible, le peu d'observations hors du golfe du Morbihan suggère que la taille de population de l'ensemble de l'archipel est petite (inférieur à 300 individus).

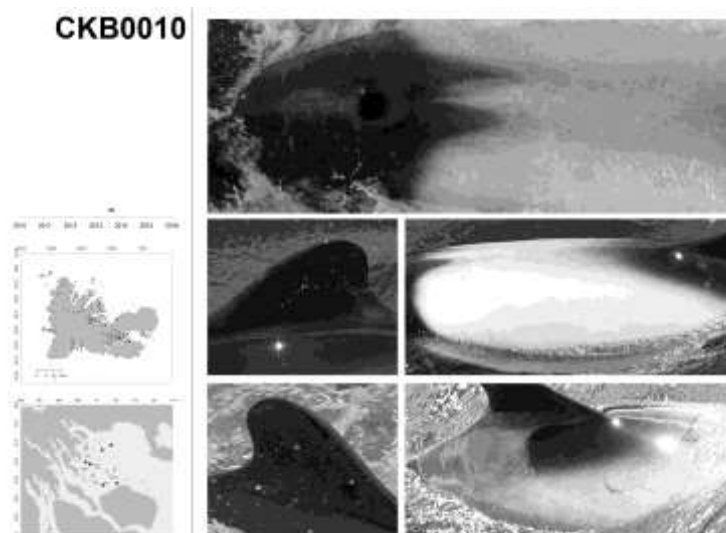
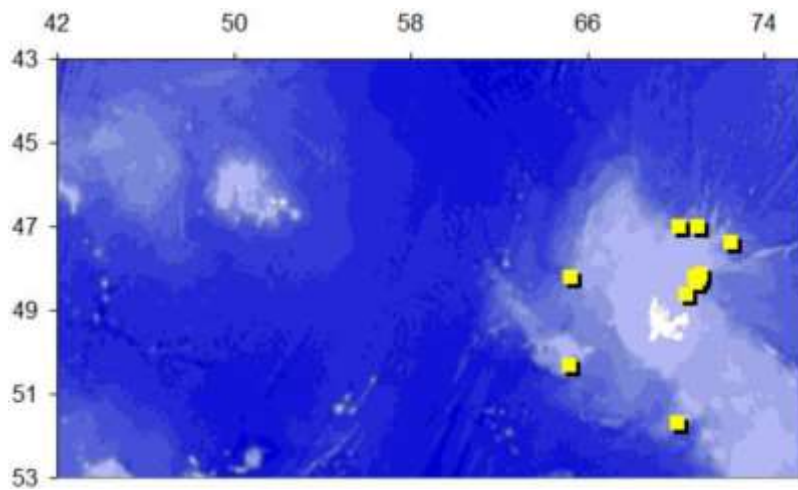
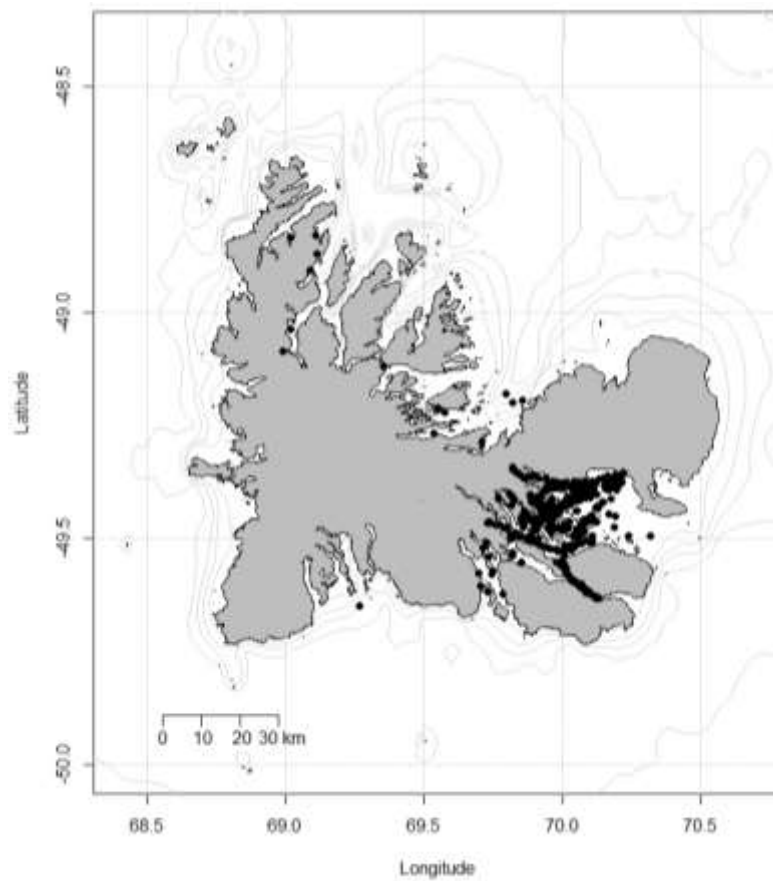


Figure 17. Page exemple du catalogue de photo-identification mis en place pour le suivi à long terme de l'effectif du Golfe du Morbihan

La Liste rouge UICN-MNHN des vertébrés des TAAF évalue cette espèce en danger (EN) du fait de la taille de sa population, très restreinte.

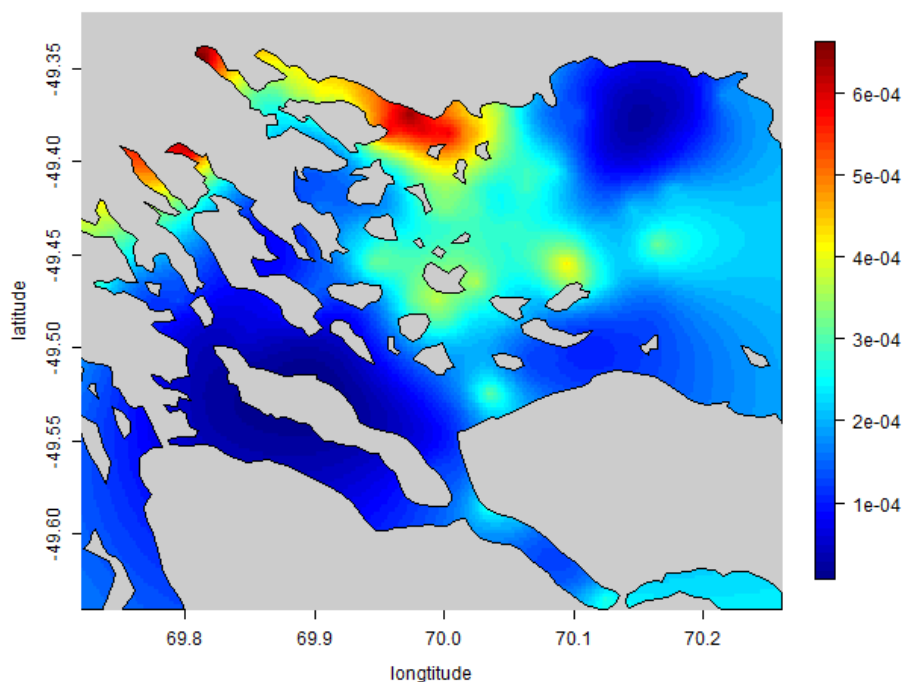


Carte 76. Localisation des observations de dauphin de Commerson depuis les bateaux de pêche dans les ZEE de Crozet et Kerguelen (n = 189). (Source : base de données PECHEKER).



Carte 77. Localisation des observations de dauphin de Commerson dans les eaux cotières de Kerguelen. (Source : RNN TAF, non publié)





Carte 78. Répartition des dauphins de Commerson dans le golfe du Morbihan à partir des prospections réalisées en 2012-2013 (nombre d'individus/mètre prospecté)

Peu de choses sont encore connues sur l'écologie de l'espèce. Le dauphin de Commerson fréquente (en particulier l'été, période de la reproduction) des zones où il peut trouver des eaux calmes durant les périodes de mauvais temps et des refuges (herbier à *Macrocystis*) en cas d'incursions d'orques. Pendant l'été austral, l'alimentation des dauphins serait constituée essentiellement de poissons (principalement *Champrocephalus gunnari*) mais l'espèce paraît capable d'exploiter la plupart des ressources animales des eaux côtières, y compris celles du fond (invertébrés benthiques).

### *L'orque épaulard*

**L'orque épaulard (*Orcinus orca*)** est une espèce largement présente dans les eaux subantarctiques des TAAF (Guinet, 1991 ; Robineau & Duhamel, 2006). Définies comme super prédateurs généralistes, se nourrissant de mammifères marins, de manchots et de poissons (Guinet & Jouventin, 1992), ces orques se caractérisent par leurs interactions récurrentes avec les palangriers industriels à la légine australe (*Dissostichus eleginoides*) opérant dans la ZEE depuis le milieu des années 1990 (Roche et al., 2007; Tixier et al., 2010, Gasco et al., 2015).



Photo 39.Orque (*Orcinus orca*) à Crozet

La **population de Crozet** est l'une des mieux connues au monde avec un suivi par photo-identification qui remonte aux années 1970 (Voisin, 1976). Ce suivi par photo-identification permet de suivre les variations des performances démographiques de cette population (taille de la population, survie, fréquence de reproduction) et d'évaluer les effets de la pêche sur la trajectoire démographique de chaque groupe d'orques en fonction de leur niveau d'interaction avec les opérations de pêche. L'espèce a principalement été observée autour de l'île de La Possession, où l'effort d'observation est le plus important. Elle a également été signalée près des côtes de l'île aux Cochons et à plus large échelle dans la ZEE de Crozet. Responsables d'une déprédation importante (i.e. prélèvement de poissons capturés sur les hameçons), le nombre d'orques a chuté de près de 70% entre 1988 et 2000 (Poncelet et al., 2010), une tendance en grande partie due à des interactions létales avec les navires braconniers présents jusqu'en 2003 et utilisant des moyens drastiques pour effrayer les cétacés. Un effort important de photo-identification depuis la côte et depuis les navires légaux a permis d'estimer la taille totale de la population de Crozet qui s'élèverait à environ 120 individus (Tixier et al. 2014, Savouré-Soublet et al., 2016). En 2013-2014, l'effectif d'orques était estimé à 85 individus (RNTAF, non publié). La population est identifiée comme étant stable.

**A Kerguelen**, la population est beaucoup moins bien connue. Entre 1998 et 2004, 31 observations ont été recensées, deux dans le golfe du Morbihan et 29 en pleine mer (Robineau & Duhamel, 2006). Depuis quelques années, de nouveaux individus ainsi que des individus identifiés à Crozet sont de plus en plus régulièrement observés en acte de déprédations sur les palangres (Guinet, Comm.pers.). En 2013-2014, 12 individus étaient recensés, ce chiffre n'étant pas représentatif de la taille de l'effectif du fait du peu d'interaction existant avec la pêche.

**A Saint-Paul et Amsterdam**, les effectifs totaux ne sont pas connus malgré l'identification de 43 individus différents en 2013 (Tixier et al. 2014). Les séries de données et de photos ne sont pas assez importantes à ce stade pour connaître les paramètres démographiques et la tendance de cette population, même si les juvéniles observés peuvent laisser penser que cette population est en croissance.

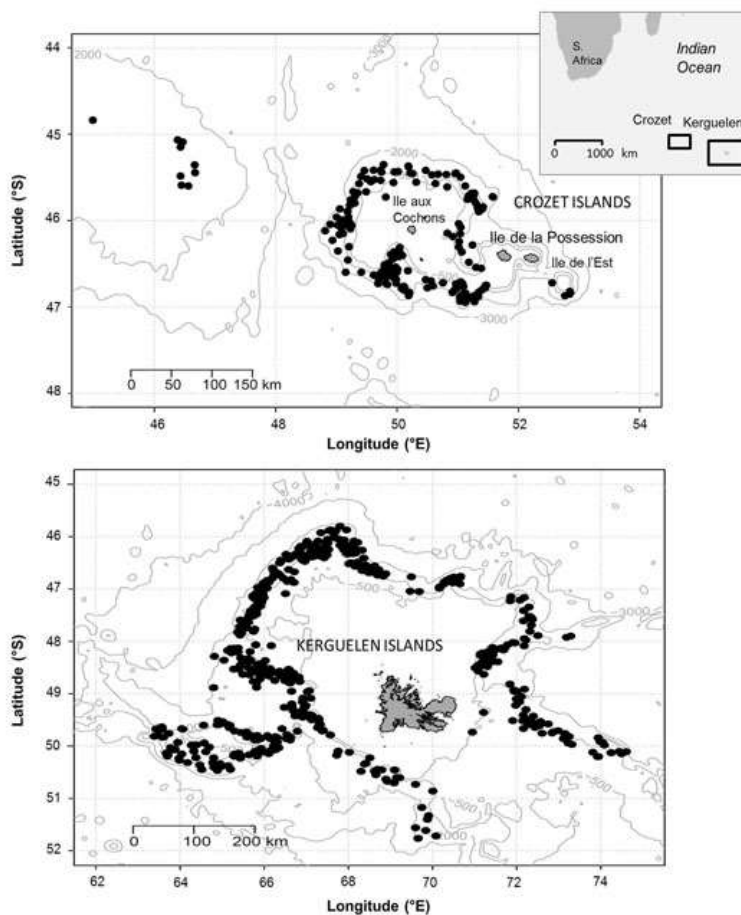
L'orque éopaulard est **évalué en danger (EN) sur la Liste rouge UICN-MNHN des vertébrés des TAAF et en catégorie DD (Manque de données) sur la Liste rouge mondiale de l'UICN.**

### *Le cachalot*

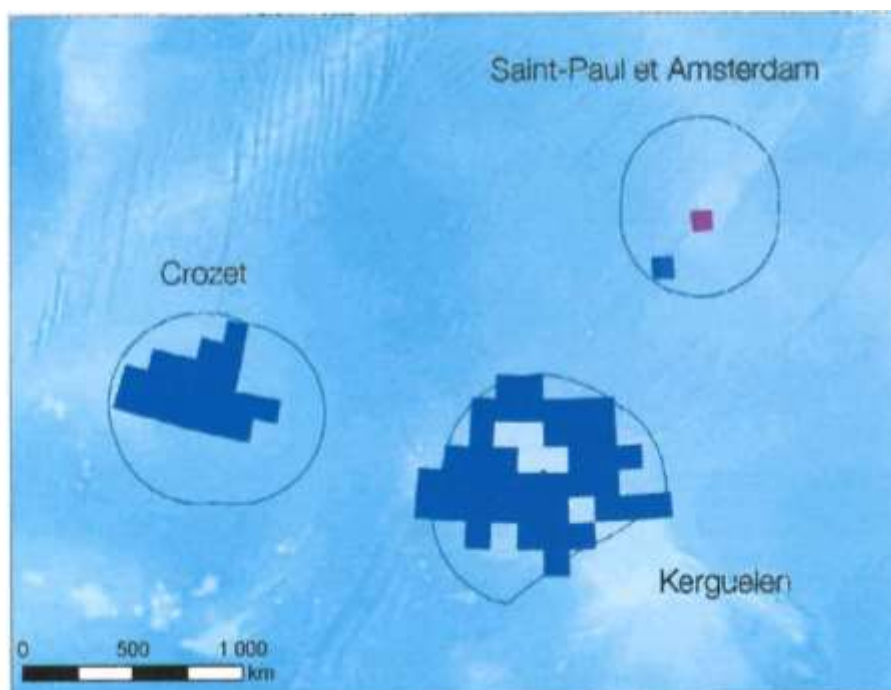
Les cachalots, tout comme les dauphins de Commerson et les orques, font l'objet de **suivis spécifiques par les TAAF, le CEBC-CNRS et le MNHN**, et le **catalogue des cachalots de Kerguelen et de Crozet a également**

été produit à partir des photo-identifications, parallèlement à celle effectuée pour les orques, pendant le premier plan de gestion de la Réserve Naturelle.

L'habitat du cachalot se situe préférentiellement le long de la pente externe du plateau continental, autour des îles océaniques, et des monts et canyons sous-marins. Le cachalot s'alimente essentiellement de céphalopodes mésopélagiques de taille variable. Dans les archipels Crozet et Kerguelen, c'est un prédateur reconnu des Légines australes (*Dissostichus eleginoides*) (Savouré-Soublet et al., 2016). L'espèce s'alimente sur les palangres de fond (déprédation) et quelques cas de mortalités liées à l'enchevêtrement ont été signalés.



Carte 79. Distribution des cachalots photo-identifiés depuis les navires de pêche à Crozet (haut) et à Kerguelen (bas)



Légende :

- présence de l'espèce en France (quand la présence de l'espèce n'est pas confirmée par une donnée d'occurrence, seul le contour de la ZEE s'affiche sur les cartes par territoires)
- données de présence issues d'un échouage (source RNE)
- espèce non présente sur le territoire

Carte 80. Distribution des cachalots à Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam (Source : Savouré-Soubelet et al., 2016)

La population mondiale est évaluée à **360 000 individus** (Whitehead 2002), et son statut est « **VU** » dans la **liste rouge mondiale de l'UICN**. La population mondiale de cachalots a été réduite d'environ 68% de la population antérieure au développement de la chasse commerciale estimée à environ 1 100 000 individus (Whitehead 2002). A Crozet, 116 individus ont été recensés en 2013-2014, tandis que 189 cachalots ont été recensés à Kerguelen (Savouré-Soubelet et al., 2016). Les populations sont estimées comme étant stables.

## II.F.5. Etat de conservation des oiseaux et mammifères marins

Les statuts de conservation des oiseaux et mammifères marins en France sont déterminés par le Comité français de l'Union internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) et par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN). Ces derniers réalisent en collaboration avec de nombreuses organisations la Liste rouge des espèces menacées en France, en métropole et en outre-mer. L'UICN est aussi responsable de la réalisation de la Liste rouge des espèces menacées au niveau mondial. Les Listes rouges sont des indicateurs pour suivre l'état de la biodiversité dans un territoire donné ou dans le monde. Elles constituent un état des lieux visant à dresser un bilan objectif pesant sur les espèces à l'échelle d'un territoire donné et permet de mesurer le risque de disparition d'une région des espèces de la flore, de la faune et de la faune qui s'y reproduisent en milieu naturel ou qui y sont régulièrement présentes. Fondée sur une solide base scientifique, la Liste rouge de l'UICN est reconnue comme l'outil de référence le plus fiable pour connaître le niveau des menaces pesant sur la diversité biologique spécifique. La Liste rouge permet de hiérarchiser les espèces selon leur risque d'extinction et de prioriser les mesures de gestion à mettre en œuvre.

Selon la méthodologie de l'UICN, chaque espèce ou sous-espèce peut être classée dans l'une des 11 catégories de la Liste rouge en fonction de son risque de disparition de la région considérée (cf. Erreur !

ource du renvoi introuvable.). Les catégories « Disparue au niveau régional » (RE) et « Non applicable » (NA) ne sont pas utilisées dans le cadre des catégories à l'échelle globale.

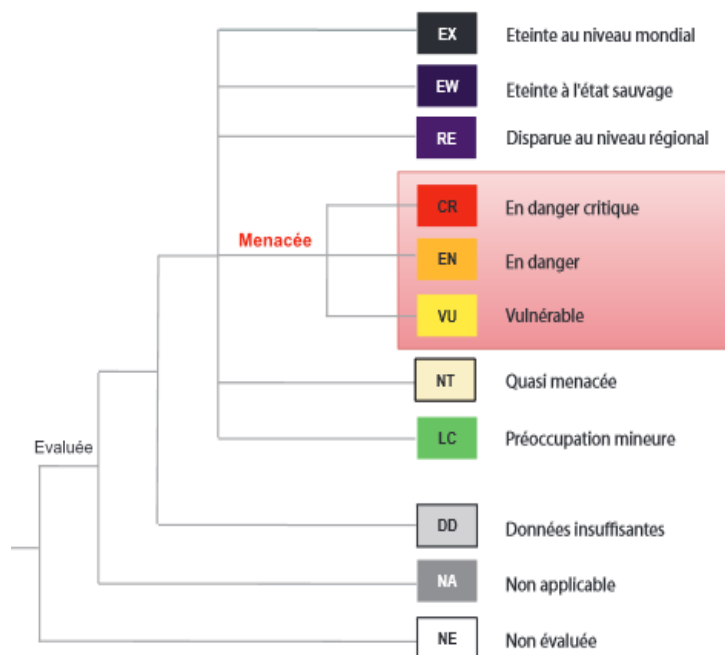


Figure 18. Présentation des catégories de l'UICN utilisées à une échelle régionale. Seules les catégories RE et NA ne sont pas utilisées à l'échelle globale.

Le classement des espèces s'opère sur la base de **cinq critères d'évaluation** faisant intervenir des facteurs quantitatifs tels que la taille de la population, le taux de déclin, la superficie de l'aire de répartition ou sa fragmentation. Il suffit qu'au moins un des critères soit rempli pour qu'une espèce soit classée dans l'une des catégories « En danger critique »(CR), « En danger » (EN) ou Vulnérable (VU).

Au niveau régional, l'évaluation des espèces selon la méthodologie de l'UICN se déroule en deux étapes :

- 1) Evaluation initiale de l'espèce concernée en appliquant les catégories et critères pour aboutir à un premier classement
- 2) Ajustement du premier classement obtenu lors de l'évaluation initial, en l'abaissant ou en l'augmentant d'un ou plusieurs échelins en fonction de l'influence éventuelle des populations situées à l'extérieur de la région sur le risque réel de disparition de l'espèce.

Au niveau global la Liste rouge est construite à partir de l'analyse des données de la **Red List Index**<sup>7</sup>.

**Au sein des TAF, 14 espèces d'oiseaux et 2 de cétacés sont évaluées comme menacées (CR, EN, VU) (Erreur ! Source du renvoi introuvable. et Erreur ! Source du renvoi introuvable.) et 3 espèces d'oiseaux mme quasi-menacées. Les populations de 19 espèces d'oiseaux et 4 espèces de pinnipèdes sont classées en préoccupation mineure.**

<sup>7</sup><http://www.iucnredlist.org>

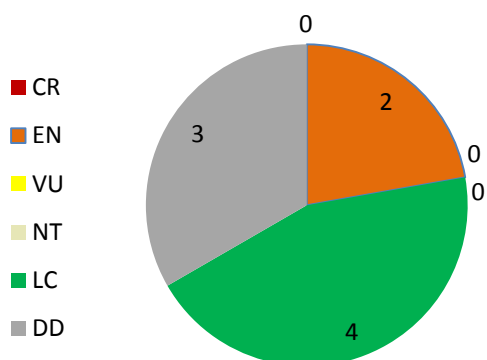


Figure 19. Résumé des statuts Liste rouge des espèces d'oiseaux se reproduisant dans les TAAF

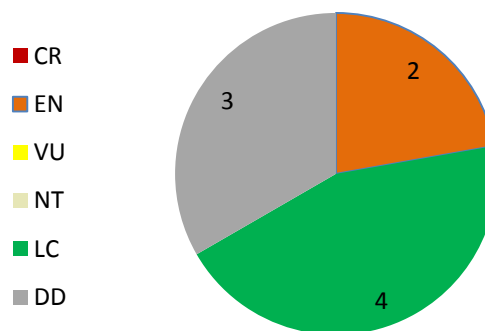


Figure 20. Résumé des statuts Liste rouge des espèces de mammifères marins se reproduisant dans les TAAF

Evaluation du statut de conservation des espèces : évaluation selon la Liste rouge des TAAF (UICN France, MNHN & TAAF 2015) à l'échelle locale. Les espèces sont évaluées selon 11 catégories de menaces : En danger critique d'extinction (CR), En danger (EN), Vulnérable (VU), Quasi-menacé (NT), Préoccupation mineure (LC), Données manquantes (DD). Les espèces classées selon le statut Eteint (EX) et Eteint régionalement (RE) ne sont pas ici présentées. Les espèces classées CR, EN et VU sont considérées comme des espèces menacées. (Annexe 4)

Les listes rouges des TAAF et de l'IUCN montrent que certaines espèces d'oiseaux et de mammifères marins sont davantage menacées à l'échelle des TAAF qu'à l'échelle globale. C'est le cas du Fou du Cap, dont le danger d'extinction est critique dans les TAAF, mais qui est estimé vulnérable à l'échelle globale, ou encore du pétrel gris, du petit puffin et de l'océanite à ventre blanc, tous trois considérés comme en danger d'extinction dans les TAAF, alors qu'à l'échelle globale, ces espèces sont classées en catégories « Quasi menacée » ou en « Préoccupation mineure ». Le petit bec-en-fourreau est quant à lui « Quasi menacé » à l'échelle des TAAF alors qu'au niveau mondial, il est classé en « Préoccupation mineure ». Les données sont manquantes au sein des TAAF pour évaluer leur statut de conservation dans ces territoires. C'est le cas, par exemple, de l'albatros fuligineux à dos clair, de l'albatros à tête grise, du canard d'Eaton, ou encore du Cormoran de Crozet, parmi d'autres espèces.

Tableau 35. Statut de conservation et de présences des espèces d'oiseaux et mammifères marins se reproduisant régulièrement dans les Terres australes françaises

Nom de l'espèce		Statut de conservation*			Présence		
Français	Latin	TAAF	IUCN	Dynamique de population	Crozet	Kerguelen	Saint-Paul et Amsterdam
<b>Oiseaux nicheurs</b>							
Albatros d'Amsterdam	<i>Diomedea amsterdamensis</i>	CR	CR	↗			x
Fou du Cap	<i>Morus capensis</i>	CR	VU	→			x
Fou austral	<i>Morus serrator</i>	CR	LC	→			x
Albatros de Salvin	<i>Thalassarche salvini</i>	CR	CR	?	x		
Gorfou sauteur du nord	<i>Eudyptes moseleyi</i>	EN	EN	↘			x
Océanite à ventre blanc	<i>Fregetta grallaria</i>	EN	LC	?			x

Nom de l'espèce		Statut de conservation*			Présence		
Français	Latin	TAAF	IUCN	Dynamique de population	Crozet	Kerguelen	Saint-Paul et Amsterdam
Albatros fuligineux à dos sombre	<i>Phoebastria fusca</i>	EN	EN	↘	x	x	x
Pétrel gris	<i>Procellaria cinerea</i>	EN	NT	↘	x	x	x
Petit Puffin	<i>Puffinus assimilis</i>	EN	LC	?	x		x
Albatros à bec jaune	<i>Thalassarche carteri</i>	EN	EN	↘	x	x	x
Grand albatros	<i>Diomedea exulans</i>	VU	VU	↘	x	x	
Prion de McGillivray	<i>Pachyptila macgillivrayi</i>	VU	NE	↗			x
Pétrel à menton blanc	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	VU	VU	→	x	x	
Puffin à pieds pâles	<i>Puffinus carneipes</i>	VU	LC	↗			x
Petit bec-en-fourreau	<i>Chionis minor</i>	NT	LC	↘	x	x	
Manchot papou	<i>Pygoscelis papua</i>	NT	NT	→	x	x	
Albatros à sourcils noirs	<i>Thalassarche melanophrys</i>	NT	NT	→	x	x	
Pétrel de Kerguelen	<i>Aphrodroma brevirostris</i>	LC	LC	?	x	x	
Manchot royal	<i>Aptenodytes patagonicus</i>	LC	LC	→	x	x	
Prion de Salvin	<i>Pachyptila salvini</i>	LC	LC	?	x		
Gorfou macaroni	<i>Eudyptes chrysolophus</i>	LC	VU	→	x	x	
Océanite à ventre noir	<i>Fregetta tropica</i>	LC	LC	?	x	x	
Pétrel bleu	<i>Halobaena caerulea</i>	LC	LC	?	x	x	
Goéland dominicain	<i>Larus dominicanus judithae</i>	LC	LC	?	x	x	
Pétrel géant	<i>Macronectes giganteus</i>	LC	LC	→	x	x	
Pétrel géant subantarctique	<i>Macronectes halli</i>	LC	LC	→	x	x	
Océanite de Wilson	<i>Oceanites oceanicus</i>	LC	LC	?	x	x	
Prion de Belcher	<i>Pachyptila</i>	LC	LC	?	x	x	

Nom de l'espèce		Statut de conservation*			Présence		
Français	Latin	TAAF	IUCN	Dynamique de population	Crozet	Kerguelen	Saint-Paul et Amsterdam
	<i>belcheri</i>						
Prion de la désolation	<i>Pachyptila desolata</i>	LC	LC	?	x	x	
Petit prion	<i>Pachyptila turtur</i>	LC	LC	?	x	x	x
Pétrel plongeur de Géorgie du Sud	<i>Pelecanoides georgicus</i>	LC	LC	?	x	x	
Pétrel plongeur commun	<i>Pelecanoides urinatrix</i>	LC	LC	?	x	x	
Pétrel à tête blanche	<i>Pterodroma lessonii</i>	LC	LC	?	x	x	
Pétrel noir	<i>Pterodroma macroptera</i>	LC	LC	?	x	x	x
Pétrel soyeux	<i>Pterodroma mollis</i>	LC	LC	?	x	x	x
Labbe subantarctique	<i>Stercorarius antarcticus</i>	LC	LC	?	x	x	x
Canard d'Eaton	<i>Anas Eatoni</i>	DD	VU	?	x	x	
Albatros fuligineux à dos clair	<i>Phoebastria palpebrata</i>	DD	NT	?	x	x	
Albatros à tête grise	<i>Thalassarche chrysostoma</i>	DD	EN	?	x	x	
Cormoran de Crozet	<i>Phalacrocorax melanogenis</i>	DD	LC	?	x		
Cormoran de Kerguelen	<i>Phalacrocorax verrucosus</i>	DD	LC	?		x	
Damier du Cap	<i>Daption capense</i>	DD	LC	?	x	x	
Gorfou de Schlegel	<i>Eudyptes schlegeli</i>	DD	VU	?			
Gorfou sauteur subantarctique	<i>Eudyptes filholi</i>	DD	VU	?	x	x	
Océanite à croupion gris	<i>Garrodia nereis</i>	DD	LC	?	x	x	



Nom de l'espèce		Statut de conservation*			Présence		
Français	Latin	TAAF	IUCN	Dynamique de population	Crozet	Kerguelen	Saint-Paul et Amsterdam
Sterne de Kerguelen	<i>Sterna virgata</i>	DD	NT	?	x	x	
Sterne subantarctique	<i>Sterna vittata</i>	DD	LC	?	x	x	x
Labbe antarctique	<i>Stercorarius antarcticus</i>	LC	LC	?	x	x	x
<b>Pinnipèdes se reproduisant dans les TAF</b>							
Otarie à fourrure de Kerguelen	<i>Arctocephalus gazella</i>	LC	LC	↗	x	x	
Otarie à fourrure d'Amsterdam	<i>Arctocephalus tropicalis</i>	LC	LC	↗	x		x
Eléphant de mer du Sud	<i>Mirounga leonina</i>	LC	LC	→	x	x	
<b>Cétacés se reproduisant dans les eaux des TAF</b>							
Orque	<i>Orcinus orca</i>	EN	DD	→	x	x	x
Dauphin de Commerson	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	EN	DD	?		x	
Petit rorqual	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	LC	LC	→			
Globicéphale noir	<i>Globicephala melas</i>	DD	DD	?	x	x	
Lagénorynque sablier	<i>Lagenorhynchus cruciger</i>	DD	LC	?	x	x	
Dauphin aptère austral	<i>Lissodelphis peronii</i>	DD	DD	?	x	x	

\* Evaluation du statut de conservation des espèces : évaluation selon la Liste rouge de l'IUCN au niveau international (IUCN 2016) et évaluation selon la Liste rouge des TAAF (IUCN France, MNHN & TAAF 2016) à l'échelle locale. Les espèces sont évaluées selon 11 catégories de menaces : En danger critique d'extinction (CR), En danger (EN), Vulnérable (VU), Quasi-menacé (NT), Préoccupation mineure (LC), Données manquantes (DD). Les espèces classées selon le statut Eteint (EX) et Eteint régionalement (RE) ne sont pas ici présentées. Les espèces classées CR, EN et VU sont considérées comme des espèces menacées. Remarque : les tendances de population présentées dans ce tableau peuvent diverger des tendances présentées dans le tableau XX (tendance de population des oiseaux nicheur) du fait des périodes considérées et de l'étendue géographique prise en compte.



Photo 40. Albatros fuligineux à dos clair, Crozet



Photo 41. Manchots royaux, Kerguelen



Photo 42. Otarie à fourrure de Kerguelen



Photo 43. Orque, Crozet

### III. Activités anthropiques / Pratiques et usages

Bien qu'éloignées, les îles australes françaises sont fréquentées par les hommes depuis le XVI<sup>ème</sup> siècle. La biodiversité de ces territoires a été, dès le XVIII<sup>ème</sup> siècle, convoitée par les Américains, les Européens et les Russes. Les pinnipèdes et les cétacés ont en effet été massivement chassés pour leurs peaux et leur huile. Aujourd'hui, les vestiges des infrastructures ayant hébergé ces pratiques témoignent de cette époque. Désormais, seules les activités scientifiques, de pêche, de gestion de la réserve, et d'exercice de la souveraineté sont autorisées. Le tourisme, autorisé lui aussi, reste strictement contrôlé et limité du fait des difficultés d'accès. Cette fréquentation encadrée des lieux est cependant compensée par des activités de sensibilisation réalisées auprès du grand public ou de publics plus ciblés.

#### III.A. Patrimoine culturel et historique

Les Terres australes françaises ont une histoire riche, essentiellement liée à l'exploitation économique de leurs ressources, à la recherche scientifique et aux activités militaires. De nombreux vestiges immobiliers témoignent de ces activités passées.

##### III.A.1. Patrimoine lié à l'exploitation économique des territoires austraux

Malgré leur éloignement, **les Terres australes françaises furent largement visitées au fil des siècles**. Aux brèves visites des premiers navires partis en quête du continent austral succédèrent dès le début du XX<sup>ème</sup> siècle les séjours prolongés des chasseurs de mammifères marins (cf. partie III.D.1) ou des éleveurs. Les vestiges des infrastructures érigées par ces pionniers des Terres australes constituent aujourd'hui la partie la plus visible du patrimoine historique de la Réserve naturelle.

**A ces vestiges immobiliers s'ajoutent de nombreux objets épars**, révélateurs discrets des passages humains sur les différents sites de ce qui est devenu depuis la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises. Plusieurs tombes remontant au 18<sup>ème</sup> et 19<sup>ème</sup> siècle, notamment sur l'île du Cimetière et les Presqu'îles Jeanne d'Arc et Matley à Kerguelen, rappellent la rudesse des premiers voyages vers ces territoires. Différents objets et structures sommaires, tels que des fours et des chaudrons (Pointe de l'Usine dans la Baie de l'Observatoire à Kerguelen, etc.), évoquent l'utilité principale de ces îles pour leurs premiers habitants : l'exploitation de la faune locale. Malgré l'impact causé par ces entreprises (cf. partie IV), et malgré leur vocation première souvent liée à l'exploitation de la faune indigène ou à l'élevage de mammifères allochtones, **les vestiges des installations passées constituent de véritable « témoins mobiliers » du passé de la Réserve naturelle**.

La station baleinière Port Jeanne d'Arc et la ferme de Port Couvreur à Kerguelen sont particulièrement intéressantes. Les vestiges de l'installation de la conserverie de langouste de Saint-Paul sont également à mentionner.

##### III.A.1.a) Port Jeanne d'Arc à Kerguelen



Photo 44. Port Jeanne d'Arc en fonctionnement

Au nord-ouest de la Presqu'île Jeanne d'Arc sont établis les vestiges de « Port Jeanne d'Arc ». Cette **ancienne usine baleinière**, seul vestige de ce type d'activité sur le sol français, est le plus important site historique de Kerguelen.

En 1893, les **frères Bossière**, fils du dernier armateur français à avoir pratiqué la pêche à la baleine, obtiennent du gouvernement français la **concession exclusive des îles Kerguelen pour 50 ans**. Ils souhaitent y installer une usine baleinière moderne. Autour de chaudières à charbon produisant de la vapeur, seraient construits des autoclaves pour faire fondre le lard des mammifères marins.

A cette époque, plusieurs **grandes villes du monde occidental utilisent l'huile de baleine pour leur éclairage**. De la chair on peut obtenir des farines animales et les fanons des baleines mysticètes servent alors aux armatures de parapluies, d'ombrelles et de corsets. En 1906, les Bossière font appel au savoir-faire et aux capitaux norvégiens, plus précisément à la firme anglo-norvégienne Storm Bull. C'est elle qui construit la station de Port Jeanne d'Arc et la gère pendant ses quelques années d'activité.



Photo 45. Port Jeanne d'Arc en fonctionnement

**En trois mois, 300 norvégiens édifient une véritable petite ville**. Sur six hectares sont installés un ensemble de six bâtiments à usages divers : habitation, hôpital, atelier, magasin, porcherie, etc. Des chaudières et des cuves sont également mises en place, ainsi qu'un débarcadère et un train faisant le lien entre les différents éléments.

**La production d'huile commence en 1909**. L'usine tourne tout au long de l'année, avec une centaine d'ouvriers et de cadres norvégiens. L'activité interrompue pendant la première guerre mondiale est reprise en 1919 par une compagnie du Cap.

**En 1929, l'usine ferme définitivement**, en raison de la raréfaction des baleines et des éléphants de mer surexploités, et plus encore de la création des navires-usines qui traitent à bord les cétacés. Elle fut entretenue quatre ans après sa cessation d'activité puis elle fut définitivement abandonnée avant même d'être rentabilisée. Des canalisations, dont un grand nombre sont encore visibles actuellement, approvisionnaient la base en eau potable depuis un proche ruisseau. D'autres servaient au transfert de

l'huile vers les bateaux-citernes. Cette période est largement décrite dans l'ouvrage « *Les phoquiers de la désolation* » (Savourset *al*, 2009)

Le site a fait l'objet d'une **restauration importante en 2000 et 2001**. Au cours des six mois qu'a duré la mission, plusieurs bâtiments, symboles de l'autarcie des baleiniers de PJDA, l'atelier de mécanique, un bâtiment à usage d'habitation et la porcherie ont été restaurés. Un second bâtiment à usage d'habitation est encore debout, soutenu par des madriers et des poutres. Les autres structures se sont effondrées et ne constituent plus qu'un amas de planches et de débris de ferraille. De très nombreux débris de bois ou métal jalonnent également le site. En se dirigeant vers l'est à partir des bâtiments, on découvre un ensemble de quatre tombes, révélées par quatre croix.



Photo 46. Port Jeanne d'Arc

### III.A.1.b) *Port Couvreur à Kerguelen*

Le nom de Port-Couvreur a été donné par le service hydrographique de la Marine en 1915 à l'ensemble du mouillage et de la base construite par les frères Bossière au début du 20<sup>ème</sup> siècle.

**L'histoire du site commence fin 1912**, lorsque le navire *Yves Joseph de Tremarec* amène du Havre une équipe de quatre bergers. Durant l'hiver austral 1913, le *Jacques* transporte quant à lui un millier de moutons des Falklands jusqu'à Port Couvreur mais beaucoup meurent pendant la traversée. La première guerre mondiale impose le rapatriement de tout le monde et les moutons, faute de soins, disparaissent.

**En 1922, René Bossière repart à Port Couvreur avec trois havrais, bergers improvisés, après avoir acheté au Cap une cinquantaine de moutons.** Différents bergers se succèdent alors, amenés par l'*Austral*. Les conditions de vie très rudes induisent plusieurs décès parmi ceux-ci. Le 2 mars 1931, l'*Austral* rapatrie dans l'urgence les bergers survivants et tout est abandonné sur place.

**Ce site présente toutefois un intérêt historique et patrimonial certain.** Il est l'illustration même de l'histoire de la colonisation et des tentatives malheureuses d'exploitation de Kerguelen. Il incarne l'aventure des frères Bossière, personnages dont le nom fait partie intégrante de l'histoire de l'archipel.

Afin d'éviter les pillages et le total délabrement du site, l'ensemble des bâtiments ont été fermés à l'aide de cloisons. **L'accès est réglementé par arrêté préfectoral** ; il est notamment interdit pour des raisons de sécurité de s'approcher à moins de 30 mètres des bâtiments. Il subsiste sur le site une accumulation de

cuves, tonneaux et débris en tous genres, ainsi qu'une structure d'habitat encore d'aplomb à l'intérieur de laquelle sont présents quelques éléments mobiliers. Une tombe isolée se trouve à proximité d'un bâtiment effondré, six autres sont regroupées à environ 500 mètres au nord des habitations. Toutes sont surmontées d'une croix de bois. Aucun nom n'apparaît nulle part. Les vestiges d'une usine sont visibles sur la plage, ainsi qu'une cuve et les restes d'une barque. Sont encore debout les ruines de trois bâtiments à usage d'habitation.



Photo 47. Port Couvreux dans les années 60

### III.A.1.c) Site de production piscicole d'Armor à Kerguelen

Sur le déversoir du lac d'Armor, situé au sud-est du plateau central de Kerguelen (longitude 69°42'38" ; latitude 49°27'37") s'est établi en 1984 une **ferme aquacole**, dans le but d'élever du saumon coho (*O.kisutch*) puis, à partir de 1987 du saumon chinook (*O. tsawytscha*). Le projet est dû à l'initiative conjointe de la mission recherche des TAAF et de l'armement SAPMER, avec l'aide de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Face notamment à l'effondrement des cours du saumon d'élevage et à l'isolement du site rendant lourdes et coûteuses les opérations logistiques, l'expérience est abandonnée en 1993.



Photo 48. Ferme aquacole d'Armor inactive (cliché 2009)

Le site accueille toujours les infrastructures érigées en 1984, à savoir six bâtiments type « fillods », deux cabanes, plusieurs bassins et citernes, ainsi qu'un débarcadère.

Le saumon chinook et le saumon coho avaient été introduits dans le cadre d'une expérimentation de pisciculture sur le site d'Armorentre 1984 et 1992 mais ils ne sont plus présents sur ce site désormais. (cf.partieII.D.4.c).Néanmoins, l'impact de ces poissons sur les écosystèmes originels, qui sont totalement dépourvus de poissons d'eau douce, est encore mal connu (cf.partie IV.A.4).

### III.A.1.d) *Saint-Paul*



Photo 49. Vestiges de la langousterie de Saint-Paul

Comme trace de l'activité humaine sur Saint-Paul subsistent les fondations de maisons et les bases de murs de pierre. Une cabane demeure également en état, servant d'abri aux équipes de passage.

Le site était constitué d'une douzaine de bâtiments, parmi lesquels la conserverie de langouste. Aux cotés de l'usine elle-même se trouvaient des habitations pour le personnel, ainsi que des hangars pour stocker le matériel.



Photo 50. Timbre à l'effigie de la langousterie de Saint-Paul

**La conserverie est le fruit de la volonté des frères Bossière d'exploiter les riches gisements de langoustes de l'île.** Dans ce but, ils fondent la société « *la langouste française* », filiale de « *La compagnie générale des Iles Kerguelen* ». En septembre 1928, l'*Austral* quitte le Havre avec cinquante-deux hommes d'équipage et quinze couples de pêcheurs bretons. Il débarque hommes et matériel à Saint-Paul le 24 octobre. Il fallut 10 jours pour tout débarquer et encore un mois pour construire l'ensemble des bâtiments. La première campagne de pêche, lors de l'été austral 1928-1929, est plutôt bonne. Les rats fourmillent à l'époque, se nourrissant des carcasses de manchots et des restes de langoustes qui s'amassent aux **abords du cratère**.

**Les difficultés surviennent par la suite.** Lors de l'hiver 1930, quatre des sept bretons chargés de garder le site durant l'hiver austral meurent du scorbut et au moins un d'eux se perdent en mer. Un bébé né sur

place meurt également très rapidement. Durant l'été qui suit, c'est le bérubéri qui fait des ravages, en raison de l'imprévoyance et de l'incurie des responsables de l'établissement et de son ravitaillement. Le 2 mars 1931, l'*Austral*, alors à Kerguelen, est appelé de toute urgence pour aller secourir les pêcheurs de Saint-Paul. Le navire embarque alors dans la précipitation les bergers survivants de Port Couvreur qui abandonnent tout sur place. Arrivé à Saint-Paul, le médecin du bord ne peut que constater les ravages de la maladie. Le 8 avril suivant, tout le monde est rapatrié à Madagascar. C'est alors la fin des entreprises Bossière, qui sera marquée par un scandale important en France. S'il subsiste peu de témoins mobiliers ou immobiliers de cette entreprise, ce site renferme un passif historique marquant, largement connu des divers acteurs de la Réserve naturelle.

### III.A.2. Patrimoine lié aux explorations scientifiques et militaires : les bases

Dans un contexte de guerre froide naissante, les Etats souverains sur une ou plusieurs des îles subantarctiques ont pris conscience de **l'importance stratégique** de ces territoires. Le fait de savoir certaines de ces îles inoccupées inquiète les Etats proches des hautes latitudes australes. L'Australie et l'Union sud-africaine y redoutent notamment l'installation, à l'insu du monde par un ennemi potentiel, d'instruments capables de menacer leur territoire.

L'Union sud-africaine obtient en 1947 de la Grande-Bretagne la cession des îles du Prince Edouard et Marion. La raison de cette annexion est l'établissement d'un « périmètre de sécurité » au large de son territoire. Des équipes y sont déposées avec pour mission d'y bâtir une station météorologique et d'étudier la possibilité d'y construire port, aérodrome, base d'hydravion, etc. Heard, île subantarctique australienne, est également occupée en permanence de 1947 à 1955, puis par des missions ponctuelles par la suite, contribuant à la stabilité géopolitique de cette partie de l'hémisphère austral.

Les îles subantarctiques relevant de la souveraineté française restant quant à elles inoccupées, les pressions à l'égard de la France, afin qu'elle y manifeste effectivement sa présence, se font de plus en plus vives.

C'est ainsi qu'en 1949, une résolution est adoptée à l'unanimité par l'Assemblée nationale, invitant le gouvernement français à matérialiser la souveraineté de l'Etat sur toutes les îles australes sous sa juridiction par la mise en place d'une mission économique, scientifique et militaire.

#### III.A.2.a) Crozet : la base Alfred Faure





Photo 51. Carte de la première mission à Crozet

Alors que les îles subantarctiques sud-africaines Marion et Prince Edouard, ainsi qu'Amsterdam et Kerguelen, ont vu s'ériger sur leur sol des bases permanentes dès les années 1950, l'archipel Crozet est longtemps resté désert, libre de toute implantation humaine.

**Il faut attendre 1961 pour que soit prise la décision d'envoyer sur l'île de la Possession une mission exploratoire.** Une équipe de treize hommes, dirigée par l'ingénieur météorologiste Alfred Faure, débarque en décembre et choisit le plateau qui domine la baie du Marin, à 131 mètres d'altitude, pour y implanter la future base. Sa construction débute en 1962, assistée d'un téléphérique la reliant à la Baie du Marin. Ce dernier, détruit en 1982 par une tempête, sera par la suite remplacé par une route sinueuse permettant l'acheminement du matériel débarqué jusqu'à la base par moyen motorisé.

La station a été baptisée « **Alfred Faure** » par un arrêté de l'administrateur supérieur du 22 mars 1969, en hommage à l'ingénieur météorologiste décédé l'année précédente.



Photo 52. Base Alfred Faure

Une route en lacet d'un peu plus d'un kilomètre monte de la Baie du Marin, la plage de débarquement, jusqu'à la base, qui est organisée autour de la résidence. La base, située à l'est de l'île de la Possession, compte une vingtaine de bâtiments : habitation, laboratoires, bâtiments techniques, vie commune, etc. Elle accueille en moyenne entre 25 et 30 personnes à l'année, scientifiques et techniciens.



Photo 53. La baie du Marin à Crozet

**La Baie du Marin** est le lieu de débarquement des opérations portuaires sur l'île de la Possession. Ces installations ont été réaménagées entre 2012 et 2014 en concertation étroite avec l'IPEV(cf. partie IV.B.2). Cette opération visait à réduire l'emprise au sol des activités humaines dans la Baie du Marin pour rendre de l'espace à la colonie de manchot royal.

### III.A.2.b) Kerguelen : Port-aux-Français

**La première mission exploratrice dirigée vers Kerguelen dans le but d'y installer, à l'instar d'Amsterdam, une station permanente, se met en place à la fin de l'année 1949.** Quatorze personnes, placées sous le commandement de Pierre Sicaud, administrateur en chef des colonies, la composent, dont Edgar Aubert de la Rüe qui fait office de conseiller scientifique. Le navire hydrographe le *Lapérouse*, qui les transporte, arrive à Kerguelen le 11 décembre 1949.

La mission poursuit un double objectif : rechercher un emplacement favorable à l'implantation d'une base permanente et reconnaître une zone dégagée pour aménager une piste d'aviation. Parmi les divers sites envisagés, c'est la partie nord-est du Golfe du Morbihan qui emporte le choix des membres de la mission. En effet, seules les plaines de la Péninsule Courbet étant susceptibles d'accueillir une piste d'aviation, il a

été décidé de positionner la base à proximité. Un groupe de quatre baraques préfabriquées est alors érigé, baptisé « Port-aux-Français ».

Le 1er janvier 1950, le poste émetteur radio de Kerguelen entre en fonction et la station météorologique commence ses observations. Le 9 novembre de la même année, est déposée, par le liberty-ship Italo-Marsano à Port-aux-Français, la première véritable mission. Elle comprend 45 membres, dont 28 vont hiverner en passant 18 mois sur l'île.

La mission suivante 1951-1952 est amenée par le liberty-ship Vercors. C'est alors que s'établissent des rotations annuelles régulières transportées par *le Gallieni*.

La base de Port-aux-Français s'équipe et s'établit de façon durable, malgré les très rudes conditions climatiques. Sur les 4200 heures de travail prévues par le plan originel pour la période de l'hiver austral, les conditions météorologiques n'en permirent que 1822.

Pour certains, dont le lieutenant Caillat, la création de la base est avant tout justifiée par **l'importance stratégique** que revêt l'archipel. Loin de partager cette approche, Edgar Aubert de la Rüe juge quant à lui que c'est l'indispensable **développement de la recherche scientifique** qui rend nécessaire sa mise en place, afin d'approfondir la connaissance des régions australes. L'administrateur en chef, Pierre Sicaud, résume alors les projets d'études et les travaux qu'ils comportent : météorologie, ionosphère, sismologie, hydraulique et captation des chutes d'eau proches de la base, gravimétrie, énergie éolienne, biologie des éléphants de mer en vue de la reprise de leur exploitation, océanographie, algologie et perspectives d'exploitation.

La construction de la piste d'aviation n'aura, quant à elle, jamais lieu. Malgré ça, la base se développe et atteint sa « vitesse de croisière » en six années.



Photo 54. Base de Port-aux-Français (au fond le Marion Dufresne)

**Port-aux-français constitue aujourd'hui la plus grande base des Terres australes françaises.** Elle peut accueillir une soixantaine de personnes durant l'hivernage, jusqu'à une centaine lors des campagnes d'été.

Une route mène de la cale de débarquement jusqu'à la base. Au-delà de la base elle-même, une route empierrée conduit sur quelques kilomètres au « plateau » qui accueille les installations de Météo France, des transmissions, des laboratoires de géophysique et la station du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES).

La base compte une centaine de bâtiments à usage d'habitation, d'ateliers, de laboratoires, etc. Une déchetterie et un incinérateur sont également installés.



Photo 55. Le Centre National d'Etudes Spatial à Kerguelen

### *III.A.2.c) Amsterdam : Martin-de-Viviès*

En décembre 1949, une mission part pour l'île d'Amsterdam. Elle est dirigée par M. Paul Martin de Viviès, ingénieur de la Météorologie nationale, et est composée de cinq météorologues, quatre radios, un infirmier et une quinzaine de personnels malgaches qui ne resteront que le temps du déchargement du matériel.

Le débarquement commence le 1er janvier 1950 et permet l'installation de la base, à trente mètres d'altitude. La loi n°50-249 du 1er mars 1950 crée un établissement administratif permanent sur l'île, comprenant une station météorologique d'observation et une station de radiotélégraphie. La base est alors baptisée « camp Heurtin », en hommage au réunionnais qui, en 1871, avait tenté sans succès de fonder sur l'île un élevage de bovidés.

L'aménagement de la base se poursuit rapidement. Une route est aménagée reliant la cale de débarquement au camp. Le débarquement de matériel peut alors se faire à l'aide de jeeps et de remorques. Quant au camp lui-même, d'abord construit avec des baraques, il s'ordonne autour de la place du mât central, les stations radiotélégraphiques et météorologiques étant les structures les plus importantes.

En 1972, en souvenir de son fondateur, elle est rebaptisée « Base Martin-de-Viviès ».



Photo 56. Base de Martin-de-Viviès

**Martin-de-Vivies à Amsterdam est la plus petite des bases.** Elle peut accueillir entre 18 et 30 personnes selon la saison.

On la rejoint depuis la cale de débarquement par une route en lacet d'une centaine de mètres. Située au nord-ouest de l'île, elle compte une trentaine de bâtiments dédiés. Une déchetterie et un incinérateur sont présent sur le district.

### III.B. Fonctionnement des bases

#### III.B.1. Production de déchets

Sur les bases permanentes, la présence humaine s'accompagne inéluctablement d'une **importation de produits** nécessaires à la vie sur les districts (nourriture, produits sanitaires et de toilette, consommables, etc.) et aux activités (matériaux de construction, matériel informatique, équipements et produits de laboratoire, consommables bureautique, etc.), dont certains peuvent être considérés comme dangereux.

**Ce n'est qu'à partir des années 1990 que les premiers déchets les plus néfastes pour ces territoires sont rapatriés à La Réunion.** En 2001, un audit fait prendre conscience de la nécessité de gérer les déchets dans les TAAF. Cette mission est confiée à la cellule environnement de la collectivité, qui établit un guide de gestion des déchets pour chaque district. Aujourd'hui, la gestion des déchets est confiée à la Direction des Services Techniques des TAAF.

La **gestion efficace des déchets est complexe** car elle nécessite la prise en compte de l'intégralité de la chaîne, depuis l'origine des déchets (politique d'achat et de démantèlement) en passant par le tri, le traitement in situ, le rapatriement et le traitement dans les filières de valorisation à La Réunion. Elle

nécessite également de prendre en compte les dimensions logistique (exportation par Marion Dufresne) et financière (coûts du rapatriement, du traitement, etc.) de cette gestion.

Il n'existe **aucune filière de valorisation des déchets sur ces îles**. Les déchets sont donc **stockés sur base avant leur exportation** (à l'exception des très gros déchets inertes) **par le Marion Dufresne vers La Réunion, où ils sont traités et valorisés**. A ce titre, une meilleure maîtrise des « importations » sur les districts constitue un pré-requis indispensable pour réduire la quantité de déchets générés sur les bases et diminuer l'empreinte de l'Homme dans les Terres australes françaises.

Sur le plan opérationnel, des efforts substantiels ont été réalisés par les TAAF au cours des cinq années du premier plan de gestion (2011-2015) afin d'optimiser le tri et le stockage des déchets sur les districts.

Depuis fin 2016, les trois bases disposent chacune d'une **déchetterie couverte**. Pour être efficaces, ces lieux de stockages doivent être maintenus dans un état fonctionnel et adapté au schéma de traitement des déchets mis en œuvre sur les districts. En particulier, **l'organisation des déchetteries sur les bases et le parc de contenants doivent répondre aux exigences des circuits de valorisation identifiés à La Réunion**. Les déchetteries sont ainsi équipées de contenants adaptés à chaque type de déchets. Le parc de contenants mis en place sur les districts permet aujourd'hui une prise en charge effective de la majorité des déchets que ce soit dans les phases de tri, de stockage, d'évacuation ou de valorisation. Les contenants ne constituent plus un facteur limitant pour l'exportation des déchets, ce qui souligne les nettes améliorations opérées depuis 2011.

**Afin de faciliter le travail et réduire les erreurs de tri**, une signalétique est mise en place pour bien identifier les spécificités des différentes catégories de déchets. **En outre, un agent TAAF est formé spécifiquement au tri des déchets et à l'entretien des déchetteries. Il assure la sensibilisation et la formation de l'ensemble du personnel des districts au tri sélectif, et contrôle son respect effectif. Ce dispositif doit être pérennisé.** Pour être efficace et le plus opérationnel possible, le tri sélectif nécessite l'implication personnelle de chacun des agents détachés sur les îles, à tous les niveaux de production des déchets. Ainsi, outre la sensibilisation, des poubelles ont été mises en place dans les bâtiments de vie avec étiquetage (incinérables, enfouissables, métal – *a minima*), et permettent un tri préalable avant le stockage dans les déchetteries.

Pour certains déchets (batteries, pneumatiques, déchets médicaux, cartouches et toners, tubes fluorescents), les TAAF ont mis en place avec leurs fournisseurs un **système d'écoparticipation**. Le prix de traitement des déchets concernés est intégré dans le prix d'achat et permet une prise en charge par le fournisseur dès le retour des produits sur le sol réunionnais. Ce système connaît néanmoins quelques difficultés de mise en œuvre liées au rapatriement de déchets historiques qui n'ont pas fait l'objet d'écoparticipation. De retour à La Réunion, le fournisseur réceptionne ainsi une quantité de déchets supérieure à celle couverte par le dispositif. On peut toutefois projeter l'atteinte d'un équilibre (Entrants / Sortants) quand les déchets historiques auront tous été rapatriés. Le système d'écoparticipation devrait dès lors être fonctionnel.

Si la quantité globale de déchets produite sur les districts a diminué depuis 2010, elle reste importante eu égard la très faible population sur les districts (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

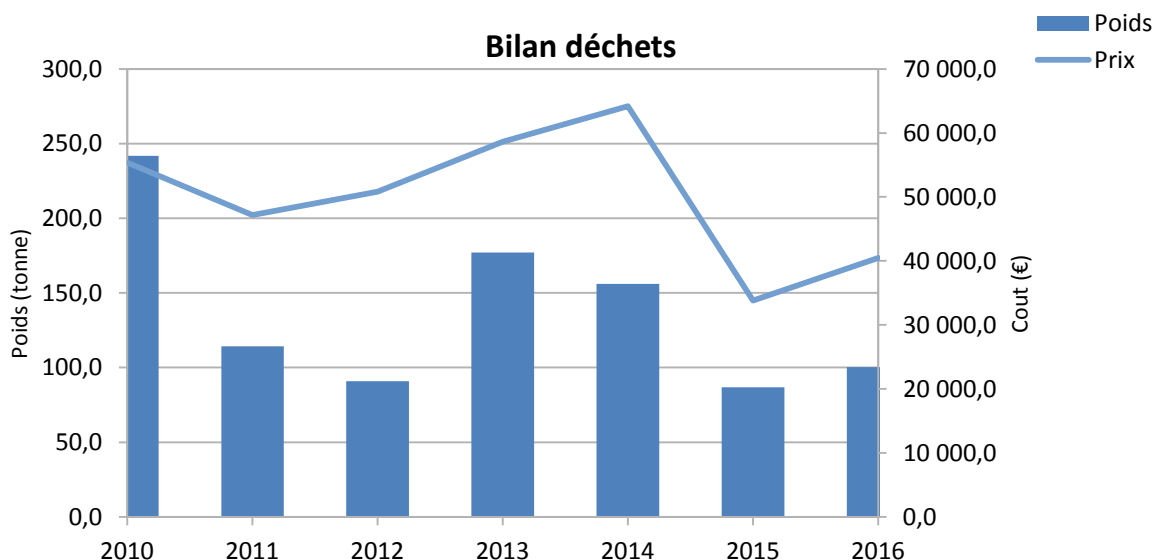


Figure 21. Evolution du poids et du coût de prise en charge des différents types de déchets entre 2010 et 2016

**La tendance à la baisse du coût global de traitement des déchets** est en grande partie attribuable à la nette diminution des déchets industriels spéciaux. Néanmoins, la variation à la hausse des coûts et poids des déchets constatée en 2016 est expliquée par l'important travail de nettoyage et d'évacuation des déchets mené par les services techniques sur Kerguelen :

- fin de démantèlement du port pétrolier de Port aux Français ;
- évacuation des déchets métalliques de Molloy ;
- évacuation des déchets présents dans les fillods (anciens abris) à Port aux Français, etc.

La **diminution de volume de déchets** peut être liée à une politique d'achat des produits moins génératrice de déchets, mais elle peut aussi être due à une prise en compte mineure des différents démantèlements. Il est ainsi difficile de pouvoir attribuer des causes fiables aux variations annuelles des poids de déchets traités.

### III.B.2. Réseaux d'assainissement

**L'assainissement des eaux usées produites par les bases est à ce jour presque inexistant.** En effet, les bâtiments sont équipés de fosses septiques « toutes eaux » qui ne sont reliées à aucun système annexe de traitement. Elles réceptionnent les eaux des WC (eaux noires) ainsi que celles des salles de bain et cuisines (eaux grises), et leur fonctionnement produit deux types de déchets : les boues (matières solides qui ont sédimenté dans le fond de la fosse) et les effluents (liquides issus de la décantation).

Lorsque les boues atteignent 50% du volume de la fosse, ces dernières sont vidangées, soit tous les 4 ans en moyenne. Les boues récoltées sont ensuite évacuées et enfouies dans des zones dévolues :

- A CROZET : pied du Mont Branca
- A KERQUELEN : décharge de la carrière
- A AMSTERDAM : ancienne déchetterie du concasseur

Les effluents liquides sortant de la fosse septique ne sont pas considérés comme épurés. En effet, ce type d'ouvrage n'assure qu'un prétraitement n'éliminant que très peu, voire pas du tout, la pollution (cf. partie IV.B.2.b). Sur les bases permanentes, les effluents sortent de la fosse et sont évacués par des puits perdus, des drains disposés en tranchée ou directement dans le milieu naturel.

### III.B.3. Production d'énergie

Dans un contexte extrême d'isolement et d'éloignement, la production de l'énergie sur les bases permanentes des Terres australes françaises est une priorité vitale et constitue l'un des prérequis à la présence humaine : il y va de la sécurité et du confort des personnes (télécommunication, chauffage, moyens froids de conservation des denrées alimentaires, lumière, eau chaude, etc.). Il est donc nécessaire de disposer de moyens de production d'électricité et de chaleur efficaces et sûrs.

A ce jour, la production d'énergie (électricité, chaleur) est assurée par :

- des **centrales électriques** (équipées de groupes électrogènes GE) sur les trois districts austraux : 3 groupes électrogènes par district sont installés pour assurer la sécurité énergétique de la base (redondance) (*1 GE en service, 1 GE en secours, 1 GE en visite éventuelle*).
- des **chaudières « basse température »** à « rendement de combustion élevé » à Crozet (installées en 2010-2011) et à Kerguelen (installées en 2014-2015) : deux chaudières par district.

Les centrales électriques et les chaudières fonctionnent exclusivement au gasoil.

Les consommations et puissances de ces équipements énergétiques sont résumées dans le Tableau 36. Puissances et consommations annuelles 2014 des Australes ci-après. Il ressort que les groupes électrogènes sont surdimensionnés sur les trois districts, ce qui engendre nécessairement une consommation en gasoil supérieure au besoin réel en énergie sur chacune des bases.

Tableau 36. Puissances et consommations annuelles 2014 des Australes<sup>8</sup>

	Groupes électrogènes			Chaudières	
	Consommation Gasoil	Puissance installée	Puissance max consommée <sup>9</sup>	Consommation Gasoil	Puissance installée
<b>CRO</b>	<b>146 m<sup>3</sup></b>	3 x 180 kVA	108 kW	<b>124 m<sup>3</sup></b>	2 x 310-370 kW
<b>KER</b>	<b>673 m<sup>3</sup></b>	3 x 650 kVA	417 kW	<b>155 m<sup>3</sup></b>	2 x 370-430 kW <sup>10</sup>
<b>AMS</b>	<b>162 m<sup>3</sup></b>	3 x 200 kVA	151 kW	-	-

Dans une volonté de réduire l'empreinte écologique des bases australes, la collectivité des TAAF s'intéresse de près aux **économies d'énergie et aux énergies renouvelables**, pour des questions tant environnementales que financières et logistiques. Chaque litre de gasoil économisé est en effet un litre de moins à acheter, à emmener sur les îles, et susceptible de se répandre au sol ou en mer. Cette démarche apparaît d'autant plus importante que les bases sont intégrées au périmètre de la réserve depuis sa création en 2006.

D'importants efforts ont été et sont encore portés par les TAAF sur :

- les **économies d'énergie** : isolation des bâtiments, achats éco-responsables, rondes énergie, plan de logements optimisés, sensibilisation des personnels, expertises caméra thermique, etc. Ces mesures ont permis une réduction de la consommation en gasoil des trois bases de près de 22 % en 10 ans, entre 2005 et 2014. Toutefois, les diminutions des consommations ont atteint un palier, les groupes électrogènes étant d'une puissance supérieure à celle consommée sur les bases. Il apparaît ainsi nécessaire de poursuivre les efforts de sensibilisation des personnels détachés sur les districts tout en adaptant les infrastructures de production aux besoins réels sur les districts.
- **l'utilisation d'énergie renouvelable** : toujours dans une volonté de réduire l'empreinte écologique et la dépendance au Gasoil des bases, diverses expérimentations ont ainsi été réalisées dans les Terres australes françaises, en particulier avec le développement de l'éolien à Kerguelen et Amsterdam. Toutefois, les contraintes du territoire sont très fortes du fait notamment de l'isolement (logistique, sécurité énergétique), des relèves fréquentes et du profil des équipes, et

<sup>8</sup> Ce tableau n'intègre pas les groupes de secours, qui ne servent qu'occasionnellement et généralement en essais (CNES à Kerguelen, hôpitaux, BCR).

<sup>9</sup> Maximum {2010-2014} des puissances mesurées à midi, considérée comme la puissance maximale consommée (fonctionnement des cuisines).

<sup>10</sup> En remplacement de 2 chaudières de 420 kW.



des conditions météorologiques et environnementales (environnement agressif, vents violents, avifaune). Ces tentatives se sont toutes soldées par des échecs. La production d'énergie renouvelable soulève également des difficultés quant au **stockage de l'énergie**, à la sécurité des approvisionnements en énergie, et à la qualité de l'électricité produite (tout particulièrement à Kerguelen, du fait des besoins imposés du CNES et de Galiléo - *tenue en fréquence et en tension*).

### III.B.4. Ravitaillement en hydrocarbures

Les bases australes sont consommatrices d'une grande quantité de gasoil, utilisée notamment à des fins de production d'électricité (groupes électrogènes) ou de chauffage (chaudières). Ce gasoil est acheminé sur les districts par le Marion Dufresne lors des opérations portuaires. Le gasoil disponible à Port-aux-Français sert également au ravitaillement des bateaux croisant au large, notamment les bateaux de pêche. Les modalités et conséquences de ces ravitaillements en hydrocarbures sont détaillées dans la partie IV.B.2.

**Afin de réduire cette menace, la collectivité des TAAF s'est engagée dans la mise en place d'équipements et procédures visant à sécuriser les transferts de gasoil et à disposer d'un plan POLMAR/Terre actualisé et opérationnel.** En 2006, un **enrouleur** a été mis en place sur Kerguelen pour sécuriser les ravitaillements en gasoil depuis le port pétrolier de Port-aux-Français vers les navires (de pêches ou de la Marine Nationale). Sur le plan technique, cet enrouleur dispose de 550m de manches rigides. Il est équipé en bout de manche d'une vanne de sectionnement afin d'éviter toute pollution lors de la remontée de la manche.

**Un second enrouleur** a également été installé en 2010 sur le Marion Dufresne pour sécuriser le ravitaillement en gasoil entre le Marion Dufresne et les différents ports pétroliers des bases australes. Cet enrouleur dispose de 950m de manches rigides avec raccords tous les 300 mètres afin d'éviter les fuites.

Dans les deux cas de figure, une chasse à l'air est effectuée avant toute opération de transfert afin de s'assurer de l'absence de fuite au niveau d'un raccord ou autre. Une seconde chasse à l'air est également réalisée à la fin de chaque ravitaillement afin de vider la manche du gasoil résiduel avant l'opération d'enroulage. Ces deux procédures simples permettent de réduire considérablement les risques de pollution.

La réduction des impacts des installations pétrolières passe aussi par leur démantèlement **lorsqu'elles ne sont plus utilisées** : c'est le cas de l'ancien Port pétrolier de Kerguelen situé en bord de côte à l'entrée de Port-aux-Français, démantelé entre 2005 et 2016 dans le cadre d'une étroite collaboration entre la Réserve et la Direction des Services Techniques des TAAF (DST). L'objectif de ce démantèlement était de réduire l'emprise des infrastructures, redonner de la naturalité à la base de Port-aux-Français et rendre de nouveau accessible cet espace aux espèces animales et végétales.



Le **dispositif « Polmar »** a quant à lui pour objectif de fournir les outils organisationnels et techniques nécessaires aux gestionnaires de crise se trouvant face à une pollution accidentelle marine (résultant d'un accident ou d'une avarie maritime, terrestre ou aérienne) de grande ampleur par hydrocarbures ou tout autre produit, notamment chimique.

En cas de pollution maritime, la lutte commence généralement en mer sur les lieux de l'accident avec les moyens maritimes adaptés. Dans les TAAF, l'application du plan Polmar/Mer est confiée au préfet de la Réunion sous l'autorité du Premier ministre (secrétariat général de la mer) dans le cadre de l'action de l'Etat en mer. Mais en fonction des conditions climatiques, du lieu de l'accident et de la nature du produit polluant, les actions seront plus ou moins efficaces, et la lutte devra, si nécessaire, être engagée sur le littoral avec des moyens terrestres. Le déclenchement et l'application du PSS Polmar/Terre est alors confié au préfet des TAAF. Dans ce contexte, les TAAF ont élaboré un premier plan Polmar/Terre en 2007. Afin de tenir à jour ce document et de le maintenir opérationnel, une révision du plan Polmar/Terre a été effectuée par les TAAF en 2015 et devra être renouvelée tous les 5 ans. La mise en œuvre des procédures déclinées dans ce document nécessite également de disposer sur base de manière permanente et en quantité suffisante des moyens matériels d'intervention en cas de pollution.

### III.B.5. L'éclairage

Les bases sont éclairées aux abords des bâtiments et le long des voies de cheminement par des lampadaires, plots, appliques murales, etc. La collectivité des TAAF, sous pilotage de la Direction des Services Techniques, a récemment **modifié les systèmes d'éclairage des bases afin de réduire pollution lumineuse qu'ils génèrent (cf. partie IV.B.2)**. Les principales adaptations mises en œuvre sont les suivantes:

- Extinction partielle de l'éclairage de la base de Port-aux-Français entre le 1er février et le 31 mars (période d'envol des pétrels). A noter que depuis 2016, l'intégralité des éclairages extérieurs de la base sont éteints tout au long de l'année, à titre expérimental ;
- Mise en place de détecteurs de mouvements et de minuteries pour les éclairages extérieurs des entrées de bâtiments ;
- Réduction de 60% du nombre de luminaires extérieurs sur les trois districts ;
- Remplacement des anciens luminaires de Port-aux-Français (globes) par des systèmes lumineux moins puissants et dont les faisceaux lumineux sont exclusivement orientés vers le sol grâce à un système d'occultation.

La base de Port-aux-Français étant celle sur laquelle les échouages d'oiseaux étaient les plus importants, la majorité des efforts se sont concentrés sur le district de Kerguelen. Les bases Alfred Faure (Crozet) et Martin-des-Viviès (Amsterdam) affichent un retard dans la démarche de réduction des pollutions lumineuses. Ces solutions ont permis de réduire considérablement les échouages et la mortalité aviaire. Peu de suivis systématiques ont cependant été effectués avant et après l'entrée en vigueur des premières actions de limitation des pollutions lumineuses sur les bases. Outre la réduction du nombre d'échouages d'oiseaux sur les bases, **cette action contribue également aux économies d'énergie**. La réduction de la pollution lumineuse facilite également l'observation des étoiles et des aurores australes, ce qui contribue à redonner une place à la nature sur les bases.

### III.C. Les sites isolés

En dehors des bases permanentes, un certain nombre de cabanes et refuges isolés maillent les districts austraux pour accueillir les hivernants et les campagnards d'été en mission. Gérés par les TAAF ou l'IPEV, ces sites sont accessibles de manière pédestre ou par dépose d'hélicoptère ou de moyen nautique

(chaland, zodiac, La Curieuse). Certains sites ne présentent néanmoins pas d'installations humaines : les hivernants et campagnards d'été y dorment alors de manière ponctuelle en tente temporaire.

### III.C.1. Les cabanes et refuges

Au fil des missions, de nombreux **refuges** ont été édifiés sur les districts austraux, pour permettre aux hivernants et campagnards d'été de séjourner hors des bases, soit pour les besoins de la recherche scientifique, de gestion de la réserve, du tourisme ou des activités de loisir. Les **refuges à vocation scientifique sont gérés, équipés, entretenus et approvisionnés par l'IPEV, alors que ceux s destinés aux loisirs et au tourisme le sont par les TAAF.**

La liste des refuges « permanents » et les modalités de leur utilisationsont fixées par l'annexe III de la convention TAAF/IPEV n°500.

Tableau 37. Liste des refuges et cabanes des TAAF et de l'IPEV à Crozet, Kerguelen et à Amsterdam

	Refuges « permanents » TAAF	Refuges « permanents » IPEV
<b>CROZET</b>		<b>3</b> Baie Américaine ; Lapérouse ; Pointe Basse
<b>KERGUELEN</b>	<b>11</b> Molloy ; Rivière du Sud (Jacky) ; Laboureur ; St Malo ; Armor ; Port Couvreur ; Port Jeanne d'Arc ; Estacade ; Rivière des Manchots ; Ile Longue (Port Bizet) ; Ile Haute	<b>30</b> Port 12ème ; Phonolite ; Pointe Morne ; Ile Verte ; Ile Mayes ; Ile Australia (Port au Ketch et cabane au nord) ; Ile du Cimetière ; Sourcils noirs ; Korrigans ; Val Studer ; Val Travers ; Bossière ; Baie Larose ; Mortadelle ; Ratmanoff ; Ile aux Cochons ; Ile Guillou ; Cap noir ; Cap Cotter ; Cataracte ; Baie Charrier ; Port Perrier ; Anse du Phoque ; Anse du Géographe ; Lac Suisse ; Baie de la Mouche ; Vallée Ring ; Pointe Suzanne ; Bassin de la Gazelle
<b>AMSTERDAM</b>	<b>4</b> Saint-Paul ; Antonelli ; Mataf ; Ribault	<b>2</b> Entrecasteaux ; Del Cano

En sus des refuges sumentionnés, il faut également prendre en compte les cabanes installées temporairement sur les districts pour répondre à des besoins limités liés à la durée de certains programmes scientifiques. L'installation de ces cabanes fait l'objet d'une autorisation préalable d'implantation de structure délivrée par le préfet, administrateur des TAAF. A l'issue de la période de mise en œuvre du programme qui a justifié son installation, ces cabanes sont retirées du site.

#### III.C.1.a) Production de déchets

A l'instar de l'activité sur base, **la présence humaine dans les cabanes en sites isolés génère une production de différents types de déchets.** Si cette production de déchets est faible au regard de celle des bases, leur gestion n'en reste pas moins complexe, principalement en raison de l'isolement des refuges. Les procédures mises en place par l'IPEV et les TAAF permettent de traiter l'ensemble des déchets produits tout en intégrant les contraintes logistiques ;le schéma de traitement mis en place sur les bases et le cadre réglementaire de création de la Réserve tel qu'institué par le décret n°2006-1211 modifié y répondent(cf.partie.)

### *Déchets issus de l'entretien des structures ou de leur démantèlement.*

L'intégralité de ces déchets (chutes de matériaux de construction, consommables, solvants, vernis, etc.) sont triés puis conditionnés avant leur exportation sur le Marion Dufresne ou sur base. En fonction de leur nature, ils rejoignent ensuite les filières de valorisations identifiées à La Réunion ou en métropole. Aucun de ces déchets ne peut être brûlé ou laissé sur place.

### *Déchets issus des travaux scientifiques et de gestion de la réserve*

L'ensemble de ces déchets sont évacués des refuges, rapatriés sur les bases et triés en déchetterie en fonction de leur nature. En particulier, les produits chimiques rejoignent le circuit de traitement dédié aux produits dangereux, tandis que les déchets biologiques et infectieux rejoignent le circuit de traitement des déchets médicaux.

### *Déchets de la vie quotidienne en cabane*

L'ensemble des emballages et des contenants (films plastiques, bouteilles, boîtes de conserve, bocaux en verre, canettes, papier aluminium, etc.) sont triés et stockés hermétiquement dans des touques spécifiques à chaque catégorie de déchets. Une à deux fois par an, ils sont rapatriés par hélicoptère sur base, où ils rejoignent les déchetteries après une vérification minutieuse du tri. Les consignes IPEV préconisent également de laver et compacter ces déchets avant stockage pour en faciliter le traitement.

Un certain nombre de cabanes, les plus isolées, sont équipées d'incinérateurs (fûts métalliques) dans lesquels sont brûlés les déchets incinérables et les déchets alimentaires. Toutefois, ce système ne permet pas l'incinération complète des déchets humides (restes alimentaires notamment) et les consignes d'utilisation ne sont pas toujours bien respectées. Les impacts de ces déchets sont détaillés en partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

### *Déchets sanitaires (eaux grises, eaux noires, résidus des toilettes sèches)*

Les déchets sanitaires ont été, jusqu'à présent, rejetés en mer ou à terre. La gestion des eaux sanitaires au sens large, pose une question importante au regard des dispositions réglementaires du décret n°2006-1211 modifié. En effet, l'article 10 alinéa 1 précise « *Il est interdit d'abandonner, de déposer ou de jeter tout produit quel qu'il soit de nature à nuire à la qualité de l'eau, de l'air, du sol ou du site, ou à l'intégrité de la faune et de la flore* ». Par ailleurs, l'article 36 stipule que « *Tous rejets de déchets, y compris les déchets organiques et les déchets de poissons, sont interdits dans les zones de protection renforcée marines* ». Les cabanes étant en majorité situées à proximité du littoral, ces dispositions impliquent que les évacuations d'eaux usées (évier et sanitaires) ne peuvent plus être réalisées directement en mer. Les rejets à terre restent quant à eux possible sous réserve qu'ils ne soient pas impactant sur le milieu, ce qui suppose l'utilisation exclusive de produits ménagers et d'hygiène biodégradables et écolabellisés.

## **III.C.1.b) Energie**

La vie en cabane nécessite également une **faible production d'électricité** qui permet l'alimentation de l'éclairage et la charge des appareils électroniques (ordinateurs portables, matériel de terrain, etc.). Les cabanes utilisées fréquemment sont équipées d'un petit groupe électrogène qui permet de répondre à ce besoin énergétique. Certaines cabanes ont par ailleurs fait l'objet d'un équipement en panneaux solaires, ce qui permet de s'affranchir de l'énergie fossile et de réduire leur empreinte écologique.

## **III.C.1.c) Approvisionnement et logistique**

L'installation et l'utilisation régulière des refuges en sites isolés engendrent des **besoins en logistique** pour assurer l'approvisionnement en nourriture et matériels divers, la récupération des déchets, l'entretien des infrastructures ou leur démantèlement. Les principaux vecteurs logistiques utilisés sont :

- l'hélicoptère
- le chaland (pour les cabanes situées sur les îles du Golfe du Morbihan - Kerguelen).

Ces moyens peuvent engendrer des impacts relatifs à l'impact de l'hélicoptère et des moyens nautiques.

### III.C.2. Déplacements pédestres vers les sites isolés

Les déplacements pédestres se font essentiellement le long de transits déterminés et clairement définis (tracé GPS, marquages, etc.) afin de ne pas multiplier le nombre de transits et de limiter l'impact de ces déplacements. De plus, des caillebotis ont été mis en place dans le cadre du plan d'action biodiversité des TAAF (avant 2011) et du premier plan de gestion de la Réserve naturelle (2011-2015).

- 7 sites ont été équipés à Crozet (Base Alfred Faure – Baie Américaine – Pointe Base – Lac perdu – transit base/Pointe Basse – Lapérouse – Marre aux Éléphants)
- 1 site a été équipé à Amsterdam (Mont de la Dives sur le Plateau des Tourbières)

Ces installations représentent dans leur totalité 2,191km de linéaire sur le district de Crozet et 1,270 km à Amsterdam. En canalisant la fréquentation pédestre, les caillebotis permettent de limiter le piétinement de la végétation, l'érosion du sol, et la dispersion d'espèces exotiques sur les districts.

### III.C.3. Suivi de la fréquentation des sites isolés

Les hivernants ou campagnards d'été peuvent être amenés à se déplacer dans des sites isolés dans lesquels aucune infrastructure humaine (base, cabane) n'a été construite. Tous situés dans le périmètre de la Réserve, ils peuvent être soumis à un statut de protection particulier ou non.

Dans le premier cas, qui concerne notamment les sites situés dans les zones réservées à la recherche scientifique et technique (arrêté n°14 du 30 juillet 1985) et des zones de protection intégrales (décret n°2006-1211 modifié), les accès à ces sites sont réglementés. Ils sont soumis à autorisation du préfet, administrateur du TAAF, qui précise le nombre d'incursions et de personnes admises, ainsi que la durée de séjour. Tout l'enjeu pour le chef de district concerné réside alors dans sa capacité à contrôler le respect des modalités d'accès prévues par les arrêtés d'autorisation.

Concernant les sites isolés relevant du droit commun de la Réserve naturelle, un suivi régulier de leur fréquentation est réalisé dans l'objectif d'évaluer les potentiels impacts sur les écosystèmes liés à la présence humaine. En effet, certains de ces sites font l'objet d'importants suivis scientifiques, dont les résultats pourraient être faussés par une présence humaine trop importante. Des mesures visant à assurer leur préservation peuvent donc être prises au cas par cas.

Depuis 2014, un système fonctionnel de suivi de la fréquentation des sites de la Réserve a été mis en place. Ce système donne aux chefs de districts la possibilité de renseigner pour chaque sortie les informations suivantes:

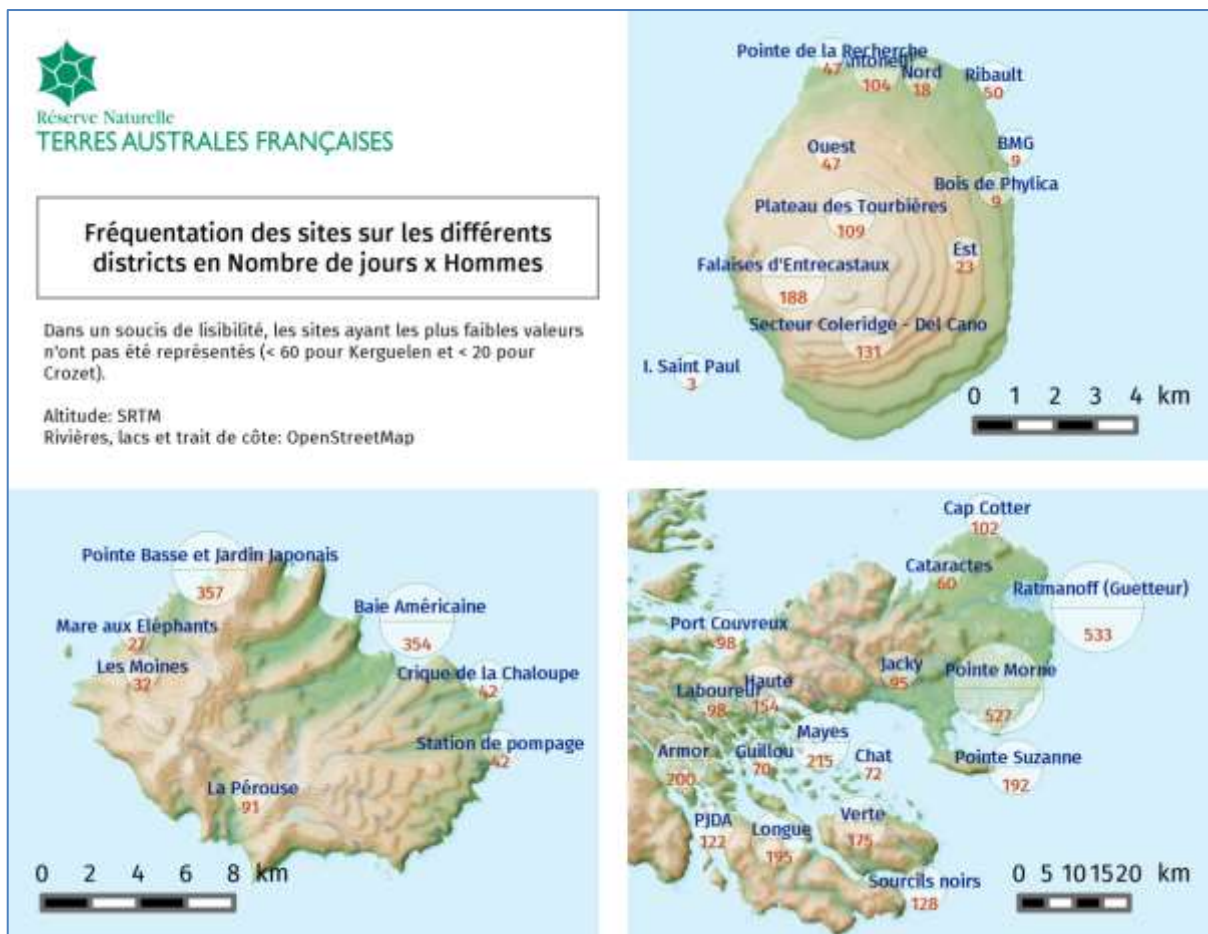
- la destination ;
- le nombre de personnes concernées ;
- le trajet et les zones transitées.

Ces données permettent de suivre la fréquentation des différents personnels sur les zones dont l'accès est réglementé et de connaître en temps réel le nombre d'autorisations d'accès restantes à un programme scientifique sur un site donné.

C'est ainsi que des cas de « sur-fréquentation » potentielle, comme sur les sites de Ratmanoff et de Pointe Morne à Kerguelen, ont été identifiés. Face à Ce constat, une réflexion sur les impacts cumulatifs liés à cette fréquentation a été initiée et une réorganisation de l'utilisation de ces sites est régulièrement envisagée.

Il est à noter que l'outil actuel présente une certaine limite dans la mesure où il ne prend pas en compte les sorties à la journée.

Carte 82. Fréquentation des sites pour les différents districts en Nombre de jours x Hommes



### III.D. La pêche

La diversité, l'abondance et l'intérêt commercial des poissons des îles australes attirent encore aujourd'hui pêcheurs et armements, malgré les difficultés à pêcher dans ces territoires.

**La pêche australe, qui constitue la principale activité économique sur ces territoires, est déclinée comme suit :**

- La pêche à l'aléguine australe de Crozet et Kerguelen;
- La pêche aux poissons et à la langouste de Saint-Paul et Amsterdam ;
- La pêche au poisson des glaces de Kerguelen (en cours de reprise depuis 2015).

Le préfet administrateur supérieur des Terres australes et antarctiques françaises, également représentant de l'Etat sur ces territoires et leurs ZEE, est de facto gestionnaire de ces pêcheries, qui sont encadrées par

le Code Rural de la Pêche Maritime (CRPM) et un certain nombre de prescriptions techniques prises par arrêté du préfet.

Si le modèle de gestion des pêcheries australes est désormais durable et éprouvé, il n'en a pas toujours été ainsi par le passé: aux XVIII<sup>ème</sup> et XIX<sup>ème</sup> siècles, la chasse aux pinnipèdes et à la baleine ont impacté de manière très significative les populations d'otaries d'Amsterdam et d'otaries à fourrure antarctiques, chassées pour leur peau, ainsi que les populations d'éléphants de mer et baleines, chassées pour leur huile.

### III.D.1. Historique de l'exploitation des espèces de mammifères marins

Les mammifères marins de l'océan Austral ont été exploités pendant presque 200 ans. Cette exploitation a commencé au XVIII<sup>ème</sup> siècle, époque à laquelle les populations d'otaries furent pratiquement décimées. Au XIX<sup>ème</sup> siècle, ce sont l'éléphant de mer et la baleine franche australe (*Eubalaena australis*) qui ont été majoritairement victimes de la chasse. La baleine mysticète (rorqual) et le cachalot ont en revanche été fortement impactés au cours du XX<sup>ème</sup> siècle. Aujourd'hui, l'exploitation des espèces de pinnipèdes a cessé ; en revanche, au-delà des ZEE australes françaises, certaines espèces de baleines, sous couvert de pêche scientifique, sont encore la cible des baleiniers.

#### III.D.1.a) La chasse aux pinnipèdes

##### *Otarie à fourrure subantarctique (ou d'amsterdam) et antarctique (ou de Kerguelen)*

La **chasse au phoque** débuta dans les îles subantarctiques vers 1790, lorsque les otaries de Kerguelen et les otaries d'Amsterdam (*Arctocephalus gazella*, *A. tropicalis*) furent chassées pour leur peau. Sans discrimination, cette chasse visait les mâles, les femelles en lactation et les juvéniles. Elle atteignit un niveau record en 1800-1801, avec le prélèvement de 110 000 peaux de phoque dans la seule Géorgie du Sud. En 1822, l'exploitation dépassait 1,2 millions d'otaries en Géorgie du Sud, où la population a été alors pratiquement décimée. D'autres îles subantarctiques ont également été touchées de la même façon, notamment celles de Macquarie, du Prince Édouard, ainsi que Crozet et Kerguelen. **C'est ainsi qu'en 1825, la plupart des populations d'otaries de Kerguelen comme toutes celles de ces îles subantarctiques étaient au bord de l'extinction.** Les années suivantes, la chasse à l'otarie reprit par intermittence, dès que les populations commençaient à se reconstituer, et se poursuivit ainsi jusqu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle.

Tableau 38. Encadré sur la chasse aux pinnipèdes à Crozet au XIX<sup>ème</sup> siècle

#### La chasse à l'otarie dans l'archipel de Crozet

Les premières opérations de chasse à l'otarie de grande ampleur ont été recensées juste après la découverte de l'archipel Crozet, bien après celle d'îles situées plus au nord telles que St-Paul et Amsterdam par exemple. A la découverte de ces lieux par Fanning en 1803, celui-ci évoque la présence de « grandes quantités d'otaries ». Quelques années plus tard, en 1814, au moins 10 navires parcourent les îles, étant entendu qu'un seul d'entre eux pouvait charger 60000 peaux à son bord. Goodbridge, qui a séjourné sur les 3 principales îles de l'archipel entre 1820 et 1822, signale déjà que les otaries se font rares : en un mois et demi, seulement 400 peaux sont prélevées sur l'île aux Cochons. En 1827 à l'île de l'Est, Lesquin, qui fit lui aussi naufrage, ne découvre des otaries que sur une fraction de la côte est.

Ainsi, moins d'un siècle après sa découverte et 40 ans après le début des opérations de chasse, l'otarie avait disparu (Jouventin et al. 1982).

**Un siècle et demi après cette extermination systématique, une jeune otarie d'Amsterdam a de nouveau été observée dans l'archipel de Crozet (Milon, 1962).** La première reproduction de cette espèce est

signalée sur l'île de la Possession en 1976 sur le site de Pointe Basse. Enfin, le 4 janvier 1978, une colonie de 60 individus est découverte à la Pointe des Moines (Possession). Ainsi, l'archipel de Crozet, qui restait dans ces latitudes la seule localité dans laquelle les pinnipèdes ne s'étaient pas réinstallés, constitue depuis à nouveau une zone de reproduction pour l'espèce. L'otarie de Kerguelen, sera observée la même année dans cette même colonie, bien que sa reproduction ne soit confirmée qu'en 1980-1981.

**Sur l'archipel de Kerguelen**, des individus isolés d'otarie antarctique ont été fréquemment observés dans les années 1960-1980 mais aucune colonie de reproduction n'avait été retrouvée. Ce n'est qu'en janvier 1982 qu'une colonie d'environ 1200 individus fût découverte sur l'île de Crozet, appartenant au groupe des îles Nuageuses (nord-ouest de l'archipel).

Ces deux localités de reproduction sur Crozet et Kerguelen s'ajoutèrent à celles déjà connues des îles de la Géorgie du Sud, des Orcades du sud, du Shetland du sud, des Sandwich du sud, de Bouvet, de Marion et de Heard. Elles constituèrent le point de départ à la reconquête de ces territoires par ces deux espèces.

### *Les éléphants de mer*

**Les premiers épisodes de chasse aux éléphants de mer sur Kerguelen remontent à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle.** Dès que la découverte de l'archipel fût connue par les chasseurs et baleiniers américains, ceux-ci commencèrent à s'y intéresser. Le premier à s'y rendre semble avoir été le capitaine Robert Rhodes, à bord du *Hillsborough*, de mars à octobre 1779. Le succès de son voyage incita d'autres chasseurs à venir ; aussi, pendant toute la première moitié du XIX<sup>ème</sup> siècle, ces îles devinrent un centre de chasse très fréquenté, bien que les résultats de ces campagnes ne sont pas décrits dans la littérature.

Aux Américains succédèrent alors les Norvégiens. La première campagne fut celle de l'*Antarctic* en 1893-1894, puis elle fut suivie de l'expédition de l'*Edward* en 1897-1898. Durant ces deux campagnes, environ 2500 éléphants de mer furent tués (respectivement 1600 et 900).

**C'est en 1908, sous la concession des frères Bossière, que la chasse massive débuta véritablement sur Kerguelen.** Les Frères Bossière accordèrent le droit de chasse à l'éléphant de mer et à la baleine, ainsi que la possibilité d'en extraire de l'huile à une société norvégienne, la *Storm bull* (Cf partie III.A.1.a) création de Port Jeanne d'Arc). Après analyse des chiffres de cette époque, il apparaît que près de 65 000 à 75 000 individus auraient été décimés. Ces campagnes de chasse furent interrompues par la guerre en 1914 et ne reprurent qu'en 1921. Une société établie à Capetown, la *Kerguelen Sealing and whaling C° Ltd*, prit alors la succession de la firme *Storm Bull*. Cette société exploitera la partie sud de l'archipel jusqu'en 1926, fin de l'exploitation de Port Jeanne d'Arc. Durant cette période, environ 2000 tonnes d'huile par an aurait été extraites, soit **30 000 à 40 000 individus sacrifiés chaque année.**

**En 1925, les frères Bossière créèrent une filiale strictement française, la compagnie des Pêches australes,** chargée d'exploiter les éléphants de mer dans la partie nord de l'archipel. Au total, 6 campagnes de pêche seront réalisées entre 1925 et 1931. A la différence des précédentes, ces campagnes auront lieu () à partir de 2 navires-usines : le *Lozère* et l'*Austral*. Les résultats de ces 6 années d'exploitation font état de plus de **86 000 éléphants de mer tués.**

Il est à noter qu'en plus de cette chasse, la société française accordera de nouveau fin 1926 un droit de pêche à la *Kerguelen Sealing and whaling C° Ltd* sur la partie côtière de l'île comprise entre la Baie Norvégienne et Pointe Morne. Leur navire usine, le *Radoléine*, aurait tué **environ 40 000 éléphants de mer** durant la campagne 1927-1928.

**La chasse à l'éléphant de mer cessera en 1931,** le prix de l'huile ayant chuté et ne permettant plus d'entreprendre de telles expéditions. Elle sera reprise temporairement par la SIDAP (Société Industrielle des *Abattoirs* Parisiens) entre 1958 et 1962, avec des méthodes modernisées et de strictes limitations en termes de taille et de sexe. Le début du XX<sup>ème</sup> siècle aura été marqué par 30 années de massacre ou plus de 340 000 éléphants de mer auront été décimés.



A **Crozet**, la présence d'éléphant de mer était connue depuis la découverte de l'archipel. Après l'extermination des otaries, cette espèce a été soumise à une exploitation systématique jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, date à laquelle ses effectifs avaient été tellement réduits que la chasse n'était plus rentable et qu'elle a été interrompue.

### III.D.1.b) La chasse à la baleine

Les **cétacés** présents dans les eaux de la zone subantarctique des Terres Australes et Antarctiques Françaises étaient, jusqu'aux années 1980, très mal connus. Seule la chasse à la baleine conduite par différents pays au cours du XIX<sup>ème</sup> et XX<sup>ème</sup> apportait des renseignements sur les espèces de cétacés présentes, en particulier les grandes baleines.

A la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle face **aux importants besoins des grandes villes occidentales en huile, chair et en fanons de baleines, une station baleinière fut construite et gérée par les Norvégiens à Port-Jeanne d'Arcen 1908, au sud-est de Kerguelen** (cf. Photo 58). Les baleiniers y ont chassé durant plusieurs années différentes espèces de baleines, mais en majorité la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) (Tonnessen & Johnsen, 1982). Dès 1907, une centaine d'ouvriers et de cadres norvégiens se chargèrent de la **production d'huile**.

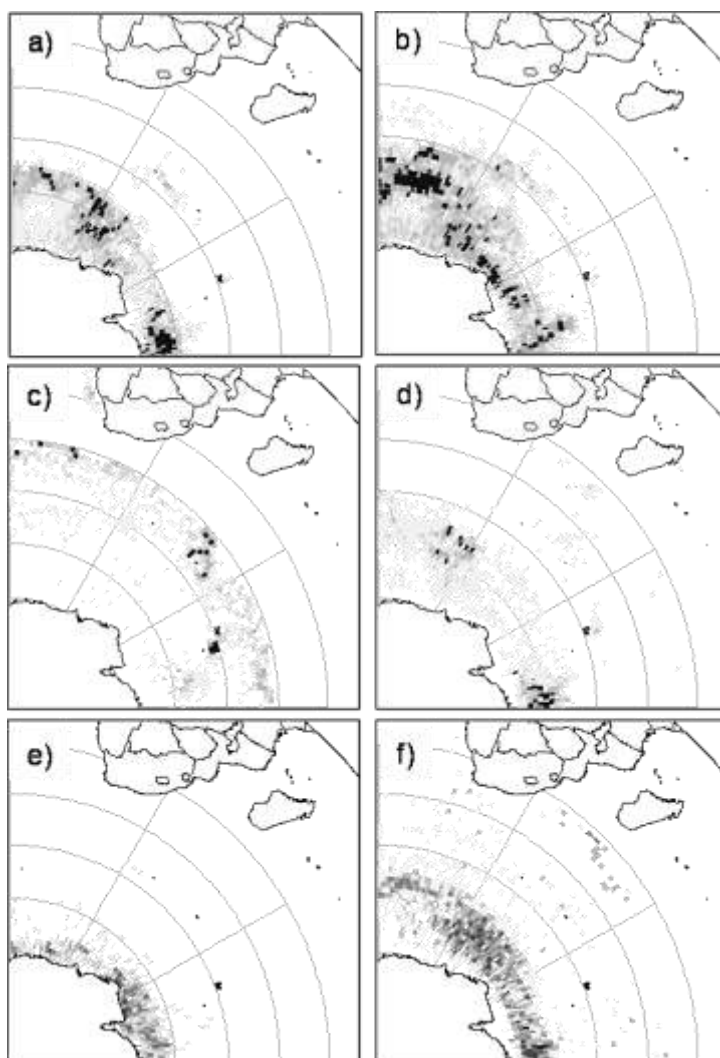


Photo 58. Vestiges de la station baleinière Norvégienne de Port-Jeanne d'Arc, sud est de Kerguelen (Photographie P. Didelot).

L'activité baleinière fut interrompue pendant la première guerre mondiale, puis reprise en 1919 par une compagnie du Cap. **En 1926, l'usine ferma définitivement, en raison de la raréfaction des baleines** dans la zone côtière et de la création des navires-usines qui amenèrent l'industrie baleinière à une expansion de la chasse vers les hautes latitudes, où les fortes concentrations de grandes baleines découvertes dans ces eaux rendaient la chasse à grande échelle extrêmement rentable.

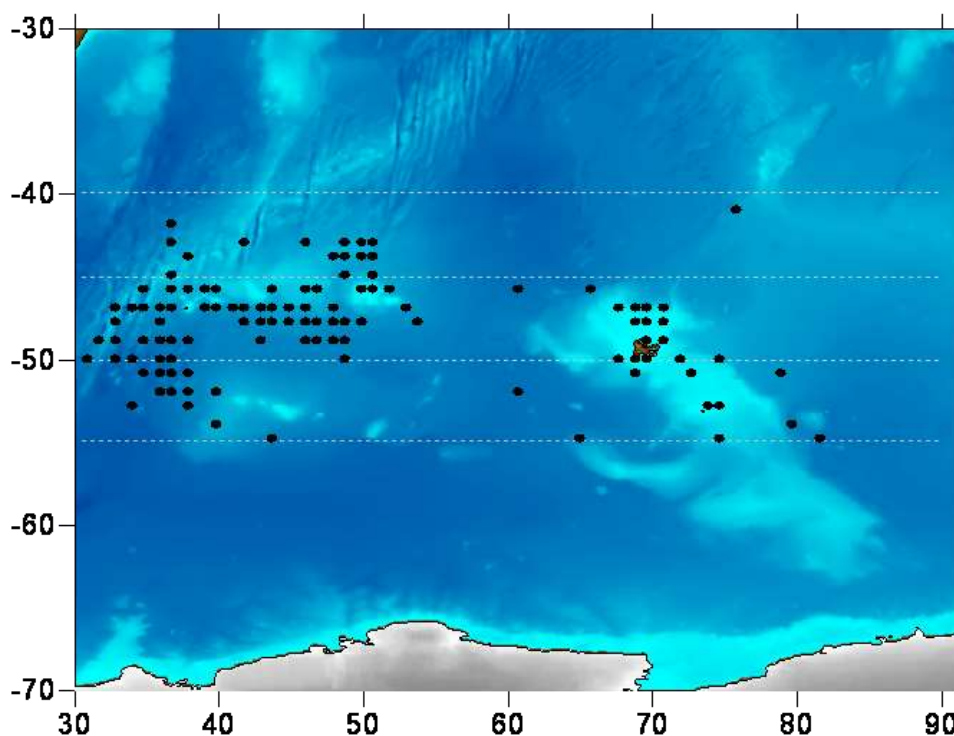
**L'exploitation pélagique de la zone subantarctique située dans la partie centrale du secteur Indien de l'Océan Austral s'est néanmoins poursuivie au cours du XX<sup>ème</sup> siècle autour des îles Crozet et Kerguelen** (Wray & Martin, 1983). Cette chasse, conduite principalement par les **Japonais et les Russes**, s'est poursuivie au-delà de l'arrêt officiel de la chasse à la baleine décrété par la Commission Baleinière Internationale (CBI) par capture de quelques centaines d'individus jusqu'en 1973 (Zemsky & Sazhinov, 1982; Zemsky et al., 1995, 1996). Cette chasse dans les eaux subantarctiques visait essentiellement les **grandes baleines** dont la baleine bleue (*Balaenoptera musculus*), le rorqual commun (*B. physalus*), le rorqual boréal (*B. borealis*), le petit rorqual (*B. acutorostrata*) et la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*). Au début des années 60, les descriptions anatomiques détaillées des cétacés capturés près de Kerguelen ont permis de différencier pour la première fois **deux sous-espèces de la baleine bleue**

présentes dans l'hémisphère sud : la baleine bleue Antarctique (*B.m. intermedia*) et la baleine bleue pygmée (*B.m. brevicauda*) (Ichihara, 1961, 1963, 1966). A cette époque, déjà 96% de la population de baleine bleue présente dans l'hémisphère sud et au nord de l'océan Indien avait déjà été capturée (Branch et al., 2007) ; par conséquent, on estime que la plupart des captures de baleines bleues faites en zone subantarctique (40-55°S et 0-80°E) à proximité des îles Marion, Crozet et Kerguelen sont en réalité des captures de baleines bleues pygmées (Ichihara, 1966) alors que les captures plus au sud correspondraient à des baleines bleues Antarctique. On estime alors que la baleine bleue Antarctique aurait été chassée de 1904 à 1973 alors que **la baleine bleue pygmée n'a été chassée qu'à partir de 1959 et ce jusqu'en 1973** (Branch et al., 2007b). La CBI a regroupé toutes les données de captures pélagiques (légal et –plus récemment - illégal) de grands cétacés effectuées dans l'hémisphère sud durant la chasse commerciale (1900-1974). La Carte 83 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** représente la distribution des captures des 6 principaux cétacés dans la zone subantarctique et la Carte 84 présente la distribution des captures de baleines bleues actualisée par la correction des relevés erronés de l'ex Union-Soviétique. Depuis, **les mammifères marins des Terres Australes et Antarctiques Françaises sont intégralement protégés par un arrêté ministériel du 27 juillet 1995, ainsi que par le décret modifié n°2006-1211 modifié de la Réserve naturelle pour les Australes.**



Carte 83. Cartes de distributions des captures de certains cétacés

Baleines bleues (a), rorqual commun (b), rorqual boréal (c), baleine à bosse (d), petit rorqual (e) et cachalot (f) dans la partie sud ouest Indienne de l'océan Austral regroupées par surface de 1° x 1° sans les corrections des déclarations erronées de l'ex Union-soviétique (donnée CBI).



Carte 84. Distribution des captures de baleines bleues dans les eaux subantarctiques des TAAF regroupées par surface de 1° x 1° avec les corrections des déclarations erronées de l'ex-URSS (donnée CBI).

### III.D.2. Présentation des pêcheries

Comme indiqué précédemment, trois pêcheries existent dans les Terres australes françaises : la pêche palangrière à la légine de Crozet et Kerguelen, la pêche aux poissons et à la langouste de Saint-Paul et Amsterdam, et la pêche au chalut pélagique du poisson des glaces à Kerguelen. Le modèle de gestion de ces pêcheries, qui a pour souci la préservation de la ressource et son exploitation durable, repose sur la définition annuelle, par le Préfet des TAAF, de taux admissibles de captures (TAC) par pêche distribués sous forme de quotas aux différents armements autorisés, après consultation du Muséum national d'histoire naturelle (MNHN). Les avis scientifiques fournis par le MNHN sont rendus possibles par le contrôle permanent des contrôleurs de pêche (Copec) exercé à bord de chacun des navires de pêche et par la réalisation de campagnes halieutiques, dont l'objectif est d'évaluer les stocks.

#### III.D.2.a) La pêche palangrière à la légine (*Dissostichus eleginoides*) de Crozet et Kerguelen

Les premiers palangriers français sont apparus en 1997-1998 dans les Zones économiques exclusives (ZEE) de Crozet et Kerguelen, remplaçant alors les derniers palangriers ukrainiens sur zone. De 2004 à 2016, 7 palangriers français, tous basés à l'île de La Réunion, étaient autorisés à pêcher la légine dans ces ZEE et depuis la saison 2016-2017, un huitième navire d'un nouvel armement les a rejoint. Il s'agit de navires *sistership* de 55m des armements **Armas Pêche (groupe SAPMER)** avec le *Mascareignes III*, **Cap Bourbon** avec le *Cap Hersaint*, **Comata/Scapêche** avec l'île de la Réunion, **Les armements réunionnais (groupe SAPMER)** avec l'île Bourbon, **Pêche Avenir** avec le *Saint-André* et la **SAPMER** avec les navires *Albius* et *Cap Horn I*, tous construits dans les années 2000 aux chantiers Piriou de Concarneau, à l'exception du *Cap Kersaint*, le navire le plus grand (59m) et le plus récent de la flotte palangrière, qui a été construit en 2015 au Vietnam. Le nouvel armement entrant, **Réunion Pêche Australe (RPA)**, affrète quant à lui un palangrier australien de 55m également : le *Corinthian Bay*.

Hormis RPA, ces armements historiques sont réunis au sein du **Syndicat des Armements Réunionnais de Palangriers Congélateurs (SARPC)**. Créé en 2002, il permet de structurer la stratégie collective de la filière et de porter les démarches de labellisation MSC (cf. partie III.D.3.c) pour plus d'informations)..

Les palangriers qui sont utilisés pour la pêche à la légine australe sont des navires congélateurs, à bord desquels les captures sont transformées et congelées. Chaque palangrier embarque un équipage d'une trentaine de marins de différentes nationalités, pour des marées de 2 à 3 mois de mer, à raison de 3 à 4 marées par saison de pêche.

La technique de pêche, **la palangre automatique de fond**, consiste en une ligne lestée, posée sur le fond et garnie d'hameçons régulièrement espacés et appâtés de maquereau, chinchard ou calmar. Chaque ligne est reliée à des bouées de surface par des orins. Le filage des lignes (mise à l'eau) est effectué uniquement de nuit et le virage (remontée à bord des lignes) est effectué après plusieurs heures ou plusieurs jours de pose. La pêche à la palangre s'effectue sur des fonds de 500m (minimum réglementaire) à plus de 2000m.



Photo 59. Palangrier ciblant la légine australe dans les eaux des TAAF

Cette pêcherie cible exclusivement la légine (cf. partie II.E.3) c) i.) et capture également des espèces accessoires telles que les grenadiers (*Macrouruscarinatus*), les raies (*Amblyrajataaf* à Crozet, *Bathyrhajirrasa*, *Bathyrjajaeatoni*, *bathyrjajaeatoni* à Kerguelen), les antimores (*antimorarostrata*) et certains requins comme le requin taupe (*Lamnanasus*), le requin dormeur (*Somniosusantarcticus*) et les requins sagne long nez (*etmopterussp*). Ces espèces accessoires sont peu ou pas valorisées commercialement. Seuls les grenadiers et les raies le sont, mais ils présentent un faible intérêt commercial comparativement à la légine (0,71% du chiffre d'affaires 2015-2016 de la pêcherie). Ces espèces concentrent par ailleurs des enjeux de conservation forts, en particulier pour certaines espèces endémiques, vulnérables ou pour lesquelles les connaissances sont encore rares.



Photo 60. Virage de palangre à légine

La pêche est autorisée toute l'année par arrêté du préfet, administrateur supérieur des Terres australes et antarctiques françaises. Le dernier en date, l'arrêté 2016-62 du 26 août 2016, délimite la saison administrative de pêche du 1<sup>er</sup> septembre au 31 août, incluant une fermeture en ZEE de Kerguelen depuis 2003 du 1<sup>er</sup> février au 15 mars inclus pour limiter la mortalité aviaire.

Alors que **la pêche était déjà interdite dans les profondeurs inférieures à 500 mètres avant l'extension de la Réserve naturelle, cette restriction est désormais étendue à toutes les zones de protection renforcée marines**, dans lesquelles les enjeux écologiques ont été identifiés comme majeurs. Ces restrictions permettent de limiter les pressions sur les habitats marins, les frayères et les juvéniles de poissons, ainsi que sur toutes prises accessoires et accidentelles liées à l'exercice de la pêche. Dans les zones autorisées à la pêche, un code de bonne conduite proposé par le MNHN a été adopté, ainsi qu'une réglementation imposant aux capitaines d'éviter les zones à fortes densités de captures accessoires. Une procédure de *cut-off* est rendue obligatoire: elle consiste à la remise à l'eau des raies vivantes.

**A Crozet**, l'effort de pêche se concentre aux abords des zones de protection renforcée marines et sur le plateau de Del Cano. Bien que la pêche soit autorisée toute l'année, elle a principalement lieu aux mois de février et mars, en raison de la fermeture de la pêche à Kerguelen sur cette même période. La pêche de la légine à l'aide de nasses peut également être autorisée à Crozet, pour s'affranchir de la déprédation par les orques et les cachalots et limiter le risque de mortalité aviaire. Cette technique n'est cependant pas utilisée commercialement actuellement.

**A Kerguelen**, l'effort de pêche historique est réparti sur tout le pourtour du plateau continental, ainsi qu'à proximité des zones de protection renforcée du banc Skiff et des bancs Kerguelen-Heard.

La pêcherie palangrière à la légine concerne environ 200 emplois directs provenant en majorité de la Réunion, de France métropolitaine, et pour partie de pays étrangers (Ukraine, Madagascar, Afrique du Sud principalement). Elle constitue également le deuxième secteur d'exportation de La Réunion. En effet, la débarque de légine australe pêchée dans les ZEE françaises représente, pour la saison de pêche 2016/2017, environ 131 millions d'euros, dont 107 millions d'euros pour Kerguelen et 23 millions d'euros pour Crozet (presque tout à l'export). A ces chiffres s'ajoute la valeur commerciale des prises accessoires (grenadiers: 1,45 € /kg et raies 0,35 € /kg), ce qui porte au minimum les recettes à respectivement 1,115 millions d'euros et 1000 euros (valeurs basées sur les captures réelles au 31/05/2017). Au total, la pêcherie australe française à la palangre des deux ZEE de Kerguelen et Crozet a une valeur économique d'au minimum **132 millions d'euros** en 2016-2017.

A elle seule, la pêche à la légine occupe une part économique très significative des pêches françaises. Par ailleurs, ses perspectives économiques sont bonnes: le cours de la légine est en effet en hausse constante depuis plusieurs années et atteint **21,32€/kg** vif en juin 2017 (source DPQM des TAAF, 2017).

Le taux du droit assis sur la légine australe (arrêté 2016-98 du 15/09/2016) est fixé à 9 % du prix de vente moyen observé sur les 12 mois précédents le 31/08/2016, soit 1,92 € /kg pêché. Ce taux ne s'appliquera qu'à ce qui est réellement pêché dans la limite du TAC fixé. Pour les autres espèces, ce taux se monte à 10% des prix de vente moyens observés sur les 12 mois précédents le premier jour d'ouverture de la campagne de pêche, soit 0,04 € /kg pour les raies et 0,15 €/kg pour le grenadier. Ces droits procureront donc à la collectivité des TAAF au minimum un total de 11,8 millions d'euros en 2017 pour les pêcheries de Crozet et Kerguelen.

**Ce succès économique est à attribuer à la bonne gestion actuelle des stocks à l'échelle mondiale, aux réussites de la lutte contre la pêche pirate, à la grande notoriété de ce poisson, notamment sur les marchés asiatiques, et à sa labellisation internationale MSC (Marine Stewardship Council) qui récompense la bonne gestion environnementale de cette pêcherie.** En effet, il est à noter que la **pêcherie légine de Kerguelen bénéficie du label MSC depuis 2013 et celle de Crozet depuis janvier 2017**. Ce label récompense les efforts en matière de gestion des ressources, de protection environnementale et de bonne gouvernance (cf. partie III.D.3.c) pour plus d'informations sur le label MSC).

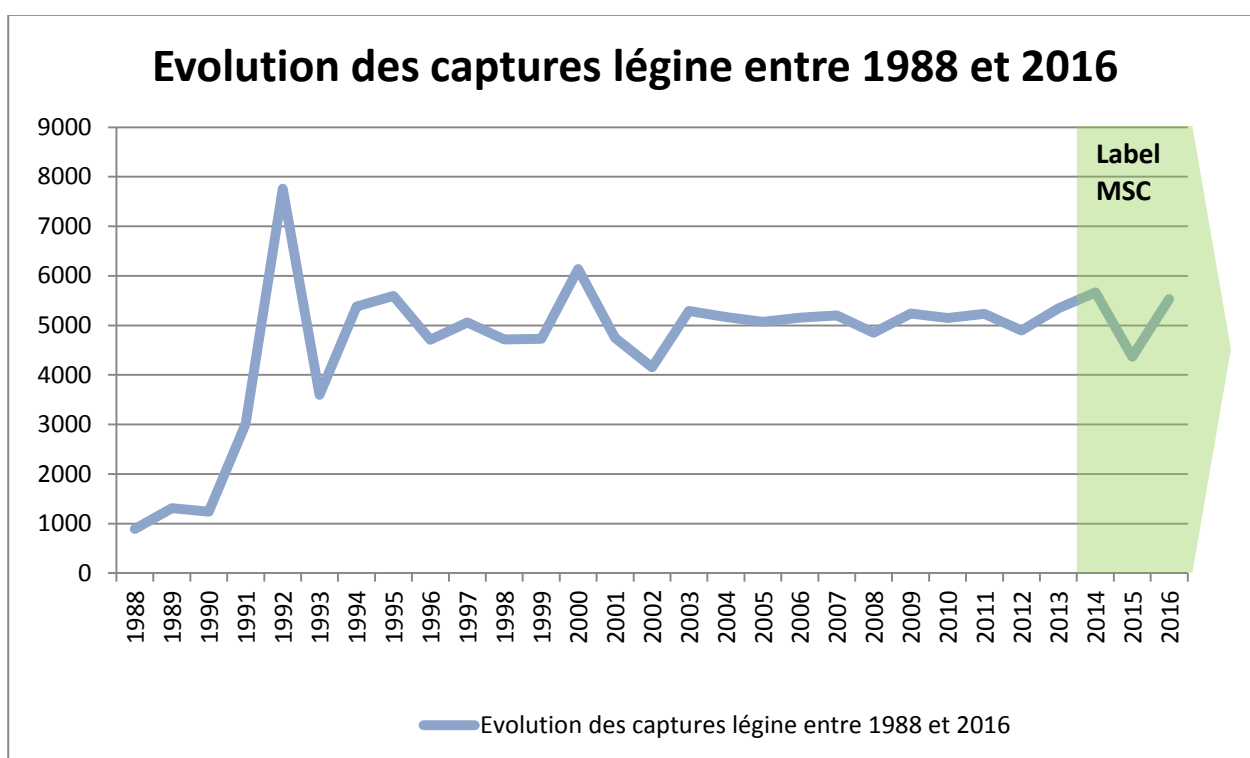


Figure 22. Evolution des captures de légines (*Dissostichus eleginoides*) entre 1988 et 2016

### III.D.2.b) La pêcherie aux poissons et à la langouste (*Jasus paulensis*) de Saint-Paul et Amsterdam

**Les techniques et pratiques de pêche à Saint-Paul et Amsterdam ont peu changé depuis le début de la pêcherie en 1948.** Celle-ci est opérée au départ de La Réunion par un seul navire, *l'Austral*, constitué d'un équipage d'environ 50 marins. *L'Austral* est un chalutier usine de 77m construit en 1993, transformé pour la pêcherie de Saint-Paul et Amsterdam afin de lui permettre de déployer de petites embarcations de pêche de deux types, les canots et les caseyeurs.



Photo 61. « L'Austral », unique navire utilisé actuellement dans la pêche de saint Paul et Amsterdam

Cette pêche cible principalement la langouste (*jasuspaulensis*) et plusieurs espèces de poissons, dont quatre principales : le cabot (*Polyprionoxygeneios*), le rouffe (*Hyperoglypheantarctica*), le saint-paul (*Latrislineata*) et le « bleu » (*Acantholatrismonodactylus*). D'autres espèces telles que la sériole (*Seriolalalandi*), le tazard (*Thyrsitesatun*) ou encore le poulpe (*Octopus* sp.) sont également capturées de manière accessoire.

La pêche poissons et langouste de Saint-Paul et Amsterdam est la **seule pêche à être autorisée dans Réserve naturelle** ; elle se pratique au sein de la mer territoriale, c'est-à-dire à moins de 12 milles nautiques des côtes. En effet, compte tenu de la nature volcanique de ces îles et de l'absence de plateau péri-insulaire peu profond, les ressources exploitables se concentrent sur les pentes à proximité des côtes. Seule une petite proportion de l'effort de pêche poissons et langouste se situe au-delà des limites de la mer territoriale, sur certains hauts fonds tel que le banc « Farce », situé à 16 milles nautiques de Saint-Paul. En conséquence, les eaux de Saint-Paul et Amsterdam ne disposent pas de zones de protection renforcée marines.



Photo 62. Casier à langouste en pêche côtière

Deux types de pêche à la langouste peuvent être distingués :

- **la pêche côtière**, qui se déroule à moins de 70m de profondeur, est effectuée à l'intérieur de la bande délimitée par la bordure externe des champs de *Macrocystis pyrifera*, sur fonds rocheux, par 4 canots en pêche simultanément. Les canots utilisent des casiers en lattes de bois, appâtés de têtes de poissons et/ou de poissons importés, qui sont posés au fond entre 2 et 4 heures;
- **la pêche profonde**, réalisée entre 70m et 400m de profondeur, est pratiquée par 2 caseyeurs qui utilisent des casiers en plastique avec structure métallique, disposés en filière d'une vingtaine de casiers pendant environ 24h.

Cette pêche se tient du **1<sup>er</sup> décembre à fin avril de l'année suivante**, pendant l'été austral, généralement en deux marées par saison de pêche (environ 5 mois de mer par an).

**La pêche aux poissons, quant à elle, est réalisée simultanément depuis les canots, les caseyeurs ou depuis le bord de l'Austral. Trois techniques différentes sont utilisées :**

- **les lignes à main**, qui sont des lignes plombées comportant 2 ou 3 hameçons appâtés. Elles sont tenues à la main et utilisées à faible profondeur, pour cibler le saint-paul et le cabot;
- **la palangre verticale**, qui est une ligne plombée dotée de nombreux hameçons sur sa partie proche du fond et signalisée en surface par une bouée. La palangre verticale est utilisée à plus grande profondeur et cible le saint-paul, le cabot et le rouffe ;
- **le carrelet**, qui est un filet de surface ciblant les bancs de bleus et qui est déployé uniquement depuis l'Austral.

Cette campagne de pêche aux poissons est réalisée en parallèle de celle à la langouste, sur une période allant **du 15 novembre au 31 juillet de l'année suivante**.

Tout comme les autres pêcheries, la pêche aux poissons et à la langouste est **encadrée par des prescriptions techniques**, prises par arrêté du préfet, administrateur supérieur des Terres australes et antarctiques françaises tous les ans. Le dernier en date, l'arrêté n°2016-144 du 10 novembre 2016 (cf. annexe XXX), présente les dispositions suivantes :

- Il définit les périodes d'ouverture de la pêche au poisson et à la langouste ;
- Il précise les caractéristiques des engins de pêche et des techniques autorisés pour chaque espèce ciblée ;
- Il définit la taille des langoustes et des poissons pouvant être pêchés ;
- Il règlemente les conditions d'exercice de la pêche en cas de déprédation par les orques ;
- Il détaille les mesures de protection environnementale à mettre en place ou à respecter (pollution lumineuse, biosécurité, etc.) par l'armateur ;
- Il encadre la débarque ainsi que le contrôle des produits pêchés ;
- Il encadre également la gestion des déchets non organiques et organiques, des eaux usées et des casiers abandonnés.

Une **autorisation de pêche** est alors délivrée par le préfet, administrateur supérieur des TAAF, à tout armateur d'un ou plusieurs navires, pour pêcher les espèces précitées soumises à un total admissible de capture (TAC), dans les conditions fixées par le l'arrêté. Chaque navire autorisé à pêcher est tenu d'accepter à son bord un **contrôleur de pêche embarqué (Copec)** désigné par le préfet, administrateur des TAAF. Le Copec est chargé de vérifier le respect de l'application de la réglementation nationale et territoriale en matière de pêche maritime et de collecter les données scientifiques destinées à atteindre l'objectif fixé à l'article 1er. Il informe le capitaine de tout manquement au respect de la réglementation et rend compte sans délai au Préfet, administrateur supérieur des TAAF.

Parallèlement à la pêche professionnelle, la pêche loisir est également autorisée depuis la base à Amsterdam, le Marion Dufresne et les navires de patrouille présents dans la zone. Cette pêche loisir est également encadrée par l'arrêté N°2014-109 du 15 octobre 2014, lui-même issu de celui encadrant la pêche professionnelle (Cf. Annexe XXX et section V.B.4. pour plus d'informations).



Moins lucrative que la pêcherie légine, la pêche poissons et langouste de Saint-Paul et Amsterdam a généré 6 millions d'euros de chiffre d'affaires en 2016/2017, étant entendu que près de 97% des recettes proviennent de la langouste.



Photo 63. Canot en pêche langouste côtière

### *III.D.2.c) La pêcherie au chalut du poisson des glaces (*Champocephalus gunnari*)*

La pêcherie au chalut du poisson des glaces de Kerguelen, marquée par des impacts environnementaux importants, des constats avérés de surexploitation de la ressource et une faible valorisation commerciale, avait été **stoppée au début des années 1990**.

Suite aux campagnes d'évaluation Poker I (2006), Poker II (2010), Poker III (2013), PIGE (2015) et à la lecture des modélisations qui ont suivi, une **reconstitution progressive des populations de poisson des glaces (*Champocephalusgunnari*) a été mise en évidence par le Muséum national d'histoire naturelle**.

Sur la base des recommandations du MNHN, **un seul et nouvel armement de pêche australe, la COPECMA, a sollicité une autorisation de pêche au poisson des glaces en 2015**. Il a affrété un navire australien de 68m construit en 1999, *l'Atlas Cove*, qui est polyvalent (chalutier et palangrier) et qui opère habituellement dans les eaux australiennes de Heard et Mc Donald.

**En 2017, laSAPMER**, armement opérant déjà dans la pêche palangrière à la légine et dans la pêcherie de Saint-Paul et Amsterdam, a obtenu une autorisation de pêche au poisson des glaces pour son chalutier caseyeur : *l'Austral*..

La réouverture de cette pêcherie à Kerguelen en 2015 s'est accompagnée d'un **cadre réglementaire et de pratiques de pêche nouveaux**, inspirés des autres pêcheries au poisson des glaces ayant cours au sein de la zone CCAMLR (Heard et Géorgie du Sud).

Tout comme les autres pêcheries, la pêche au poisson des glaces est encadrée par des **prescriptions techniques** prises par arrêté du préfet, administrateur supérieur des TAAF.

Ainsi, et conformément au décret n°2006-1211 modifié portant création, extension et modification de la réglementation de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, l'arrêté territorial 2016-149 du 18 novembre 2016 (cf. annexe XXX) précise que seul **l'usage du chalut pélagique**, qui présente

moins d'impact sur les fonds marins que le chalut de fond, est autorisé à Kerguelen. Il s'agit d'un filet à 4 faces, fait pour évoluer en pleine eau. Sa partie antérieure (ouverture) est constituée de simples cordages ou de très grandes mailles, qui rabattent les bancs de poissons vers la partie postérieure du filet. Du fait de sa migration nycthémerale, le poisson des glaces est capturable dans la colonne d'eau avec un chalut pélagique, ce qui limite ainsi les captures accessoires, dans la mesure où elles sont moins nombreuses dans la colonne d'eau que sur le fond. Lors de la première campagne commerciale effectuée en 2015, les captures accessoires se limitaient à 0,44% en poids des captures et comptaient peu d'espèces différentes (*lamprisimmaculatus*, *channichthyssp*, calmars).

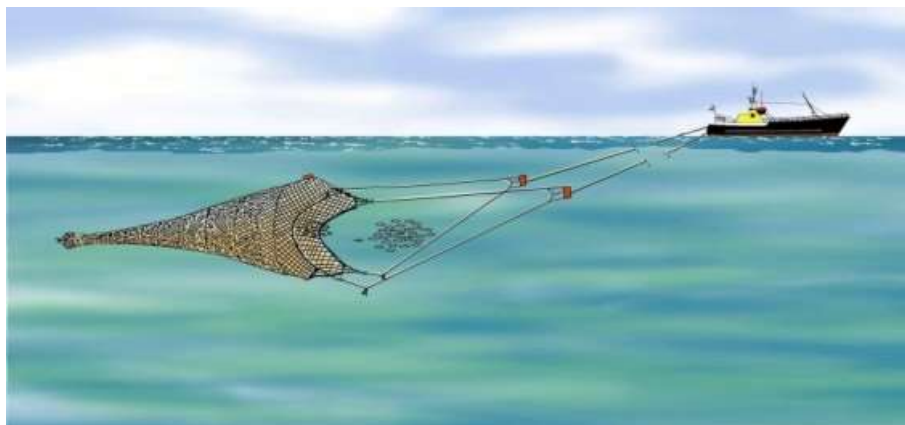


Photo 64. Illustration de la technique du chalut pélagique

Pour limiter les pressions de cette technique, **la zone de pêche a également été restreinte à certaines profondeurs (de 100 à 300m) et à certains secteurs circonscrits dans les zones de concentration du poisson des glaces (plateau nord-est de Kerguelen).**

La biologie spécifique du poisson des glaces (faible longévité, successions des cohortes annuelles, migrations verticales et horizontales, effet supposé des phases lunaires, etc.) rend sa capture et sa biomasse annuelle disponible très aléatoires dans le temps et dans l'espace.

Ces fluctuations de pêche déstabilisent le marché de cette espèce et rendent les perspectives économiques incertaines à ce jour. Du fait du très faible taux de capture de poisson des glaces lors de la campagne 2017, la valeur économique de cette espèce n'a pas pu être évaluée à la date de rédaction de ce plan de gestion.

Le **modèle de gestion de cette pêcherie, mis en place par les TAAF et le MNHN et avec le soutien des armements de pêche, est directement issu de celui appliqué à la pêcherie légine.** Dès sa réouverture, la Réserve naturelle a accompagné techniquement l'encadrement de cette pêcherie afin d'identifier et maîtriser les menaces potentielles qu'elle présente sur l'environnement, en particulier sur les oiseaux marins. Une réglementation adaptée a été définie et un ensemble de bonnes pratiques à bord ont été mises en œuvre.

### III.D.3. **Modèle de gestion des pêcheries australes**

Les trois pêcheries australes sont gérées par la collectivité des TAAF, dans un souci de préservation à long terme des ressources et écosystèmes dans lesquels elles se déploient. En effet, **l'atténuation des impacts des pêcheries sur l'environnement constitue l'enjeu majeur de la gestion des pêches dans les Terres australes françaises.** Pour ce faire, elles s'appuient sur un cadre de gestion spécifique, qui repose notamment sur les articles L-958 du Code Rural de la Pêche Maritime (CRPM) et duquel découlent les principes suivants :

- **des Totaux Admissibles de Capture (TAC)** fixés chaque année par le préfet des TAAF pour chaque espèce ciblée, chaque zone géographique et chaque engin de pêche, sur la base des avis

scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle (MNHN). Ils **constituent le principe fondamental de la gestion halieutique de la collectivité** ;

- **des mesures réglementaires visant à encadrer chacune des pêcheries australes** et inspirées des mesures de conservation des Organisations Régionales de Gestion des Pêches (ORGP), en l'occurrence de celles de la Convention sur la conservation de la faune et de la flore antarctiques (CCAMLR) ;
- un suivi et **un contrôle permanent exercé à bord** de chacun des navires en pêche dans les TAAF puis à la débarque ;
- **une expertise et un suivi des ressources par le MNHN**, conseiller scientifique du préfet des TAAF en matière de gestion des pêcheries, ainsi que des campagnes dédiées à l'évaluation des ressources halieutiques et à l'expérimentation de matériels et de pratiques ;
- **un cadre international de recherche et de gestion pour les pêcheries** de Crozet et de Kerguelen, zones sous compétence de la CCAMLR.

### *III.D.3.a) Un cadre réglementaire, des mesures de protection de l'environnement et un contrôle adapté*

Le **Préfet**, administrateur supérieur des TAAF, **fixe chaque année lesTAC** pour chaque espèce cible des pêcheries australes, sur la base des avis scientifiques fournis par le MNHN et après avis des trois ministères concernés (Ministères en charge de l'Écologie, des Outre-mer et des Affaires Étrangères).

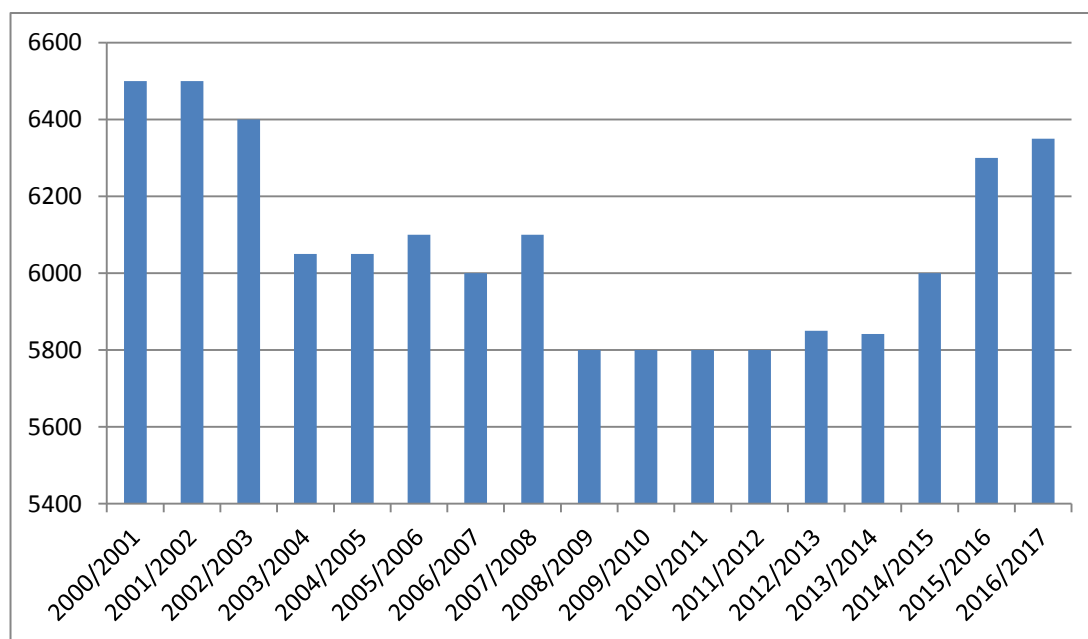


Figure 23. Evolution des TAC de légine en ZEE de Kerguelen et de Crozet (en tonnes par an)

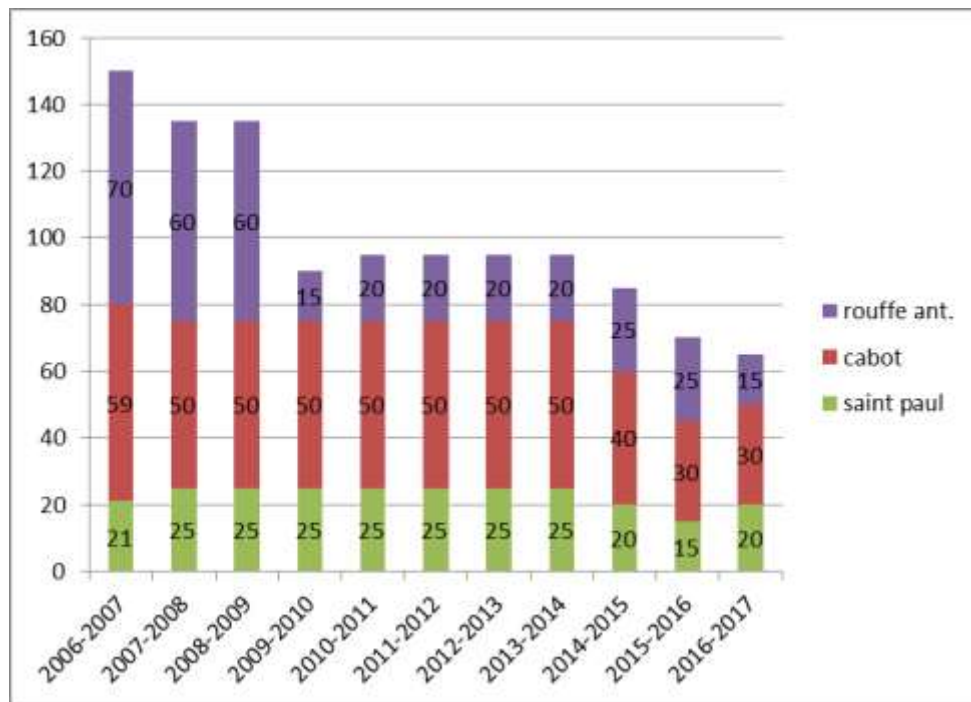


Figure 24. Evolution des TAC de poissons à Saint Paul et Amsterdam (en tonnes par an)

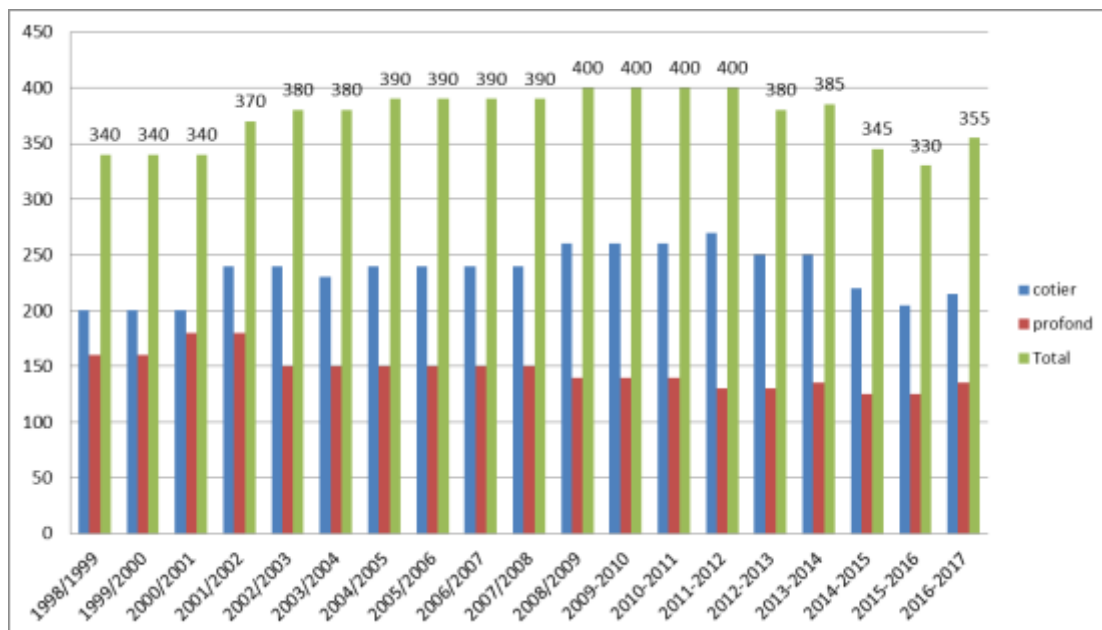


Figure 25. Evolution des TAC de langoustes à Saint Paul et Amsterdam (en tonnes par an) par zone de pêche

Pour allouer ces TAC en quotas individuels par navire, un système d'allocation a été mis en place pour la pêche légitime, permettant de récompenser ou de sanctionner les navires selon des critères de performances environnementales (taux d'impacts sur les oiseaux, les prises accessoires et les fonds marins), socio-économiques (emplois, impôts), réglementaires (respect de la réglementation) et en fonction des capacités de chaque navire à pêcher le quota qui lui est alloué.

Les prescriptions techniques spécifiques à chaque pêche sont revues chaque année de manière concertée et en cohérence avec les mesures de conservation CCAMLR pour les pêcheries légitime et

**poisson des glaces**, ainsi qu'après avis du MNHN et des ministères concernés. Ces mesures réglementaires précisent les obligations techniques de l'exercice de la pêche.

Elles concernent de manière générale :

- la **délimitation des zones de pêche** (selon des limites administratives ou géomorphologiques) ;
- la **régulation de l'effort de pêche** dans le temps et dans l'espace ;
- la **limitation des captures de juvéniles**, ainsi que des captures accessoires et accidentelles, notamment par des outils d'aide à la décision fournis aux équipages (code de bonne conduite et cartographies des densités d'espèces accessoires), par des mesures réglementaires permettant de les réduire (déplacements obligatoires de navires), et par des travaux sur les pratiques de pêche et sur l'amélioration de la sélectivité des engins de pêche (casiers, chaluts et palangre) ;
- la **limitation des impacts sur les habitats benthiques et les écosystèmes marins vulnérables (EMV)**, qui se traduisent par la mise en œuvre de mesures réglementaires en cas de remontées d'organismes indicateur d'EMV sur les engins de pêche (déplacement obligatoire de navires) et qui sont cohérentes avec les mesures de conservation de la CCAMLR relatives à la protection des EMV. Par ailleurs, la mise en œuvre de programmes de vidéos sous-marine ou d'échantillonnage lors des campagnes halieutiques permettent d'améliorer la connaissance de ces habitats et de leur vulnérabilité (Martin et al 2016, Eleaume et al 2011) ;
- la **réduction du phénomène de déprédation**, qui est étudié au travers de différents programmes de suivi (observations, photo-identification, test de matériels et de pratiques de lutte, etc.) tels que OrcaDepred, porté par le Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (CEBC) actuellement en cours ou la campagne de pêche expérimentale aux casiers ORCASAV menée en 2010, pour identifier des solutions afin de diminuer le taux de déprédation à la légine sur Crozet ;
- la **gestion des déchets organiques**, inorganiques et des eaux usées ;
- la **déclaration des données de pêche et des données biologiques** ;
- le **contrôle embarqué et à la débarque**.

**La lutte contre la mortalité aviaire des pêcheries, principalement pour la pêcherie palangrière à la légine qui présente des risques importants, a également fait l'objet d'un plan d'action stratégique 2008-2011 présenté à la CCAMLR, qui a permis la réduction de la mortalité de plus de 90% (cf. partie IV.B.6).**

L'application de la réglementation des pêches, l'application des mesures de protection de l'environnement et le respect des quotas alloués par navire sont garantis par la mise en place d'un système de contrôle performant. En effet, chaque navire autorisé à pêcher est tenu d'accueillir à son bord **un contrôleur de pêche des TAAF**, formé et assermenté, permettant à la fois de contrôler la bonne application de la réglementation, de sensibiliser et de conseiller les capitaines de pêche, de mettre en œuvre des protocoles scientifiques et de contribuer à la collecte de données et d'échantillons biologiques permettant l'évaluation des ressources et l'amélioration des connaissances, en lien étroit avec le MNHN.

A ce contrôle embarqué s'ajoute :

- un **suivi permanent des positions des navires autorisés** par Vessel Monitoring System (VMS), dont le Centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage de La Réunion (CROSS Réunion) est en charge;
- **une expertise et un contrôle sur l'ensemble des produits débarqués** à La Réunion par une société d'expertise indépendante, permettant de préciser les données de captures prises à bord des navires;
- un **dispositif de surveillance et de lutte contre la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN)**.

### *III.D.3.b) Une gestion participative et concertée*

**Une expertise scientifique :**

Comme indiqué dans l'article L-958 du CRPM, **le MNHN est le conseiller scientifique du préfet des TAAF pour les pêcheries australes et ce depuis 1955**. Il coordonne la collecte des données de pêche et des données scientifiques, qui est conduite dans le cadre du dispositif international d'observation scientifique de la CCAMLR. Ces données concernent l'effort de pêche dans le temps et dans l'espace, les captures en poids et en nombre par espèces, les données de biométrie et de sexage, les données d'observation et d'interaction (mammifères marins, oiseaux), ainsi que les données relatives aux protocoles expérimentaux et aux échantillons collectés par les contrôleurs de pêche embarqués (marquages-recaptures, prélèvements d'otolithes, échantillonnage d'espèces etc.). Cette expertise repose également sur les données des campagnes halieutiques d'évaluation de la ressource, les campagnes POKER et PIGE (cf. partie III.D.3.d)), que le MNHN coordonne scientifiquement.

### Une gouvernance adaptée :

Pour mettre en œuvre la gestion des pêcheries australes, le préfet et ses services s'appuient sur des instances consultatives :

- les **Groupes de Travail Pêches Australes (GTPA)**, qui réunissent les professionnels de la pêche, les scientifiques et les administrations, favorisant ainsi le dialogue autour des problématiques de gestion des pêcheries ;
- le **Conseil consultatif des TAAF**, qui comprend 13 membres titulaires et dont l'avis est régulièrement sollicité ;
- le **Comité consultatif de la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises**, qui comprend 16 membres et au sein duquel les représentants de la pêche australe siègent depuis décembre 2016.
- Le **Conseil scientifique de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises**, qui, depuis l'intégration des pêcheries australes dans le périmètre de la Réserve du fait de son extension, peut être amené à délibérer sur les questions techniques liées aux pêcheries.

Des réunions de concertation et d'information réunissent par ailleurs plusieurs fois par an les acteurs impliqués dans le suivi des pêcheries australes (administrations, scientifiques, armements, équipages, etc.), afin de dresser leur bilan et les évolutions techniques et environnementales qu'elles connaissent. Ces réunions n'existent à ce jour que pour la pêcherie légine mais elles se déclineront prochainement pour les autres pêcheries australes.

Enfin, **pour la pêcherie légine uniquement, un plan de gestion existe depuis 2015** (arrêté n° 2015-102 du 1er septembre 2015), officialisant les objectifs et moyens de gestion pour les trois années à venir. Ce plan de gestion sera révisé dès 2018 et le même type de plan devrait être développé pour la pêcherie langouste et poissons de Saint-Paul et Amsterdam prochainement.

### *III.D.3.c) Un processus de reconnaissance et de labellisation des pêcheries*

### Une intégration au modèle de gestion CCAMLR :

La Commission pour la conservation de la faune et de la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR), mise en place pour préserver la vie marine de l'océan Austral et faire face à la surexploitation passée des ressources halieutiques, constitue une commission de conservation bien plus contraignante qu'une organisation régionale de gestion de la pêche (ORGP) classique.

Situées dans la zone de compétence de la CCAMLR (cf. Annexe XVIII), **les pêcheries légine et poissons des glaces de Crozet et Kerguelen répondent aux orientations de la CCAMLR qui se matérialisent par l'édition de mesures de conservation (MC) annuelles**, revues à chaque réunion de la Commission puis appliquées par les Parties Contractantes à la saison de pêche suivante.

Ces mesures concernent les obligations de déclaration, de suivi, de contrôle, de collecte de données et précisent la réglementation relative à chaque pêcherie (engins, zones et périodes de pêche, moyens de lutte contre la mortalité aviaire, protection des EMV et protection générale de l'environnement, etc.). Elles fixent également, pour chaque pêcherie de la zone CCAMLR (zone de haute mer et pour certaines ZEE), les Totaux Admissibles de Capture de chaque espèce cible et éventuellement des captures accessoires. Les mesures de conservation CCAMLR sont donc transposées dans les prescriptions techniques des pêcheries TAAF, certaines mesures allant même au-delà de celles prescrits par la CCAMLR.

En outre, la France présente chaque année à la CCAMLR différents documents attestant de la bonne gestion de ses pêcheries: ses rapports de pêcheries, ses évaluations de stocks de légine et de poisson des glaces, les niveaux de TAC établis, ses résultats en terme de lutte contre la pêche INN, son suivi de la déprédation et de la mortalité aviaire, ainsi que plusieurs documents et outils techniques permettant de présenter les travaux scientifiques réalisés dans les ZEE de Kerguelen et Crozet.

La participation des TAAF et du MNHN aux travaux de la CCAMLR permet d'intégrer un réseau de chercheurs et d'experts internationaux des zones australes et antarctiques, qui se réunissent au sein du Comité Scientifique et de différents groupes de travail consacrés aux statistiques, évaluations et à la modélisation (WG-SAM), aux évaluations de stocks (WG-FSA), à la mortalité accidentelle liée à la pêche (WG-IMAF), ainsi qu'au contrôle et à la gestion des écosystèmes (WG-EMM). Ce travail collaboratif avec la CCAMLR a pleinement contribué à la réduction des impacts de la pêche légine sur l'environnement, notamment en ce qui concerne la réduction des prises accessoires, la limitation des impacts sur les habitats benthiques et la protection de la faune aviaire.

**Le modèle de gestion actuel des pêcheries australes, développé sur les bases de celui porté par la CCAMLR, constitue la base d'une approche de gestion écosystémique des pêches, qui tient compte des effets de la pêche sur les ressources exploitées et sur tous les autres éléments de l'écosystème.**

#### **Une politique de reconnaissance et de labellisation des pêcheries :**

La majorité des armements de la pêche palangrière à la légine, réunis au sein du Syndicat des Armements Réunionnais de Palangriers Congélateurs (SARPC) et appuyés par les TAAF et le MNHN, ont lancé une démarche de certification environnementale MSC (Marine Stewardship Council), qui a été récompensé par la certification de la pêcherie légine de Kerguelen en 2013 et par celle de Crozet en janvier 2017.

**Le Marine Stewardship Council (MSC)** est une organisation internationale à but non-lucratif dont l'objectif est de promouvoir une pêche durable. Il est à l'initiative de l'élaboration de référentiels pour évaluer la durabilité des pêcheries ciblant des stocks sauvages. Les pêcheries qui remplissent les critères MSC peuvent ainsi être déclarées « certifiées MSC » au terme d'un processus d'évaluation. Par ailleurs, le MSC est également à l'origine de référentiels « Chaîne de garantie d'origine » qui attestent de la provenance des produits de la mer issus de pêcheries certifiées. Ces produits peuvent alors être valorisés à travers l'écolabel bleu du MSC.

L'obtention de la certification se fait au terme d'un processus d'évaluation réalisé par des organismes certificateurs indépendants. Ceux-ci appliquent les critères MSC développés sur la base du Code de Conduite pour une pêche responsable de la FAO et issus d'une concertation entre gouvernements, chercheurs, industriels, ONG et pêcheurs. Ils reposent sur trois principes : 1) la durabilité des stocks et de leur exploitation, 2) l'impact environnemental de la pêche et 3) l'efficacité de la gestion.

Le processus de certification d'une pêcherie peut durer plusieurs années. A l'issue d'une évaluation complète par l'organisme de certification (OC), la pêcherie, si elle répond aux critères MCS, devient certifiée pour une durée pouvant atteindre 5 ans. Au cours de cette période, des audits annuels sont requis afin d'accompagner la pêcherie dans son amélioration. En effet, le processus de certification est conçu de façon à sans cesse encourager la progression des pêcheries vers plus de durabilité et de valorisation. Au

terme de la période de certification, une nouvelle évaluation permet d'établir un bilan des améliorations de la pêche et de la gratifier d'une re-certification.

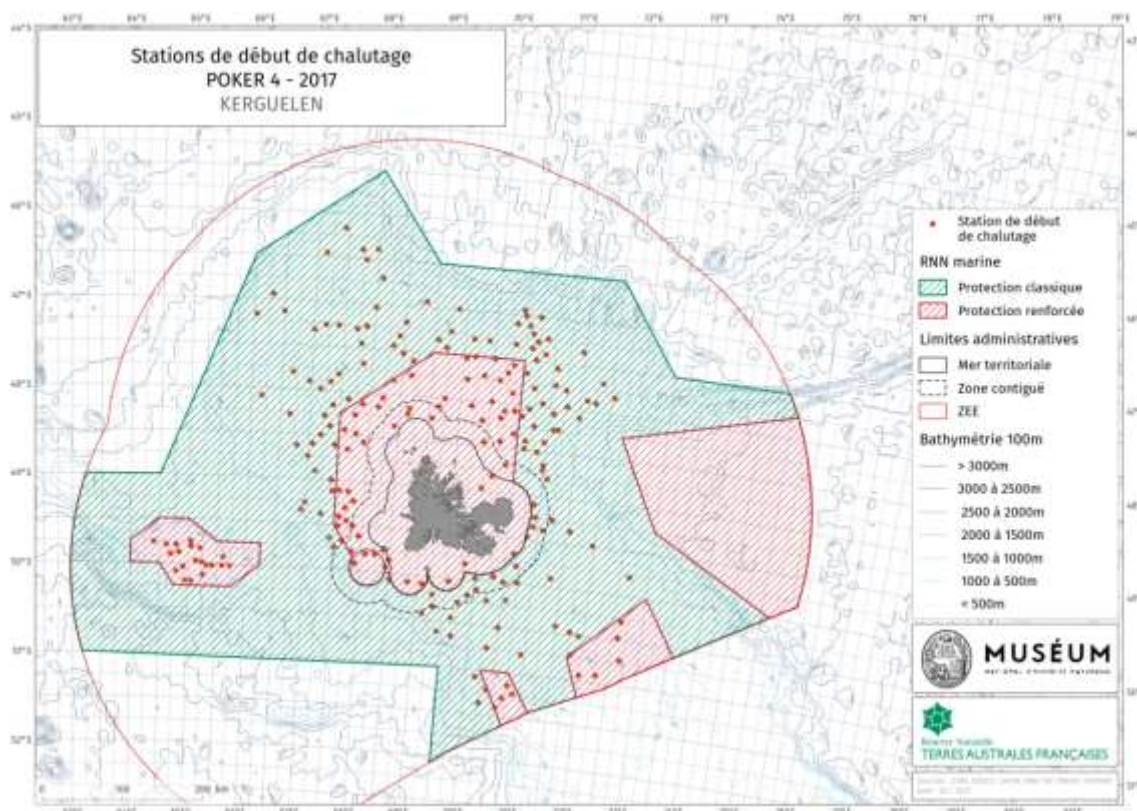
Figure 26. Encadré présentant le label MSC

**Les pêcheries certifiées MSC doivent**, si elles n'en possèdent pas avant la certification, **se doter d'un plan de gestion**. En effet, même si le modèle de gestion actuel est robuste car basé sur une expertise scientifique sérieuse et indépendante du MNHN, sur une réglementation stricte et sur une reconnaissance par la CCAMLR, l'existence de plans de gestion spécifiques permet de mieux justifier de sa gestion et de l'inscrire sur le long terme.

Pour la pêche à la légine australe de Kerguelen, c'est le processus de certification MSC lui-même qui a conduit les TAAF à produire un plan de gestion, en fixant les objectifs et les moyens de les atteindre. Désormais, la définition de plans de gestion pour les autres pêcheries souhaitant entamer un processus de certification, comme c'est le cas pour la pêche langouste et poissons de Saint-Paul et Amsterdam, devrait être anticipé. Ces plans de gestion devraient alors être complémentaires et cohérents avec le futur plan de gestion de la réserve naturelle.

### III.D.3.d) Des campagnes halieutiques : POKER et PIGE à Kerguelen

**Les campagnes POKER (POissons de KERGuelen)** sont des campagnes halieutiques d'évaluations des populations de poissons de fond du plateau de Kerguelen. Ces campagnes sont régulières (Poker I (2006), II (2010), III (2013) et IV (2017)) et relèvent d'une volonté des chercheurs (MNHN), du gestionnaire (TAAF) et des armements de la pêche palangrière australe, d'assurer une **meilleure évaluation des ressources halieutiques exploitées ou exploitables**, afin de garantir leur exploitation durable. Elles s'inscrivent dans un contexte de pêche labélisée MSC et opèrent dans la zone de convention de la CCAMLR (cf. section V.A) pour plus d'infos sur la CCAMLR). Associés aux données de pêche et aux données biologiques collectées à bord des navires de pêche professionnelle, les résultats de ces campagnes permettent d'assurer un meilleur suivi spatio-temporel et une meilleure modélisation des populations de poissons de fond présentes à Kerguelen, légine australe et poisson des glaces en particulier.





### Carte 85. Carte des stations d'échantillonnage des campagnes POKER

Elles reposent sur un échantillonnage biologique d'environ 200 stations, dont les positions géographiques ont été déterminées de façon aléatoire dans les gammes de profondeurs chalutables (de 100m à 1000m) et dont le nombre est réparti proportionnellement à la surface de chaque gamme de profondeur. Lors de chaque campagne POKER, chaque station est échantillonnée par un trait de chalut standardisé. L'engin utilisé est un chalut de fond tracté, identique à chaque campagne pour assurer la reproductibilité de l'échantillonnage dans le temps. Avec l'extension de la Réserve naturelle et la création de zones de protection renforcée, la pertinence des stations retenues devra être réévaluée, notamment celles qui sont situées dans des zones très sensibles.

**La campagne PIGE (Polissons des GlacEs)** de 2015 s'est inscrite dans le cadre de la campagne POKER. Elle reposait sur les mêmes principes d'échantillonnage, et avait pour objectif l'approfondissement des connaissances, pour permettre l'évaluation spécifique des populations de cette espèce qui, compte tenu de sa biologie, nécessite des campagnes d'évaluation plus fréquentes. Le choix des stations d'échantillonnage devra cependant être revu à la prochaine campagne puisque suite à l'extension de la réserve naturelle, le banc Skiff a été intégré en zone de protection renforcée marine : il est désormais interdit d'y pêcher.

De manière générale ces campagnes permettent d'asseoir la bonne gestion des pêcheries de Kerguelen auprès de la CCAMLR, et ainsi de proposer des Totaux Admissibles de Captures et d'adopter des prescriptions techniques adéquates.

A Crozet, ces campagnes d'évaluation n'ont pas lieu car l'usage d'un chalut de fond y est techniquement difficile en raison de la nature des fonds et du profil bathymétrique de cet archipel.

Dans la mesure où ces campagnes halieutiques sont peu fréquentes (tous les 2 à 4 ans) et que les échantillonnages au chalut de fond sont restreints à des stations ponctuelles, l'empreinte sur le fond est donc limitée et les impacts sur les ressources halieutiques peuvent être considérés comme très faibles, compte tenu du niveau de capture. En effet, lors de POKER 3, ce sont 46 espèces de poissons qui ont été capturées sur les 202 stations retenues dans l'échantillonnage, pour près de 32 tonnes (rapport POKER 3).

**A Saint Paul et Amsterdam**, des campagnes de type POKER ou PIGE ne seraient pas adaptées à l'évaluation des populations halieutiques.

C'est pourquoi la Réserve naturelle et le MNHN ont développé en 2013 **le programme ASPHALTE** (Amsterdam Saint-Paul Halieutique). Ce programme est mis en œuvre lors des campagnes de pêche commerciale, directement depuis le seul navire autorisé à pêcher et avec l'appui des armateurs et les marins pêcheurs. Il a pour objectifs de :

- renforcer l'évaluation des ressources de langoustes et de poissons en vue de leur exploitation durable (en particulier à travers des programmes de marquage recapture);
- améliorer les connaissances sur la biologie des espèces exploitées ;
- améliorer les pratiques de pêche et la réglementation, afin d'exploiter de manière raisonnée les ressources, tout en garantissant le respect des milieux marins.

### III.E. Tourisme et loisirs

**Depuis 1994**, et ce afin d'offrir l'opportunité aux personnes qui le souhaitent de découvrir ce territoire d'exception, **les Terres australes françaises sont ouvertes au tourisme mais les pratiques y sont fortement encadrées**.

A chaque rotation du Marion Dufresne, soit quatre fois par an, **environ douze touristes** embarquent sur le cargo et partent à la découverte des districts de Crozet, Kerguelen et Saint-Paul et Amsterdam. Les missions prioritaires du navire étant le ravitaillement des bases permanentes et la relève des personnels, le nombre de places disponibles pour les touristes est conditionné par le programme logistique des rotations.

L'existence de la réserve naturelle depuis 2006 exige de pouvoir **concilier de façon optimale activité touristique et préservation de l'environnement**. Aussi, les groupes de touristes sont pris en charge et accompagnés par les agents de la Réserve naturelle détachés sur les districts dès leur descente à terre. Ce dispositif d'accompagnement lors des déplacements et excursions permet une sensibilisation en continu aux richesses naturelles des Terres australes françaises, aux enjeux de préservation des milieux et des espèces, ainsi qu'aux actions menées par la Réserve.

Afin de proposer une activité touristique de qualité compatible avec la préservation écologique des sites visités, ces derniers sont sélectionnés à la lumière des éléments listés ci-après. Ils offrent :

- Une biodiversité intéressante et des éléments marquants du paysage et des milieux naturels de la Réserve ;
- Des opportunités d'activités de découverte du milieu naturel ;
- Des contraintes logistiques limitées (temps de transport par hélicoptère, possibilités d'hébergement en refuge, etc.) ;

Une évaluation environnementale est par ailleurs régulièrement menée sur ces sites afin d'estimer l'impact de cette fréquentation touristique.

Sur cette base, le programme touristique « théorique » permet aux visiteurs de découvrir la diversité naturaliste, géologique et paysagère des Terres australes françaises. En fonction des contraintes logistiques et météorologiques, ce programme peut être amené à évoluer légèrement d'une rotation à l'autre.

Outre les temps de navigation, ponctués de conférences, le séjour « type » à terre est le suivant :

- 3 jours sur l'île de La Possession à Crozet ;
- 5 jours sur Grande Terre à Kerguelen ;
- 3 jours à Amsterdam, incluant parfois 1/2 journée devant l'île Saint-Paul.

Les sites ordinairement visités par les touristes sont :

#### **Ile de La Possession (Crozet) :**

- La Baie du Marin et le Bollard, situés à côté de la base Alfred Faure (transit à pied) ;
- La Baie Américaine, le Morne Rouge, le lac « sans nom » et la petite manchotière (transit hélicoptère puis pédestre) ;
- Le Mont Branca (transit à pied).



Carte 86 : fréquentation touristique de l'île de la Possession : Baie du Marin, Baie Américaine, et Mont Branca

**Kerguelen :**

- Le Cirque Château, la Grande Cascade, la cabane Jacky et le plateau des Drumlins (transit hélicoptère puis pédestre) ;
- La cabane Laboureur (transit hélicoptère puis pédestre) ;
- Port Jeanne d'Arc occasionnellement (transit bateau et hélicoptère puis pédestre).



Carte 87 : fréquentation touristique de Kerguelen : cirque Château, cabane Jacky et Grande Cascade ; cabane Laboureur ; Port Jeanne-d'Arc

**Saint-Paul :**

- Survol en hélicoptère de Saint-Paul, sans accès à terre.

**Amsterdam :**

- La Pointe Bénédicte (transit à pied) ;
- La Mare aux Eléphants (transit à pied) ;
- Le Cratère Antonelli (transit à pied) ;
- La cabane Ribault (transit à pied) ;
- Le Bois de Phyllicas et BMG (transit à pied).



Carte 88 : Fréquentation touristique d'Amsterdam

**Les sites classés en zone de protection intégrale (cf. partie I.C.2.b) par le décret n°2006-1211 modifiée sont pas autorisés aux touristes** (l'île Saint-Paul, qui bénéficie de ce statut, est uniquement survolée, lorsque cela est possible, dans le respect du décret de la Réserve). **Il en va de même pour les sites réservés à la recherche scientifique et technique** au titre de l'arrêté du 30 juillet 1985.

**Il est à noter que les bases permanentes ne permettent pas d'accueillir les touristes pour la nuit.** A Crozet, ils remontent tous les soirs à bord du Marion Dufresne. A Kerguelen et Amsterdam, ils sont en revanche amenés à dormir en refuge. Cette utilisation régulière des cabanes et refuges nécessite que les infrastructures concernées soient dimensionnées, aménagées et régulièrement entretenues, afin de garantir un accueil de qualité des visiteurs.

### III.F. Les activités de recherche scientifique et de gestion de la Réserve naturelle

Si la reconnaissance de l'originalité des écosystèmes subantarctiques est acquise depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle avec l'adoption du décret du 27 octobre 1938 portant sur les modalités de protection des pinnipèdes, **les premières bases scientifiques accueillant des chercheurs sont établies au début des années 1950**, formant ainsi les « chefs lieux » des districts austraux que l'on connaît aujourd'hui (cf. parties III.A.2 et III.B pour plus d'informations sur les bases). Elles s'appuient pour ce faire sur le savoir-faire d'une agence de moyens créée en 1947 par l'explorateur et ethnologue français Paul-Emile Victor, connue sous le nom des « Expéditions Polaires françaises ». Cette structure fut à l'origine de la structuration des bases australes et de la présence française dans ces territoires. En effet, l'agence, dès sa création, mit à disposition des TAAF les moyens humains, logistiques, techniques et financiers, ainsi que le cadre juridique nécessaires au développement de la recherche scientifique nationale dans ces régions.

En encadrant et en mettant en œuvre des activités de recherche dans les districts austraux, principalement en météorologie et sciences de l'univers dans un premier temps, les Expéditions Polaires françaises firent la démonstration de l'intérêt scientifique de ces territoires, que l'administration supérieure des TAAF reconnaît officiellement le **30 juillet 1985**, à travers un **arrêté créant des zones réservées à la recherche scientifique et technique**. Les biologistes de populations de vertébrés, mammifères et oiseaux, ont en effet démontré qu'il existait dans les Terres australes françaises l'une des plus grande concentration d'espèces d'oiseaux marins au monde, tant par la diversité que par les effectifs.

Conscientes de l'intérêt scientifique fort de ces îles et de la place centrale qu'occupe la recherche sur ces territoires inhabités, les TAAF se sont dotées **d'un conseil scientifique en 1993, représenté par le Comité de l'Environnement Polaire (CEP)**. Soulignant à son tour le caractère unique du patrimoine naturel des Terres australes françaises, le CEP lance en 1995 un groupe de travail, dans le but de réunir les arguments scientifiques pour justifier la création d'une réserve naturelle.

Cette présence historique et constante de projets scientifiques d'envergure dans les TAAF offre alors à la nation française une position de leader mondial dans le domaine de la recherche subantarctique et constitue un attribut important de sa souveraineté sur ces territoires. Avec ses bases dans les îles australes, la France représente le seul Etat disposant d'une telle couverture scientifique sur un tel gradient géographique.

Les TAAF accueillent donc de nombreuses activités de recherche sur les districts austraux, qui ont notamment pour objectifs de mesurer les effets des changements globaux ou de mieux comprendre les stratégies développées par la faune et la flore face à ces changements globaux ou aux conditions climatiques extrêmes.

Forts de ces programmes de recherche, **l'administration des TAAF a signé, en décembre 2009, une convention-cadre avec l'Institut polaire français Paul-Emile Victor (IPEV), qui est chargé d'encadrer et de mettre en œuvre les activités de recherche dans les districts austraux** et en Terre Adélie. La convention d'application engageant les TAAF au titre de la Réserve naturelle et l'IPEV a pour finalité l'identification et la validation de mesures conservatoires, ainsi que l'accompagnement scientifique des observatoires et des inventaires de la biodiversité (inventaires des espèces, veille sur l'introduction d'espèces invasives, etc.). Ainsi, plus de 60% des programmes scientifiques développés dans les Terres australes françaises concernent l'écologie terrestre ou marine, incluant des aspects physiologiques ou écophysiologiques, la taxonomie, la biogéographie, etc.

### III.F.1. Les acteurs de la recherche scientifique

La recherche scientifique est l'une des activités principales qui a lieu au sein de la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises. Ces activités justifient l'existence des bases (cf. partie III.A.2 et III.B) qui accueillent les scientifiques de nombreuses institutions nationales et internationales. Ces derniers participent à une meilleure connaissance des territoires terrestres et marins des Terres australes françaises ainsi que de leur biodiversité. La Réserve naturelle nationale travaille étroitement avec l'Institut Paul-Emile Victor (IPEV) pour rendre possible les activités des instituts de recherche.

#### III.F.1.a) L'Institut Paul-Emile Victor (IPEV), agence de moyens

**L'IPEV est une agence française de projection de moyens dans les régions polaires au bénéfice de la recherche académique nationale.** Il est issu de la fusion des Expéditions Polaires françaises et de la Mission de recherche des Terres australes et antarctiques françaises, qui donnèrent lieu à l'Institut français pour la recherche et la technologie polaires (IFRTP) en 1992, puis à l'IPEV en 2002. Basé à Brest, l'Institut est, dès 1992, créé sous la forme juridique d'un GIP (Groupement d'Intérêt Public), réunissant les principaux acteurs de la recherche scientifique française dans ces milieux extrêmes. Le GIP réunit les ministères en charge de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche, des affaires étrangères et européennes, le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer), le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), le Centre national d'études spatiales (CNES), Météo-France et les TAAF.

L'IPEV a pour objet, dans les régions polaires arctiques, subarctiques, antarctiques et subantarctiques, dont l'isolement et l'environnement climatique justifient d'une technicité particulière, de :

- coordonner, soutenir et mettre en œuvre, en qualité d'agence de moyens, des programmes scientifiques et technologiques nationaux et internationaux ;
- sélectionner et soutenir des actions scientifiques et technologiques ;
- organiser et animer des expéditions scientifiques ;
- mettre en place et assurer le fonctionnement d'observatoires de recherche ;
- participer à la concertation scientifique et logistique internationale sur les régions polaires, en particulier en entretenant des rapports permanents avec ses homologues étrangers à travers des structures telles que le COMNAP<sup>11</sup>, la RCTA, le CPE, le SCAR, le IASC, etc.

Afin de garantir la valeur des programmes terrestres qu'il soutient, l'IPEV s'appuie sur l'expertise du Conseil des Programmes Scientifiques et Technologiques (CPST), constitué de 16 membres, français et étrangers nommés par les partenaires du GIP et du Président du Comité de l'Environnement Polaire, membre de droit. Ce conseil, indépendant de l'IPEV et des programmes en cours, est chargé d'évaluer la qualité scientifique des projets et de proposer à la direction de l'Institut les programmes à mettre en œuvre prioritairement.

L'IPEV effectue ensuite une étude de faisabilité sur les projets les mieux classés afin de déterminer avec leurs responsables les ajustements nécessaires à leur mise en œuvre. L'Institut attribue alors à ces programmes des **moyens financiers** (fonctionnement, équipement) et **humains** (missions sur le terrain pour les personnels des laboratoires, postes de Volontaires du Service Civique pour le suivi des programmes en hiver, etc.).

Certains des programmes retenus nécessitent d'autres filtres d'évaluation ou d'autorisation. C'est le cas :

- des programmes mettant en jeu des vertébrés;

---

<sup>11</sup> COMNAP (*Council of Managers of National Antarctic Programs*), RCTA (*Réunion Consultative du Traité sur l'Antarctique*), CPE (*Comité pour la Protection de l'Antarctique*), SCAR (*Scientific Committee on Antarctic Research*), IASC (*International Arctic Science Committee*).

- des programmes mettant en jeu des espèces protégées dans les TAAF (autorisations délivrées par le Préfet des TAAF sur avis du Comité de l'Environnement Polaire et du Conseil National pour la Protection de la Nature) ;
- des programmes nécessitant l'accès à des zones protégées dans les TAAF (autorisations délivrées par le Préfet des TAAF sur avis du Comité de l'Environnement Polaire) ;
- des programmes se déroulant dans la zone du Traité sur l'Antarctique, au sud du 60<sup>ème</sup> parallèle sud (autorisations délivrées par le Préfet des TAAF sur avis du Comité de l'Environnement Polaire).

**La grande rigueur appliquée à la sélection des programmes et la qualité des scientifiques développant des projets avec le soutien de l'IPEV sont à l'origine de l'excellence de la recherche française en Antarctique et dans le subantarctique.** Celle-ci se mesure non seulement à la réputation des équipes de recherche au niveau international et à leur position de leader dans plusieurs domaines, mais aussi, de manière plus quantitative, au nombre de publications produites par les chercheurs français dans les revues scientifiques de haut niveau. Ainsi, dans les îles subantarctiques, la France occupe le 1<sup>er</sup> rang mondial en terme de publications, et cela devant des pays très actifs qui possèdent également des bases dans cette région du monde, comme la Géorgie du Sud (Royaume Uni), les îles Macquarie et l'île Heard (Australie) ou les îles Marion et Prince Edward (Afrique du Sud).

**Une centaine d'équipes** dépendantes des établissements de recherche et/ou des universités mènent, avec le soutien de l'IPEV, des programmes de recherche dans les régions polaires et subpolaires. Les laboratoires auxquels elles sont rattachées se répartissent sur l'ensemble des territoires nationaux.

Afin d'apporter un cadre scientifique de qualité aux actions de la Réserve naturelle, **une partie des équipes scientifiques impliquées dans les programmes soutenus par l'IPEV apportent leur expertise à la gestion de la Réserve.** Ces collaborations permettent de mutualiser les moyens nécessaires à l'atteinte d'objectifs communs. Par exemple, les activités d'inventaires et d'observatoires présentent des objectifs scientifiques et de gestion ; ils peuvent donc être mis en œuvre conjointement par les agents de la Réserve et les scientifiques de différents laboratoires. Ces programmes communs sont présentés dans le Tableau 39.

D'autres programmes de recherche sont également menés par des laboratoires afin d'améliorer les connaissances dans un domaine spécifique ou d'apporter des validations scientifiques aux actions de gestion environnementale à entreprendre (études préliminaires de l'élimination d'espèces introduites, validation des enjeux de conservation en vue de la définition du périmètre d'extension marine de la Réserve, etc.).

### **III.F.1.b) Les instituts de recherche**

#### **Le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN)**

Créé en 1793, le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) a pris la suite du Jardin royal, fondé en 1635. Il est aujourd'hui placé sous l'autorité du ministère en charge de la recherche et du ministère en charge de l'écologie. Il compte 2000 employés et 450 chercheurs et se consacre à cinq missions :

- *la recherche fondamentale et appliquée ;*
- *la conservation et l'enrichissement des collections :* le MNHN gère, enrichit et rend accessible l'une des trois plus grandes collections mondiales d'histoire naturelle. En tout, ce sont 68 millions de spécimens qui sont archivés dans les collections d'histoire naturelle, regroupant 800 000 types ;
- *l'enseignement :* le MNHN propose un enseignement scientifique qui bénéficie d'un dialogue permanent entre chercheurs, enseignants-chercheurs et enseignants des premier et second degrés ;



- *la diffusion des connaissances* : le MNHN met la connaissance scientifique à la disposition du public à travers de nombreuses actions de médiation (animations, ateliers, visites guidées, *conférences, spectacles, projections, débats, etc.*) ;
- *l'expertise* : la connaissance de la nature acquise au MNHN sert de base essentielle aux expertises dans le secteur du patrimoine naturel.

Le Muséum national d'histoire naturelle participe à de nombreux programmes scientifiques sur les territoires des TAAF, détaillés dans la partie III.F.2), et met à disposition ses locaux pour l'organisation des conseils scientifiques de la Réserve naturelle. Il n'est pas rare que l'un de ses membres soit membre du Conseil scientifique de la Réserve naturelle et/ou de son Comité consultatif.

### **Le CNRS**

**Le Centre national de la recherche scientifique est un organisme public de recherche** (Établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle du Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche). Il produit du savoir et met ce savoir au service de la société. Principal organisme de recherche à caractère pluridisciplinaire en France, le CNRS mène des recherches dans l'ensemble des domaines scientifiques et technologiques, qu'il s'agisse des mathématiques, de la physique, des sciences et technologies de l'information et de la communication, de la physique nucléaire et des hautes énergies, des sciences de la planète et de l'Univers, de la chimie, des sciences du vivant, des sciences humaines et sociales, des sciences de l'environnement ou des sciences de l'ingénierie. Ces disciplines sont regroupées au sein de dix instituts. Il regroupe 32 000 personnes, dont plus de 24 000 statutaires, 11 000 chercheurs et 13 000 ingénieurs.

Tout comme le MNHN, le CNRS participe à de nombreux programmes scientifiques sur les territoires des TAAF à travers les unités mixtes de recherche (UMR).

### **L'Université Pierre et Marie Curie**

**L'Université Pierre et Marie Curie (UPMC - Paris VI)** est une université parisienne spécialisée dans la recherche et l'enseignement des sciences (mathématiques, physique, chimie, électronique, mécanique, sciences de la Terre, ingénierie, sciences informatiques, sciences de la vie, médecine), 39<sup>ème</sup> université de recherche au niveau mondial selon le classement de Shanghai de 2016. Elle compte plus de 35 000 étudiants, 10 000 personnels dont 6 200 enseignants-chercheurs et chercheurs, 8 500 publications par an, 15 sites répartis sur 4 régions et 125 laboratoires de recherche. L'UPMC dispose notamment d'un réseau de stations marines unique au monde. Les 3 stations biologiques / observatoires de Banyuls-sur-Mer, Roscoff et Villefranche-sur-Mer, rattachés à l'UPMC, ont joué un rôle majeur dans l'émergence de la biologie marine et de l'océanographie en Europe : elles rassemblent aujourd'hui toutes les disciplines des sciences de la mer.

Forte de ces moyens et de son expertise, l'UPMC participe à un certain nombre de programmes de recherche encadrés par l'IPEV, qui sont listés dans la partie III.D.1.b).

### **L'IFREMER**

**L'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER)**, créé le 5 juin 1984 de la fusion du Centre national pour l'exploitation des océans (Cnexo) et de l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes (ISTPM), a pour missions de conduire et promouvoir des recherches fondamentales et appliquées, ainsi que des actions d'expertise et de développement technologique et industriel destinées à :

- *connaître, évaluer et mettre en valeur les ressources des océans* et permettre leur exploitation durable ;
- *améliorer les méthodes de surveillance, de prévision et d'évolution de protection des océans ;*
- *mettre en valeur le milieu marin et côtier ;*
- *favoriser le développement socio-économique du monde maritime.*

Suite au regroupement de la Flotte océanographique française (FOF) au sein d'un opérateur unique qu'est l'IFREMER, la gestion du Marion Dufresne sera transféré à l'Institut à compter du 1er janvier 2018, mettant ainsi fin aux responsabilités de l'IPEV en matière de recherches marines hauturières avec ce navire.

### III.F.1.c) Les UMR

Dans les Terres australes françaises, les UMR (Unités Mixtes de Recherche) suivantes sont impliquées :

- **L'UMR BOREA « Biologie des écosystèmes et organismes aquatiques »** (MNHN, CNRS 7208, UPMC, IRD 207, UA) a pour objectifs l'étude de la biologie évolutive et l'écologie des organismes aquatiques. Les TAAF travaillent avec ces équipes sur la compréhension de l'évolution de la biodiversité marine (de la molécule à l'écosystème) et sur la gestion des pêcheries australes, notamment parce que cet UMR accueille le conseiller scientifique du préfet en matière de pêcheries ;
- **Le Centre d'études biologiques de Chizé (CEBC - UMR CNRS 7372 - CNRS & Université de La Rochelle)**, sous cotutelle avec l'université de la Rochelle et qui conduit des programmes de recherche sur l'écologie des animaux sauvages dans leur milieu naturel, notamment des oiseaux et mammifères marins pour les Terres australes françaises ;
- **Le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE - UMR CNRS 5175, Université de Montpellier – Université Paul-Valéry Montpellier – EPHE)**, qui est une unité de recherche du CNRS associée aux universités de Montpellier et Paul-Valéry de Montpellier et qui étudie la dynamique des systèmes écologiques et de la biodiversité en relation avec les activités humaines, parmi lesquelles celle des oiseaux des Terres australes françaises ;
- **L'Institut pluridisciplinaire Hubert Curien (IPHC – UMR CNRS 7178, IN2P3 – INC – INEE, Université de Strasbourg)**, sous cotutelle du CNRS et de l'université de Strasbourg, qui travaille sur l'écophysiologie, la chimie et la physique subatomique et qui est très impliquée sur l'écologie des oiseaux dans les Terres australes françaises ;
- **Le Laboratoire d'océanographie de Villefranche-sur-Mer (LOV - UMR CNRS 7093 – UPMC)**, sous cotutelle du CNRS et qui travaille sur l'océanographie biologique, physique et chimique ;
- **Le laboratoire « Biométrie et biologie évolutive »** (UMR CNRS 5558 – Université Claude Bernard Lyon I), qui travaille essentiellement sur les espèces invasives ;
- **L'UMR « Ecologie Comportementale et Biologie des Populations de Poissons directeurs » (ECOBIO – UMR 1224 – INRA – Université de Pau et des Pays de l'Adour)**, qui étudie le comportement des poissons et son rôle sur le fonctionnement et l'évolution des populations naturelles. L'unité développe des approches d'écologie expérimentale (en milieu contrôlé ou naturel), de modélisation et de génétique des populations. Dans les Terres australes françaises, cet UMR étudie essentiellement les populations de salmonidés ;
- **L'unité Ecosystèmes, biodiversité, évolution (ECOBIO – UMR CNRS 6553 – Université de Rennes 1)**, unité de recherche du CNRS membre de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes (OSUR) et associée à l'Université de Rennes 1. L'UMR ECOBIO analyse les dynamiques de la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes continentaux face aux changements globaux en cours, dans une optique de développement durable ;
- **L'UMR Laboratoire d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN -UMR CNRS7159 – UPMC – CNRS – IRD – MNHN)**, dont l'activité est centrée sur l'étude des processus physiques et biogéochimiques qui contrôlent la dynamique et la variabilité de l'océan et du climat, pour une meilleure compréhension du système climatique et de son évolution présente, passée et future ;
- **Le Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés (LEHNA – UMR CNRS 5023 – Université Lyon 1, ENTPE, INRA)**, dont les thèmes de recherche couvrent un gradient de domaines

allant des sciences de l'évolution aux sciences de l'environnement, en passant par l'écologie évolutive et l'écologie fonctionnelle. Les objets d'étude principaux sont les milieux aquatiques et les organismes qui les habitent ;

- **L'UMR Biogéosciences** (UMR CNRS 6282 – Université Bourgogne-Franche-Comté) est une unité de recherche pluridisciplinaire dont les principaux sujets de recherche portent sur la modélisation du climat, les études environnementales, la biodiversité, l'écologie, la conservation et l'évolution. Dans les Terres australes françaises, l'UMR est impliqué dans des études sur l'écologie marine et les enjeux de conservation associés aux zones marines côtières des îles Kerguelen.
- **L'UMR « Processus Infectieux en Milieu Insulaire Tropical » (PIMIT – UMR CNRS 9192, INSERM 1187, Université de la Réunion, IRD 249)**, qui étudie la biologie et l'écologie des processus infectieux et qui se focalise sur l'investigation du déterminisme écosystémique de la transmission des maladies infectieuses et de leurs conséquences immuno-physiopathologiques chez l'homme et l'animal.

Avec une moyenne annuelle de plus de 200 chercheurs français ou étrangers accueillis dans les TAAF pour œuvrer à travers une soixantaine de programmes mis en œuvre par l'IPEV, ce sont plusieurs milliers de scientifiques qui ont séjourné sur les districts austraux depuis les années 2000.

Pour la plupart membres du Conseil scientifique de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, ils participent tous étroitement aux orientations de gestion prises par la Réserve.

### III.F.2. Les programmes et activités scientifiques

#### III.F.2) a) i. Les programmes scientifiques

Les programmes scientifiques menés dans les Terres australes françaises regroupent :

- les programmes de conservation pilotés par la Réserve naturelle et les TAAF ;
- les programmes de recherche appliquée, gérés par des institutions scientifiques en partenariat avec les TAAF.

La plupart des programmes de recherche appliqués à la conservation font partie des programmes de l'IPEV (cf. tableau ci-après). Ils sont menés par des instituts de recherche et rejoints par des centres de recherche (UMR) en collaboration étroite avec les TAAF.

Tableau 39. Programmes de recherche réalisés au sein des TAAF (avril 2017)

Nom du Programme	Description	Institutions
<b>Programmes pour lesquels la RNN est partenaire</b>		
<b>PR IPEV 109 ORNITHOECO</b>	Utilisation des oiseaux et mammifères marins comme indicateurs des changements globaux qui affectent les écosystèmes de l'océan austral.	CEBC / UMR CNRS 7372 (CNRS - Université de La Rochelle)
<b>PR IPEV 136 SUBANTECO</b>	Evaluation de la sensibilité et de la vulnérabilité des organismes et des écosystèmes aux changements climatiques et aux invasions biologiques (plantes, insectes). Etude des variations spatio-temporelles de la biodiversité subantarctique, des processus d'invasions biologiques, des effets des variations environnementales sur l'écologie et la physiologie des espèces, ainsi que de la perception de la biodiversité dans un contexte non marchand.	ECOBIO / UMR CNRS 6553 - Université de Rennes 1

<b>PR IPEV 1116 PlantEvol</b>	Etudes macro- et microévolutives pour examiner les origines et l'évolution des plantes et des flores subantarctiques ainsi que le potentiel des espèces contemporaines à s'adapter aux changements climatiques actuels et futurs.	ECOBIO / UMR CNRS 6553 – Université de Rennes 1
<b>PR IPEV 1041 SALMEVOL</b>	Etude de l'écologie évolutive des salmonidés, dans le contexte particulier de la réussite de la colonisation des Îles Kerguelen par certaines des espèces (comme la truite) qui y ont été introduites il y a 60 ans.	INRA - UPPA
<b>PR IPEV 1044 PROTEKER</b>	Ce programme vise à comprendre les effets du changement global sur benthos marin et les habitats côtiers des îles Kerguelen (disparition d'espèces, changements d'aires de répartition, remplacements, espèces exotiques et envahissantes) à travers un réseau observatoire de 8 stations sous-marines côtières instrumentées.	Biogéosciences (UMR CNRS 6282 – Université Bourgogne-Franche-Comté
<b>PR IPEV 1151 ECOPATH</b>	Etude des processus de dispersion à grande échelle et des interactions locales entre hôtes et parasites et de leur capacité à affecter la circulation d'agents infectieux et de leurs conséquences possibles.	CEFE / UMR CNRS 5175
<b>ASPHALTE</b>	Amsterdam St Paul HALieuTique : Estimation des biomasses de poisson dans les eaux côtières de Saint-Paul et Amsterdam afin d'améliorer les pratiques de pêche et les connaissances sur les espèces exploitées.	MNHN
<b>CROMEBA</b>	« Crozet Marine Ecosystem Based Approach - Approche basée sur l'écosystème de l'environnement marin des îles Crozet »  Ce projet consiste en la mise en place d'une approche écosystémique de l'environnement marin des îles Crozet. Il s'agissait de déterminer les éléments préalables au niveau environnemental ou de la biodiversité afin de proposer de nouvelles mesures de conservation qui ont permis d'étendre géographiquement la Réserve naturelle marine.  Ce projet a permis de définir à plus fine échelle spatiale les zones remarquables en termes de biodiversité, à travers la production de couches environnementales et de biodiversité (couches abiotiques, biotiques), et l'écorégionalisation pélagique (couplage des prédateurs supérieurs, de l'ichtyofaune et de la biodiversité planctonique) qui seront nécessaires à l'identification des enjeux de conservation (état, pressions, réponses envisageables) afin de définir une gestion intégrée de la ZEE et plus particulièrement de la réserve marine de Crozet	UPMC-MNHN – UMR BOREA (jusqu'à fin 2017)
<b>ORCADEPRED</b>	Ce programme vise : <ul style="list-style-type: none"> <li>à étudier les comportements de recherche alimentaire des orques et des cachalots dans un contexte de déprédation autour des îles Crozet et Kerguelen, en mettant en œuvre un suivi télémétrique (balises Argos), acoustique (antennes acoustiques composée d'hydrophones) et une ligne expérimentale (accéléromètres) ;</li> </ul> à trouver une approche technologique pour réduire la déprédation (protection individuelle des hameçons).	CEBC / UMR CNRS 7372 - Université de La Rochelle
<b>Autres programmes</b>		
<b>PR IPEV 119 ECONERGY</b>	Etude des adaptations physiologiques et énergétiques, et étude des compromis évolutifs associées à la biologie si particulière des manchots royaux ( <i>Aptenodytes patagonicus</i> , poussins et adultes) durant leur vie à terre.	IPHC / UMR CNRS 7178 (CNRS - IN2P3 – INC – INEE)
<b>PR IPEV 131 PHYSIONERGY</b>	Décryptage des mécanismes moléculaires et cellulaires impliqués dans les ajustements physiologiques et énergétiques développés par les manchots royaux et Adélie (poussins, juvéniles, adultes) pour surmonter les défis énergétiques associés à leur biologie si particulière.	LEHNA – UMR CNRS 5023 (CNRS - Université Lyon 1 – ENTPE -

		INRA)
<b>PR IPEV 137 ECOPHY</b>	Etude des stratégies d'adaptation et des dynamiques de population des manchots face aux changements globaux.	IPHC / UMR CNRS 7178 (CNRS - IN2P3 – INC – INEE)
<b>PR IPEV 279 POPCHAT</b>	Etude des différents aspects de l'intégration du chat dans l'écosystème de la Grande Terre (île principale de l'archipel des Kerguelen), en combinant des approches empiriques et théoriques : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une première partie comprend l'étude des facteurs biotiques (lapins, oiseaux) et abiotiques (conditions climatiques : température et précipitations) qui déterminent la dynamique des populations de chats et le patron de synchronie des fluctuations d'abondance/densité entre les différents sites d'étude.</li> <li>• Une seconde partie du programme vise à développer un modèle de dynamique de populations de chats qui intègre l'ensemble des connaissances qui seront acquises sur les interactions prédateur-proie, afin de prédire l'abondance des chats en fonction des variables qui se révéleront pertinentes.</li> </ul>	UMR CNRS 5558
<b>PR IPEV 354 ETHOTAAF</b>	Etude des différents facteurs agissant sur le comportement des oiseaux de mer (signaux impliqués dans le processus de choix du partenaire, de l'orientation, etc.).	CEFE / UMR CNRS 5175
<b>PR IPEV 394 OISEAUX PLONGEURS</b>	Etude des stratégies alimentaires et énergétiques d'oiseaux marins s'alimentant par plongée (manchots, cormorans, pétrels) jouant un rôle clé dans les chaînes alimentaires de l'océan austral.	CEBC / UMR CNRS 7372 - Université de La Rochelle
<b>PR IPEV 1037 HEnergES</b>	Etude du comportement de thermorégulation sociale, stratégie d'économie d'énergie utilisée par les éléphants de mer au cours de leur période de mue sur la colonie.	CNRS-MNHN
<b>PR IPEV 1142 ICO<sup>2</sup>TAKS</b>	Collection, grâce à un programme pluridisciplinaire, des informations utiles à l'étude des variations spatiales et temporelles des espèces marines de divers secteurs de l'océan Austral. Les principaux objectifs seront de compléter l'écorégionalisation de ces zones pour le plancton et les poissons, d'étudier le fonctionnement du réseau trophique pélagique et de déterminer les indicateurs qui devront être suivis pour comprendre les conséquences des changements environnementaux.	MNHN
<b>PR IPEV 1167 BIODIV_AMS</b>	Inventaires de la faune (invertébrés terrestres et d'eau douce) et de la flore (algues, champignons, bryophytes, lichens, ptéridophytes, phanérogames) des îles Saint-Paul et Amsterdam (TAAF, Océan Indien Sud), à la fois pour améliorer les connaissances sur la biodiversité de ces îles (statut des espèces, niveau d'endémisme, besoins éventuels de protection selon leur abondance et leur répartition) et pour intégrer pleinement ces îles dans les études et débats sur les processus de dispersion et de colonisation, les particularités biogéographiques, la réponse aux changements climatiques passés et actuels dans l'hémisphère sud.	ECOBIO / UMR CNRS 6553 – Université de Rennes 1
<b>Pathogène aviaire</b>	Etudes sur les contaminations par des pathogènes aviaires à Amsterdam	PIMIT (UMR CNRS 9192, INSERM 1187, Université de la Réunion, IRD 249)
<b>Ecouter et dénumérer les mammifères marins</b>	L'objectif de ce programme est de déployer et d'entretenir dans l'Océan Indien austral un réseau de 5 à 10 hydrophones pour réaliser une surveillance conjointe de l'activité sismique (et magmatique) associée aux trois dorsales de l'océan Indien et à la région de déformation diffuse intraplaque de l'océan Indien central; et des grands mammifères marins présents dans l'océan austral (baleine bleue antarctique, baleine bleue pygmée, rorqual commun). Depuis l'interdiction de la pêche baleinière dans les années 60, on ne dispose que de très peu d'observations sur l'état des populations, quasiment décimées pour certaines espèces étudiées, et plus généralement sur leur écologie.	ENSTA Bretagne / Laboratoire Lab-Sticc

<b>Programme Dauphin de Commerson</b>	<p>Le programme vise une meilleure compréhension de la population de dauphins de Commerson évoluant dans les eaux de Kerguelen. Il a commencé lors de la campagne d'été 2016-2017 et se décompose en trois volets :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• génétique, afin d'établir les liens de parenté entre les sous-espèces de dauphin de Commerson, ce qui permettra de donner, à terme, un statut de conservation aux sous-espèces sud-américaines (<i>Cephalorhynchus commersonii commersonii</i>) et de Kerguelen (<i>Cephalorhynchus commersonii kerguelensis</i>) ;</li> <li>• photo-identification, afin d'identifier les individus et estimer la taille de population ;</li> <li>• acoustique, afin de caractériser l'activité saisonnière et journalière des dauphins et d'identifier des zones d'alimentation.</li> </ul>	Université la Rochelle, CEBC, ENSTA Brest
<b>Programme COPEC</b>	<p>Ce programme correspond au suivi scientifique embarqué à bord des navires de pêche opérant dans les Terres australes. Il est mis en œuvre sur le terrain par les contrôleurs de pêche des TAAF (COPEC) embarqués sur chacun des navires autorisés à pêcher dans les Terres australes. Ce programme est coordonné techniquement par le MNHN en sa qualité de conseiller scientifique des TAAF. Il consiste en la collecte de données sur l'effort de pêche dans le temps et dans l'espace, les captures en poids et en nombre par espèce, les données de biométrie et de sexage des captures, les données d'observation, de photo-identification et d'interaction des mammifères marins et des oiseaux, ainsi que les données relatives aux échantillons collectés et aux protocoles expérimentaux mis en œuvre par les COPECs eux-mêmes, à savoir les données de marquages-recaptures, le prélèvement d'otolithes, l'échantillonnage de tissus, etc. Ces données et le matériel biologique collecté permettent d'alimenter de nombreuses recherches du MNHN et d'autres partenaires scientifiques, en particulier l'évaluation et la modélisation de ressources marines, les travaux sur la déprédation, la connaissance des habitats benthiques, etc.</p>	MNHN
<b>POKER</b>	<p>Les campagnes POKER (POissons de KERguelen) » sont des campagnes halieutiques d'évaluation de poissons de fond du plateau de Kerguelen. L'objectif est d'améliorer les connaissances sur l'état et la dynamique de ces populations afin de garantir une gestion durable des stocks, dans un contexte de pêche labélisée MSC.</p>	MNHN
<b>PIGE</b>	<p>Les campagnes PIGE (POissons des GlacEs) sont des campagnes halieutiques d'évaluation des populations de poissons de glace à Kerguelen.</p>	MNHN

### III.F.2) a) ii. Les campagnes océanographiques

**Les territoires marins des Terres australes françaises sont l'objet régulier de campagnes océanographiques, souvent internationales et multidisciplinaires.** Ces expéditions peuvent se concentrer sur ces zones océaniques ou sur l'ensemble des territoires polaires et subantarctiques.

Historiquement, ces campagnes ont permis des progrès dans la connaissance des environnements marins subantarctiques et de sa faune benthique et pélagique.

**En milieu côtier**, les principales études et inventaires scientifiques de la faune et de la flore benthiques ont été réalisées de 1961 à 1970 par P. Arnaud, R. Delépine, JC Hureau et M. Ranou, auxquelles s'ajoutent deux campagnes d'exploration sous-marine réalisées en plongée par P. Grua (1962-1963) qui apportent les premiers éléments de connaissance *in situ* du benthos marin côtier. A partir des années 1970, une deuxième phase de programmes scientifiques menée sur le terrain en biologie benthique et physiologie (programme Benthos-Mac et nombreuses thèses) a complété notre connaissance de la biodiversité côtière en s'appuyant sur de nouveaux moyens logistiques dédiés (laboratoires BIOMAR et navires *La Japonaise* et *La Curieuse* à Kerguelen).

**Au large**, on compte les premières campagnes océanographiques réalisées à la fin du XIX<sup>ème</sup> et début du XX<sup>ème</sup> siècle (*Challenger* 1873, *Gazelle* 1874, *Deutsche Tiefsee Expedition* 1898, *Deutsche Südpolar Expedition* 1901, *BANZAR* 1929), quelques rares expéditions dans les années 60 (ex: *Eltanin* en

1962), des campagnes réalisées par le *Marion Dufresne* dans les années 1970-80 (MD03 1974, MD04 1975, MD08 1976, MD30 1982, MD42 1985, MD 50 1986), ainsi que des campagnes plus récentes (ANARE en 1990, campagne 26 du *Southern Champion* en 2003, POKER II en 2010, POKER III en 2013 et POKER IV en 2017)(MNHN 2011; 2013). Par ailleurs, le programme PIGE 2015, une campagne d'évaluation de la biomasse de poisson des glaces, a permis également de récolter des données sur les poissons démersaux et les organismes indicateurs d'EMV (Ecosystèmes Marins Vulnérables) (MNHN 2015).

Deux types de campagnes océanographiques peuvent être différenciés : celles organisées par l'IPEV, qui s'inscrivent dans la continuité au fil des ans, et des campagnes océanographiques plus occasionnelles, organisées par d'autres acteurs internationaux ou nationaux mais dont l'IPEV peut être partenaire.

### *Les campagnes océanographiques de l'IPEV*

L'IPEV est un acteur historique de l'organisation et de la mise en œuvre de campagnes océanographiques. Il est ainsi responsable de la mise en place de ce type de campagnes à bord du *Marion Dufresne* depuis sa constitution, en 1992. En effet, chaque année, l'IPEV sous-affrète le *Marion Dufresne II* aux TAAF pour réaliser des campagnes océanographiques sur tous les océans du monde, afin de réaliser des missions rassemblant de nombreuses disciplines et associant différents acteurs de la recherche (cf. partie III.G.1). A titre d'exemple, on peut citer la dernière campagne MD206 Obs Austral 2017, qui a eu lieu à bord du *Marion Dufresne* du 4 janvier au 17 février 2017 et qui a notamment permis le déploiement du programme OISO MD206 IPEV OHA-SIS-BIO et du programme IPEV REPCCOAI :

- Dans le cadre de la mission OISO MD206 IPEV OHA-SIS-BIO, le programme OISO (Océan Indien Service d'Observation) avait pour objectif de suivre les variations du cycle du CO<sub>2</sub> océanique, ainsi que les échanges terre-mer associés. Le programme OHA-SIS-BIO (Observatoire HydroAcoustique de la Sismicité et de la Biodiversité dans l'Océan Indien), quant à lui, redéployait un observatoire hydro-acoustique pour la surveillance de la sismicité de faible magnitude associée à l'expansion océanique le long des trois dorsales de l'océan Indien et de la déformation du bassin Indien central, ainsi que pour l'observation de la migration de grandes baleines dans l'océan Indien Austral. Ce réseau est redéployé chaque année depuis 2009/2010.
- Le programme REPCCOAI (Réponses de l'Ecosystème Pélagique aux Changements Climatiques de l'Océan Austral Indien) a réuni des scientifiques de l'UPMC et du MNHN afin d'étudier la répartition géographique du plancton et des poissons pélagiques. L'équipe s'est aussi intéressée à la résilience de certaines espèces de krill en cas de hausse de la température du milieu, notamment dans le but de prévoir l'influence du réchauffement climatique et les stratégies d'adaptation des espèces touchées.

Ces deux programmes ne sont que deux exemples des programmes réalisés au cours de campagnes océanographiques de l'IPEV.

### *Autres expéditions*

En dehors des campagnes océanographiques récurrentes, organisées à ce jour par l'IPEV, d'autres expéditions sont ponctuellement organisées dans les Terres australes françaises.

C'est le cas d'**ACE (Antarctic Circumnavigation Expedition)**, la première expédition subpolaire et polaire organisée par le Swiss Polar Institute qui a eu lieu de décembre 2016 à mars 2017 à bord du navire scientifique russe l'*AkademikTreshnikov*. Cette expédition a fait le tour de l'Antarctique, en passant par de nombreuses îles subantarctiques, dont Kerguelen et Crozet. L'expédition a porté 22 projets différents. Afin de mieux comprendre les écosystèmes de l'océan Austral et de l'Antarctique, ces projets réunissaient de nombreuses disciplines, de la biologie à la climatologie, en passant par l'océanographie.

Une autre expédition, celle **du Polar Pod(Plateforme Océanographique Dérivante)** de Jean-Louis Etienne vise à mieux comprendre le Courant Circumpolaire Antarctique, en faisant l'acquisition de données et d'observations sur le long terme, qui seront transmises aux chercheurs, océanographes et climatologues d'une cinquantaine d'institutions différentes impliquées dans le projet. Pour cela, une plateforme dérivante a été conçue entre 2012 et 2014 sur le modèle du RV FLIP (FLoating Instrument Platform), la plateforme océanographique américaine. Le départ de l'expédition est prévu en septembre 2019.

### III.F.3. Les partenariats internationaux de recherche

S'ils ne constituent pas encore la majorité des programmes scientifiques déployés dans les Australes, divers partenariats internationaux de recherche ont cours au sein de la Réserve naturelle, qu'ils soient placés sous la coordination de l'IPEV ou non.

Le programme PROTEKER regroupe ainsi des instituts français (l'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale IMBE – Marseille, l'UMR 7208 BOREA, l'UMR 7205, l'UMR 7205, l'UMR 7138, LOCEAN, le laboratoire Biogéosciences de Dijon, l'Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer UMS 2348, le centre de droit maritime et océanique de Nantes), mais aussi des instituts internationaux comme le *Laboratorio de Ecologia Molecular* à Santiago au Chili, le *Laboratorio de Macroalgas Antarticas y Subantarticas* à Punta Arenas également au Chili, et le Laboratoire de Biologie Marine BIOMAR de Bruxelles en Belgique.

Ces partenariats peuvent s'insérer dans le cadre plus large de **consortium de recherche se focalisant sur un sujet de recherche dans les Terres australes françaises**.

Initié en 2008, le consortium international MEOP est un exemple de projet multipartenaire et multidisciplinaire maintenu sur du long terme. Ce consortium a pour objectif la collecte de données océanographiques dans l'ensemble des océans du monde à l'aide de balises placées sur des mammifères marins. A Kerguelen, depuis 2004, le programme IPEV 109 (CEBC-CNRS) déploie, sur les éléphants de mer, des balises initialement développées par le SMRU (Sea Mammal Research Unit, Ecosse) pour collecter des données océanographiques (température, pression, salinité, lumière, oxygène, acoustique, accéléromètre, etc.).

Ces données sont ensuite traitées pour les rendre exploitables et elles sont diffusées dans le réseau MEOP. Ainsi, depuis 2004, plusieurs centaines de trajets d'éléphants de mer ont permis de couvrir une zone de l'océan jusqu'à présent inaccessible aux outils océanographiques traditionnels. Le même travail est réalisé sur les éléphants de mer dans d'autres régions australes, comme sur l'île de Macquarie (Institute for Marine and Antarctic Studies - University of Tasmania), sur d'autres espèces comme le phoque de Wedell en Terre Adélie (laboratoire LOCEAN - UMR UPMC, CNRS, IRD, MNHN) et dans l'hémisphère nord comme sur les phoques à capuchon en Norvège (Norwegian Polar Institute and Research Council of Norway).

Ce programme de recherche a permis de développer des collaborations multidisciplinaires en France et à l'international sur l'écologie des mammifères marins, l'étude du fonctionnement de l'océan Austral ou encore la compréhension du rôle de l'océan dans la régulation du climat, impliquant un grand nombre de partenaires internationaux en France (CEBC-CNRS, LOCEAN, IPEV...), en Norvège (Stockholm University, Norwegian Polar Institute), en Afrique du sud (Mammal Research Institute - University of Pretoria), en Australie (Institute for Marine and Antarctic Studies - University of Tasmania, Marine Predator Research Group - Macquarie University), au Brésil (Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande), au Royaume Uni (British Antarctic Survey, Sea Mammal Research Unit), en Allemagne (Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz Zentrum für Polar- und Meeresforschung), ou encore aux Etats-Unis (Massachusetts Institute of Technology, Harvard University).

Ces collaborations permettent alors de financer chaque année le déploiement d'un grand nombre de balises Argos, l'échange d'étudiants, de contractuels et de chercheurs entre laboratoires et la publication d'articles scientifique à portée internationale.



Par ailleurs, l'organisation de **symposia** est l'occasion de rendre compte de la recherche dans les Terres australes françaises. Ainsi, le premier symposium international scientifique sur le Plateau de Kerguelen, qui a eu lieu en avril 2010 à Concarneau, est un bon exemple de partenariat entre acteurs de recherche. Ce symposium regroupait plusieurs institutions, telles que les TAAF, l'IPEV, le MNHN, l'Australian Antarctic Division (AAD), l'Antarctic Climate and Ecosystems (ACE-CRC), le Syndicat des Armements Réunionnais de Palangriers Congélateurs (SARPC), l'Agence des Aires Marines Protégées (AAMP) et la Région Bretagne. Dans la continuité de cet événement, un second symposium, organisé conjointement par le MNHN et l'AAD, est prévu à Hobart en Australie du 13 au 15 novembre 2017.

### III.G. Les moyens logistiques et scientifiques des territoires

La logistique dans les Terres australes françaises doit permettre le transport de personnes et de matériels vers et au départ des bases des districts austraux. Compte tenu de l'isolement des îles australes et des difficultés logistiques inhérentes à ces territoires, les missions de recherche, de logistique et de souveraineté ont toujours été très complémentaires et ont veillé à systématiquement mutualiser leurs moyens. C'est notamment le cas avec le **Marion Dufresne II**, qui est un navire commun aux activités de recherche océanographique et à la logistique des territoires.

En outre, de manière occasionnelle, des navires de la marine nationale ainsi que des navires de pêche peuvent également être amenés à acheminer du personnel.

Une fois sur les bases, l'accès aux différents sites se fait **à pied**, sauf lors des opérations portuaires où **l'hélicoptère** peut être utilisé. A Kerguelen, le **chaland l'Aventure** sert de moyen de transport vers les sites du Golfe du Morbihan et **la Curieuse**, mobilisée lors des campagnes d'été, permet d'accéder à l'ensemble des autres sites isolés de l'archipel.

Du fait des possibilités d'accès strictement limitées, la typologie des publics fréquentant la Réserve naturelle est tout à fait spécifique. Trois types de public, ayant des utilisations différentes des territoires, sont à distinguer :

- le personnel mobilisé sur des activités logistiques ou scientifiques (cf. partie III.E. et III.I.) ;
- les hivernants qui effectuent des sorties « loisir » ;
- les touristes qui séjournent dans les Australes (cf. partie III.D.).

Les flux générés par ces trois types de public sont quantitativement inégaux, étant entendu que la grande majorité des personnes qui fréquentent la Réserve naturelle exercent leurs activités dans un cadre professionnel.

Un suivi mensuel de la fréquentation de chaque site est réalisé par chaque chef de district et transmis à l'équipe de la Réserve naturelle. Ce suivi comprend le nom du site fréquenté, le nombre de personnes et la durée du séjour. Ce suivi est mis en place depuis septembre 2008 mais il ne tient pas compte des visites ponctuelles de militaires, des visites touristiques en provenance du Marion Dufresne ou de bateaux autonomes, des descentes du personnel du Marion Dufresne ou de l'équipage des bateaux de pêche faisant escale sur les îles.

### III.G.1. Les moyens nautiques

#### *Le Marion Dufresne II*

Mis en service en 1995 et affrété par l'administration des TAAF, le Marion Dufresne II a pris la suite du Marion Dufresne I, qui avait vu le jour au Havre en 1972 et qui avait lui-même succédé au GALLIENI. En 1977, le Marion Dufresne I est armé par la CMA-CGM, qui armera également le Marion Dufresne II jusqu'en juin 2017, avant de passer le flambeau à Louis Dreyfus Armateurs (LDA). Il est la propriété des Terres Australes et Antarctiques Françaises depuis 1995.



Photo 65. Le Marion Dufresne II, navire ravitailleur et océanographique, propriété des TAAF

Le Marion Dufresne effectue, au départ du Port de La Réunion, **quatre rotations australes par an d'une durée d'un mois chacune, auxquelles vient s'ajouter depuis 1995 une campagne océanographique organisée par l'IPEV d'un mois et demi.** Lors de ces rotations, le navire accomplit des missions logistiques, de transport et scientifiques (missions océanographiques, opérations de carottage sédimentaire, base vie pour les laboratoires embarqués et pouvant servir d'université flottante).

**Concernant les missions logistiques et de transport,** le Marion Dufresne assure le transport vers les bases australes des **personnels** (jusqu'à 114 passagers) mais également d'une **cargaison variée** constituée en général de nourriture, des équipements, outils et matériels nécessaires au fonctionnement des bases, des matériaux destinés à la réalisation des chantiers, des matériels des partenaires de la collectivité (IPEV, CNES, CEA, Météo France, etc.) et de carburant.

Le **carburant** est chargé et transporté dans les soutes du navire d'une capacité de 1000 m<sup>3</sup>, puis est ensuite transféré sur les bases australes à l'aide d'un dispositif appelé « enrouleur ». Cet équipement permet la mise à l'eau d'une manche semi-rigide (sur plusieurs centaines de mètres), par laquelle s'effectue le transfert du carburant sous pression entre le navire et les unités de stockage des bases. Même si les moyens mis en œuvre pour assurer la desserte des îles subantarctiques ont évolué depuis l'établissement des bases dans les années 50, les difficultés liées aux conditions climatiques restent les mêmes.

Le transport de la cargaison nécessite la mobilisation de **contenants divers** : 110 **conteneurs** de 20 pieds (standards et frigorifiques), des plateaux (flats), caisses (plastiques, métalliques), fûts et racks de gaz, et

surtout une grande quantité de **colis conventionnels** de taille et poids très variables (de la « boîte à chaussures » à l'engin de travaux publics).

Le navire dispose également d'un récent système VSAT qui permet la continuité des échanges électroniques de données et de voix entre le navire et le siège des TAAF, ainsi que d'un système INMARSAT de secours (messagerie Skyfile acceptant les pièces jointes). La réussite de chaque rotation ou « opération portuaire » (OP) repose sur des escales minutieusement préparées et efficacement menées, dans des délais toujours très contraints.

Chaque année, depuis sa mise en service en 1995 et ce jusqu'au 31 décembre 2017, l'IPEV sous-affrète le Marion Dufresne II aux TAAF pour réaliser des **campagnes océanographiques** sur tous les océans du monde, et en particulier autour des îles australes pour des recherches pluridisciplinaires (géologiques, hydrologiques, hydrophysiques et biologiques) (cf. partie III.F.2) a) ii. ).

**A partir du 1<sup>er</sup> janvier 2018, le sous-affrètement du Marion Dufresne passe à l'IFREMER.** A l'heure de la rédaction du document, l'avenir de ces campagnes océanographiques reste encore inconnu.

Le Marion Dufresne est donc un navire polyvalent qui assume différentes fonctions pouvant se résumer comme suit :

- un **cargo** chargeant des conteneurs et des colis lourds d'une capacité de 5 600 m<sup>3</sup> et possédant deux grues jumelables de 25 tonnes et deux autres grues de service ;
- un **pétrolier** transportant du carburant pour les bases permanentes ;
- un **porte-hélicoptère** pouvant recevoir un hélicoptère de type Écureuil, Lama, Alouette ou Dauphin ;
- un **navire de recherche** équipé de 650 m<sup>2</sup> de laboratoires, qui possède plusieurs systèmes de treuillage et portiques pour la manipulation d'engins et matériels lourds, un sondeur multifaisceau Thomson-Sintra et enfin un carottier sédimentaire géant unique au monde ;
- un **transporteur de passagers** (capacité de 110 passagers).

Suite à la jouvence de « mi-vie » que le Marion Dufresne II a connu en 2015, consistant en la modernisation des appareils scientifiques et la réalisation de travaux sur la coque et les machines, son exploitation a pu être prolongée jusqu'en 2030. Cette opération, d'un montant de 23 M€, a été financée par les TAAF pour 10 M€ et par le ministère chargé de la Recherche pour 13 M€.

### *La Curieuse*

D'autres moyens à la mer, complémentaires, sont utilisés plus ponctuellement pour les missions scientifiques et logistiques. C'est le cas du navire « **La Curieuse** ». *La Curieuse* est un ancien chalutier de 25 mètres, construit en 1989. Racheté par les TAAF en 2011, elle servait jusqu'en 2016 également de bateau-école pour l'école d'apprentissage maritime de la Réunion.



Photo 66. « La Curieuse », navire océanographique de 25 m de type chalutier de pêche arrière

Le navire océanographique a été vendu par l'administration des Terres Australes et Antarctiques Françaises au Chantier Naval de l'Océan Indien (CNOI), situé à Maurice, en 2016. Le TAAF et l'IPEV continuent cependant à l'affrêter chaque année pour l'organisation des campagnes scientifiques d'été sur l'archipel de Kerguelen. La Curieuse permet à l'IPEV et à la Réserve naturelle **de garantir la pérennité de leurs programmes de recherche et de leurs actions de gestion respectives sur Kerguelen**, en assurant principalement en zone côtière :

- l'hydrographie côtière, le chalutage, le dragage, la biologie marine (ichtyologie, plancton, krill, benthos...);
- l'océanographie physique (températures, salinité etc...);
- le soutien aux opérations scientifiques terrestres (transport de matériel et de personnels, maintenance de stations "observatoires" permanentes du type stations climatologiques);
- le soutien aux opérations logistiques terrestres (ravitaillement et entretien des refuges);
- l'aide aux capacités de plongée (compresseur, *Remotely Operated Vehicle*) pour les programmes marins (observatoires sous-marins, etc.);
- la géologie (dragage, carottages).

### **Le chaland « Aventure II »**

A Kerguelen, **le chaland « Aventure II »** est en activité toute l'année pour permettre l'accès des scientifiques des programmes IPEV et de la Réserve naturelle aux îles du Golfe du Morbihan sur lesquelles de nombreuses études sont menées.

L'arrêté 2013-13 définit ses conditions d'utilisation. Les missions qui lui sont dévolues sont ainsi le transport de matériel et de personnel pour des sorties professionnelles, notamment les missions des TAAF, les programmes scientifiques autorisés, les missions de la Réserve Naturelle dans le cadre du plan de gestion et les activités autorisées par la convention. Les sorties loisirs ne sont autorisées que couplées à l'une d'entre elles.

L'équipage de l'Aventure II est désigné par décision du préfet, et est formé d'un patron manœuvrier et d'un mécanicien en cas de navigation courante. En cas d'opération logistique, l'équipage est augmenté d'un troisième marin formé à cet effet. Le nombre de passagers est limité à 12.

### *Le semi-rigide « Commerson »*

**Le semi-rigide « Commerson »** de la Réserve naturelle, en activité depuis 2014 lors des campagnes d'été, complète ce dispositif. Il permet le transport rapide de passagers depuis la base de Port-aux-Français vers les îles du Golfe du Morbihan. Sa présence à Kerguelen permet également un appui important aux opérations de plongées effectuées par le programme IPEV-PROTEKER et pour l'acquisition de données sur la population de dauphins de Commerson.



Photo 68. Semi-rigide le « Commerson » dans le Golfe du Morbihan

**L'ensemble de ces moyens permettent d'assurer la logistique de la recherche et les actions de gestion de la Réserve dans les îles australes. Il est important et nécessaire de consolider, voire développer, ces moyens nautiques, notamment à Crozet, Saint-Paul et Amsterdam. Ces districts en sont en effet dépourvus à l'heure actuelle en dehors des rotations du Marion Dufresne.**

### **III.G.2. L'hélicoptère**

Les opérations logistiques dans les districts austraux menées lors des OP s'effectuent en grande partie à l'aide d'un **hélicoptère**, affrété par les TAAF et embarqué sur le Marion Dufresne. Cet appareil n'est présent que lors du passage du Marion Dufresne, soit quelques jours par an (il a parfois été laissé plusieurs mois sur place lors de précédentes opérations telles que la dératissage de Saint-Paul ou de certaines îles du Golfe du Morbihan). Il permet notamment de charger à bord du *Marion Dufresne* les déchets et le matériel qui doivent être rapatriés à la Réunion. Il sert également au transport de passagers et de matériels entre le navire et les bases ou les sites isolés des districts, étant entendu que le transport de matériels s'effectue en cabine ou par sling. D'autres missions peuvent cependant être requises, en tant que de besoin, tels que le secours à la personne, le transport de blessés, des observations scientifiques aériennes (dénombrement de colonies d'oiseaux, étude de la répartition du renne, etc.), des opérations de maintenance (relais et phares), des prises de vues aériennes, des interventions en haute altitude ou en mer, etc. En moyenne, chaque rotation implique une utilisation de l'hélicoptère entre 30 et 90 heures.

INSERER PHOTO

Photo 69. XXX

### III.G.3. Les moyens terrestres motorisés

Il existe sur les districts de Crozet, Kerguelen, et Saint-Paul et Amsterdam, un parc d'engins motorisés indispensables pour la mise en œuvre de la logistique et des travaux sur les bases, ainsi que pour le déplacement de personnes (Port-aux-Français). En 2017, ce parc est constitué de :

- Sur la base Alfred Faure (Crozet) : une grue mobile PPM A300, un chariot télescopique Manitou 12335, une tracto-pelle Caterpillar 428D, deux tracteurs John Deere 6510 avec fourches, et un 4x4 Mitsubichi L200.
- Sur la base Port-aux-Français (Kerguelen) : une grue mobile PPM A300, deux chariots télescopiques, une pelleteuse, deux tracto-pelles, une nivelleuse, un rouleau compacteur, une nivelleuse, une cribreuse de carrière, quatre tracteurs, un transporteur agricole John Deere Gator, 18 véhicules de transport, majoritairement des Kangoos, ainsi qu'un camion de pompier B120.
- Sur la base Martin de Viviès (Amsterdam) : un chariot télescopique, une grue mobile, une mini-pelleteuse, et deux tracteurs.

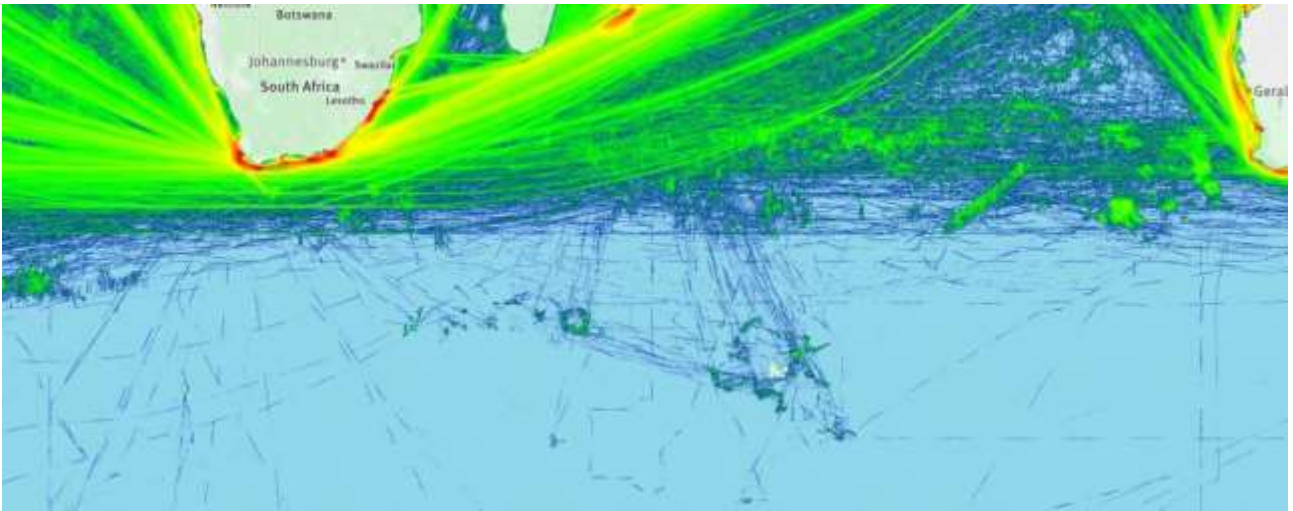
INSERER PHOTO engin roulant (tracteur ?)

Photo 70. XXX

### III.H. Le trafic maritime

Dans les ZEE australes, loin des principales routes maritimes, le trafic maritime est très limité. Les navires de commerce effectuant des lignes entre Le Cap (Afrique du Sud) et l'Australie pourraient choisir une route traversant les ZEE australes, mais les conditions météorologiques de la zone et la présence d'icebergs en hiver austral les en dissuadent.

Ce trafic peut être mis en évidence grâce au Système d'Identification Automatique (AIS) qui équipe obligatoirement les navires de pêche autorisés et les navires de commerce à partir d'une certaine jauge brute. Les navires de plaisance ne disposent généralement pas de ces systèmes et ne sont donc pas suivis. A Kerguelen et à Crozet, le trafic se résume principalement aux navires de pêche français, et aux navires de pêche australiens, en route pour la ZEE de Heard et Mc Donald Islands.



Carte 89. Flux des navires suivis par Automatic Identification System (source Marine Traffic 2016)

A Saint-Paul et Amsterdam, plus au nord, les passages inoffensifs de navires de commerce à travers la ZEE sont plus fréquents et également observés depuis la base d'Amsterdam. La présence de navires de pêche au nord de la ZEE est également importante, due à la flotte de pêche asiatique aux thons.

### III.I. La surveillance des ZEE

Les ZEE australes sont très convoitées pour leurs ressources halieutiques et ont fait l'objet de pêche INN (illicite, non déclarée et non réglementée) importantes par le passé. Afin de limiter la pêche INN, de surveiller les activités en mer et d'asseoir la souveraineté de la France sur les Terres australes françaises, les ZEE, et par conséquent le périmètre de la Réserve naturelle, bénéficient **d'un dispositif de surveillance polyvalent**.

**La Marine Nationale** patrouille dans les ZEE australes à raison d'environ 130 jours par an, via **deux frégates, le Nivôse et le Floréal**, appuyées de leur hélicoptère.

Ces patrouilles sont complétées par **un patrouilleur des affaires maritimes, « l'Osiris »**, financé à 80% par la collectivité des TAAF et qui patrouille en moyenne 80 jours par an dans les zones australes.

Les moyens de la Marine Nationale ont été complétés en juin 2017 par l'arrivée du Champlain, un nouveau patrouilleur de type « B2M » (Bâtiment multifonctions), qui surveillera toute la zone australe.

En parallèle, les TAAF ont mis en place avec la Marine Nationale et l'IPEV un partenariat, afin de renouveler une partie des moyens que les acteurs publics déploient dans l'océan Indien, l'océan Pacifique et dans l'océan Antarctique. Ce partenariat s'est traduit par le **lancement de la construction d'un nouveau navire « Astrolabe », dont la mise en service est prévue à l'autonome 2017**. Ce navire polyvalent de 72 m, dédié à la logistique antarctique et à des missions de souveraineté, viendra compléter le dispositif de surveillance dans les ZEE des Terres australes françaises. L'acquisition de ce navire, en propriété propre des TAAF, représente pour la collectivité un investissement de 50 millions d'euros.

Enfin, grâce à un accord-cadre entre la France et l'Australie, des patrouilles sont également organisées chaque année dans les zones australes par des patrouilleurs de la Marine, à raison de 40 jours par an. Ces moyens maritimes sont complétés par un suivi satellite RADARSAT permettant de documenter la présence et de diriger l'effort de patrouille en mer, compte tenu de l'immensité du territoire maritime. Ces moyens à la mer patrouillent en moyenne plus de 220 jours par an dans les ZEE australes. Sur la base de ces travaux, un accord similaire a été signé entre la France et l'Afrique du Sud le 11 juillet 2016. Il a pour objectif de développer la coopération régionale en matière de surveillance et de recherche scientifique relatives aux ressources biologiques marines. Un système commun de surveillance des pêches est prévu par ledit accord, ainsi que le développement d'activités de coopération scientifique en matière de biodiversité marine.



Photo 71. Frégate de surveillance de la marine nationale

Grâce à ces efforts de surveillance permanents et suite à l'arraisonnement d'une vingtaine de navires à la fin des années 90 et au début des années 2000, **la présence d'activités de pêche INN a très fortement**



**chuté** dans la zone et la dernière observation d'activité illégale remonte à 2013 à Crozet. Le dispositif joue donc désormais un rôle essentiellement dissuasif envers d'éventuels navires INN.

Cette présence de navires de surveillance constitue également pour les TAAF un atout logistique éventuel en cas de besoin exceptionnel dans les îles australes (rapatriements sanitaires, ravitaillement d'urgence etc.). Il est enfin un moyen de collecter des données scientifiques, en accueillant ponctuellement, à bord de ces navires, des agents pour des missions scientifiques ou des actions de gestion.

## III.J. La biosécurité

L'une des principales menaces liée aux activités anthropiques dans les Terres australes françaises réside dans le risque d'introduction d'espèces exotiques de végétaux (cf. partie IV.A.1), d'invertébrés (cf. partie IV.A.2) et de vertébrés (cf. partie IV.A.3) ou encore de pathogènes, par le transport de personnes et de fret (cf. partie IV.B.4), que ce soit entre les districts ou au sein d'un district. Afin **de limiter l'introduction et/ou la dispersion de nouvelles espèces** sur le territoire, la Réserve naturelle a progressivement mis en place des **mesures de biosécurité** qui s'appuient sur :

- **la définition d'un zonage d'application**

Au sein de la réserve, les niveaux de contamination par des espèces introduites peuvent être différents d'un site à l'autre. Il existe ainsi un gradient allant des sites largement contaminés tels que les bases ou les sites très fréquentés, aux sites moins contaminés voire non contaminés tels que les sites isolés et/ou peu fréquentés, en particulier les secteurs en protection intégrale. Cette situation implique la mise en place de procédures qui doivent être prises en compte avant toute mission sur le terrain, qu'elle soit scientifique, technique ou logistique. Par exemple, l'accès aux sites préservés est subordonné à la mise en œuvre de protocoles de biosécurité extrêmement rigoureux. Les déplacements pédestres, les déposes en bateau sur les îles du Golfe du Morbihan ainsi que les opérations logistiques amenés à fréquenter successivement plusieurs sites dans le cadre d'une même mission doivent veiller à adopter des itinéraires allant des sites les moins contaminés vers ceux qui le sont le plus.

- **la définition des modes de transit des personnes et du matériel au sein de la Réserve**

Dans les Terres australes françaises, il existe plusieurs **vecteurs de dissémination d'espèces introduites** :

- les **personnes** (transitant à pied, en véhicules terrestres motorisés, en bateau, en hélicoptère, etc.) ;
- le **fret** de vivres, d'objets (transitant en bateau, hélicoptères, véhicules terrestres motorisés).

Pour que des mesures de biosécurité soient efficaces, elles doivent être mises en œuvre **sur l'ensemble des moyens d'accès et de débarquement**, et être appliquées **à tous les vecteurs existants** (chaussures, vêtements, sacs, produits frais, matériel, fret, etc.). **La stratégie retenue pour la mise en place de mesures de biosécurité est d'adapter au fur et à mesure les procédures en fonction de chaque cas particulier.**

Les mesures de biosécurité actuellement (2017) mises en place dans la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises sont décrites ci-après. Ces dernières ont été initiées en 2011 et ont progressivement évolué grâce à l'amélioration des connaissances et des moyens techniques.

### III.J.1. Mesures de biosécurité liées au transport et au déplacement des personnes

A ce jour, les personnes et les bagages débarquant sur les bases australes le sont essentiellement depuis le Marion Dufresne. Cela implique plusieurs actions :

1. **Information préalable des visiteurs et recommandations sur le nettoyage des effets personnels :**
  - De manière générale, **plusieurs supports sont nécessaires pour mener cet objectif à bien** : oral (formation), papier (guide, plaquette, questionnaire, etc.), court métrage. Ces actions de sensibilisation doivent être répétées à chaque renouvellement de personnel et à chaque rotation du Marion Dufresne, et doivent cibler tous les groupes de personnes amenés à fréquenter la réserve (personnels TAAF, partenaires, scientifiques, prestataires, touristes, militaires, équipage du Marion Dufresne, pêcheurs, etc.) ;
  - Des instructions de biosécurité sont communiquées à l'ensemble des personnels dans le cadre d'une **formation « Biosécurité » obligatoire** dispensée à bord du Marion Dufresne avant l'arrivée du navire à l'île de La Possession (district de Crozet). Cette formation est complétée par une présentation générale de la réserve naturelle (patrimoine naturel, plan de gestion, réglementation environnementale, gestion des déchets, biosécurité, etc.) qui permet d'apporter des éléments de compréhension des enjeux de conservation sur les Terres australes françaises. Cette présentation est également réalisée lors du séminaire annuel de l'IPEV et de la passation de consignes avec les commandants des navires de la Marine Nationale ;
  - **Un « Guide de l'hivernant » ainsi qu'un « Dépliant biosécurité » (cf. Annexe XXX) sont aussi disponibles** et transmis au format papier ou électronique à chacun des usagers avant le départ de leur domicile afin que les procédures puissent être appliquées dès la préparation des bagages et/ou du matériel.
  
2. **Avant l'embarquement à bord du navire et avant chaque débarquement sur les îles, décontamination de l'ensemble des bagages et des personnes :**
  - Le Marion Dufresne est équipé d'un local Biosécurité qui permet la mise en œuvre des procédures de biosécurité avant chaque descente à terre ;
  - L'intérieur des bottes et chaussures est passé à l'aspirateur et l'extérieur est brossé à l'eau claire. Enfin, un produit désinfectant est aspergé sur les semelles avant d'être mises à sécher ;
  - Les vêtements sont lavés en machine puis aspirés en insistant sur les poches, les revers de pantalons, les velcros, etc. ;
  - Les sacs et contenants sont, si possible, lavés en machine et aspirés en insistant sur le fond et sur les mousses protectrices sur le dos pour les sacs de randonnée ;
  - Le matériel technique et scientifique est nettoyé en adaptant la méthode à la fragilité du matériel : brosse / eau / aspirateur / etc.
  
3. **Avant chaque départ vers un site isolé sur les districts de Crozet et Kerguelen, décontamination de l'ensemble des équipements personnels et du matériel de terrain :**

Sur les districts, la quasi-totalité des missions scientifiques, techniques et logistiques partent des bases permanentes qui sont aussi les zones les plus contaminées en espèces exotiques. A ce titre, des **mesures de biosécurité** similaires à celles décrites ci-avant, sont également appliquées par les personnels détachés sur les districts avant chaque départ sur le terrain. Pour ce faire, des locaux de biosécurité ont été installés et équipés sur les bases Port-aux-Français (2014) et Alfred Faure (2017).
  
4. **Veille et détection précoce :**

Sur l'ensemble des districts, des protocoles ont été définis afin de détecter précocement une potentielle introduction. Ces protocoles concernent notamment les plantes, les invertébrés et les mammifères (rats et souris)

De manière générale, les mesures de biosécurité sont bien acceptées par les personnes débarquant sur les îles depuis le Marion Dufresne et sont également bien entrées dans les habitudes de fonctionnement de l'ensemble des usagers de la réserve au sein même des districts.

En parallèle à cela et afin de lutter plus spécifiquement contre la dissémination d'agents infectieux en lien avec les activités humaines, **un protocole strict de biosécurité a été défini et mis en place pour le personnel transitant et travaillant sur différentes colonies de la réserve** : Colonies de Pointe Morne à Kerguelen / Colonies d'Entrecasteaux et du Plateau des Tourbières à Amsterdam.

### III.J.2. Mesures de biosécurité liées au transport de fret

Les activités humaines sont responsables de l'introduction volontaire ou involontaire des espèces allochtones et de leur dissémination. En particulier, le fret débarqué sur les bases ou sur des sites isolés constitue un vecteur majeur d'introduction et de dispersion d'espèces exogènes.

Au cours du premier plan de gestion de la réserve naturelle (2011-2015), peu d'avancées ont été réalisées concernant la biosécurité sur le fret. En revanche, un plan stratégique de biosécurité a pu être initié. Ce plan s'attache à lister et analyser un à un, de la manière la plus exhaustive possible, les différents vecteurs d'introduction d'espèces exotiques pour ensuite proposer des mesures de prévention et de correction proportionnées par rapport aux risques identifiés. La mise en œuvre et la réussite de ces mesures dépendent fortement de leur faisabilité technique, et du niveau d'implication des différents acteurs du territoire (logistique TAAF, logistique IPEV, fournisseurs, transitaires, Marion Dufresne, etc.).

Malgré les nombreuses difficultés, plusieurs actions préventives ont pu être identifiées et mises en place :

#### *Quai et mise à bord*

Les quais sur lesquels vient s'amarrer le Marion Dufresne sont problématiques car la quasi-totalité du fret y est entreposée avant d'être mis à bord. **Cette zone de stockage temporaire n'est actuellement soumise à aucun protocole de biosécurité.**

En revanche, **les contenants sont systématiquement nettoyés à l'eau et/ou à l'air haute pression juste avant leur chargement à bord du Marion Dufresne.** Cette mesure est appliquée lors des opérations de levage sur le quai du port. Pour réaliser ce travail, du personnel spécifique est recruté avant chaque rotation par la collectivité des TAAF.



Photo 72. Biosécurité sur le quai lors de la mise à bord des contenants

### Contenants

Depuis 2012, la collectivité des TAAF a entrepris le renouvellement de son parc de contenants. La nature de ces derniers (containers, caisses métalliques, caisses plastiques, big bag) a été choisie afin de satisfaire aux besoins logistiques (fonction du Fret à transporter) et aux exigences liées aux mesures de biosécurité (matériaux et surfaces facilement nettoyables et limitant l'introduction d'agents exotiques). En fonction de leur durée de vie, ces contenants sont régulièrement changés.

Plusieurs types de contenants adaptés à la biosécurité sont actuellement utilisés pour les opérations de ravitaillement :

- Les **caisses plastiques légères (CPL)** : elles présentent l'avantage d'être facilement lavables. Leurs parois lisses en font de piètres refuges à propagules et facilitent leur contrôle visuel ;
- Les **caisses grillagées** : elles sont facilement nettoyables et ne constituent pas un bon refuge à propagules ;
- Les **caisses métalliques** : elles présentent des caractéristiques similaires aux CPL, la robustesse en plus et la légèreté en moins ;
- Les **conteneurs** : constitués de revêtement métallique ils sont également facilement lavables et contrôlables.

Afin d'être cohérente et efficace, la stratégie de biosécurité mise en place dans les Terres australes françaises doit prendre en compte l'ensemble des sources de contamination, des vecteurs d'introduction et/ou de dispersion, et des acteurs. En particulier, dans le cadre du second plan de gestion (2018-2027), il apparaît prioritaire de mettre en place une procédure systématique de décontamination du fret sur l'intégralité de la chaîne logistique de ravitaillement des îles.

## III.K. Autres activités

Certaines activités n'ont pas lieu directement sur les Terres australes françaises mais y sont intrinsèquement liées. C'est le cas des formations de biosécurité qui ont lieu avant que les usagers et les personnels des bases n'arrivent sur les districts, ou encore des actions de sensibilisation destinées au grand public. La philatélie, quant à elle, est réservée à un nombre restreint de spécialistes très attachés à la publication de timbres illustrant ces territoires. Toutes ces activités participent ainsi au rayonnement de ces territoires à travers le monde.

### III.K.1. Sensibilisation à la protection de l'environnement

L'enjeu du « porter à connaissance » des richesses de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises et du travail qui y est accompli est un vecteur essentiel de la bonne gestion de cette Réserve. Cet enjeu se traduit par :

- la **formation et la sensibilisation de l'ensemble des utilisateurs de la Réserve naturelle**, qu'ils soient personnels TAAF, logisticiens militaires, scientifiques, touristes ou autres usagers afin qu'ils contribuent à la préservation des milieux et des espèces ;
- **une stratégie de communication adaptée et différenciée par type de publics**, déployée pour asseoir l'importante valeur écologique de cette zone. Les richesses patrimoniales des Terres australes françaises et de leurs eaux sont encore trop méconnues du grand public. En ces temps de prise de conscience écologique par le plus grand nombre, ces territoires sont des sites naturels encore préservés qui véhiculent un modèle de préservation de la biodiversité à l'échelle globale.

#### III.K.1.a) Sensibilisation des usagers et personnels des bases

Si les Terres australes françaises ne sont pas habitées, elles hébergent en revanche trois bases qui rassemblent près de 300 personnes par an (moins de 200 en été et moins de 100 en hiver) et qui répondent de manière permanente aux besoins de gestion du territoire et de recherche scientifique. La bonne information de l'ensemble des personnes séjournant sur ces territoires aux mesures qui sont prises et à la réglementation qui s'y applique est donc fondamentale car elle contribue à l'efficacité de la gestion de la Réserve naturelle nationale. L'application et le respect des protocoles de biosécurité, le tri sélectif des déchets, ou encore l'utilisation des sentiers balisés, constituent des actions concrètes auxquelles chacun participe, mais qui nécessitent au préalable un gros travail d'information et de sensibilisation.

Aussi, **tous les personnels des bases**, que ce soient les chefs de district lors de leur formation avant départ, les personnels extérieurs tels que les commandants de la Marine nationale ou les militaires lors de la passation de consignes avec les équipages, les agents de la Réserve naturelle présents sur site ou encore les scientifiques de l'IPEV (institut polaire français Paul-Emile Victor) lors du séminaire annuel des VSC, **reçoivent, avant leur séjour, une formation plus ou moins longue sur la biodiversité et les enjeux environnementaux des Terres australes françaises, ainsi que sur la réglementation en vigueur.**

**Ces formations sont complétées lors des rotations sur le Marion Dufresne II**, qui dépose chacun des personnels sur l'ensemble des districts austraux concernés. Ce séjour sur le Marion Dufresne II constitue un moment privilégié, que les agents de la Réserve naturelle présents à bord mettent à profit pour évoquer l'environnement des îles australes et faire prendre conscience aux passagers des enjeux de gestion. En parallèle, ces mêmes agents de la Réserve naturelle dispensent, à bord du navire, des formations aux règles de biosécurité à appliquer sur chacun des districts.

Tableau 40. Nombre de personnes ayant reçu une formation-sensibilisation entre 2012 et 2015 sur le Marion Dufresne, les navires de la Marine Nationale, l'Osiris ou d'autres navires

NOMBRE DE PERSONNE AYANT REÇU LA FORMATION
--

Nom du navire ou du lieu	2012	2013	2014	2015	TOTAL
Marion Dufresne	369	317	312	150	<b>1148</b>
Marine Nationale	26	4	18	18	<b>66</b>
Osiris	12	5	12	-	<b>29</b>
Autres navires	8	15	18	-	<b>41</b>
<b>TOTAL</b>	<b>415</b>	<b>341</b>	<b>360</b>	<b>168</b>	<b>1284</b>

*A noter que les VSC de l'IPEV sont formés une première fois pendant le séminaire IPEV, puis une seconde fois à bord du Marion Dufresne.*

Malgré l'existence de ces formations, il est nécessaire de rappeler régulièrement aux usagers de la Réserve naturelle la réglementation qui y a cours et les principaux enjeux de conservation. Une démarche de sensibilisation et d'éducation à l'environnement des usagers et personnels des bases est donc nécessaire.

### III.K.1) a) i. Sensibilisation du personnel

Une fois sur base, agents de la Réserve naturelle, scientifiques et personnels technique des TAAF se côtoient au quotidien pendant plusieurs mois. En tant que représentant du gestionnaire, ces agents mettent en œuvre directement, sur le terrain, les actions définies dans le plan de gestion et sensibilisent en continu les personnes séjournant sur ces territoires à la biodiversité qui les entoure. L'éducation à l'environnement et à la préservation de la biodiversité s'appuient également fortement sur l'implication et la participation des autres personnels détachés sur les districts à la mise en œuvre, sur le terrain, d'actions de conservation et/ou d'acquisition de connaissance. Ces moments d'échanges privilégiés, au cœur de l'espace protégé, contribuent de manière non négligeable à la compréhension des enjeux de conservation des Terres australes françaises et à la nécessité de les préserver.



Photo 73. Plantation de phylicas par des agents de la réserve naturelle et des hivernants à Amsterdam

Pour permettre à chacun de prendre conscience qu'il évolue dans un espace classé, dès 2011, des **panneaux d'accueil**, conformes à la charte graphique commune à l'ensemble des réserves naturelles de France, ont été installés sur les bases de chaque district. Ils présentent la biodiversité et les enjeux de conservation de la Réserve naturelle, ainsi que les consignes à suivre dans un espace protégé, notamment ceux qui sont positionnés à l'entrée des bâtiments de vie commune de chaque district.

De plus, chaque base est dotée d'une **zone d'accueil « maison de la réserve »**, ouverte à l'ensemble des personnels séjournant sur les îles : on y trouve un certain nombre d'informations sur le patrimoine naturel des Terres australes et les actions de conservation mises en œuvre. A Kerguelen, la nouvelle « maison de la Réserve naturelle » inaugurée en 2014 dispose en outre d'une salle d'exposition et d'un point de documentation.

En 2014, une **exposition de 15 panneaux** sur la Réserve naturelle et adaptée à chacun des districts (14 panneaux sur la Réserve et 1 panneau d'introduction sur les TAAF) a été installée sur chaque base, dans les lieux de vie commune. Chaque hivernant, campagnard d'été ou visiteur de passage peut ainsi découvrir au fil des districts une série de cinq panneaux, à chaque fois différents, déclinant les enjeux et actions de conservation spécifiques au site.

Sur le terrain aussi, les équipes de la Réserve s'appliquent à expliquer leurs travaux et à sensibiliser à l'environnement l'ensemble du personnel des bases.

Au-delà de cette sensibilisation quotidienne, depuis 2012, chaque district se mobilise pour organiser la "**Fête de la Nature**", événement annuel national qui a lieu au mois de mai. Les agents de terrain élaborent un programme d'activités sur le thème de la biodiversité afin de rappeler à tous les hivernants les enjeux de conservation et de leur permettre de découvrir ou redécouvrir les territoires hors base dans des moments de fête et de convivialité.

Plusieurs supports de communication et de sensibilisation à destination des utilisateurs de la Réserve et grand public ont été réalisés et diffusés. On peut notamment citer le dépliant de présentation de la Réserve naturelle (mis à jour en 2017), celui sur la biosécurité (édité en 2015), la synthèse du plan de gestion 2011-2015 ou les bilans d'activités annuels. L'ensemble de ces documents sont par ailleurs téléchargeables sur le site Internet des TAAF dans la partie « réserve naturelle ».

### III.K.1) a) ii. Sensibilisation des touristes

Si l'éloignement et les contraintes d'accès complexifient le rôle de sensibilisation du grand public porté par le gestionnaire de l'espace naturel, ces particularités attisent aussi la curiosité et l'engouement du public. Des personnes, attirées par le côté extrême et isolé des Terres australes françaises, et qui plus est sensibles au monde de la mer et à la biodiversité, se passionnent pour ces îles et les rotations du Marion Dufresne II. Consciente de cette demande et soucieuse d'ouvrir son territoire, **la collectivité des TAAF a démarré en 1994 une petite activité touristique**, en accueillant, à chaque rotation du Marion Dufresne II, **un nombre très limité de passagers payants (une douzaine par rotation)**.

En amont de leur départ, les touristes reçoivent plusieurs documents, dont la « charte de l'environnement » relative au code de bonne conduite à adopter dans les Terres australes françaises. Cette charte, qui doit être signée par chaque personne séjournant ou transitant sur ces territoires, sensibilise et implique directement les usagers. De la même manière qu'il est important d'impliquer les « hivernants » dans la mise en œuvre des mesures de gestion et le respect de la réglementation, la sensibilisation des touristes participe elle aussi à l'efficacité de la gestion. Dans cette perspective, les raisons qui justifient l'interdiction d'accès à certains sites (zones classées en protection Intégrale par exemple) ou le fait de respecter une certaine distance d'approche avec les animaux sont expliquées.

Au cours de la navigation sur le Marion Dufresne II, les touristes participent aux nombreuses conférences de sensibilisation aux richesses patrimoniales des Terres australes françaises, ainsi qu'aux formations proposées à l'ensemble des passagers, telles que celle relative à la biosécurité.

Par ailleurs, depuis 2011, ces mêmes touristes sont placés sous l'encadrement des agents de terrain de la Réserve naturelle lors de leur passage sur chacun des districts. Ces derniers ont la responsabilité de sensibiliser les touristes à la richesse, à la fragilité et à la vulnérabilité de la biodiversité des îles, ainsi que de veiller à ce que ceux-ci respectent bien la faune et la flore pendant les excursions sur les sites.

Le schéma « écotouristique » actuellement mis en place par la collectivité des TAAF lui permet d'ouvrir son territoire au grand public, tout en minimisant les impacts sur le milieu naturel, ce qui est en parfaite adéquation avec les objectifs du plan de gestion de ces territoires.

### III.K.1) a) iii. Sensibilisation des autres utilisateurs de la Réserve naturelle

Plusieurs catégories de personnes se rendant dans la Réserve ne bénéficient pas encore d'une formation aussi exhaustive sur les enjeux environnementaux de la Réserve. C'est le cas notamment de certains scientifiques qui transitent sur les campagnes océanographiques, des pêcheurs, des voiliers de tourisme et des équipages des bâtiments militaires. Ils reçoivent cependant, avant de débarquer, des informations sur les règles de biosécurité à respecter et bénéficient par ailleurs d'un accompagnement des agents de la Réserve. Le renforcement de la sensibilisation de ces types d'utilisateurs aux enjeux de la Réserve est donc nécessaire ; elle constitue l'un des enjeux du présent plan de gestion.

#### **III.K.1.b) Communication et sensibilisation du grand public**

Afin de toucher un plus large auditoire, le développement de la communication et de la sensibilisation à l'environnement de la Réserve se fait via la **presse** et les **médias**, ainsi qu'à travers des **événements ex situ** pour un public qui n'aura, dans la plupart des cas, jamais l'opportunité de découvrir les Terres australes françaises. L'essentiel de ce travail est réalisé par le service communication des TAAF en lien avec la direction et les agents de la Réserve basés au siège, à Saint-Pierre de La Réunion. Cette communication s'intègre alors à l'effort fourni par la collectivité pour faire connaître les territoires gérés, parmi lesquels les trois districts austraux. Les TAAF mettent en particulier l'accent sur le caractère inaccessible des districts, le Marion Dufresne II, la beauté des paysages et la remarquable biodiversité des îles, ce qui permet d'évoquer les enjeux scientifiques et le classement en réserve naturelle nationale des Terres australes françaises.

Si les supports de communication spécifiques à la Réserve naturelle ne sont pas nombreux, une **exposition** dédiée a pris place en 2014 au sein du hall d'accueil du siège des TAAF (ouvert aux personnes de passage et au public scolaire) et deux courtes **vidéos de présentation** y sont diffusées. Par ailleurs, les agents de la Réserve au siège participent régulièrement à des événements tournés vers le grand public (festivals, expositions, manifestations occasionnelles, etc.) à La Réunion et en métropole, qui permettent de mettre en avant les enjeux de conservation de la Réserve et les actualités du moment.

En outre, ces territoires bénéficient **des relations médias** entretenues par le service communication des TAAF, qui répond régulièrement aux sollicitations de journalistes intéressés par l'environnement subantarctique. Pour communiquer sur ces îles qui sont loin et hors de portée du grand public, et afin de rendre les choses plus concrètes, les supports médias présentent de réels avantages. Les reportages réalisés par les journalistes embarqués à bord du Marion Dufresne II au cours d'une rotation par exemple, ont d'importantes retombées et nourrissent l'imaginaire du téléspectateur. S'il n'existe pas encore de documentaire dédié à la Réserve naturelle, celle-ci est largement mentionnée dans les différentes publications et diffusions sorties.



### III.K.2. La philatélie

La **philatélie** contribue aussi à la communication des Terres australes françaises. Un réseau de philatélistes est aujourd'hui constitué et suit en effet l'actualité des Terres australes françaises à travers le prisme de la philatélie, dont nous rappelons ici l'histoire.

**L'aventure postale dans les TAAF débute avec celle des frères Bossière sur Kerguelen.** En effet, René Bossière, dont l'objectif principal est l'exploitation des Iles Kerguelen, est nommé « Résident de France » à Kerguelen en 1896 par le ministère des colonies, et il dispose à cet effet d'un matériel de timbrage avec des timbres de France métropolitaine. Cependant, c'est seulement en 1909 que le timbre administratif de la Résidence de France est utilisé sur le courrier en partance des îles Kerguelen.

En 1925, le ministère des colonies et le secrétariat général des PTT (Postes, Télégraphes, Téléphones) décident que seuls les timbres de Madagascar et de ses dépendances peuvent être utilisés pour l'affranchissement du courrier en partance des îles Kerguelen. En 1948, des « bureaux de poste » sont créés à Saint-Paul et Amsterdam, à Kerguelen et en Terre Adélie. L'affranchissement des correspondances est réalisé avec des timbres de Madagascar. Ainsi, les timbres à date témoignent de l'appartenance des territoires concernés à l'administration de Madagascar, sauf la Terre Adélie qui bénéficie, à la demande de Paul-Emile Victor, d'une mention particulière : « Antarctique ».

**Jusqu'en 1955 et la création officielle du Territoire des Terres australes et antarctiques françaises, le volume des correspondances est resté très restreint. Il s'est considérablement développé à partir de 1955 avec l'émission de timbres poste spéciaux au nom du nouveau Territoire et la substitution aux timbres à date existants d'un nouveau matériel portant le nom de chaque district.** La préparation de l'année géophysique internationale entre juillet 1957 et décembre 1958 stimula considérablement l'activité des missions dans les Terres australes françaises et en Antarctique, ce qui eut aussi pour effet de précipiter les changements dans le domaine postal, et en 1961, un quatrième « bureau de poste » des TAAF est ouvert sur le district de Crozet. **Depuis près de soixante ans, le Territoire des Terres australes et antarctiques françaises a émis plus de 500 timbres.** Les quatre gérances postales (Saint-Paul et Amsterdam, Crozet, Kerguelen et Terre Adélie) fonctionnent toujours de la même façon et traitent, en plus du courrier privé des hivernants et du courrier administratif, un important courrier philatélique dû à l'engouement des collectionneurs français et internationaux.



Le timbre « Albatros à sourcils noirs » de 1968, réalisé en taille douce, est le plus recherché par les philatélistes, coté à hauteur de 555 €.

Photo 74. Timbre "Albatros à sourcils noirs", 1968

Depuis 2010, la philatélie des TAAF s'inspire du patrimoine naturel de la réserve, et met en avant dans ses timbres la faune et la flore qui peuplent le territoire. En janvier 2012, le premier bloc de timbres a été émis avec le logo de la réserve naturelle. Cette initiative a été réitérée en 2013 et 2014. Dans cette continuité,

deux nouveaux timbres ont été émis en 2015. Réalisés à partir d'illustrations de Matthieu Rapp, agent de la réserve en 2013, ces timbres mettent en scène deux insectes indigènes de Crozet.



Photo 75. Timbre émis en janvier 2015. Tirage : 50 000 exemplaires. Dessin : Matthieu Rapp. Conception Graphique : Nelly Gravier



Photo 76. Timbre émis en janvier 2015. Tirage : 50 000 exemplaires. Dessin : Matthieu Rapp. Conception graphique : Nelly Gravier.

A l'occasion des 10 ans de la Réserve, un bloc de timbre « Portrait d'Albatros » a été réalisé par l'illustratrice Nadia Charles. Ce dernier a connu un franc succès.



Photo 77. Bloc de Timbres « Carnet d'Albatros »

De nombreuses activités présentées dans ce chapitre ont des impacts sur l'environnement. Ces impacts **sont surveillés et mesurés (cf. Chapitre IV). L'équipe de la Réserve naturelle adopte ensuite des mesures de gestion adaptées afin de limiter ces impacts.** L'aménagement de la station HA04 (cf. partie **Erreur ! source du renvoi introuvable.**) constitue un exemple de l'évaluation d'impacts d'installations sur les territoires. Ces derniers ont été jugés comme mineurs et concernent principalement l'effet des câbles sur les fonds lors de la pose, de réparation ou de retrait. Dans le cadre de la nouvelle station prévue, leur empreinte serait de 3758m<sup>2</sup> (CTBTO, 2016). Les impacts sur les fonds marins sont d'une manière générale très localisés et limités à l'étendue des interactions mécaniques directes.

### III.K.3. Les activités d'intérêt stratégique nationales et internationales

L'isolement des îles australes et leur positionnement géographique permet l'hébergement d'installations et d'infrastructures qui permettent à la France de se positionner comme un acteur important de certaines activités d'intérêt stratégique nationales et internationales. A ce titre, on peut citer les stations du Centre national d'études spatiales (CNES) et Galileo à Kerguelen, celles de Météo France à Kerguelen également et de mesure de la qualité de l'air à Amsterdam, ainsi que toutes les stations du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) qui sont utilisées dans le cadre des actions de surveillance des essais nucléaires et qui sont présentées ci-après, notamment la station hydroacoustique HA04 à Crozet.

Dans le cadre du traité de Vienne sur la non-prolifération des essais nucléaires (CTBTO), les pays signataires se sont engagés à installer des structures de surveillance des essais nucléaires. En respect de ce traité, 16 stations sont alors hébergées sur le territoire français, parmi lesquelles 1 station à particules radionucléide en Terre Adélie et 4 dans les Terres australes françaises qui sont les suivantes : 1 station infrason et 2 stations à particules, l'une radionucléide et l'autre xénon à Kerguelen, ainsi qu'une station hydroacoustique à Crozet (HA04).

La station hydroacoustique HA04 de Crozet comprend deux lots de trois hydrophones passifs immergés dans la colonne d'eau et distants d'environ 40km au nord et 40km au sud de l'île de La Possession. Chaque lot d'hydrophones est fixé à des câbles profonds de 40mm posés sur le fond et situés de part et d'autre de l'île de la Possession, eux-mêmes reliés à une station d'analyse automatique et d'émissions localisée à terre sur la base Alfred Faure. Elle a été installée en 2003 mais a cessé de fonctionner en 2006, suite notamment à l'endommagement des câbles sous-marins. Une première phase de travaux a eu lieu en 2016 pour retirer une partie des câbles endommagés et les hydrophones en place. Après avis des instances compétentes et du Conseil scientifique de la Réserve, une deuxième phase de travaux pour réinstaller de nouveaux câbles et de nouveaux hydrophones selon un dispositif similaire (positions proches) a été réalisée fin 2016 début 2017. La durée de vie de ces câbles est estimée à une vingtaine d'année environ.

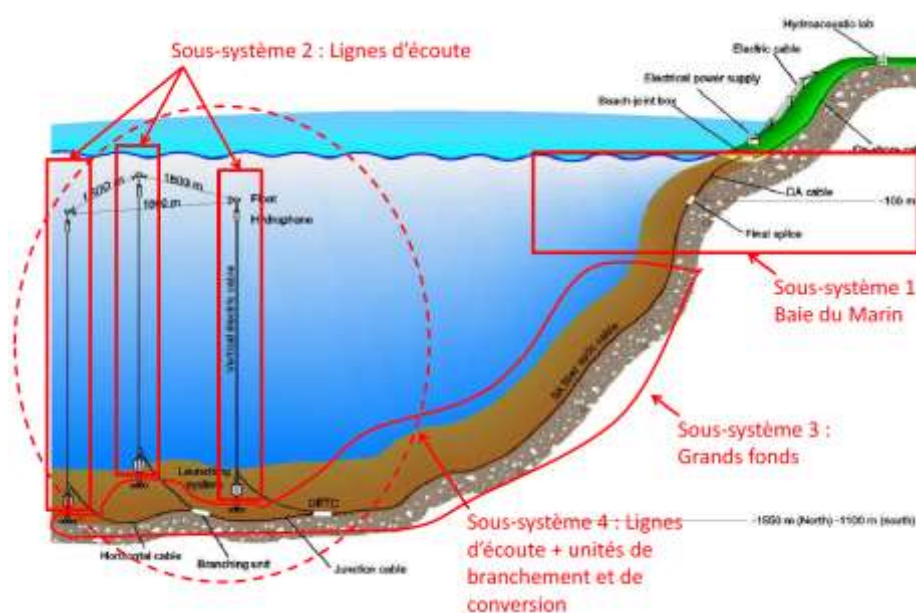


Figure 27. Schéma de l'installation HA04 à Crozet

Figure 28. Encadré sur la contribution des territoires des TAF à la surveillance des essais nucléaires clandestins

## IV. Facteurs d'influence

Les facteurs d'influence sont les menaces potentielles ou les facteurs favorables pouvant influencer l'état de conservation des enjeux identifiés dans le périmètre de la Réserve, et sur lesquels le gestionnaire peut et doit agir directement ou indirectement à court ou moyen termes. La présente partie s'attache à lister et décrire les principales menaces qui pèsent sur les milieux naturels et les espèces natives des Terres et mers australes françaises. Sur les écosystèmes terrestres, les principales sources de pression sont les espèces introduites et les activités humaines sur les bases et les sites isolés. En mer, l'exploitation des ressources halieutiques constitue la menace majeure sur ces écosystèmes. S'il est en principe possible pour le gestionnaire de mettre en place des mesures visant à réduire les potentiels impacts liés à ces facteurs d'influence, il est cependant beaucoup plus complexe d'agir contre les changements globaux dont les causes sont extérieures à la Réserve, bien qu'elle en subisse malgré tout les conséquences.

### IV.A. Les espèces introduites

Eloignées de tout continent, les Terres australes françaises sont soumises à un climat et des conditions environnementales contraignantes qui ont largement contribué à l'évolution et l'adaptation des espèces. Sur les îles, le taux d'endémisme est important et les écosystèmes sont disharmoniques (peu de prédateurs et d'herbivores). Cette particularité confère à la Réserve une forte valeur patrimoniale, ainsi qu'une très grande sensibilité face aux introductions d'espèces exogènes.

#### IV.A.1. Flore introduite

En 2017, la **flore exotique** considérée comme envahissantes sur l'ensemble des trois districts est évaluée à **95 espèces**, contre **36 espèces végétales natives**. Pour ces îles, il y a donc plus d'espèces végétales exotiques que d'espèces indigènes. La majorité d'entre elles sont localisées sur les bases, premières portes d'entrées pour les espèces introduites. La liste des espèces végétales identifiées comme envahissantes, actualisées en 2017, est disponible en annexe.

Les causes de ces introductions sont variées : elles peuvent se faire de manière naturelle, dans la mesure où des graines d'espèces végétales exotiques peuvent être transportées par les vents ou par les oiseaux migrateurs. Elles peuvent aussi se faire dans le cadre d'activités anthropiques. On observe notamment une corrélation entre l'installation des bases et l'augmentation importante du nombre d'espèces végétales introduites (Frénot et al., 2001). Ces introductions peuvent s'effectuer lors des débarquements des passagers et du fret sur les îles.

D'autres activités anthropiques favorisent également l'installation et la dispersion d'espèces végétales exotiques. C'est le cas :

- des **enrichissements organiques** des sols (zone d'épandage des eaux usées sur la base Alfred Faure à Crozet, secteurs fréquentés par les vertébrés marins), qui favorisent l'installation des espèces;
- du **piétinement des sols** (sentiers régulièrement fréquentés, passages d'engins, etc.), qui facilitent la dispersion depuis les bases vers les sites isolés ;
- du **pâturage**, qui n'est désormais plus pratiqué dans les Terres australes françaises mais qui a nécessité (à l'époque des élevages) l'introduction d'espèces végétales dans le but d'améliorer l'alimentation des troupeaux. Ces espèces végétales ont ensuite pu se disperser sur le territoire;

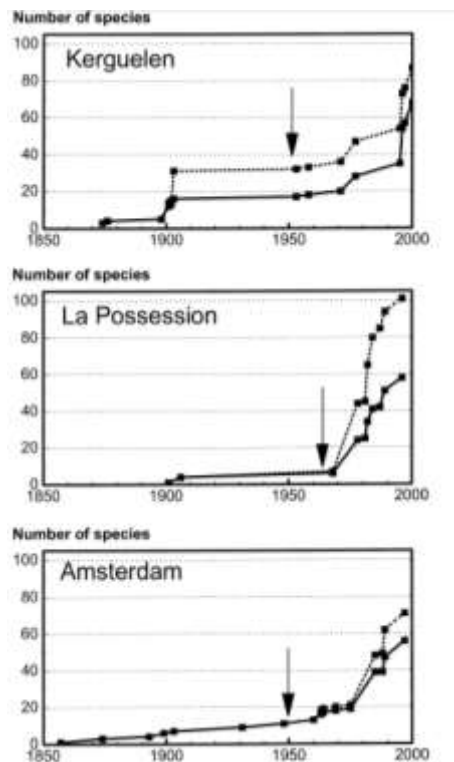


Figure 29. Evolution du nombre d'espèces de plantes vasculaires introduites dans les Terres australes françaises. Ligne pointillée : nombre d'espèces introduites selon la littérature scientifique analysée et selon les observations de Frenot et al. sur la période 1996 – 2000. Ligne continue noire : nombre d'espèces présentes en 2001 dans les îles subantarctiques françaises. Les différences entre les lignes pointillées et continues correspondent aux espèces introduites mais non établies. Les flèches indiquent les dates d'installation des bases scientifiques.

Des exceptions sont à noter pour **Kerguelen**, où la plus grande richesse en plantes introduites est rencontrée sur les sites où ont eu lieu les activités d'élevage : à l'île Longue dans le Golfe du Morbihan, où des semis de plantes fourragères ont été réalisés dans les années 1970 pour l'élevage de moutons, la végétation se présente aujourd'hui par endroit sous forme d'une prairie à *Dactylis glomerata*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis*, *Poa trivialis*, *Anthoxanthum odoratum* ; d'autres îles (Château, Moules) ont connu de tels enrichissements par semis et sept espèces sont connues uniquement de Port Couvreur, autre site ancien d'élevage.

**Ces introductions et dispersions de plantes ont modifié, parfois de façon importante, la composition des communautés végétales. Aucune disparition d'espèce autochtone par compétition n'a cependant été répertoriée à ce jour. Les changements globaux modifient néanmoins les conditions climatiques à l'avantage des espèces introduites** (cf. partie IV.C.2). En effet, comme présenté en partie II.D.1, la quasi-totalité de ces plantes introduites appartient à la flore des régions tempérées de l'hémisphère nord et en particulier à la flore française, mieux adaptées à des températures plus élevées.

Si aucune espèce autochtone n'est donc aujourd'hui directement menacée par les plantes introduites, des changements importants des communautés végétales sont enregistrés sous le double impact des espèces envahissantes et du changement climatique.



Photo 78. Kerguelen – Pelouse rase de graminées introduites (*Poa annua* essentiellement) sur l’ancien site baleinier de Port Jeanne d’Arc et sur une zone enrichie par les éléphants de mer (clichés M. Lebouvier)

Le premier plan de gestion a permis la mise en place de **mesures de biosécurité** afin de limiter l’introduction de nouvelles espèces et la dispersion des espèces déjà présentes sur les Terres australes françaises.

En parallèle, depuis 2010, les agents de la réserve naturelle mettent en place différentes méthodes de lutte contre certaines espèces végétales ciblées. Les espèces concernées par ces mesures sont des espèces temporaires, des espèces naturalisées encore localisées sur quelques sites de superficie restreinte. L’objectif étant de les éliminer ou de limiter leur dispersion. L’actuel plan de gestion (2018-2027) vise à renforcer ces mesures (cf. Volet B).

Plusieurs méthodes de luttés sont actuellement adoptées : l’arrachage manuel, le contrôle thermique, le bâchage et le salage.

L’éradication est un travail qu’il faut envisager sur le long terme et qui nécessite la mise en place d’un suivi. En parallèle aux actions de lutte, un suivi est réalisé sur plusieurs années afin de prévenir toutes repousses éventuelles. Plusieurs passages sont effectués lors des campagnes d’été et en hiver. Les fréquences sont définies selon l’espèce concernée et la méthode employée. Les données récoltées sont saisies dans une base de données permettant d’évaluer l’efficacité de chaque méthode de lutte pour chaque espèce et chaque site.

Tableau 41. Nombre d’espèces végétales introduites inventoriées et nombre d’espèces végétales introduites concernées par des actions de luttés par district sur la réserve naturelle

	Crozet	Kerguelen	Amsterdam	Saint-Paul	TOTAL
<b>Nombre total d’espèces introduites</b>	68	78	85	17	247
<b>Nombre d’espèces introduites concernées par la lutte</b>	32	9	19	5	65
<b>Pourcentage d’espèces concernées par des actions de lutte (en %)</b>	47,7	11,5	22,3	29,4	26,3

#### IV.A.2. Invertébrés introduits

Les communautés terrestres originelles d'invertébrés sont dominées par des espèces saprophages. Les invasions qui ont le plus d'impact sont celles qui introduisent ou renforcent des niveaux trophiques auparavant pas ou peu représentés (herbivores, prédateurs), **menaçant des espèces appartenant aux niveaux trophiques inférieurs (flore et par extension communautés végétales) via la consommation de ces espèces ou la transmission de pathogènes ou entrant en compétition avec les espèces appartenant au même niveau trophique (invertébrés natifs)**. Le programme IPEV-136 vise en partie à évaluer les conséquences des invasions biologiques d'invertébrés sur la faune et la flore natives et dans quelle mesure les changements actuels du climat sont susceptibles d'amplifier le développement et donc l'impact des espèces envahissantes.

**Le carabe prédateur (*Merizodus soledadinus*)**, introduit accidentellement à Port Couvreur en 1913 avec des moutons et du fourrage importés des Iles Falkland, a largement étendu son aire de distribution dans tout le secteur est de Kerguelen. Il aurait un impact très important sur l'ensemble des invertébrés, entraînant la raréfaction voire la disparition, sur certains sites, des populations des Diptères subantarctiques *Anatalanta aptera* et *Calycopteryx moseleyi* (Chevrier *et al.* 1997, Lebouvier & Lambret 2006). Ce coléoptère prédateur-polyphage constitue une **menace importante pour les arthropodes indigènes qui ont peu de prédateurs naturels indigènes** (Lebouvier *et al.*, 2005). Ce coléoptère ayant une faible diversité génétique (Lalouette *et al.*, 2009), l'analyse de cette diversité génétique permet de décrire les routes empruntées par l'insecte. Les déplacements humains auraient joué un rôle important dans sa diffusion (Hullé *et al.*, Présentation)<sup>12</sup> : sa dispersion d'île en île dans l'archipel se fait par transport passif, puisqu'il est incapable de vol (Dreux *et al.* 1992b), cela entend le transport par radeaux de végétation et à bord des bateaux qui accostent dans la réserve. Le transport par les skuas de cadavres, de lapin par exemple, est également une voie probable de dissémination. Sur la terre ferme, le transport de matériel et les personnes qui transitent à pied peuvent également être des vecteurs de dispersion de l'espèce. Ces modes de dispersion sont communs aux différentes espèces d'invertébrés introduits.

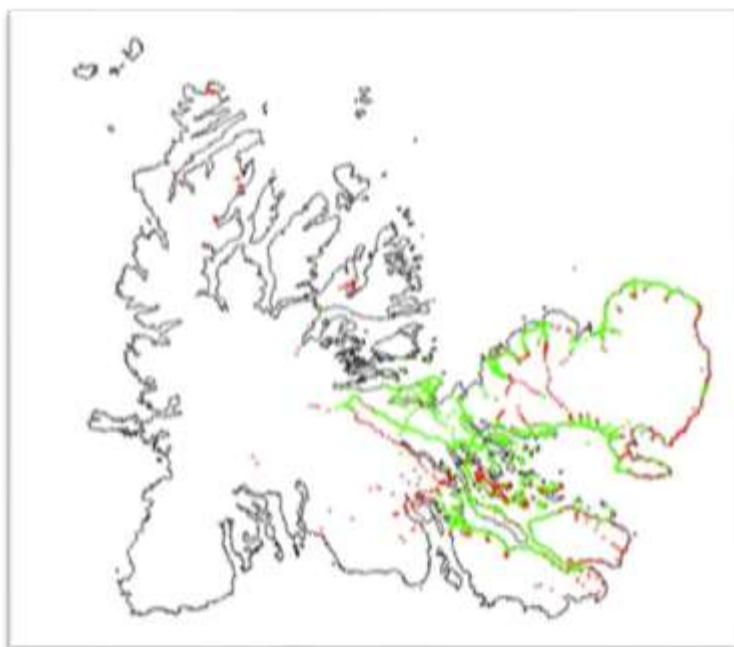


Figure 30 : Répartition de *Merizodus soledadinus* sur l'Archipel de Kerguelen. (Données non publiées, Programme Ipev 136)

<sup>12</sup> Hullé, M., Lebouvier, M., Laparie, M., Marais, A., Cozic, Y., Lalouette, L., Vernon, P., Candresse, T., Frenot, Y., Renault, D., Vulnérabilité des communautés natives face aux insectes invasifs et au changement climatique dans les îles sub-antarctiques. Comité National Français des Recherches Arctiques et Antarctiques – 7<sup>èmes</sup> Journées Scientifiques, Paris, 19 et 20 mai 2011.

Le puceron *Myzus ascalonicus* est actuellement l'un des invertébrés les plus invasifs de Kerguelen. Cette espèce polyphage avait en effet colonisé 29 plantes différentes dont 6 plantes natives (Hullé et al., 2003). Elle préférerait se nourrir sur des espèces natives plutôt que sur des espèces introduites. En conditions de laboratoire, l'espèce se nourrit en effet préférentiellement de plantes natives. Dans ces conditions, l'espèce se développe 2 à 10 fois plus que sur les plantes introduites. Le changement climatique pourrait, de plus, favoriser la prolifération de cette espèce sur Kerguelen, alors même que dans l'archipel, le taux de colonisation des plantes est déjà important : il y atteint 100% dans certains secteurs. Les pucerons peuvent, en se nourrissant de la sève des plantes, **transmettre des virus**, comme le *Barley yellow dwarf virus* (BYDV) et le *Cucumber mosaic virus* (CMV) ainsi que de nouveaux virus. Le BYDV n'est transmis que par le puceron, l'un de ses vecteurs principaux étant le puceron *Ropalasiphum padi*, présent à Kerguelen et colonisant aussi bien des espèces introduites que des espèces natives (*P. cooki*). Le CMV, quant à lui, peut être transmis par *M. ascalonicus* ainsi que par la graine contaminée.

Afin de limiter les introductions de nouveaux insectes, des mesures de biosécurité sont appliquées lors du transport des passagers entre les districts et sur les districts (cf. partie IV.J.). En particulier, les serres installées sur les bases de Crozet et Kerguelen ont fait l'objet d'un réaménagement complet suite à l'arrêt des cultures sur ces deux districts (arrêté 2009-26 du 2 avril 2009). En effet, les serres constituaient des zones propices pour l'acclimatation des espèces introduites accidentellement et un point de départ privilégié pour leur dispersion sur le territoire, quand les conditions environnementales le permettaient.

### IV.A.3. Vertébrés terrestres introduits

#### IV.A.3.a) Typologie des impacts existants

En fonction de leur taille, de leur abondance, de leur biologie et de leur écologie, les espèces introduites ont des impacts quantitatifs et qualitatifs différents qui ne peuvent être identifiés avec précision qu'à travers des études spécifiques. Il est cependant reconnu que les mammifères introduits sont une des principales causes d'extinction en milieu insulaire et l'une des plus importantes menaces sur la biodiversité insulaire (Diamond 1989 ; Tershy et al. 2015 ; Szabo et al. 2012). Toutefois, il est possible de définir plusieurs grands types d'impacts agissant sur les écosystèmes des Terres australes françaises :

#### **Prédation**

Les vertébrés prédateurs introduits ont un avantage compétitif sur les espèces natives qui n'ont pas co-évoluées en présence de prédateurs terrestres. Ainsi, ils n'expriment pas ou peu de traits physiologiques et/ou comportementaux d'anti-prédation.

Les prédateurs introduits sont les rongeurs ainsi que les chats haret. Leur prédation s'exerce en particulier sur de nombreuses espèces d'oiseaux à tous les stades de développement (œuf, poussins, adultes).

#### **Abrouissement**

**L'abrouissement est la consommation d'herbes, de jeunes arbres, et de broussailles, qui a pour conséquence la modification des végétaux qui y sont exposés.**

Au sein des Terres australes françaises, plusieurs espèces de vertébrés introduits ont impacté ou impactent toujours les communautés végétales par leur abrouissement. L'abrouissement peut avoir pour conséquence la disparition locale d'espèces végétales natives et la modification de la composition des communautés végétales et donc du paysage. Par exemple, les populations de choux de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*) ont fortement régressé, voire même disparues sur les îles ayant connu l'introduction d'herbivores (ex : lapin de garenne, mouton, rennes, etc.). Les rongeurs sont également responsables



d'abrutissement. Afin de limiter cet impact sur les espèces végétales natives, les bovins et les ovins ont respectivement été éliminés de l'île Amsterdam et de l'archipel de Kerguelen.

L'abrutissement inclut tout autant l'herbivorie que la granivorie. Aussi, la consommation de graines peut également avoir un effet négatif sur les espèces végétales natives en diminuant la régénération naturelle des populations impactées. Des cas de consommation importante de graines de chou de Kerguelen ont été observés sur l'île Australia (Kerguelen) sans que l'impact réel sur la population ait été évalué.

Les rongeurs sur l'île d'Amsterdam illustrent ces différents niveaux d'abrutissement. En effet, des observations de consommation de jeunes pousses de *Phylica* par le rat ont été observées mais également de graines par la souris, ce qui pourrait nuire à la réussite du plan de restauration du *Phylica* mené par la Réserve naturelle.

### *Erosion du sol et dégradation du couvert végétal*

L'érosion des sols et la dégradation du couvert végétal par les vertébrés au sein de la réserve est multifactorielle. Elle peut être due :

- au **piétinement du sol et du couvert végétal par les ongulés** introduits ;
- à l'utilisation que font les **rennes de leurs bois et/ou de leurs sabots** pour accéder aux parties racinaires : ces pratiques peuvent détruire certains pieds de plantes natives. La régression de l'azorelle sur l'île Haute entre les années 1970 et 1975 du fait de la présence de 120 rennes en est un bon exemple (Chapuis & Boussès, 1989.) ;
- à l'**édification de terriers par les lapins** qui érode le sol et impacte les communautés végétales qu'il soutient.

Les secteurs piétinés et érodés sont souvent propices à l'installation d'espèces végétales introduites, ce qui contribue à leur dispersion sur le territoire.

### *Transmission de pathogènes*

Les vertébrés introduits peuvent être porteurs de pathogènes contre lesquels les espèces natives ne sont pas prémunies. Suivant les cas, les vertébrés introduits peuvent contribuer à :

- la transmission des pathogènes (rôle de vecteur) ;
- le maintien annuel des épidémies lorsque les populations d'oiseaux sont en mer (rôle de réservoir).

Les conséquences de la propagation de ces pathogènes peuvent être extrêmement néfastes pour les populations aviaires infectées.

Le poulailler d'Amsterdam, démantelé en 2007, pourrait être à l'origine de l'apparition du choléra aviaire (transmise par la bactérie *Pasteurella multocida*) à Amsterdam. Les rats surmulots, en se déplaçant au sein des colonies d'oiseaux et d'une colonie à l'autre, joueraient un rôle important dans la transmission des pathogènes létaux comme *Pasteurella multocida*, responsable du déclin des albatros à bec jaune, ou encore de la bactérie responsable du rouget du porc (*Erysipelothrix rhusiopathidae*).

Le rat pourrait également constituer un réservoir de pathogène. En effet, cela expliquerait la longévité et la latence des épidémies ainsi que sa généralisation sur plusieurs espèces d'oiseaux (gorfou sauteur, albatros fuligineux et albatros à bec jaune).

Des études ont également permis de démontrer le rôle des pucerons introduits dans la dispersion et la transmission de phytovirus chez des espèces végétales natives comme le *Poa cookii*.

#### *IV.A.3.b) Impacts par espèce*

Les vertébrés introduits sont l'une des principales causes de la modification des communautés végétales et de la diminution de certaines populations d'oiseaux marins. Afin de limiter l'impact de ces espèces, plusieurs d'entre elles ont fait / font l'objet de mesures de gestion (limitations, éliminations, etc.)(cf.Tableau 42).

Tableau 42. Inventaire des vertébrés terrestres introduits ayant fait l'objet de programmes d'éradication au sein des 3 districts austraux depuis 1992. Pour chaque espèce sont indiqués la date d'introduction (Intr.) sur le district, ainsi que la date effective de l'élimination définitive sur chaque site concerné (Erad.). Les espèces toujours présentes aujourd'hui (2017) sous forme d'une population reproductrice au sein de la réserve naturelle sont figurées d'une \*. Sous chaque nom vernaculaire est indiqué en italique le nom scientifique de l'espèce. (D'après Chapuis et al., 1994, 2001 ; Jouventin et Micol 1995 ; Micol et Jouventin 2002)

District	Rat noir *		Lapin de garenne *		Chat haret *		Vache		Mouflon de Corse		Mouton		
	<i>Rattusrattus</i>		<i>Oryctolagusuniculus</i>		<i>Feliscatus</i>		<i>Bostaurus</i>		<i>Ovisariesmusimon</i>		<i>Ovisaries</i>		
	Intr.	Erad.	Intr.	Erad.	Intr.	Erad.	Intr.	Erad.	Intr.	Erad.	Intr.	Erad.	
<b>Kerguelen</b>													
Ile Haute	-	-	-	-	-	-	-	-	1957	-	2012	-	-
Ile Longue	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1952	-	2015
Ile Verte	-	-	1874	- 1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ile Guillou	-	-	1874	- 1994	1956	- 1994-96	-	-	-	-	-	-	-
Ile Cochon	-	-	1874	- 1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ile Château	XIX <sup>ème</sup>	- 2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ile Australia	XIX <sup>ème</sup>	- 2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ile Stoll	-	-	1874	?	1956	- 2003	-	-	-	-	-	-	-
<b>St Paul &amp; Amsterdam</b>													
Ile de St Paul	XVIII <sup>ème</sup>	- 1997	Ap. 1874	- 1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ile d'Amsterdam	-	-	-	-	-	-	1871	- 2010	-	-	-	-	-

#### IV.A.3) b) i. Impacts des rongeurs

Les impacts des rongeurs sur la faune et la flore autochtone des îles (Drake et al., 2009) sont **bien documentés**, de nombreuses îles dans le monde ayant été colonisées par les rongeurs. En effet, 82% des îles du monde ont été colonisées par les rongeurs commensaux du genre *Rattus* (Atkinson 1985). Une des particularités des îles australes réside dans le faible nombre d'espèces et le taux élevé d'endémisme. Les chaînes trophiques sont simplifiées du fait de l'absence de prédation. Elles sont donc sensibles à l'introduction de rongeurs, prédateurs omnivores, opportunistes et généralistes se nourrissant aussi bien de plantes que d'animaux, vivants ou morts (Pisanu et al., 2009). Les rongeurs sont responsables d'un grand nombre d'extinctions et de modifications des écosystèmes (i.e. Howald et al. 2007). Ces menaces au sein des Terres australes françaises concernent principalement les communautés d'oiseaux (prédation des adultes, des œufs et des poussins), d'invertébrés, mais aussi les communautés végétales (herbivorie directe, et régénération des espèces végétales pour lesquelles les graines sont consommées) (Cuthbert & Hilton 2004 ; Van Aarde et al. 2004 ; Shaw et al. 2005 ; Jones et al. 2007 ; de Bruyn et al. 2008 ; Grant-Hoffman et al. 2009 ; Pisanu et al. 2010 ; Cuthbert et al. 2011 ; Wanless et al. 2007, 2012 ; Croll et al. 2015 ; Dilley et al. 2016).

Dans la réserve, les impacts du **rat noir** sont documentés (Jouventin et al., 2003 ; Pisanu et al., 2010) ainsi que ceux de la **souris domestique**, étudiés par les programmes IPEV 136 – SUBANTECO et l'ancien programme IPEV 276 – MAMMINTRO. Ces données sont essentielles pour prioriser les sites sur lesquels des actions de gestion doivent être réalisées. Ainsi, le régime alimentaire du rat noir a été étudié sur l'île de la Possession (Pisanu et al., 2010) et Saint-Paul (Micol & Jouventin, 2002), tandis que celui de la souris domestique l'a été sur l'île Guillou, l'île aux Cochons (1997-98 ; 2011) et sur l'île Mayes (Le Roux et al. 2002, Pisanu et al. in prep.). Leurs impacts sur certaines espèces d'oiseaux ont eux aussi été étudiés et démontrés, comme celui du rat noir sur les pétrels *Procellaria aequinoctialis* (Jouventin et al. 2003), tandis que l'impact potentiel de la souris domestique sur les albatros est connu, pour avoir été observé sur l'île Marion (Dilley et al., 2016 ; Jones & Ryan, 2009) ainsi que sur d'autres oiseaux marins sur l'île Gough (Cuthbert & Hilton, 2004). Ces études rencontrent néanmoins des difficultés car il est difficile d'observer la prédation du rat ou de la souris sur le terrain (Brooke, 1995). La connaissance de l'impact du **rat surmulot** à Amsterdam doit être améliorée, notamment concernant la transmission de pathogènes aux colonies d'albatros à bec jaune (Botzier, 1991 ; Thiebot et al., 2014), ce qui est prévu dans le cadre de ce plan de gestion (Volet B).

**Au cours des 5 premières années du premier plan de gestion 2011/2015, aucune action n'a été réellement menée par la réserve sur les districts pour analyser les impacts de la souris, du rat noir et du rat surmulot sur les communautés végétales et animales de la réserve naturelle des Terres australes françaises.** Les seuls travaux ont été réalisés par le programme IPEV-136 et concernent la dynamique de 3 populations de souris (Guillou, Cochons, Isthme-Bas), en fonction des caractéristiques de ses habitats, des variables climatiques sur la période 1996-2015 (Pisanu et al. in prep.), et la place de la souris domestique dans les réseaux trophiques des îles Guillou, Cochons et Mayes (Pisanu et al. in prep.). A l'instar des travaux de Le Roux et al. (2002) et Pisanu et al. (2010), il semble possible d'évaluer le régime alimentaire de la souris, du rat noir et du surmulot (Amsterdam) sur chaque île. Ces informations seraient particulièrement utiles pour évaluer l'impact de ces rongeurs sur la faune et la flore autochtone de la réserve.

### Impacts du rat noir

Le rat noir (*Rattus rattus*) est actuellement (2017) présent sur Crozet et Kerguelen, où il a **des conséquences négatives sur les populations d'oiseaux marins, d'invertébrés et de spermatophytes**. Il est en effet un prédateur des œufs, des poussins et potentiellement aussi des adultes de certaines espèces. En particulier, sur l'île de la Possession, le rat noir est un prédateur des pétrels à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis*) au stade œuf mais également jeune poussin (Mougin 1970 ; Jouventin et al., 2003). **Dans cette île, cette prédation serait responsable de plus de 40% des échecs de reproduction au sein d'une colonie d'étude de pétrels à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis*)** (Mougin 1970 ; Jouventin et al. 2003). Les autres espèces de pétrels à nidification hypogée subissent certainement un impact similaire, non évalué. L'analyse des fèces des rats noirs sur l'île de la Possession (Pisanu et al. (2010)) montre que 18% du régime alimentaire du rat pourrait provenir d'oiseaux. Il pourrait aussi avoir un rôle important sur les invertébrés autochtones comme *Pringleophaga spp.* : la contribution des invertébrés à son régime alimentaire est estimée à 25%. Enfin, le rat noir aurait un impact sur la flore en se nourrissant de plantes indigènes ou introduites, que ce soit en période végétative ou reproductive en se nourrissant à 50% de spermatophytes comme les espèces *Poa spp.*, *Agrostis magellanica*, et *Cerastium fontanum*.

Compte-tenu de ces impacts, plusieurs opérations de gestion ont été portées par les TAAF avant la création de la Réserve naturelle :

- Grâce au projet de restauration « Morbihan », le rat noir a été **éliminé** de **l'île du Château** en 2002 et de **l'île Australia** en 2004. Cette dernière, avec une surface de 19,5 km<sup>2</sup>, constitue la plus grande île dératée dans les TAAF. Au cours des années 2008, 2012 et 2015, des contrôles de la non-recolonisation de ces sites par le rat ont permis de confirmer le succès de la dératation. Plusieurs suivis (non continus) de la recolonisation par les oiseaux ont également été réalisés. Ces derniers ont été abandonnés en 2012 mais seront repris dès 2017.
- A Saint-Paul, après avoir entraîné une régression des effectifs de plusieurs espèces de pétrels (Micol & Jouventin 1995), le rat noir a été éradiqué en 1997. Depuis l'éradication du rat noir de St Paul en 1997, les populations d'oiseaux marins se reconstituent progressivement (Micol & Jouventin 2002).

Depuis 1994, le programme **IPEV 109 - ORNITHOECO** (cf. partie Les programmes et activités scientifiques III.F.2.) effectue également des empoisonnements systématiques du rat noir avec un rodenticide (anticoagulant de deuxième génération) dans le secteur de la colonie d'étude de pétrels à menton blanc de la station de pompage de la base Alfred Faure pour réduire l'impact du rongeur sur le succès reproducteur de l'espèce. Ce contrôle localisé spatialement et temporellement, opéré entre mi-novembre et fin janvier (période de ponte et éclosion), a permis d'améliorer significativement le succès reproducteur de cette colonie (Jouventin et al 2003).

### Impacts de la souris domestique

Son régime alimentaire et les impacts associés sont connus sur plusieurs îles. De manière générale, **son régime alimentaire est varié**. Ainsi, sur l'île Guillou à Kerguelen, elle se nourrit de vers de terre (*Dendrodrilus rubidus tenuis*, *Microscolec kerguelensis*), de chenilles de papillon aux ailes atrophiées (*Pringleophaga kerguelensis*), du coléoptère *Ectemnorhinus spp.*, de graines d'*Acaena magellanica*, et de parties florales de *Taraxacum officinale* (Le Roux et al., 2002). Ce mode alimentaire varierait en fonction de l'année : elles se nourriraient essentiellement de plantes en été (janvier – février), avant d'avoir un régime alimentaire basé essentiellement sur la consommation d'invertébrés en hiver (mars à juillet). Cela confirme

le comportement alimentaire opportuniste et généraliste de la souris domestique. Il est acquis que l'introduction de la souris domestique sur les îles subantarctiques peut modifier de manière importante les chaînes trophiques existantes (Bergstrom et Chown, 1999), en ayant un impact sur les populations d'invertébrés et de plantes. Il a toutefois été observé que la souris domestique consomme le carabe introduit, *Merizodus soledadinus*, qui a quant à lui un impact considérable sur les communautés d'invertébrés natifs. Ainsi, la souris pourrait jouer un rôle régulateur sur cette espèce invasive (Renaud et al., 2013). Sur certaines îles australes étrangères, des cas de prédation de la souris sur des poussins ont également été documentés :

- Ile de Gough : pétrels de Schlegel (*Pterodroma incerta*) ;
- Tristan da Cunha : albatros de Tristan da Cunha (*Diomedea dabbenena*) (Cuthbert & Hilton, 2004) ;
- Ile Marion : albatros hurleurs (*Diomedea exulans L.*), albatros bruns (*Phoebetria fusca*) (Jones & Ryan, 2009), albatros à tête domestique (*Thalassarche chrysostoma*), albatros fuligineux (*Phoebetria palpebrata*) (Dilley et al., 2016).

Sur les îles australes françaises, aucune attaque de souris sur œufs ou poussins d'espèces d'oiseaux hypogées n'a cependant été observée.

**Peu d'essais de gestion des populations de la souris domestique ont été menés dans les Terres australes françaises.** En effet, seules deux opérations visant directement la souris domestique ont été réalisées par les TAAF sur l'île Stoll et l'île aux Moules, respectivement en 2003 et 2009, dans le cadre du projet « Morbihan ». Ces deux opérations ne sont pas parvenues à éliminer les souris dont les populations se sont aujourd'hui reconstituées. Les populations de souris domestiques se sont également maintenues suite à des opérations de gestion visant le rat et le lapin à Saint-Paul en 1997 (*Comm. Pers. Lebouvier 2002*), et sur les îles Château et Australia de Kerguelen, traitées dans le cadre du projet « Morbihan ».

### *Impacts du rat surmulot*

Dans la Réserve naturelle des Terres australes françaises, le rat surmulot n'est présent que sur l'île d'Amsterdam. Ce rat, omnivore et opportuniste, aurait contribué avec le chat à l'élimination d'une dizaine d'espèces d'oiseaux sur cette île (Micol & Jouventin, 1995). Bien qu'il n'existe pas de preuve d'interaction directe entre cette espèce et les oiseaux marins (Thiebot et al., 2014), le rat surmulot est également suspecté de transmettre aux oiseaux marins la bactérie *Pasteurella multocida*, responsable du choléra aviaire (Weimerskirch, 2004), et d'être responsable de la baisse du succès reproducteur observée depuis 1985 dans les colonies d'albatros à bec jaune de l'île d'Amsterdam.

En 2016, un protocole de prélèvements des pathogènes (écouvillons cloacaux et prises de sang) sur les espèces animales introduites est mis en place (toujours actuellement à l'état de test) en partenariat entre la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, le CEFE et le PIMIT. Cette étude vise à étudier le rôle de vecteur des pathogènes que pourrait jouer le rat surmulot en les transmettant aux colonies d'albatros à bec jaune et d'Amsterdam, et/ou en maintenant le pathogène sur l'île. Les premiers résultats confirment d'ores et déjà que le surmulot peut être porteur de cette bactérie sur Amsterdam. Un suivi à grande échelle semble nécessaire pour confirmer le rôle de réservoir animal que le rat surmulot occuperait pour *P. multocida* (Lagadec in prep.).

Des actions de dératisation sont envisageables. A l'échelle internationale, les rats surmulots ont été éradiqués de 14 îles de plus de 500 ha, dont la plus grande est l'île Campbell, en Nouvelle Zélande (11 300 ha). Les taux d'échec d'éradication est d'environ 5% chez le rat surmulot (Howald et al., 2007). A l'échelle de la Réserve naturelle des Terres australes françaises, aucune action de dératisation visant cette espèce n'a cependant été faite à l'heure actuelle.

#### IV.A.3) b) ii. Impacts du lapin

Comme pour les rongeurs, l'impact du lapin de garenne (*Oryctolagus cuniculus*) est bien documenté à l'international et à Kerguelen.

Au niveau international, de nombreux exemples de lutte contre le lapin de garenne existent : le lapin de garenne a été introduit sur l'île Macquarie en 1879. Le Macquarie Island Pest Eradication Project tente depuis 2001 l'éradication simultanée son éradication, en même temps que celle du rat noir et de la souris domestique. Le lapin a aussi été introduit en 1865 avant d'avoir été éradiqué avec la souris en 1993 des îles Enderby (700ha) et Rose (80ha) en associant pose de poisons, tirs et recherches avec chiens (Taylor et al. 1971 ; Torr 2002). Au niveau des Terres Australes Françaises, les travaux des programmes 136 et 276 de l'IPEV ont étudié l'impact du lapin sur la végétation, notamment sur les espèces de plantes natives et d'invertébrés.

Quelques dizaines d'années après son introduction sur les territoires, sa présence avait déjà alerté les botanistes ayant fréquenté cet archipel (Werth, 1911). Actuellement, il joue un rôle clé dans le fonctionnement des systèmes écologiques. Son impact le plus important concerne les **communautés végétales** par l'élimination du chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*) et de l'azorelle (*Azorella selago*) remplacés par *Acaena magellanica* qui recouvre l'ensemble des zones mésophiles sous la forme de groupements pratiquement monospécifiques. En consommant les plantes, en érodant le sol par le creusement de ses terriers, le lapin favorise la colonisation de graminées introduites comme *Poa annua* et contribue à la **diminution de la diversité spécifique des plantes** dans tous les habitats (Chapuis et Boussès, 1989; Chapuis et al., 2004). Le lapin peut cependant aussi avoir un impact positif sur la limitation de la dispersion de certaines invasives végétales introduites comme *Poa pratensis* (Chapuis et al., 2014). Il a également affecté l'**avifaune** en détruisant les sites de nidification de différentes espèces de pétrels (Weimerskirch et al., 1989). Un autre effet important du lapin est celui qu'il a sur les communautés d'oiseaux dû à sa position clé dans le réseau trophique. Proie facilement disponible, **le lapin a permis l'extension et la prolifération du chat haret (*Felis catus*)**. Durant la période estivale, les oiseaux (pétrels et prions) sont les principales proies des chats avec quelques lapereaux (Pascal, 1980). En hiver, les oiseaux marins restant en haute-mer, les chats s'alimentent presque exclusivement aux dépens du lapin. La présence du lapin permet ainsi une meilleure survie des populations des chats en hiver, dont l'importance de la prédation sur le peuplement avien se trouve accrue l'été suivant (Chapuis et al., 1994).

Afin de limiter la population de lapins, le **virus de la myxomatose** a été introduit en 1955-1956 (Léssel, 1967). Malgré l'absence de vecteurs (puces et moustiques), ce virus s'est propagé en se transmettant par contact, occasionnant une **réduction importante de l'effectif en lapins au cours des années qui ont suivi l'introduction du virus**. Rapidement, en raison du mode de transmission du virus, de la diminution de la virulence des souches et du développement d'une résistance des lapins à cette maladie, les populations se sont reconstituées. Au cours des années 1990, le virus de la myxomatose jouait un rôle mineur dans la régulation des populations. Expérimentalement, la puce du lapin (*Spilopsyllus cuniculi*) a été introduite en 1987-1988 sur l'île du Cimetière, avec pour effet une meilleure transmission des virus à forte virulence (Chekchak et al. 2000). Cependant, compte tenu de la résistance des lapins à ce virus, leur densité est restée élevée.

Dans une perspective de réhabilitation, des **opérations expérimentales d'éradication du lapin par empoisonnement ont été réalisées à Kerguelen sur les îles Verte (1992), Guillou (1994) et Cochons (1997)** pour étudier la résilience des écosystèmes (Chapuis et al. 2001). Le lapin a donc été éliminé sur 3 îles du golfe du Morbihan (Verte, Guillou, Cochons). Dans le cas de Guillou, il semblerait que des lapins peuvent

passer de manière sporadique de la Grande Terre à Guillou, des traces de lapin ayant été observées en 2015. Aucune trace de lapin n'a ensuite été observée, malgré des missions de terrain de la Réserve naturelle. Il est supposé que l'introduction de lapin sur Guillou peut se faire par traversée à la nage ou par transport par un skua.

Un suivi post-éradication sur l'île Guillou (Chapuis et al., 2004) montre que suite à l'éradication du lapin, la richesse spécifique des plantes augmente, tandis que la surface couverte par certaines espèces natives comme *Agrostis magellanica*, *Deschampsia antarctica*, *Festuca erecta* et *Poa Kerguelensis* augmente aussi. Sur l'île Guillou, le retour du chou et de l'azorelle est faible, ce qui est certainement dû à la faible capacité de ces plantes à se disperser malgré une absence d'abrutissement. L'élimination du lapin a d'autre part favorisé les herbes. Aucune tendance similaire sur la croissance de ces plantes n'est cependant observée sur l'île Verte, mais l'étude des populations d'oiseaux sur l'île Verte (Brodier et al., 2011) montre que certaines espèces d'oiseaux sont favorisées par l'éradication du lapin. En effet, les populations de Pétrel bleu *Halobaena caerulea* nichant dans des terriers, ont été multipliées par 8 entre 1992, date de l'éradication du lapin, et 1998. Cela a pu impacter positivement et de manière indirecte l'élevage de poussins de grand labbe *Stercorarius skua*, les pétrels bleus étant leur proie de prédilection. A l'inverse, les prions antarctiques ont pu être impactés négativement, les Pétrels bleus étant entrés en compétition avec eux sur les mêmes lieux de nidification.

#### *IV.A.3) b) iii. Impacts du chat*

Les impacts du chat sur la faune sont bien documentés, notamment grâce à l'existence de cas d'études dans les Terres australes françaises mais également à l'international.

Retourné à l'état sauvage, sur les îles où il a été introduit, et du fait de son comportement alimentaire généraliste et opportuniste, il constitue une menace importante sur la faune de ces îles où il est responsable, au moins en partie, de 26% des extinctions récentes de vertébrés insulaires (mammifères, oiseaux, reptiles) (Bonnaud et al. 2011 ; Doherty et al. 2015 ; Doherty et al. 2016).

A l'échelle internationale, il a été montré (Bonnaud et al., 2011) que le régime alimentaire du chat haret est large, puisque les populations de chats harets de 40 îles différentes se nourrissent de 248 espèces, dont 27 mammifères, 113 oiseaux, 34 reptiles, 3 amphibiens, 2 poissons et 69 invertébrés. Trois espèces de mammifères, 29 espèces d'oiseaux et 3 espèces de reptiles consommées par le chat seraient listées comme menacées par l'UICN. De nombreux exemples de gestion des populations de chats existent aussi au niveau international, puisque le chat a été éliminé de 83 îles au niveau mondial (Parkes et al., 2014). Parmi les îles australes non françaises, le chat a été éliminé des îles Marion en 1991 (Parkes et al., 2014), Macquarie en 2013 (Robinson & Copson, 2013) et Tristan Da Cunha en 1995.

Sur les îles australes françaises, son impact via la prédation est documenté et observé, et le détail de son régime alimentaire a été étudié sur l'île d'Amsterdam (Furet et al., 1989), à Kerguelen (Pontier et al., 2002), et sur l'île aux Cochons à Crozet (Jouventin & Micol, 1995). Le programme IPEV 279 – POPCHAT étudie en particulier l'intégration du chat dans l'écosystème de la Grande Terre à Kerguelen, en combinant des approches empiriques et théoriques. La Réserve bénéficie aussi du retour d'expérience des mesures de gestion à Kerguelen, comme sur l'île Guillou en 1994 et sur l'île Stoll en 2003 (Programme 276 IPEV).



Une étude de Pontier et al. (2002) effectuée sur 5 sites différents (Port-aux-Français, Port-Couvreux, Port-Jeanne-d'Arc, Ratmanoff, Sourcils Noirs) montre que les chats sur Kerguelen se nourrissent en premier lieu de lapins de garenne (*Oryctolagus cuniculus*) (à 73%), d'oiseaux (toutes espèces confondues : 15%) et de souris (*Mus musculus*) (12%) (Pontier et al., 2002). Les chats sont des prédateurs généralistes opportunistes qui s'adaptent rapidement aux proies en présence. Les oiseaux les plus communément visés par les chats ont été identifiés comme étant le pétrel à tête blanche (*Pterodroma lessoni*), le prion de la Désolation (*Pachyptila desolata*) et le pétrel à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis*). L'impact du chat sur l'avifaune à Kerguelen est cependant ancien. Une étude de Derenne et al. (1976) montrait notamment que le régime alimentaire du chat était composé, dans les années 1970, à plus de 60% par la consommation d'oiseaux sur la Grande terre, se traduisant par la consommation de 1,2 millions d'oiseaux par an (Pascal, 1980).

Cette connaissance de l'impact du chat sur les populations d'oiseaux marins, dont certains considérés comme menacés sur la Liste Rouge de l'IUCN, souligne l'importance des opérations de gestion de la Réserve naturelle sur **certains sites de l'archipel de Kerguelen**.

**Les chats présents sur 2 îles du Golfe du Morbihan font l'objet de contrôle systématique: l'île Stoll**, sur lequel il y aurait trois individus et **l'île Guillou** qui est reliée à la Grande Terre à marée basse. **D'autres sites ont été contrôlés**, comme le site de la **Pointe Morne**, lieu de nidification du Grand Albatros (*Diomedea exulans*), suivi par le programme IPEV-109 ORNITHOECO (CEBC/CNRS) depuis la fin des années 1990. L'étude démographique a révélé une importante diminution du nombre de poussins à l'envol, la prédation par le chat étant identifiée comme l'une des causes de ce déclin en 2014. L'année suivante, le contrôle de la population du chat haret sur ce site fut entamée. Depuis que cette limitation est mise en place, le site semble avoir retrouvé un succès de reproduction habituel (entre 70 et 80%) de ses grands albatros. Grâce à la mise en place de pièges photographiques en 2017 par la Réserve naturelle, de nombreuses attaques de chats sur des poussins de grand albatros ont également été documentées sur la **zone située entre cap Ratmanoff et le lac Marville**, où ont été observés des très importants échecs de reproduction (plus de 75 % d'échec en 2016 et 2017).

Sur l'île Amsterdam, les chats sont présents en faible densité, et sont absents au-delà de 500m d'altitude (Furet, 1989). Ils ont sans doute contribué à l'extinction ou à la réduction de certaines populations d'oiseaux. L'analyse des fèces des chats, effectuée par L. Furet (1989) montre que des restes d'oiseaux composaient 8% des fèces analysées. Les rongeurs constituaient l'essentiel de l'apport énergétique des chats, les souris (*Mus musculus*) apparaissant dans 82% des fèces analysées, tandis que le surmulot (*Rattus norvegicus*) apparaissait dans 30% des fèces analysées. Le régime alimentaire variait cependant selon la localisation des chats : sur le versant nord, leur régime alimentaire n'était composé qu'à 2% d'oiseaux mais à près de 90% de rongeurs. Sur le versant sud, leur régime alimentaire était composé de 36% d'oiseaux et de 62% de rongeurs. Aucune opération de gestion du chat haret sur l'île d'Amsterdam n'a été menée jusqu'à présent.

#### *IV.A.3) b) iv. Impacts des ongulés*

Sur les Terres australes françaises, des études existent sur **l'impact des ongulés**, comme celles de J.L. Chapuis et al. (1987, 1992, 1992b, 1993, 2001), ou de T. Micol (1995), tandis que le programme RENKER de l'IPEV, initié en 2012, étudie les impacts des rennes sur les écosystèmes.

Dans les îles océaniques, les mammifères herbivores introduits ont un impact important sur la biodiversité, les milieux et les paysages. En effet, **l'abrutissement** exercé par ces espèces sur les plantes natives peut

engendrer leur régression voire leur disparition, et induire de profondes modifications dans la composition spécifique des communautés végétales (et animales) des secteurs concernés. Lors de leurs déplacements, les herbivores de grande taille exercent également une **action mécanique sur le sol** pouvant conduire à une dégradation parfois irréversible de l'intégrité physique du milieu (Côté et al. 2004 ; Bråthen et al. 2007 ; Beguin et al. 2011). Inversement, les mammifères herbivores introduits peuvent limiter l'expansion de plantes invasives et avoir ainsi un effet bénéfique sur le milieu (Cabin et al. 2000 ; Courchamp et al. 2003 ; Chapuis et al. 2004, 2011).

Sur l'Archipel de Kerguelen, le régime alimentaire du **renne** encore présent serait composé essentiellement par *Acaena magellanica* (plante dominante des communautés végétales de basse altitude) et, sur cette base, son impact sur les communautés végétales serait faible. Dans les zones où sont observés de grands troupeaux, le piétinement engendre une dégradation importante du milieu, en particulier dans les zones humides de fond de vallée. Actuellement, cet impact n'a pas été précisément estimé (IPEV-1081 « RENKER »).

A Amsterdam, les **bovins** favorisaient jusqu'à la fin de leur éradication en 2010 les espèces végétales introduites peu sensibles au pâturage, comme le Cirse commun (*Cirsium vulgare*) ou encore le Liondent des rochers (*Leontodon saxatilis* subsp. *Saxatilis*). Le seul arbre indigène des Terres australes françaises, *Phyllica arborea*, déjà fortement affecté par des incendies de grande ampleur au cours des derniers siècles, était lui aussi menacé par les troupeaux en liberté (Frenot et al. 2001). La dégradation de ces habitats et la présence des bovins mettait en danger les colonies d'albatros d'Amsterdam (*Diomedea amsterdamensi*), espèce endémique. En effet, en piétinant et en érodant le sol par surpâturage, les bovins étaient responsables de la destruction de leurs habitats de nidification (Micol et Jouventin 1995). La population a été éliminée suite à plusieurs opérations de gestion.

Les **moutons, mouflons et rennes** ont contribué à la **raréfaction du chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*) ou de l'azorelle (*Azorella selago*)**. Aujourd'hui, seul le renne subsiste à Kerguelen. L'azorelle, une ombellifère qui se présente sous la forme de coussinets denses, a en effet régressé suite au piétinement et à l'abrutissement de ces ongulés, mais aussi du comportement des rennes mâles, qui, à l'aide de leurs palettes ou de leurs sabots, retournent les coussinets d'azorelle. Sur l'île Haute, en 1970-1975, alors qu'un troupeau de 120 rennes était présent, l'azorelle avait très nettement régressé (Chapuis & Boussès 1989). Après le départ des rennes de l'île Haute, l'azorelle est redevenue abondante malgré la présence des mouflons. Lésel (1967) reportait que le renne était également responsable de la quasi disparition de macrolichens (*Neuropogon* sp.). Le programme RENKER a notamment pour objectif de mieux comprendre l'impact du renne sur la végétation et l'érosion. L'éradication des rennes sur Kerguelen n'a pas été réalisée (celle-ci ne figurait pas dans les objectifs du plan de gestion 2011/2015) et n'est pas non plus envisagée dans le cadre du second plan de gestion. Les enjeux de gestion consistent principalement à enrichir les connaissances sur cette espèce (dans la continuité du programme IPEV-RENKER) et à exercer une régulation cynégétique sur les troupeaux observés sur les fronts actuels de dispersion.

#### **IV.A.3.c) Synthèse**

Les impacts des mammifères introduits sont de quatre sortes (prédation, abrutissement, piétinement et érosion du sol, transmission de pathogènes). Les impacts de chaque espèce sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 43 : Liste des vertébrés introduits et de leurs impacts démontrés dans la réserve naturelle des Terres australes françaises

	Prédation	Abrutissement	Piétinement et érosion des sols	Transmission de pathogènes
<b>Rongeurs</b>				
Souris domestique ( <i>Mus musculus</i> )	✓	✓	X	<b>Vecteurs potentiels</b>
Rat noir ( <i>Rattus rattus</i> )	✓	✓	X	
Rat surmulot ( <i>Rattus norvegicus</i> )	✓	✓	X	
<b>Lagomorphes</b>				
Lapin de garenne ( <i>Oryctolagus cuniculus</i> )	X	✓	✓	<b>Vecteur potentiel</b>
<b>Félins</b>				
Chat haret ( <i>Felis catus</i> )	✓	X	X	<b>Vecteur potentiel</b>
<b>Ongulés</b>				
Rennes ( <i>Rangifer tarandus</i> )	X	✓	✓	X

#### IV.A.4. Poissons d'eau douce introduits

Les impacts des salmonidés introduits sur les écosystèmes sont encore mal connus. Le programme IPEV 1041-SALMEVOL a cependant cherché à comprendre les succès de la colonisation de l'archipel par les populations de salmonidés, la truite commune (*Salmo trutta*) particulièrement, plus compétitive que les autres espèces, et comment les écosystèmes aquatiques oligotrophes sont modifiés par un tel phénomène.

Le programme SALMEVOL a permis de comprendre le régime alimentaire des truites communes de quatre rivières à Kerguelen (Studer, Château, Norvégienne et Rivière du Nord) : les truites communes dépendent des invertébrés aquatiques comme source principale d'alimentation. Les invertébrés terrestres ne représentent pas une contribution majeure pour les truites. Le résultat des analyses isotopiques indique aussi l'existence d'un glissement trophique chez les truites au cours de l'ontogénèse : les individus les plus grands s'alimenteraient à un niveau trophique supérieur, ce qui se traduirait par un comportement cannibale entre les cohortes, les alternatives trophiques étant rares. La tendance au cannibalisme semble s'affirmer à mesure que l'animal grandit, mais sans que l'alimentation sur les invertébrés aquatiques ne soit abandonnée chez la majorité des individus. Le programme SALMEVOL a permis aussi d'observer qu'un phénomène d'oligotrophisation des cours d'eau était possiblement en cours suite à l'arrivée des truites, mais n'a pas permis de comprendre les causes de ce phénomène.

L'introduction des salmonidés est responsable de **l'introduction d'une maladie**, qui a eu des impacts sur leurs populations, mais sans avoir été transmises à d'autres espèces. En effet, malgré les traitements préventifs, la maladie bactérienne du rein (ou BKD pour Bacterial Kidney Disease), a été introduite à Kerguelen dans le bassin Armor suite à l'introduction d'œufs de saumon Chinook (*O. tshawytscha*) (Lecomte et al., 2013 ; Fryer & Sanders, 1981). Cette maladie était initialement endémique à la population de saumons Chinook. La conséquence directe de cette maladie est la diminution du taux de survie des saumons infectés dans l'eau de mer, où elle est plus virulente. L'occurrence de cette maladie était une des causes de l'interruption du projet de ferme aquacole dans le bassin Armor. Elle a cependant eu le temps de se répandre chez les saumons Atlantiques *Salmo salar* et les saumons Cohos (*Oncorhynchus kisutch*) qui se reproduisaient naturellement dans le bassin, ainsi que les ombles chevaliers (*Salvelinus alpinus*) relâchés en 1991 dans le bassin. Avec l'éradication des saumons Chinook et Coho élevés en enclos, dans le bassin Armor, la maladie n'a pas été observée depuis 2003 (Lecomte et al., 2003).

#### IV.A.5. Pathogènes introduits

**Les introductions de vertébrés a permis dans certains cas à des bactéries ou virus de ce propager chez des espèces natives en induisant des impacts sur les populations infectées.** C'est le cas du **choléra aviaire** (*Pasteurella multocida*) et du **rouget du porc** (*Erysipelothrix rhusiopathidae*), qui se sont répandus dans certaines populations aviaires, ou encore du champignon des crucifères (*Candida albigo*), qui s'est répandu parmi les communautés de choux de Kerguelen. Certaines maladies, comme la **myxomatose, introduite volontairement** pour contrôler la **population de lapins sur l'île du Cimetière à Kerguelen**, ou comme la BKD (Bacterial Kidney Disease, maladie bactérienne du rein), introduite involontairement avec le saumon coho, ne sont pas évoquées ici car elles ne sont pas identifiées comme pouvant affecter d'autres espèces natives.

##### IV.A.5.a) Pathogènes aviaires

Depuis le milieu des années 1980, des succès de reproduction anormalement bas sont observés dans les colonies d'albatros à bec jaune et d'albatros fuligineux à dos sombre de l'île d'Amsterdam. Des études bactériologiques ont montré la présence chez les oiseaux de ces deux espèces de deux bactéries responsables des maladies du choléra aviaire (*Pasteurella multocida*) et du Rouget du porc (*Erysipelothrix rhusiopathidae*). Les études ont montré l'implication de cette première dans la mortalité précoce des poussins d'albatros à bec jaune et d'albatros fuligineux à dos sombre. L'implication de la deuxième dans les épizooties observées sur l'île d'Amsterdam n'est pas clairement identifiée. Par ailleurs, les poussins d'albatros d'Amsterdam ont aussi été trouvés porteurs de *P. multocida* et *E. rhusiopathidae* sans savoir si ces bactéries engendrent infection et mortalité sur cette espèce. Enfin, des adultes de gorfou sauteur subtropical, espèce dont la population subit un fort déclin, et de labbe antarctique ont aussi été détectés porteurs des deux bactéries.

Il est probable que ces bactéries aient été introduites involontairement sur le territoire par l'homme, bien qu'une origine naturelle ne puisse être exclue. Il existe un risque de diffusion par le personnel sur le terrain vers d'autres colonies d'oiseaux sur l'île d'Amsterdam et éventuellement vers d'autres districts.

La persistance des épizooties et le risque de propagation à d'autres espèces inquiètent au vu des statuts de conservation UICN des oiseaux de l'île d'Amsterdam. Afin d'éviter tout risque d'introduction ou de diffusion d'agents pathogènes entre colonies aviaires, des mesures de prévention (biosécurité) sont déjà en place (cf. partie III.J) et des programmes de recherches visent à mieux comprendre les raisons du maintien des agents pathogènes, notamment à Amsterdam.

#### IV.A.5.b) Pathogènes des plantes natives

Les pathogènes ne concernent pas uniquement la faune aviaire. L'introduction du champignon des crucifères (*Candida albugo*) dans les années 1980 à Kerguelen en est l'illustration. Ce champignon, probablement introduit avec les choux importés pour les cuisines, se développent aujourd'hui dans les populations de chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*) sur toutes les îles du Golfe du Morbihan. La présence relevée à plusieurs reprises dans les choux alimentaires du papillon (*Plutella xylostella*), ravageur des crucifères, a conduit les TAAF à interdire l'importation de toutes crucifères sur les districts austraux.

La problématique d'introduction de pathogènes pose le problème de la biosécurité au sein de la réserve. La biosécurité a été renforcée pendant l'exécution du premier plan de gestion et continuera à être renforcée pendant la période 2017-2026.

### IV.B. Les usages et activités anthropiques

Les Terres australes françaises ont été marquées par le passé par l'exploitation économique des îles, causant la diminution des populations de certaines espèces d'oiseaux et mammifères marins. Les activités présentes (fonctionnement des bases, pêche, tourisme, activités de recherche et de gestion, etc.) sont des facteurs d'influence conditionnant l'état de conservation du patrimoine dans le périmètre de la Réserve. Cette partie vise à décrire les impacts de ces activités anthropiques.

#### IV.B.1. L'exploitation économique ancienne des îles

Depuis leur découverte, l'Homme n'a cessé de chercher à exploiter économiquement les Terres australes françaises. A l'époque, la conscience écologique était absente et ces projets ont souvent eu des conséquences désastreuses sur les écosystèmes. Les principaux impacts liés à ces exploitations passées (dont le patrimoine culturel est décrit en partie III.A.1) sont listés ci-après.

##### IV.B.1.a) Diminution des populations d'espèces natives (pinnipèdes, oiseaux marins, cétacés et poissons)

**A partir du XVIII<sup>ème</sup> siècle, les îles subantarctiques furent des lieux d'exploitation des populations de pinnipèdes**, en particulier des otaries à fourrure chassées pour leur peau. Cette chasse a mené à leur quasi-extinction en 1840 (Zimmerman, 1909<sup>13</sup>), comme ce fut le cas pour les **otaries à fourrure de Kerguelen** (*Acrocefallus gazella*), qui étaient plusieurs millions à la découverte de l'archipel en 1772. Rapidement, leur exploitation a conduit à la raréfaction de cette espèce. Si quatre spécimens furent prélevés en 1874 lors des campagnes océanographiques du Challenger et de La Gazelle, certains écrits suivants ces prélèvements estimaient qu'elles avaient disparu. Leur nombre était estimé à 3000 ou 4000 individus dans les années 1950, réparties sur les îles Bouvet, Marion, Crozet, Kerguelen et Heard. (Paulian, 1956)<sup>14</sup>. Aujourd'hui, on estime leur nombre à 10 000 sur Kerguelen et à 500 sur l'Île de la Possession à Crozet (cf. partie II.F.3). Sur les îles Saint-Paul et Amsterdam, **les otaries à fourrure d'Amsterdam** (*Actrocephalus tropicalis*) étaient aussi chassées dès le XVIII<sup>ème</sup> siècle pour leurs peaux, revendues en Chine. Il n'était par rare, à l'époque, que des navires fassent escale à Saint-Paul ou à Amsterdam pour y laisser un équipage pendant plusieurs semaines, voire plusieurs mois, afin de constituer des stocks de peau d'otaries d'Amsterdam. Les populations d'otaries d'Amsterdam se sont raréfiées elles aussi et dans les années 1950, cette espèce ne

<sup>13</sup>Zimmermann, M. (1909). Exploitation des îles australes. In *Annales de Géographie* (Vol. 18, No. 102, pp. 471-472). Persée-Portail des revues scientifiques en SHS.

<sup>14</sup>Paulian, P. (1956). Exploitation, destruction et protection des pinnipèdes.

dépassait pas 1500 individus (Paulian, 1956). Aujourd'hui, cette population se reconstitue lentement : plus de 22 000 individus ont repeuplé l'île d'Amsterdam et quelques centaines l'île de la Possession à Crozet (cf. partie II.F.3).

Les **éléphants de mer du sud** (*Mirounga leonina*) ont ensuite été chassés pour leur huile, d'une qualité jugée à l'époque comme proche de celle des cachalots et utilisée comme lubrifiant, combustible, assouplissant des cuirs, composant de savon, ou encore peinture. Selon Pascal (1979)<sup>15</sup>, la population de Kerguelen, pourtant exploitée intensivement entre le milieu du XVIII<sup>ème</sup> et le début du XX<sup>ème</sup> siècles, n'a pas connu de prélèvement depuis les années 1930, à l'exception des prélèvements de la S.I.D.A.P. (Société Industrielle des Abattoirs Parisiens), qui les a exploités entre les années 1958 et 1964 mais de façon « restreinte au regard de la taille de la population » (Pascal, 1979). Les éléphants de mer du sud sont aujourd'hui protégés et figurent à l'annexe II de la CITES depuis 1975 (cf. partie V.A). **La population de Kerguelen serait la seconde au monde** (cf. partie II.F.3).

Lors de l'exploitation de ces espèces, **les chasseurs restés sur les îles australes pour constituer des stocks de peaux, d'huile ou d'autres matières premières n'hésitaient pas à prélever les œufs des oiseaux marins** ou à les chasser afin de subvenir à leur propre existence. Dans la même perspective, les manchots royaux étaient aussi prélevés dans le but d'extraire leur huile, pourtant moins précieuse que celle des pinnipèdes et des cétacés (cf. texte).

*« D'une saison à l'autre prévalait toujours la même tactique. Une vingtaine d'hommes mettait pied sur une île. Ils étaient récupérés en fin de saison, à moins qu'on ne chargeât de cette tâche les baleiniers avec qui l'on faisait route. Sitôt débarqués, les traqueurs installaient les « bouilleurs », chaudières en fonte posées sur des fourneaux de briques. Puis les chasseurs prospectaient le long de la côte dans des chaloupes à la recherche d'une colonie abondante d'otaries à fourrure. Là, ils s'embusquaient, coupaient toute retraite vers la mer à leurs victimes, et en assommaient le maximum en un temps record, d'un grand coup de matraque entre les deux yeux. Commençait alors le dépeçage. Fusil à aiguiser à la ceinture au côté gauche, couteau à la main, on décollait les peaux des corps transportées ensuite sur le bateau où elles étaient grattées, salées, frottées et pliées.*

*La boucherie était tout aussi odieuse avec les éléphants de mer dont la peau n'avait aucune valeur. Seule la graisse importait, débitée en plaquettes de 50 sur 30 centimètres taillées dans l'épaisseur du lard. Elles étaient ensuite bouillies et fondues au camp, avant d'être stockées dans des barils en partance pour l'Amérique ou l'Europe.*

*Ces hommes dépendaient pour vivre des rations alimentaires qu'on leur laissait. Leur quotidien était complété par des œufs, des poussins et des oiseaux de mer. Le combustible était assuré par la graisse de phoque, l'huile de manchot, ou, lorsqu'il était disponible sur place comme à Kerguelen, le charbon. Pour faire fondre la graisse d'éléphant de mer, les phoquiens utilisaient de préférence la graisse de manchot moins précieuse. C'est ainsi que des centaines de milliers de manchots ont été écrasés à la « presse à manchots », pour leur huile... et par souci d'efficacité, presses à manchots et chaudrons étaient installés sur le lieu même des colonies de ces oiseaux... »*

Figure 31. Extrait du livre « Sous les Quarantièmes rugissants. Un sanctuaire sauvage », de Charles-André Bost, Christophe et Dominique Guinet, Benoît Lequette et Henri Weimerskirch, détaillant la chasse phoquière au XVIII<sup>ème</sup> siècle

Les **baleines** ont également été massivement chassées dans les eaux des Terres australes françaises au XIX<sup>ème</sup> et début du XX<sup>ème</sup> siècles, comme dans l'ensemble des eaux australes et dans l'océan Indien. En effet, la découverte du pétrole lampant, au début des années 1860, a fait croître la demande en huile de cétacés et notamment de cachalot. En effet, les 9/10èmes de l'huile produite par cette chasse servaient à

<sup>15</sup>Pascal, M. (1979). Essai de dénombrement de la population d'éléphants de mer (*Mirounga leonina* (L.)) des îles Kerguelen (49° S, 69° E). *Mammalia*, 43(2), 147-160.

l'éclairage. Au début du XX<sup>ème</sup> siècle, ces huiles étaient utilisées pour la production de savons et par l'industrie alimentaire. La mise au point du canon lance-harpon, inventé en 1868, et de navires plus rapides ont largement facilité la capture des grands cétacés. Leur chasse a atteint son paroxysme au début du XX<sup>ème</sup> siècle. C'est à cette époque, en 1908, que la station franco-norvégienne baleinière Port Jeanne d'Arc à Kerguelen fut construite. Elle entra en activité entre 1908 et 1914 puis de 1920 à 1929 afin d'exploiter, non seulement les baleines franches australes (*Eubæna australis*) et les baleines à bosses (*Megaptera novaengliæ*) durant les hivers austraux, mais également les éléphants de mer (à partir d'octobre) et les otaries à fourrure (en été austral).

A Kerguelen, 710 baleines et 300 000 éléphants de mer auraient été capturés entre 1840 et 1877, et 486 baleines supplémentaires entre 1908 et 1911. Entre 1925 et 1931, ce sont 126 000 éléphants de mer qui furent tués pour leur huile. L'exploitation des éléphants de mer de la S.I.D.A.P. entre 1957 et 1963 a quant à elle engendré la capture de 6000 éléphants de mer (Duhamel & Williams, 2011)<sup>16</sup>.

« A la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, grâce au développement des bateaux à vapeur, beaucoup plus rapides et manoeuvrants que les voiliers, il devint possible de poursuivre les grandes baleines, baleines bleues et autres rorquals. Mais à l'exploitation artisanale succéda l'ère froide de la chasse industrielle. Les lances à main avaient été remplacées par des harpons à tête explosive... [...] en quelques décennies plusieurs espèces étaient au seuil de la disparition (baleine à bosse, baleine franche). Il fallut moins de cent ans à l'homme pour éradiquer des eaux antarctiques les baleines bleues. Même les espèces les plus rapides ne pouvaient se soustraire aux harpons à charge explosive propulsés par les canons d'un navire à vapeur. Les souffles qui jaillissent de leur évent en faisaient une proie facile pour les baleiniers qui n'avaient aucune peine de les repérer de loin. Une fois harponnée, la baleine se débattait en vain, traînant au bout du câble le bateau dans son sillage. Parfois, une de ses congénères tentait de la secourir. Elle subissait invariablement le même sort. La mer prenait une teinte rouge [...]. Les carcasses, rejetées à la mer, venaient grossir les ossuaires des plages des îles avoisinantes. »

Figure 32. Extrait du livre « Sous les Quarantièmes rugissants. Un sanctuaire sauvage », de Charles-André Bost, Christophe et Dominique Guinet, Benoît Lequette et Henri Weimerskirch, détaillant la chasse baleinière au XIX<sup>ème</sup> siècle

A partir des années 1960, la découverte d'eaux poissonneuses au large de l'archipel Kerguelen par des navires de l'URSS a été le déclencheur d'une période de pêche intense qui coïncide avec la fin de l'exploitation des mammifères marins. Entre 1971 et 2009, les captures s'élèvent alors à 1 012 166 tonnes (Duhamel & Williams, 2011). Entre 1971 et 1978, une flotille de pêche de l'URSS, constituée de 40 navires, opère dans la zone, rejointe en 1974-1975 et 1977-1978 par des navires polonais et en 1977-1978 par un navire scientifique japonais. Le poisson ciblé durant cette période était principalement le colin de Kerguelen (*Notothenia rossii*), qui fut pêché jusqu'à surexploitation et amenuisement des stocks. Ce sont ensuite le poisson des glaces (*Champscephalus gunnari*) et le colin austral (*Lepidotothen squamifrons*) qui furent visés. Ces pêches non réglementées furent mises à l'arrêt suite à la création des ZEE françaises et australiennes et de la CCAMLR (Commission pour la Conservation de la Faune et de la Flore de l'Antarctique).

Ces pêcheries furent alors fermées dans les années 1990 afin de protéger les individus restants. Depuis 1993, la légine australe (*Dissostichus eleginoides*) est l'une des seules espèces pêchées chaque année dans les eaux de Kerguelen. Cette pêche est aujourd'hui contrôlée et les taux de capture sont définis après avis scientifique (cf. partie III.D.2.a)).

<sup>16</sup>Duhamel, G., & Williams, R. (2011). History of whaling, sealing, fishery and aquaculture trials in the area of the Kerguelen Plateau. *The Kerguelen Plateau: marine ecosystem and fisheries*, 2011, 15-28.

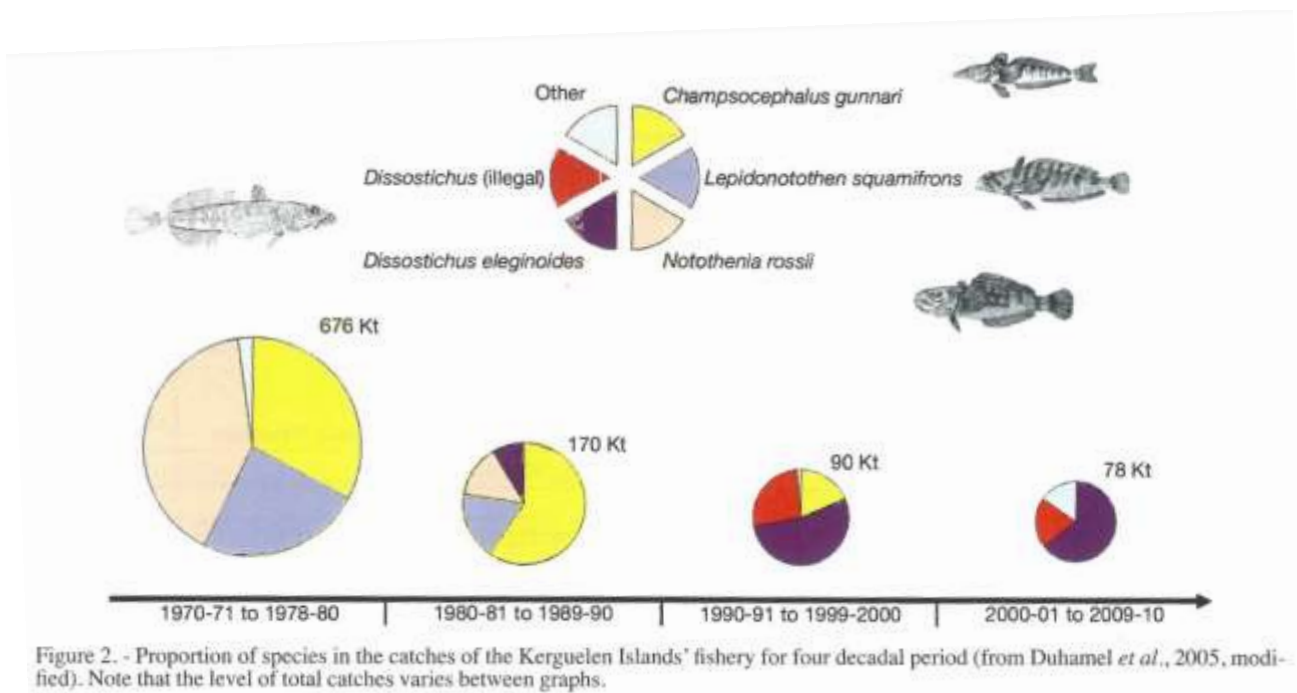


Figure 33. Proportion d'espèces dans les prises totales réalisées dans les zones de pêche de Kerguelen pendant quatre périodes décennales (Duhamel et al., 2011)<sup>17</sup>.

#### IV.B.1.b) Introduction d'espèces exotiques et modification des habitats

Nombre d'espèces furent **introduites**, volontairement ou non, au cours de cette période (cf. **partie IV.A.** pour plus d'informations sur les impacts de ces espèces).

En effet, les frères Bossière, qui avaient obtenu la concession des îles Kerguelen en 1893 pour 50 ans, tentèrent de tirer profit non seulement de l'exploitation des mammifères marins, mais également de **l'élevage de moutons**. Même si elle échoua, cette activité menée à Port Couvreur engendra des **perturbations écologiques importantes et favorisa l'introduction d'un invertébré aujourd'hui envahissant, le *Merizodus soledadinus***. Ce carabe qui se répand le long des franges littorales est un prédateur du diptère aptère indigène *Anatalanta aptera*, lequel ne connaissait jusqu'alors que peu de prédateurs naturels. **La réintroduction du mouton en 1952 sur l'île Longue, puis du mouflon de Corse sur l'île Haute en 1956, a eu des impacts sur les habitats et la flore de ces îles**, tels que l'élimination du chou de Kerguelen ou le retrait d'*Azorella* sp. Afin de maintenir ces espèces, une dizaine d'espèces de plantes fourragères ont été introduites en 1972 mais certaines d'entre elles (*Dactylis glomerata*, *Lolium perene*, *Festuca pratensis*) constituent aujourd'hui des **prairies**.

Le site de Port Jeanne d'Arc a également servi d'emplacement pour l'élevage de **porcs**, notamment dans le but de subvenir aux besoins des hommes travaillant dans l'usine baleinière. Les infrastructures mises en place et l'apport d'énormes quantités de matière organique à proximité des centres d'exploitation à terre des mammifères marins a sans aucun doute eu des répercussions importantes sur le fonctionnement des écosystèmes mais cet aspect est très peu documenté (Convey & Lebouvier, 2009).

Par ailleurs, l'introduction de 6 **bovins** sur l'île d'Amsterdam par la famille Heurtin en 1871 a été à l'origine, un siècle plus tard, de la constitution d'un troupeau sauvage de 1600 têtes. Le surpâturage, ainsi que le

<sup>17</sup>Duhamel, G., Pruvost, P., Bertignac, M., Gasco, N., & Hauteceur, M. (2011). Major fishery events in Kerguelen Islands: *Notothernia rossii*, *Champsocephalus gunnari*, *Dissostichus eleginoides*-Current distribution and status of stocks. *The Kerguelen Plateau: Marine Ecosystem and Fisheries* (eds Duhamel G, Welsford DC), 275-286.



piétinement des terrains, a mené à la destruction de plantes endémiques comme le *Philica arborea*, à la propagation de plantes introduites et à la fragilisation des tourbières sur lesquelles se reproduit l'albatros d'Amsterdam. Ces impacts ont aggravé ceux causés par les feux, souvent d'origine humaine, qui ont ravagé les parties basses de l'île, contribuant alors à détruire le boisement de *Philica arborea*.

#### IV.B.2. Les bases actuelles

Historiquement, les **bases techniques et scientifiques Alfred Faure (Crozet), Port-aux-Français (Kerguelen) et Martin-de-Viviès (Amsterdam) ont été ouvertes respectivement en 1962, 1949 et 1950 pour garantir l'accueil des équipes de recherche scientifique et asseoir la souveraineté de la France sur les Terres australes**. Depuis leur création, ces bases constituent des plateformes opérationnelles et logistiques qui concentrent la présence humaine et la majorité des activités associées (cf. partie III.A). Leur fonctionnement est générateur de perturbations et d'artificialisation des milieux, détaillés ci-dessous.

La construction et l'aménagement des bases, puis leur fonctionnement, génèrent un certain nombre de **déchets** qu'il est nécessaire de traiter (cf. **partie III.B.1**). Jusqu'à la fin des années 1980, tous les déchets produits au sein des bases étaient enfouis ou jetés en mer, laissant encore à ce jour de nombreuses traces historiques disséminées sur les districts. Plusieurs structures inutilisées ont également été abandonnées, que ce soit sur les bases ou sur les sites isolés. Au-delà de la dégradation de la qualité esthétique des paysages originels, ces déchets peuvent, suivant leur nature, entraîner une **pollution localisée et/ou être sources de blessures voire de mortalité pour la faune sauvage**. Depuis 1990, les déchets sont rapatriés à la Réunion, et aujourd'hui, la majorité des déchets générés par le fonctionnement des bases sont rapatriés.

Parallèlement aux déchets, un certain nombre de **rejets, tels que les boues et les effluents** existants du fait de l'absence d'un système efficace d'assainissement (cf. partie III.B.2), occasionnent localement des **pollutions de l'aquifère, du milieu terrestre, voire du milieu marin**. En effet, par l'apport de matières organiques, les zones d'épandage et de rejet sont enrichies et favorisent la prolifération d'espèces introduites. Dans la mesure où **les bases sont intégrées au périmètre de la Réserve naturelle, il est désormais nécessaire d'améliorer le traitement des eaux usées pour réduire au maximum les risques de pollution du milieu**.

Les impacts liés à la production d'énergie (cf. partie III.B.3), quant à eux, sont faibles et sont plutôt liés au **ravitaillement en hydrocarbures** des bases et à **l'émission, limitée, de gaz à effet de serre**.

En effet, les bases australes sont **consommatrices d'une grande quantité de fioul**, utilisé notamment à des fins de production d'électricité (groupes électrogènes) ou de chauffage (chaudières). Ce gasoil est acheminé sur les districts par le Marion Dufresne lors des opérations portuaires. Le gasoil disponible à Port-aux-Français sert également au ravitaillement des bateaux naviguant au large, tels que les bateaux de pêche. En cas de fuite ou d'accident, ces transferts de gasoil, du Marion Dufresne vers les bases, ou de la base de Port-aux-Français vers les navires, représentent un **risque de pollution par hydrocarbures pour le littoral et le milieu marin**. Depuis 2006, aucune pollution n'a été constatée suite à l'installation des enrôleurs sur le Marion Dufresne qui permettent le réapprovisionnement des bases. Seuls quelques incidents mineurs sont à déplorer, liés notamment à la rupture de manche (déplacement du navire). À noter que seul le gasoil Marine est utilisé pour le ravitaillement des bases et des navires. Il s'agit d'un gasoil léger, très volatil et difficile à récupérer en cas d'incident (contrairement au fioul lourd). La réduction des risques de pollution réside donc principalement dans la mise en place de mesures préventives, telles que détaillées en partie III.B.4, ainsi que dans la réflexion à mener à moyen terme sur la mise en place stratégique de réduction de l'utilisation des hydrocarbures dans les districts.

Par ailleurs, s'il apparaît difficile, d'ici 10 ans, de projeter des bases australes exclusivement alimentées par de l'énergie renouvelable, il convient *a minima* de **poursuivre les efforts entrepris par les TAAF pour diminuer la consommation énergétique d'une part, et augmenter progressivement la part d'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique d'autre part**. Cette ambition imposera de faire des choix

adaptés aux besoins énergétiques des bases et aux contraintes logistiques, de maintenance, météorologiques et environnementales des districts.

**Enfin, la pollution lumineuse que peuvent générer les bases la nuit constitue également un impact direct sur les oiseaux.** Attirés par les lumières, de nombreux oiseaux marins (pétrels noirs, pétrels soyaux, pétrels bleus, prion sp., océanites à croupion gris), notamment les poussins au moment de l'envol, viennent « s'échouer » sur les bases ou sur les ponts des bateaux de passage. Une fois à terre, les oiseaux sont souvent la proie des chats (Kerguelen) ou des skuas qui prospectent la nuit les chemins éclairés à la recherche des poussins échoués. Outre cette mortalité, les lumières artificielles désorientent les oiseaux et provoquent des perturbations de leur comportement naturel qui peuvent les conduire à l'épuisement, ce qui est contraire aux dispositions de l'article 6, alinéa 4, du décret n°2006-1211 modifié : « Il est interdit de troubler ou de déranger les animaux par quelque moyen que ce soit ». Dans ce contexte, les efforts engagés par la collectivité des TAAF pour réduire la pollution lumineuse des bases devront être poursuivis. Des améliorations devront également être initiées vis-à-vis des navires amenés à fréquenter la Réserve naturelle (Marion Dufresne, La Curieuse, navires de pêche, etc.).

#### ***Cas de la Baie du Marin (Crozet)***

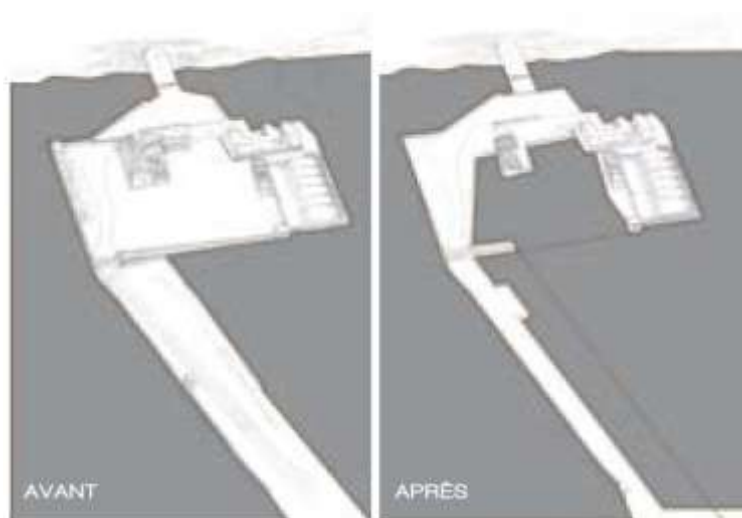
A **Crozet**, sur l'île de la Possession, des **installations permettant les activités logistiques scientifiques sont en place au centre de la colonie de manchots royaux de la Baie du Marin (Erreur ! Source du renvoi introuvable.)**. La surface disponible pour la reproduction de cette espèce s'en trouve alors réduite.

Sur cette île, les débarquements de matériel réalisés par voie maritime (utilisation de la portière) se font par le quai construit sur la plage de la Baie du Marin. Ces opérations logistiques engendrent une fréquentation accrue et une circulation d'engins motorisés qui peuvent perturber les manchots situés à proximité.

Aussi, afin de concilier activités humaines et préservation de la biodiversité, le fonctionnement du débarcadère a été modifié entre 2012 et 2014 par les TAAF, en concertation avec l'IPEV : il a été considéré que la modification du positionnement des infrastructures ne devait pas perturber les suivis à long terme de la colonie (Programme IPEV 137 – ECOPHY - ANTAVIA) et que les objectifs étaient de rendre un maximum de surface pour le développement de la colonie de manchots, ainsi que de diminuer l'impact paysager des infrastructures. L'ancien hangar de l'installation et l'ancienne barrière ont alors été démantelés, une palissade en bois a été installée au plus près de la route, et, en 2013, deux autres palissades ont été installées autour des bacs de rétention des cuves de fioul afin d'empêcher la faune d'y accéder. Une barrière a également été positionnée entre la passerelle à manchots et la dalle en béton de l'ancien hangar de stockage. En 2014, une nouvelle barrière en bois solide est venue remplacer celle qui était déjà en place entre la plateforme des locaux scientifiques et la manchotière, et une barrière supplémentaire a été positionnée pour fermer l'accès aux bacs de rétention. Enfin, le muret en béton empêchant l'accès des manchots à la nouvelle zone a été démantelé, ce qui a libéré de nouvelles zones pour les manchots qui s'y sont installés rapidement. En décembre 2016, des travaux ont été faits afin d'installer des câbles dans le cadre du projet HA04. Les câbles ont été enterrés et des mesures ont été prises lors des travaux afin de limiter l'impact sur la colonie de manchots.



Photo 79. Emprise des infrastructures dans la colonie de manchots royaux de la Baie du Marin (Crozet) avant 2015



Carte90. Les infrastructures du débarcadere de la Baire du Marin, à Crozet, avant travaux en 2011 et après (depuis 2015)

### IV.B.3. Les sites isolés

Comme présenté en partie III.C.1.a), la présence humaine dans les cabanes en sites isolés génère une production de différents types de déchets, dont la gestion doit respecter le schéma de traitement mis en place sur les bases et le cadre réglementaire fixé par le décret de création de la Réserve n°2006-1211 modifié. **Les impacts de déchets** issus de l'entretien des structures ou de leur démantèlement, ainsi que de ceux issus des travaux scientifiques et de gestion de la Réserve, sont nuls sur l'environnement s'ils sont bien pris en charge. Ce n'est en revanche pas le cas des déchets issus de la vie quotidienne en cabane tels que les déchets alimentaires. Dans certaines cabanes, comme expliqué en partie III.C.1.a), des incinérateurs sont mis à disposition, afin de réaliser l'incinération complète des déchets humides. Les consignes d'utilisation ne sont cependant pas toujours bien respectées. En effet, les fûts étant ouverts, **les résidus non brûlés sont accessibles à la faune (rongeurs introduits, skuas, chionis, etc.) et aux intempéries**. L'actuel plan de gestion vise à définir, en lien étroit avec l'IPEV, de nouvelles modalités de traitement des déchets incinérables et des déchets alimentaires produits en refuge. **Les déchets sanitaires, quant à eux, sont actuellement rejetés en mer ou à terre, ce qui est désormais contraire à la réglementation du décret n 2006-1211 modifié de la Réserve**, qui institue des « zones de protection renforcée marines » dans les zones de côtières de Crozet et Kerguelen et au sein desquelles toute forme de rejets, y compris les rejets organiques et les déchets de poissons, sont interdits. Un important travail de traitement des eaux usées des

cabanes et refuges des Terres australes françaises devra donc être développé au cours de la prochaine décennie.

Les impacts de la **production d'énergie** pour les cabanes sont limités, dans la mesure où seuls de petits groupes électrogènes sont présents. Sur certaines cabanes, des panneaux solaires ont été installés, ce qui permet de s'affranchir de l'énergie fossile et de réduire l'empreinte écologique de ces sites isolés.

Par ailleurs, les **activités logistiques** peuvent engendrer un **dérangement des espèces** et contribuer à la **dispersion d'espèces exotiques** sur les districts du fait de l'utilisation de véhicules (hélicoptère, chaland, tracteur).

Enfin, les déplacements pédestres au sein de la réserve naturelle, qu'ils soient professionnels (scientifiques, agents de la Réserve, Services techniques des TAAF, etc.), récréatifs ou touristiques, engendrent un **piétinement répété et donc une dégradation des milieux naturels**. On constate effectivement sur ces zones une altération des sols conduisant à la formation de « souilles » et/ou de ravines dans les terrains tourbeux les plus humides. Outre la dégradation des milieux, les secteurs impactés par les transits constituent des **milieux favorables à l'installation et la dispersion des espèces introduites**.



Photo 80. Créations de souilles sur un transit

#### IV.B.4. La logistique

**La logistique dans les Terres australes françaises est essentielle pour garantir le transport de personnes et de fret (nourriture, matériel scientifique, etc.) vers les bases permanentes et les sites isolés des districts austraux (cf. partie III.G).** Les activités logistiques sont encadrées par le décret 2006-1211 modifié ainsi que par les arrêtés pris chaque année par le préfet administrateur supérieur des TAAF réglementant les activités au sein de la réserve. Ces dispositions s'ajoutent à celles prises par les équipes de la Réserve, qui ont mis en place des mesures de biosécurité depuis 2011 (cf. partie III.J). Ces dispositions sont justifiées par les **impacts potentiels de ces activités logistiques (transport de personnes, de consommables et de matériels) ainsi que des moyens associés (hélicoptère, tracteur, moyens nautiques).**

##### *Moyens nautiques*

Dans la mesure où la législation en vigueur dans les Terres australes françaises encadre la pratique de la navigation (cf. partie III.D.2) (arrêtés préfectoraux relatifs aux zones de mouillage, aux rejets en mer de déchets organiques et aux pollutions aux hydrocarbures par exemple (cf. partie **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, **les impacts potentiels des moyens nautiques sont relativement limités, si ce n'est concernant le risque d'introduction et de déplacement d'espèces exotiques potentiellement invasives** qu'ils représentent. A cet égard, des procédures de biosécurité ont été définies et sont mises en œuvre (cf. partie III.J).

##### *Hélicoptère*

Lors des **opérations logistiques et touristiques**, les déplacements au sein de la réserve se font essentiellement en **hélicoptère** depuis le Marion Dufresne ou les bases. Le décret de la réserve autorise ces vols, bien qu'ils puissent engendrer un dérangement sur les colonies d'oiseaux et les mammifères marins s'ils sont effectués trop bas ou si les déposes sont réalisées à proximité de zones sensibles (colonies ou sols sensibles). Les impacts principaux sont le risque de collision et le stress dû aux nuisances sonores. Ce dernier peut entraîner chez certaines espèces (pétrels géants, albatros, manchots) l'abandon du nid et des oeufs en période d'incubation. A ces risques s'ajoutent celui de la dispersion d'espèces exotiques (végétaux, insectes, bactéries, virus, etc.).

Pour minimiser ces impacts, **les couloirs de vols sont définis au cas par cas** afin d'éviter le survol des colonies d'oiseaux. Les **plans de vols** sont quant à eux réalisés en débutant par les sites comptabilisant le moins d'espèces introduites vers les sites les plus contaminés. Enfin, l'emplacement des drop zone (DZ) passagers et des DZ logistiques est défini avant chaque opération hélicoptérée afin d'éviter la fréquentation et la dégradation des zones sensibles.

##### *Tracteurs et moyens automobiles*

**L'utilisation des véhicules à moteurs est interdite dans la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises** (article 18 du décret n 2006-1211 modifié), **sauf par dérogation du préfet, administrateur supérieur des TAAF.** Ces dérogations sont délivrées par arrêté et données au cas par cas.

Sur les bases permanentes, les véhicules motorisés sont autorisés à circuler sur les routes et pistes prévues à cet effet. Dans le cas d'espaces anthropisés dégradés comme les bases, les impacts liés à ces usages sont en effet minimes.

Les tracteurs sont les seuls engins motorisés pouvant circuler sur les routes et pistes en dehors du périmètre des bases. Leur utilisation sur Kerguelen répond principalement à un besoin de transport de fret

(matériel scientifique, vivres, eau, matériaux de construction, etc.) vers les cabanes accessibles (Jacky, Morne, Ratmanoff, Pointe Suzanne). Ils peuvent également servir de moyen de secours pour porter assistance à une personne en difficulté. Par le passé, l'usage du tracteur à l'extérieur de Port-aux-Français était régulier. Or, quand ils sont utilisés dans le milieu naturel, **les tracteurs** (à l'instar des autres véhicules roulants) **contribuent à la dispersion d'espèces exotiques, au dérangement des oiseaux et mammifères marins situés sur leur passage, à l'érosion des sols, et à la destruction et la modification de communautés végétales sensibles. En outre, ils favorisent le développement d'espèces introduites qui affectionnent les sols compactés et piétinés.**



Photo 81. Chemin tracteur sur la Péninsule Courbet en direction de la cabane Ratmanoff.

#### IV.B.5. La recherche scientifique et les activités de gestion de la réserve naturelle

Les activités scientifiques au sein de la réserve naturelle ont permis et permettent encore actuellement **d'améliorer les connaissances sur les 3 districts**, que ce soit en géomorphologie, climat, systèmes hydrographiques, inventaire et distribution des espèces, fonctionnement des écosystèmes marins et terrestres, etc. Ces connaissances sont nécessaires à la bonne gestion de la Réserve naturelle car elles permettent d'identifier la taille des populations, les causes de la diminution de certaines populations d'oiseaux et mammifères marins, les zones d'alimentation ou de reproduction à protéger, ou encore de définir les quotas de pêche, etc.

Ces activités, tout comme les activités de gestion de la Réserve naturelle, ont elles aussi des impacts sur l'environnement. En effet, les équipes scientifiques et celles de la Réserve naturelle figurent parmi les personnels qui circulent le plus sur le territoire. Malgré l'application des mesures de biosécurité avant chaque mission vers des sites isolés, le **risque de transporter accidentellement des espèces exotiques** n'est pas nul. Quand ils sont répétés, les déplacements pédestres sur les districts peuvent également avoir un impact physique sur le milieu. Enfin, ces activités peuvent nécessiter la **réalisation de protocoles**,

**manipulations et/ou prélèvements qui peuvent engendrer un dérangement des espèces** (captures manuelles, pose de bagues métalliques, mesures biométriques, prélèvements sanguins, prélèvements biologiques, poses de balises Argos, etc.).

Ces manipulations et prélèvements sont réalisés dans le plus strict respect de la réglementation en vigueur dans les Terres australes françaises et au sein de la Réserve naturelle. Ainsi, les manipulations d'espèces protégées, ainsi que les prélèvements biologiques et minéraux, font l'objet d'une autorisation préalable délivrée par le préfet, administrateur supérieur des TAAF, sur avis du Comité de l'Environnement Polaire (CEP) et du Conseil national pour la protection de la nature (CNP).

## **IV.B.6. Pêche**

### *IV.B.6.a) Impacts de la pêche sur les écosystèmes*

Comme nous l'avons vu en partie III.D.2, les pêcheries australes ciblent des espèces d'intérêt commercial telles que la légine, la langouste ou le poisson des glaces, et elles sont gérées par un cadre réglementaire et des contrôles adaptés. Néanmoins et malgré ces mesures, certains impacts peuvent persister. Ils concernent:

- les habitats benthiques (altération du benthos par les engins de pêche de fond);
- les espèces non ciblées par la pêche, dites « captures accessoires et accidentelles », qui peuvent être sensibles ou dont l'état des populations n'est pas connu (en particulier les raies, les requins et les grenadiers) ;
- les oiseaux ou les mammifères qui peuvent interagir avec les navires de pêche et leurs engins, entraînant dans certains cas la mortalité de ces dernières, ou conduisant à des modifications comportementales comme l'apprentissage des orques et des cachalots à prélever des poissons sur les palangres (déprédation).

### *IV.B.6.b) Impacts de la pêche à la palangre*

Considérant les impacts environnementaux importants du chalut de fond sur les habitats marins, son utilisation déraisonnée qui a conduit à la surexploitation des ressources de Kerguelen et la moindre qualité commerciale des poissons pêchés par cet engin, l'administration des TAAF a pris la décision d'arrêter l'usage de cet engin pour favoriser la palangre de fond, technique plus sélective envers les prises accessoires et les juvéniles et qui présente une empreinte moins importante sur les fonds marins.

Néanmoins, la palangre de fond présente certains impacts environnementaux spécifiques que les TAAF tendent à limiter. En effet, les oiseaux marins sont particulièrement vulnérables à la pêche palangrière (Delord et al., 2010): ils sont attirés par les hameçons appâtés lors de la mise à l'eau des lignes et également lors de leur remontée à bord. Pour réduire ces impacts et afin de satisfaire les engagements de la France en la matière envers la CCAMLR, **la Réserve naturelle, appuyée de ses partenaires scientifiques, a développé tout une série de mesures visant à lutter contre la mortalité aviaire**: la mise en œuvre de dispositifs d'effarouchements, de pratiques et de techniques adaptées (éclairage réduit, vitesse et cap adapté, matériel optimisé, bonne gestion des déchets et des rejets etc.), ainsi que la fermeture de la pêche à Kerguelen lors du pic de mortalité aviaire, ont permis de diminuer cette mortalité de manière très importante (diminution de -90% en 10 ans). Les pétrels à menton blanc (*Procellariaaequinoctialis*), les pétrels gris (*Procellariacinerea*), et dans une moindre mesure les pétrels géants subantarctiques (*Macronecteshalli*) sont les seules espèces encore concernées par cette mortalité directe. La France est désormais félicitée pour ses bons résultats en matière de mortalité aviaire dans les eaux sous juridiction des TAAF.

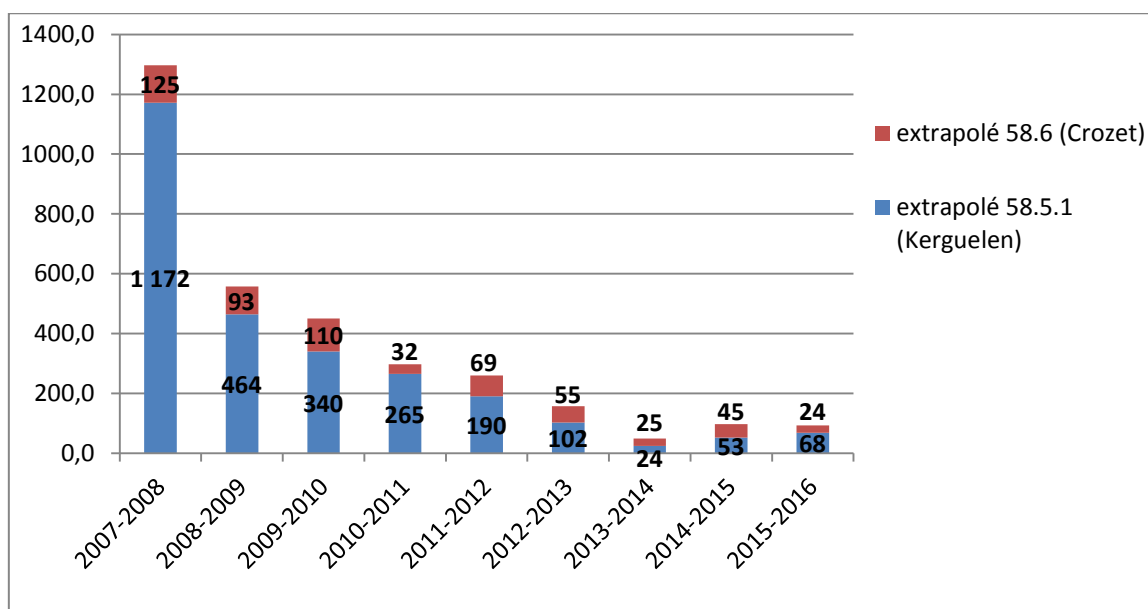


Figure 34. Evolution de la mortalité aviaire accidentelle causée par la pêche légale à la palangre dans les ZEE de Crozet et Kerguelen

Les impacts directs sur les mammifères marins sont, quant à eux, plus rares. Exceptionnellement, des éléphants de mer et cachalots peuvent être remontés, emmêlés sur les lignes comme observé sur la saison de pêche 2015-2016 (source TAAF 2016).

L’empreinte des impacts des lignes sur les fonds marins (espèces et habitats benthiques) sont peu connus, notamment du fait du manque de connaissances sur les habitats benthiques dans les zones de pêche. La présence d’écosystèmes marins vulnérables (EMV) n’a pas été mise en évidence sur ces zones, mais **la remontée de taxons indicateurs d’EMV (CCAMLR VME Taxa Guide 2009) sur les lignes de pêche est néanmoins régulière et justifie d’améliorer les connaissances à ce sujet**. Les lignes de pêche perdues chaque année et le plomb qu’elles contiennent peuvent par ailleurs présenter des effets à long terme qu’il conviendra d’anticiper.

Enfin, **la déprédation des lignes par les orques et les cachalots**, qui conduit à des modifications comportementales de ces mammifères marins et à une pression accrue sur la ressource, **constitue un enjeu prioritaire de la Réserve naturelle**. En effet à Crozet, un taux important de déprédation des légines sur les lignes par les orques (*Orcinus orca*), et dans une moindre mesure par les cachalots (*Physeter macrocephalus*), est à noter (Tixier et al., 2010). Sur la période 2003-2013, ce taux a été estimé à 28% de la capture totale de légine (Gasco et al 2014). La déprédation impose une réglementation spécifique sur cet archipel, de manière à adapter les pratiques et les techniques de pêche pour la limiter. A Kerguelen, la déprédation par les orques y est rare mais celle des cachalots est plus commune. Les taux de déprédation (4 à 5%) restent néanmoins bien inférieurs à ceux observés à Crozet.

#### IV.B.6.c) Impacts de la pêche de Saint-Paul et Amsterdam

La pêcherie de Saint-Paul et Amsterdam peut également présenter certains impacts sur les écosystèmes, au-delà de la pression sur les ressources halieutiques ciblés et accessoires.

**L’impact des casiers et des engins de pêche sur certaines espèces et habitats n’est pas évalué mais il est révélé par des captures ponctuelles de taxons indicateurs d’écosystèmes marins vulnérables (EMV) et de *Macrocystis*.**

La pollution et la **pêche « fantôme » induite par les éventuels engins de pêche perdus ou abandonnés** n’est pas évaluée non plus mais des alèses synthétiques et des goulottes de casiers retrouvées sur des otaries d’Amsterdam laissent présager d’un impact éventuel.



Enfin, la **déprédation des rouffes antarctiques par les orques (*Orcinus orca*)** est avérée mais elle n'est pas quantifiée à l'heure actuelle.

Par ailleurs, bien qu'il n'y ait pas de mortalité aviaire directe, le risque existe en pêche poissons lors du filage et du virage des palangres verticales, même s'il semble bien maîtrisé par des techniques et des pratiques adaptées. En revanche, des effets indirects sont à considérer, tel que le souillage du plumage par des fuites d'hydrocarbures ou l'étouffement suite à l'avalancement de déchets de poissons ou d'appâts (Benemann et al 2015).

#### **IV.B.6.d) Impacts environnementaux de la pêche au poisson des glaces**

L'usage de chalut pélagique, à condition qu'il soit utilisé dans la colonne d'eau et pas sur le fond, permet de limiter la capture d'espèces accessoires (qui se concentrent sur le fond) et de ne pas altérer les organismes benthiques ou les éventuels habitats marins vulnérables. **Cette pêche présente néanmoins des risques pour les oiseaux marins**, en particulier sur les pétrels à menton blanc et les albatros à sourcil noir, à l'image de la pêche au poisson des glaces de Géorgie du sud (Sullivan et al 2009). L'emmêlement dans les mailles des chaluts lors du virage (mise à l'eau) et du filage (remontée à bord), lorsque les mailles du filet sont détendues et lâches en surface, constitue le principal risque. Les collisions avec les funes (câbles) du chalut lors du temps de traîne est un autre risque connu, même s'il n'a pas conduit à des mortalités aviaires depuis la réouverture de la pêche à Kerguelen (source TAAF 2016).

Des dispositifs d'effarouchement obligatoires, déployés lors des différentes phases de pêche, et des pratiques adaptées (nettoyage des filets, boudinage au filage par des liens biodégradables, cap au vent du navire, vitesse lente du navire, lestage du chalut, gestion appropriée des rejets, etc.), permettent de limiter ces risques de mortalité.



Photo 82. Pétrels à menton blanc (*Procellariaaequinocialis*) et d'albatros à sourcils noir (*Thalassarchemelanophris*) au virage

Aucun impact direct sur les mammifères marins n'a en revanche été mis en évidence à ce stade.

**Les impacts des pêcheries établies dans les eaux sous juridiction sont désormais limités et contenus mais les effets délétères des pêcheries extérieures aux ZEE, et même parfois très lointaines, peuvent se ressentir sur les populations à grande aire de répartition** (oiseaux et mammifères marins en particulier), même si nous disposons de peu d'éléments chiffrés sur les mortalités de ces pêcheries actuellement. **Les efforts doivent donc être consentis sur les pêcheries voisines en haute mer hors des ZEE TAAF.** Pour cela,

les TAAF doivent être moteurs au sein des Organisations Régionales de Gestion des Pêche, en particulier au sein de l'APSOI (Accord pour les Pêcheries du Sud de l'Océan Indien), de la CCAMLR (Convention sur la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique) et de la CCSBT (Commission for the Conservation of Southern Bluefin Tuna) pour améliorer les mesures de conservation en vigueur ainsi que leur application.

#### **IV.B.7. Le tourisme**

Même si celle-ci est limitée en nombre et restreinte à certains sites, l'activité **touristique est récurrente au sein de la réserve naturelle et engendre une fréquentation répétée des sites**. Dans certains cas, elle peut engendrer des **impacts directs sur le milieu naturel, la faune et la flore** (piétinement de végétations sensibles, dérangement d'espèces, etc.). **Certains impacts sont parfois difficiles à évaluer à l'échelle d'une seule sortie, mais peuvent prendre des proportions importantes et inquiétantes lorsque la fréquentation est répétée dans le temps** (érosion du sol, dispersion d'espèces exotiques, etc.). A ce titre, l'impact cumulatif des activités touristiques sur les sites fréquentés doit être appréhendé dans sa globalité et anticipé afin de définir un schéma d'utilisation du territoire compatible avec les enjeux de préservation du patrimoine naturel et le statut de réserve naturelle nationale.

Outre une **sélection rigoureuse des sites visités**, **l'accompagnement sur le terrain pas les agents de la Réserve** permet d'assurer une **sensibilisation efficace des touristes** à la fragilité des écosystèmes austraux, et de veiller au respect de la réglementation de la Réserve naturelle. Ceci apparaît d'autant plus important que la majorité des touristes n'ont jamais fréquenté les Terres australes françaises et sont souvent novices quant aux problématiques de gestion d'un espace protégé.

Enfin, à l'instar de toute autre personne amenée à débarquer sur les îles, **les touristes sont un vecteur potentiel d'introduction et/ou de dispersion d'espèces exotiques sur les îles**. A ce titre, chaque descente à terre de visiteurs est subordonnée à la mise en œuvre préalable des mesures de biosécurité sur l'ensemble de leurs effets personnels. Avant l'arrivée à Crozet, une formation spécifique leur est dispensée par un agent de la Réserve afin de leur expliquer les enjeux de cette action de gestion et le mode opératoire des procédures de biosécurité.

#### **IV.B.8. Autres activités ponctuelles**

##### *IV.B.8.a) Activités militaires*

Les activités militaires peuvent être autorisées dans la Réserve à des fins d'entraînement ou en cas de mission de défense et de souveraineté (article 38 du décret 2006-1211 modifié). **Les impacts potentiels liés aux débarquements des personnels de l'armée sur des sites isolés sont l'introduction et/ou la dispersion d'espèces allochtones sur des sites encore préservés, ainsi que les risques de dérangement des colonies aviaires et de mammifères marins**. Interlocuteur privilégié avec les officiers de la Marine Nationale, le chef de district assure le relai pour sensibiliser à l'application de la réglementation environnementale et des mesures de biosécurité, et pour définir les zones de mouillage et les sites de débarquement.

##### *IV.B.8.b) Activités de loisir*

Le personnel des bases des trois districts est amené à transiter au sein de la Réserve pour des activités récréatives de découverte du territoire. A l'instar de toute autre activité en dehors de la base, ces sorties font l'objet d'une « feuille de sortie » qui est visée et validée par le chef de district. Ce dernier, en qualité de représentant de l'Etat, veille à la compatibilité entre l'itinéraire envisagé, le respect de la

réglementation en vigueur et la protection du patrimoine naturel. A défaut de pouvoir réaliser un accompagnement sur chacune de ces sorties, les agents de la Réserve jouent un rôle essentiel en terme de sensibilisation quant à la fragilité du milieu naturel et à l'application des mesures de biosécurité.

#### **IV.B.8.c) Activités de loisir des débarquants occasionnels**

Ponctuellement, différents équipages sont autorisés à débarquer sur les districts (pêcheurs, plaisanciers, équipage du Marion Dufresne, équipes scientifiques, équipages des bâtiments de la Marine Nationale, etc.). Les visiteurs concernés sont alors placés sous la responsabilité du chef de district qui transmet au préalable les consignes de biosécurité. Par défaut, les descentes à terre sont limitées aux périmètres des bases permanentes. Des sorties « hors base » de découverte du milieu naturel peuvent être proposées par le chef de district en veillant à leur adéquation avec la réglementation environnementale et la préservation du patrimoine naturel. Sous réserve de disponibilité, les agents de la réserve naturelle sont chargés de la sensibilisation et de l'accompagnement sur le terrain.

Plus rarement, des accès sur des sites isolés peuvent être demandés. Ces demandes doivent être motivées et sont subordonnées à l'accompagnement d'un agent de la réserve naturelle.

### **IV.C. Les changements globaux**

Les milieux polaires sont dans l'ensemble considérés dans l'ensemble comme **particulièrement sensibles au changement climatique**. Cependant, **ils ne représentent pas un tout homogène et leur situation respective vis-à-vis du changement climatique varie d'un territoire à un autre**. Du fait de leur emplacement au milieu de l'océan Austral et de leur insularité, **les îles subantarctiques sont un milieu à part : elles ne présentent en effet pas un climat « extrême » mais plutôt des conditions climatiques « limites »** (Rapport technique ONERC, 2009). Elles permettent ainsi à de nombreuses espèces, souvent endémiques, de se développer avec un fort degré de spéciation et d'adaptation. Le réchauffement de ces îles peut cependant être favorable à des espèces introduites provenant de régions plus tempérées et défavorable aux espèces natives.

#### **IV.C.1. Observations du changement climatique**

Les enregistrements réalisés par Météo France depuis l'installation des bases scientifiques constituent une source de données solide pour suivre l'évolution du climat dans les Terres australes françaises.

Selon le cinquième rapport du GIEC, **les températures de surface à l'échelle du globe ont augmenté de +0.85 [0.65 à 1.06] °C. entre 1880 et 2012 (IPCC AR5 SPM)<sup>18</sup>**, comme représenté dans la Figure 35.

---

<sup>18</sup> IPCC, 2014 : *Climate Change 2014 : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, T.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

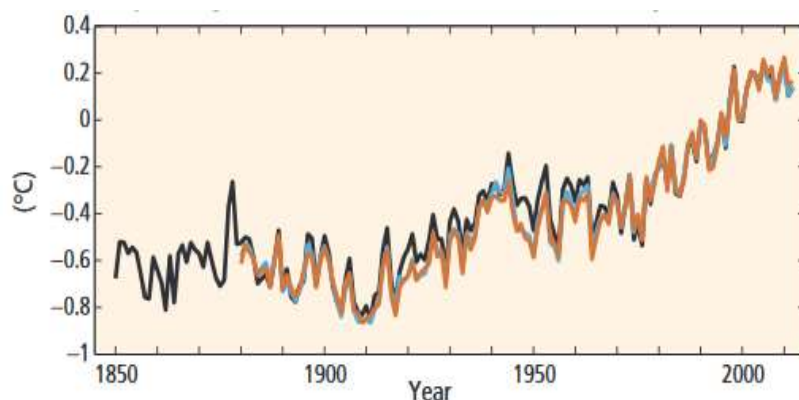


Figure 35. Evolution des températures de surface terrestres et maritimes combinées entre 1850 et 2012 (IPCC AR5 SPM).

Les Terres australes françaises sont elles aussi concernées par cette augmentation des températures de surface, qui ont augmenté entre +0.4 et +2.5°C entre les 40°S et 50°S (cf. Figure 36). Les températures de surface ont été collectées à Crozet depuis 1974 et à Kerguelen, et à Amsterdam depuis 1951 (cf. parties IV.C.1.a), IV.C.1.b) et IV.C.1.c)).

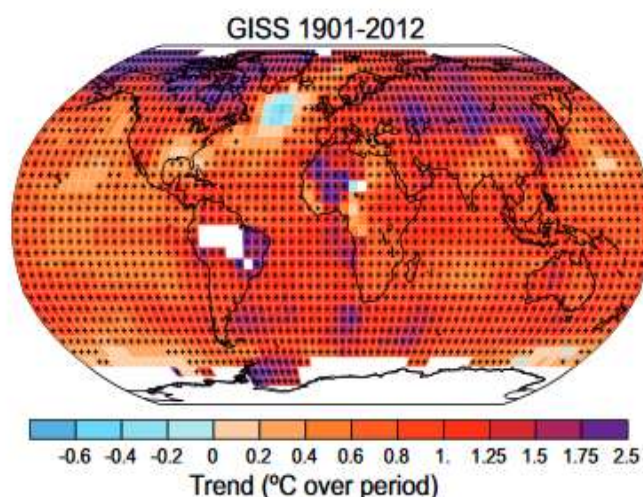


Figure 36. Evolution des températures de surface entre 1901 et 2012. Les zones blanches indiquent que les données ne sont pas disponibles. Les signes (+) indiquent que les tendances sont significatives (IPCC AR5 SPM).

Outre les variations des températures de surface terrestres, le changement climatique s'accompagne d'une augmentation des températures des océans: en effet, les températures de surface océaniques (entre 0 et 75m de profondeur) ont cru de +0.11 [0.09 à 0.13]°C entre 1971 et 2010 selon le cinquième rapport du GIEC (IPCC AR5 WGI Chapitre 3)<sup>19</sup>. Ces hausses de température ne sont néanmoins pas homogènes dans la colonne d'eau (à 700m de profondeur, les températures se sont accrues en moyenne de +0.015°C par décennie) mais dans la région des Terres australes françaises, l'augmentation des températures est positive sur l'ensemble de la colonne d'eau (Figure (b)).

<sup>19</sup>Rhein, M., S.R. Rintoul, S. Aoki, E. Campos, D. Chambers, R.A. Feely, S. Gulev, G.C. Johnson, S.A. Josey, A. Kostianoy, C. Mauritzen, D. Roemmich, L.D. Talley and F. Wang, 2013: Observations: Ocean. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

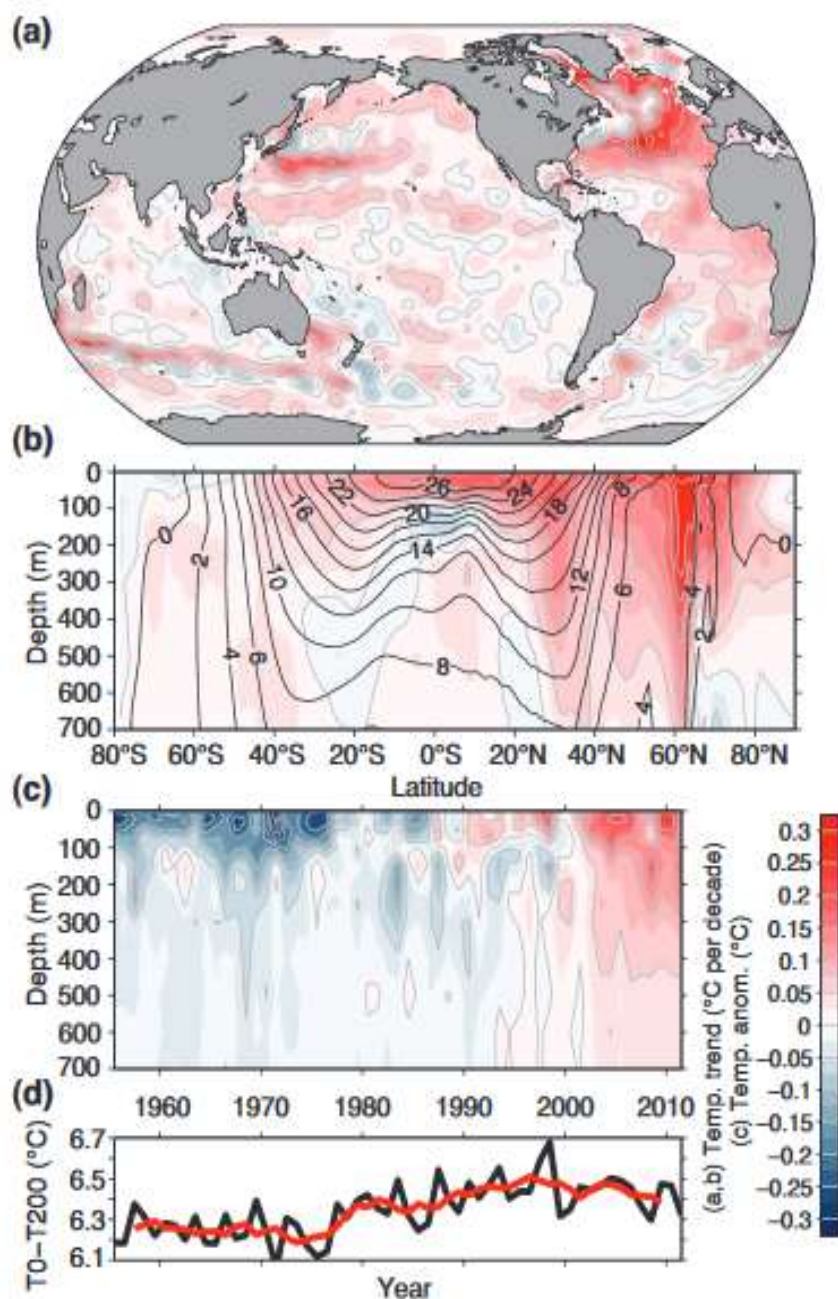


Figure 37. (a) Tendances des températures des eaux situées entre 0 et 700m de profondeur entre 1971 et 2010 (longitude vs. latitude, couleurs et contours gris en degrés Celsius par décennie). (b) Tendances de températures (latitude vs. Profondeur, couleurs et contours gris en degrés Celsius par décennie) entre 1971 et 2010 (contours noirs en degrés Celsius). (c) Anomalies de moyennes de températures (temps vs. Profondeur, couleurs et contours gris en degrés Celsius) comparées à la moyenne 1971 – 2010. (d) Différence de moyennes de températures entre la surface de l’océan et à 200m de profondeur (noir : valeurs annuelles, rouge : moyenne sur 5 années). (IPCC AR5 WWI Chapitre 3)

**A l’échelle globale, le changement climatique a également modifié les précipitations annuelles :** les régions sèches sont devenues davantage arides, comme c’est le cas du sud de l’Europe, de l’Afrique subsaharienne, de l’est de l’Asie orientale, ou encore du sud de l’Australie, mais également de territoires comme Kerguelen et Amsterdam, dont les données sont disponibles depuis 1951. Concernant Crozet, on ne dispose de données que depuis 1974 et de façon discontinue puisque certaines années n’ont pas été

relevées (1988, 1998 et 2003- cf. parties IV.C.1.a), IV.C.1.b) et IV.C.1.c)). Il est difficile de statuer sur une éventuelle baisse ou augmentation des précipitations sur ce territoire.

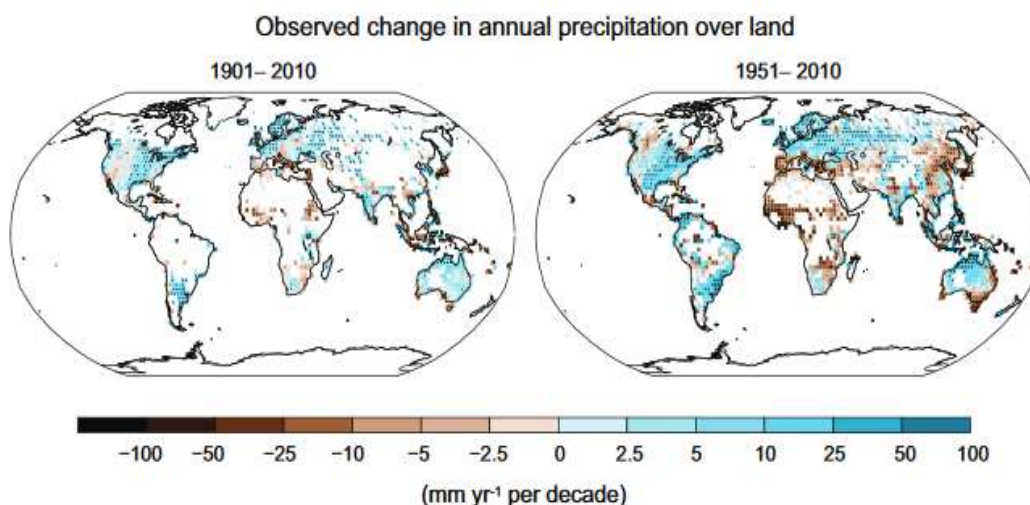


Figure 38. Carte des changements de précipitation observés entre 1901 et 2010 et entre 1951 et 2010. (IPCC AR5 SPM).

#### IV.C.1.a) *Changement climatique à Crozet*

Les enregistrements réalisés par Météo France depuis l'installation de la station à Alfred Faure montrent que les températures moyennes annuelles sont, entre le milieu des années 1970 et le milieu des années 2000, plus élevées de 0.5 à 1°C que la moyenne sur la période d'enregistrement. On note une différence supérieure à 1°C entre le milieu des années 1970 et le milieu des années 2000.

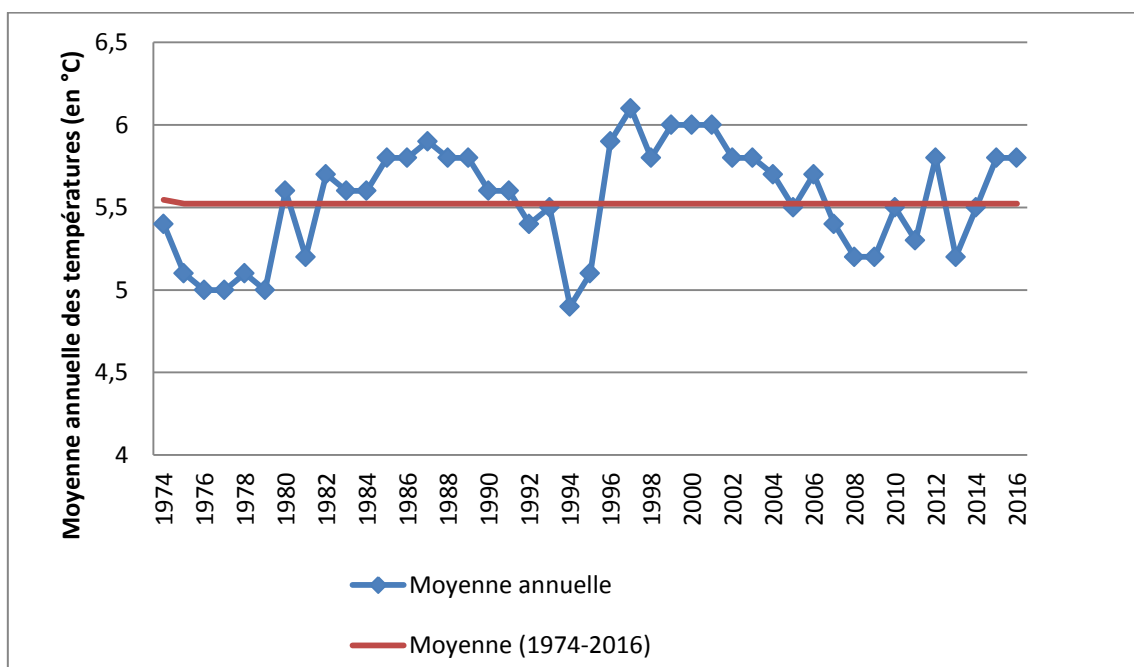


Figure 39. Evolution des températures annuelles sur l'île de La Possession (source : données Météo France, station Alfred Faure)

Comme mentionné ci-avant, les séries de données concernant les précipitations présentent des interruptions, en 1988, 1998 et 2003. Il est donc difficile de statuer sur une éventuelle baisse des précipitations, telle qu'elle est observée à Kerguelen et Amsterdam (cf. parties IV.C.1.b) et IV.C.1.c)).

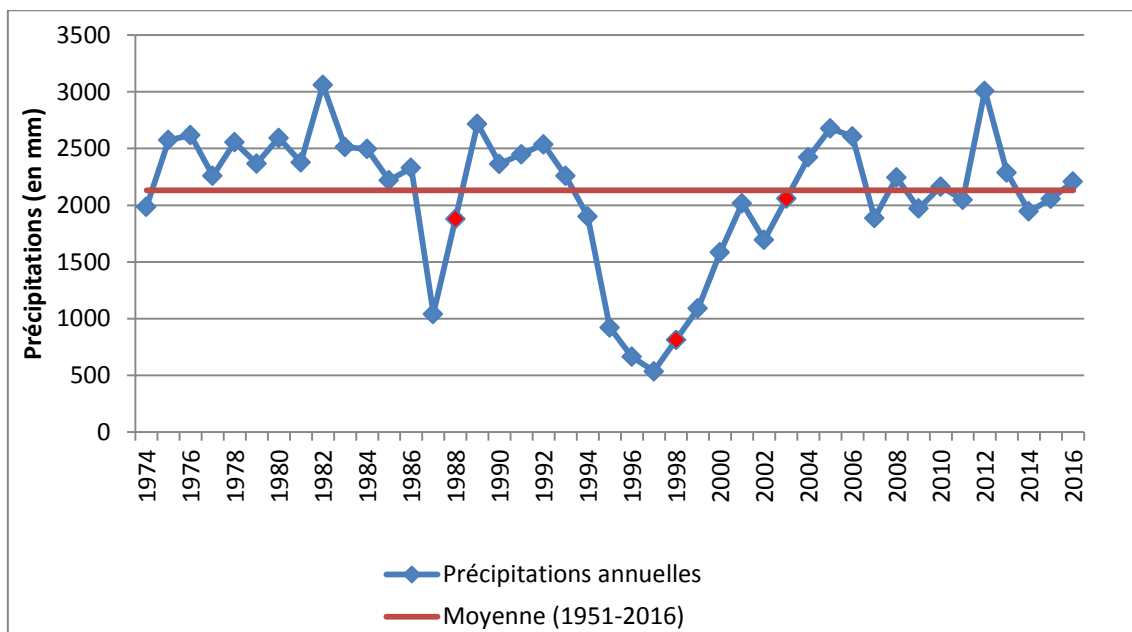


Figure 40. Evolution des précipitations totales annuelles sur l'île de la Possession (source : données Météo France, station Alfred Faure)

#### IV.C.1.b) Changement climatique à Kerguelen

Tout comme pour Crozet, les enregistrements réalisés par Météo France depuis l'installation de la station à Port aux Français mettent en évidence des **changements notables des températures moyennes et des précipitations**. Les températures moyennes annuelles sont actuellement plus élevées de 0.5 à 1°C que la moyenne sur la période d'enregistrement. On note à la base de Port-aux-Français une **différence de 1.3°C entre le milieu des années 1960 et les années les plus chaudes à la fin des années 1990**. Les températures estivales aux Kerguelen montrent une évolution similaire avec un réchauffement depuis les années 1960 et une sérierapprochée d'étés chauds au cours de la deuxième moitié de la décennie 1990.

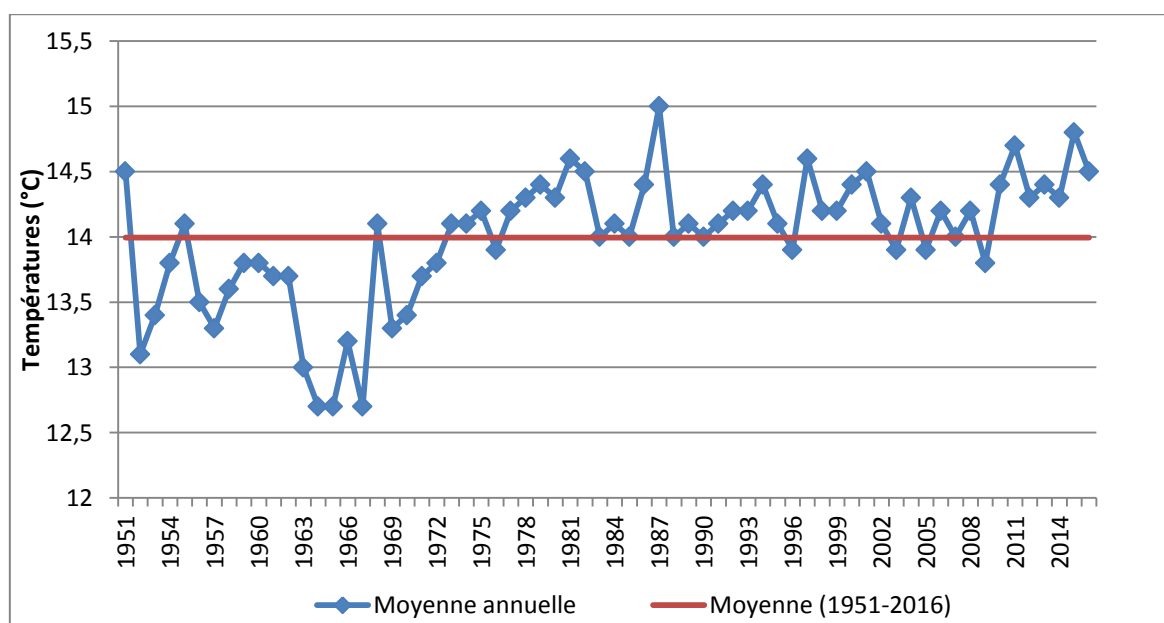


Figure 41. Evolution de la moyenne annuelle des températures à Kerguelen entre 1951 et 2016 (source : données Météo-France, Port-aux-Français)

Les précipitations sont en baisse très nette (jusqu'à un tiers du total annuel moyen) depuis le début des années 1990 avec une succession d'années sèches.

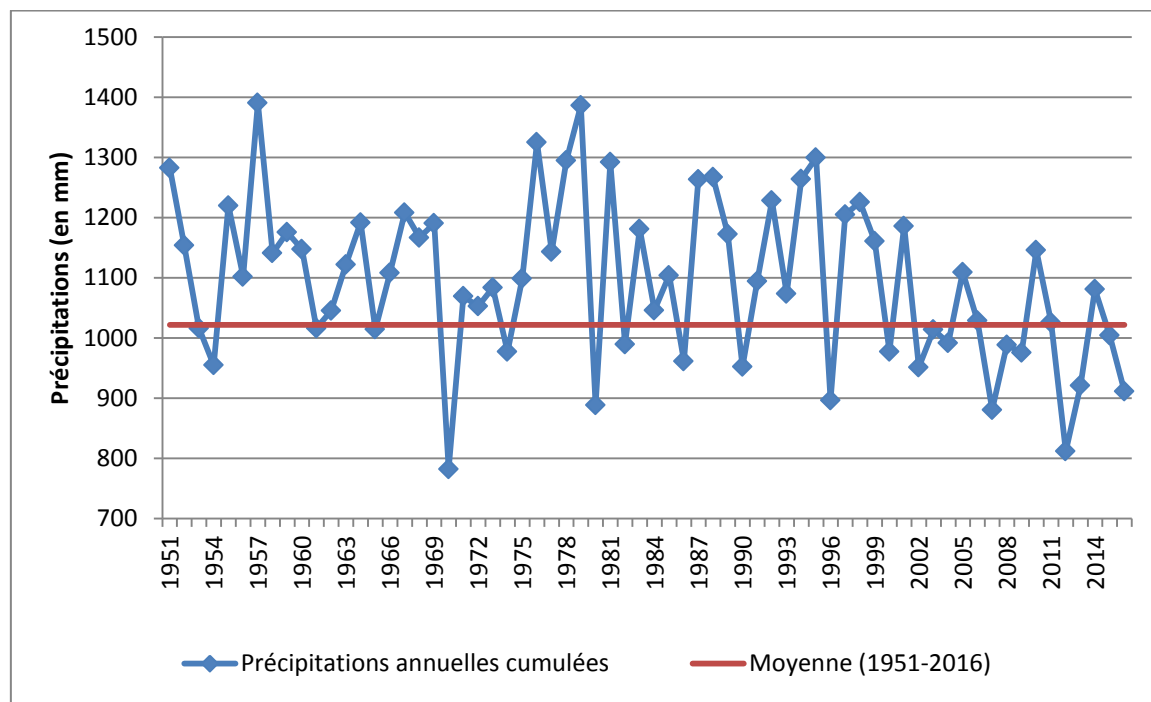


Figure 42. Evolutions des précipitations sur Kerguelen entre 1951 et 2016 (source : données Météo France, Port aux Français)

#### IV.C.1.c) *Changement climatique à Saint-Paul et Amsterdam*

Après un léger refroidissement dans le courant des années 1960, les températures de l'air ont eu tendance à augmenter entre le début des années 1970 et la fin des années 1980. Depuis, **les températures moyennes se sont maintenues à une valeur supérieure de 0.5 à 1°C à la moyenne sur la période 1951-2016.**



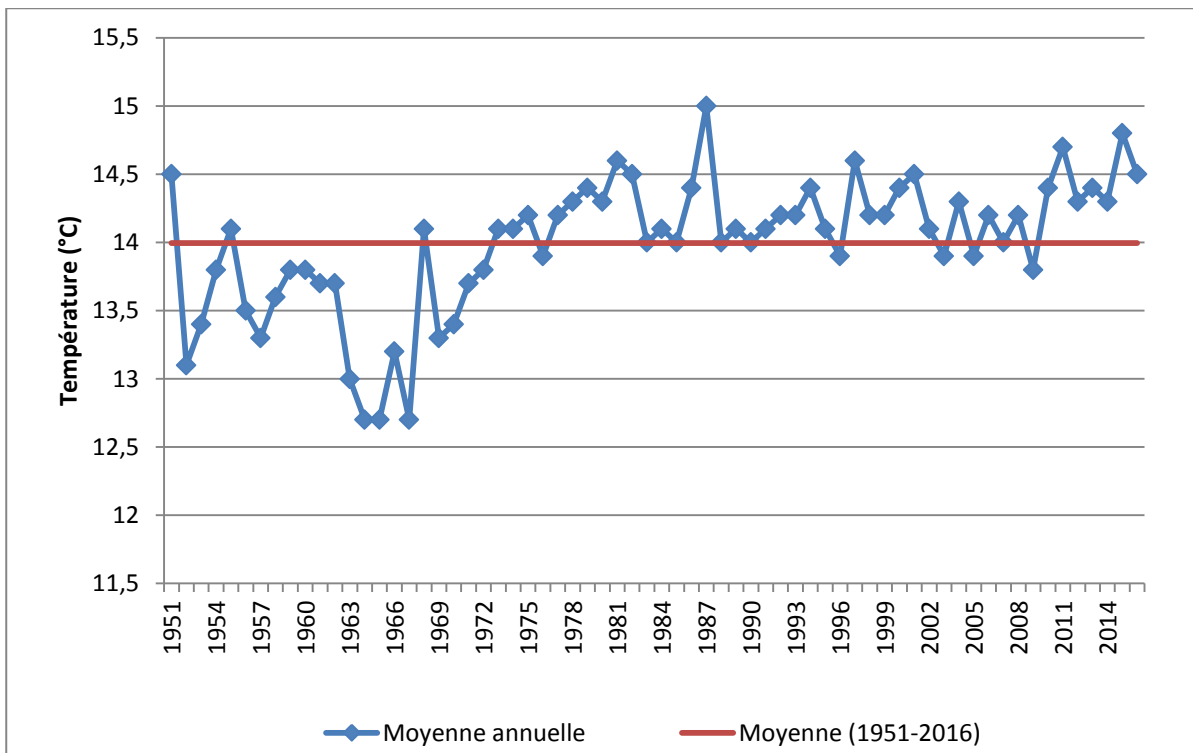


Figure 43. Evolution des moyennes annuelles des températures entre 1951 et 2016 à Amsterdam (source : données Météo-France)

Par ailleurs, les précipitations à Amsterdam montrent également une très forte variabilité interannuelle et il est difficile de tirer une tendance générale sur les 50 cinquantesdernières années. La tendance esquissée à partir des données disponibles est plutôt à une diminution des précipitations depuis le milieu des années 1990.

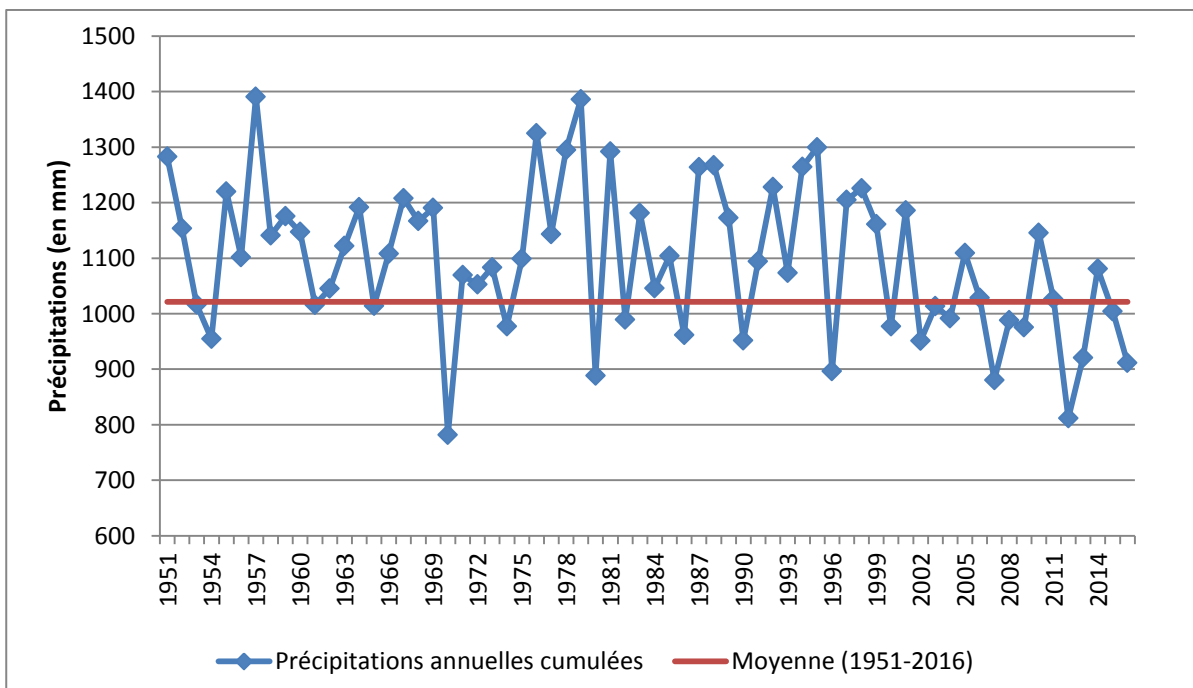


Figure 44. Evolution des précipitations totales annuelles entre 1951 et 2016 (sources : données Météo France)

## IV.C.2. Impacts des changements climatiques

### IV.C.2.a) ... sur les habitats terrestres

L'impact du changement climatique sur les habitats terrestres austraux est essentiellement lié à des **déficits hydriques** (les exemples les plus marquants se rencontrent à Kerguelen) et à **l'élévation de températures** responsables de **modifications de la structure des communautés** en raison de réponses différenciées des espèces autochtones et des espèces introduites aux changements actuels. En effet :

- l'augmentation des températures et de la sécheresse limite le développement des espèces végétales natives ;
- l'augmentation des températures favorise l'installation des espèces introduites.

Pour les **plantes** et les **invertébrés**, organismes ectothermes qui ne régulent pas leur température interne, **une augmentation de 0,5 ou 1°C a des répercussions beaucoup plus importantes dans les îles subantarctiques que dans d'autres régions du monde**. En effet, les **températures** y sont proches des seuils de développement de nombreux organismes introduits originaires de régions plus tempérées. **Une augmentation de température, même faible, peut en conséquence autoriser l'établissement et le succès de colonisation d'espèces qui, il y a encore quelques années, ne survivaient pas**. Des suivis sur plus de 15 ans montrent en effet que pour plusieurs plantes introduites, le réchauffement récent modifie le cycle de reproduction et la production de graines, entraînant une augmentation sensible des capacités de dissémination et de colonisation.

L'île de la Possession à **Crozet** représente une situation intéressante pour les suivis de répartition puisque **la plupart des plantes introduites sont localisées sur la base Alfred Faure ou à proximité** et que **seules une dizaine de plantes colonisent l'ensemble de l'île**. Parmi celles-ci, le pâturin annuel (*Poa annua*), la céraiste (*Cerastium fontanum*) et la sagine (*Sagina procumbens*) ont une répartition très large, en progression continue au cours des deux dernières décennies. L'extension d'autres espèces, telles que le pissenlit (*Taraxacum officinale*), une stellaire (*Stellaria alsine*), ou des épilobes (*Epilobium* spp) est plus récente et, à première vue, plus rapide. Des études sont en cours pour déterminer dans quelle mesure les changements climatiques peuvent expliquer ces modifications de répartition spatio-temporelle.

A **Kerguelen**, sur le site de Port-Couvreux, où ont été réalisées les premières tentatives d'implantation du mouton, et sur certaines îles du Golfe du Morbihan, les **graminées introduites** ne se maintenaient que par reproduction végétative et, plusieurs dizaines d'années après leur ensemencement, demeuraient encore sur leurs lieux d'introduction. Avec quelques dixièmes de degrés supplémentaires, les graines de ces plantes peuvent maintenant arriver à maturité et, dispersées par le vent, contribuent à l'installation de nouvelles prairies, au détriment des communautés végétales autochtones. (Frenot *et al.* 2001, Convey *et al.* 2006, Lebouvier *et al.* 2009).

**Le rôle des vertébrés introduits** est aussi à prendre en compte dans la compréhension des causes de la modification des habitats terrestres. **Leur action peut permettre le maintien d'espèces natives, pourtant défavorisées par le changement climatique**. Le lapin aurait en effet permis le maintien de l'espèce native *Acaena magellica* sur les îles Verte, Guillou et Cochons suite à leur consommation du pissenlit *Taraxacum officinale*, espèce introduite et entrant en compétition directe avec *Acaena magellica*. Une étude de restauration des écosystèmes dégradés par le lapin a en effet été menée sur ces trois îles du Golfe du Morbihan après éradication du lapin par empoisonnement (Ile Verte en 1992, Ile Guillou en 1994, Ile aux Cochons en 1998 (Chapuis *et al.* 2001)). Le suivi de la végétation de ces îles où le lapin a été éradiqué apporte un éclairage inattendu sur l'évolution actuelle de la biodiversité dans ces îles (Chapuis *et al.* 2004). En effet, on constate peu de temps après le début de l'expérimentation la **régression d'*Acaena magellanica*, espèce subantarctique, au profit du pissenlit, *Taraxacum officinale*, espèce introduite**. L'analyse de ces résultats et leur confrontation avec ceux obtenus sur d'autres îles de l'archipel, avec ou sans lapin, montrent que l'éradication du lapin n'est pas directement à l'origine de cette évolution. Le lapin joue effectivement un rôle régulateur dans l'extension du pissenlit, mais **ce sont surtout les épisodes**

récurrents de sécheresses estivales au cours de ces dernières années qui sont à l'origine du déclin de l'*Acaena* et, par voie de conséquence, de l'extension du pissenlit, espèce introduite à fort pouvoir colonisateur.

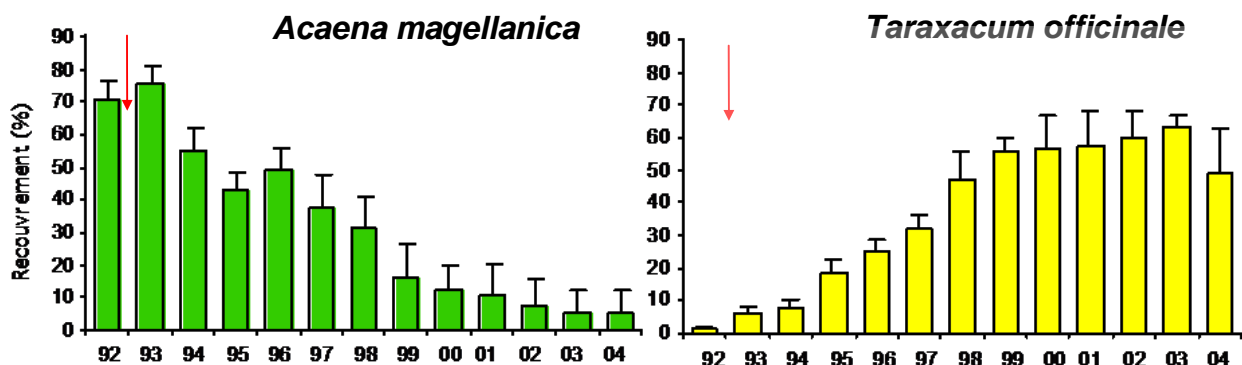


Figure 45. Iles Kerguelen, Ile Verte. Evolution du recouvrement d'*Acaena magellanica* et *Taraxacum officinale* entre 1992 et 2004. La flèche rouge indique la date d'éradication du lapin. Source : Chapuis et al. 2004



Photo 83. Iles Kerguelen, Ile Verte – Evolution du couvert végétal en relation avec les déficits hydriques accentués depuis le début des années 1990.

Le couvert d'*Acaena magellanica*, quasi monospécifique (gauche), se dessèche progressivement, même sur sol profond, et le sol nu est colonisé par *Taraxacum* spp. (au centre) qui devient largement dominant (à droite). Clichés : IPEV 276 et IPEV 136.

En liaison avec les déficits hydriques enregistrés dans le secteur est de Kerguelen, des processus d'érosion éolienne sont très actifs sur une zone d'environ 4 km<sup>2</sup> qui traverse la Pointe du Morne, au sud-est de la Péninsule Courbet. L'exploitation de photographies aériennes (1964) et de scènes des satellites SPOT (1988, 1995, 1998, 2002) a permis de reconstituer l'extension du retrait de la végétation dont la progression a atteint des valeurs de 100 à 150 m par an dans l'axe des vents dominants d'ouest, Ce processus d'érosion a été initié puis favorisé par la conjonction de plusieurs facteurs : exposition, nature sableuse des sols, impact des éléphants de mer en zone littorale, impact du lapin ayant induit un couvert végétal dominé par *Acaena magellanica*, une espèce sensible au déficit hydrique, qui est de plus en plus marqué depuis le début des années 1990.

La diminution des précipitations se sont aussi traduites par le retrait des glaciers, et ce sur l'ensemble de l'archipel Kerguelen. Après une période de stabilité, de 1850 à 1960, les glaciers ont en effet connu une forte diminution de leur volume.

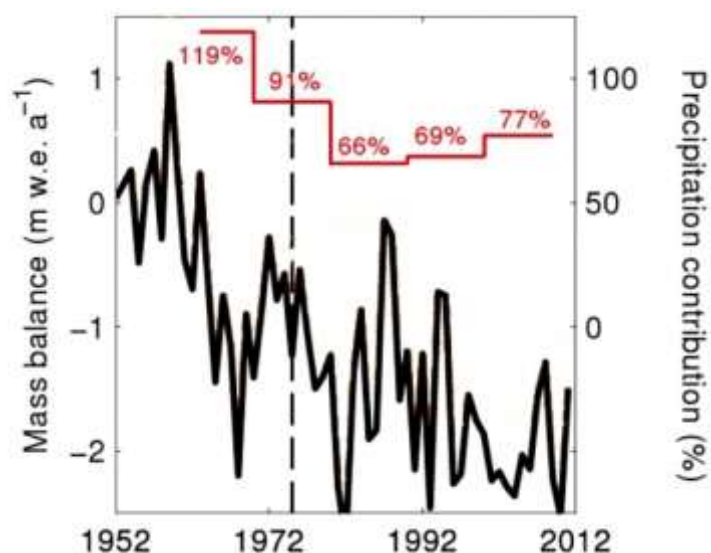


Figure 46. Accélération modélisée des pertes de masse annuelles (en mètres d'eau par an) de la calotte Cook depuis 1950 (en noir). Les valeurs des pourcentages en rouge représentent la contribution des précipitations à la perte de masse au cours de la décennie concernée. Le climat de référence est celui des années cinquante.

En 1963/1964, la couverture glaciaire était de 703 ( $\pm 51$ ) km<sup>2</sup>. Entre 1963/1964 et 2001, la surface couverte de glaces sur Cook, la péninsule Rallier du Baty, et le Mont Ross est passé de 662 ( $\pm 45$ ) km<sup>2</sup> à 524 ( $\pm 10$ ) km<sup>2</sup>, soit une réduction de 21% (Berthier et al., 2009). En particulier, le front du **glacier Ampère**, au sud de la calotte, a reculé d'un kilomètre entre 1800 et le début des années 1970. Entre 1966 et 1977, ce glacier avait perdu plus de 150 mètres d'épaisseur (Vallon 1977)<sup>20</sup>. Selon Frenot et al. (1993), le retrait du glacier Ampère s'est fortement accéléré au cours des années 1980, et, selon Berthier et al. (2009)<sup>21</sup>, le glacier Ampère aurait perdu 20% de sa surface entre 1963 et 2006.



<sup>20</sup>Vallon, M. (1977). Topographie sous glaciaire du glacier Ampère (Iles Kerguelen, TAAF). *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 13, 37-55.

<sup>21</sup>Berthier, E., Le Bris, R., Mabileau, L., Testut, L., & Rémy, F. (2009). Ice wastage on the Kerguelen Islands (49 S, 69 E) between 1963 and 2006. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 114(F3).

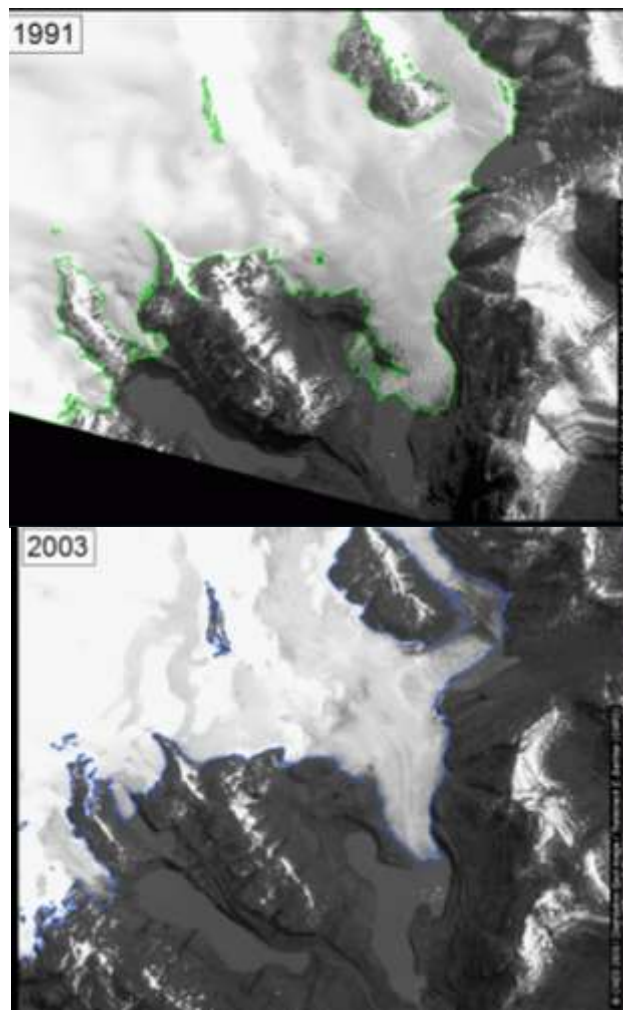


Figure 47. Evolution du glacier Ampère. Source : [http://etienne.berthier.free.fr/Berthier et al JGR 2009.htm](http://etienne.berthier.free.fr/Berthier_et_al_JGR_2009.htm)

Cette diminution de l'épaisseur de la calotte glaciaire serait essentiellement due à une sécheresse résultant du réchauffement climatique et du trou d'ozone en Antarctique. Cette sécheresse aurait commencé au milieu des années 1960 et se serait accentuée depuis 1975, conduisant à la disparition progressive des chutes de neige sur la calotte. Cette sécheresse serait liée à un déplacement des dépressions se propageant sur l'océan Indien : alors que celles-ci circulaient exactement au-dessus de l'archipel en 1950, elles évoluent aujourd'hui plus au sud et n'alimentent plus la calotte. Or, ce changement de circulation résulterait de l'évolution des pressions atmosphériques aux moyennes et hautes latitudes de l'hémisphère sud, en lien avec le réchauffement climatique et la variabilité de la couche d'ozone en Antarctique (Favier et al., 2016).

#### *IV.C.2.b) ... sur les habitats marins*

Le **domaine pélagique est conditionné par les dynamiques océaniques**. Selon les modèles de changement climatique, d'importantes modifications de ces dynamiques sont à prévoir dont le **déplacement du front polaire**, la **réduction de la zone subantarctique**, les **modifications des masses d'eau**, l'**augmentation de la température de l'eau**, etc. Ces changements pourraient avoir des impacts importants sur le domaine pélagique, en particulier sur la productivité primaire qui influe sur l'ensemble du réseau trophique. Le renforcement des connaissances sur les dynamiques des systèmes pélagiques est essentiel afin d'anticiper l'impact des changements globaux sur ces systèmes.

Des études comme celle de Reygondeau et al., 2013 et Koubbi et al., 2015 ont en effet démontré un **déplacement vers le sud des régions biogéochimiques** (Longhurst et al. 2007), plus particulièrement du courant circumpolaire antarctique (ACC) et des différentes zones de front (le front subantarctique et le front polaire) (Allan et al. 2013 ; Weimerkirsch et al. 2003). La vitesse de changement semble différente

entre les fronts, ce qui aurait pour conséquence une réduction de la zone antarctique à Crozet et Kerguelen et une augmentation de la zone subtropicale. Ces mouvements des fronts entraînent également des modifications dans les dynamiques des masses d'eaux autour des îles, ce qui engendre des changements dans la température, la salinité et la composition des nutriments des eaux côtières, avec des répercussions prévisibles sur les communautés biologiques côtières (Scheffer et al. 2016).

Par ailleurs, on note une **acidification des eaux océaniques**. En effet, entre 25 et 30% du CO<sub>2</sub> injecté dans l'atmosphère par les activités anthropiques se retrouve dissous dans l'océan et provoque une acidification des eaux. Depuis le début de l'ère industrielle, le pH océanique est ainsi passé de 8,2 à un peu moins de 8,1 et la plupart des scénarios convergent pour prédire une baisse supplémentaire de l'ordre de 0,3 unités en 100 ans. D'autre part, le processus d'acidification est plus rapide quand les eaux sont froides car leur capacité de dissolution est plus importante. Ceci signifie que les eaux froides de l'océan Austral seront beaucoup plus rapidement affectées et que les conséquences de cette baisse du pH pourraient s'avérer dramatiques pour les organismes calcificateurs (foraminifères, coraux, mollusques, bryozoaires, crustacés, etc.), en particulier pour les larves et les microorganismes du plancton à squelette calcaire. De manière indirecte, ceci pourrait affecter des pans entiers des réseaux trophiques, le plancton étant à la base des chaînes alimentaires (David & Saucède 2015).

Des études ont également démontré une augmentation **de la température de 1°C** depuis 1949 à Prince Edward (Mélise et al. 2003, Ansoerge et al. 2009, 2014), **mais aussi une baisse de la pluviométrie**, une **augmentation des évènements naturels extrêmes** et une **augmentation de la durée du jour depuis les années 1950** (Smith 2002, Mélise et al. 2003, Le Roux et al. 2008).

Les **systèmes de vents** ont quant à eux subi des modifications, entraînant des changements dans la distribution de certains oiseaux comme les femelles grand albatros, dont le déplacement vers le sud a réduit le temps d'alimentation et augmenté le succès de reproduction (Weimerskirch et al 2012).

Cependant, malgré les indices d'un changement climatique en cours, le manque d'observations réalisées sur le long terme empêche de documenter toute tendance d'évolution des écosystèmes marins des îles subantarctiques françaises. Afin de mieux comprendre les impacts du changement climatique sur les écosystèmes marins des Terres australes françaises, un observatoire sous-marin des effets du changement climatique sur les **communautés benthiques côtières** de l'archipel des Kerguelen a été mis en place dans le cadre du programme PROTEKER (Féral et al., 2016).



Photo 84. Iceberg à Kerguelen

#### *IV.C.2.c) ... sur les populations d'oiseaux et de mammifères marins*

Malgré l'existence de importantes lacunes dans les connaissances des effets du changement climatique sur les écosystèmes austraux, les espèces les mieux étudiées sont finalement les oiseaux et mammifères marins, mais ces derniers dépendent des productions primaires et secondaires de l'océan Austral, dont les dynamiques restent peu connues. Il est cependant supposé que les dynamiques de population des oiseaux marins et mammifères marins, prédateurs supérieurs, reflètent les changements dans la disponibilité en ressources marines (Delord et al. 2008, Adams & Klages 1989, Bost et al. 1994, Bost 2008, Brierley et al. 1997, Le Maho et al., 1993). Ainsi, plusieurs études portant sur les impacts du changement climatique sur les écosystèmes marins de Crozet, Kerguelen et Saint-Paul et Amsterdam se basent sur l'étude des dynamiques de ces populations, considérées comme des **espèces sentinelles des changements climatiques** (Barbraud et al., 2015).

Selon Weimerskirch et al. (2003), il existe une corrélation entre l'augmentation des températures observé depuis les années 1950 et la diminution de la taille des populations de la plupart des oiseaux et mammifères marins. En particulier, la **distribution en mer ainsi que la dynamique de population** de plusieurs espèces **d'oiseaux marins** (albatros, manchots) a en effet déjà été affectée par les changements climatiques (Le Bohec et al. 2008, Barbraud et al. 2011, Bost et al. 2015, Barbraud et al. 2015). Ces connaissances ont notamment été établies grâce au travail des scientifiques présents sur les bases des îles subantarctiques françaises, qui suivent les individus de plusieurs espèces à l'aide de balises Argos et GPS. En particulier, les effets des anomalies de températures sur les **manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus*)** de l'île de la Possession dans l'archipel de Crozet ont été étudiés par Le Bohec et al. (2008). **Les chercheurs ont montré que des épisodes chauds (liés aux cycles chauds d'El Niño) avaient des impacts négatifs à la fois sur les succès de reproduction et sur les taux de survie des adultes.** Ainsi, les modèles suggèrent qu'un **réchauffement de 0.3°C peut entraîner une diminution de 9 % des taux de survie des manchots adultes.** Ceci pourrait s'expliquer par une **diminution de la nourriture disponible**, liée à une

chute de la production primaire de phytoplancton. Les adultes sont alors obligés de parcourir de plus grandes distances pour aller se nourrir. Les jeunes sont nourris moins fréquemment et les adultes tendent à assurer leur propre survie plutôt que celle de leur progéniture. **La poursuite du réchauffement des températures de surface de l’océan pourrait alors menacer les populations de manchots royaux.** Une étude plus récente de Bost et al. (2015), analysant les données des anomalies climatiques dans l’océan Indien sur 16 années, entre 1992 et 2010 (les années 1999 et 2008 étant manquantes) confirme les conclusions de Le Bohec et al. (2008). En effet, Bost et al. observent que lorsque de puissants évènements du Dipôle Subtropical se produisent à la fois dans l’océan Indien et dans l’océan Atlantique, ils génèrent des anomalies qui déplacent les zones de chasse des manchots royaux de Crozet vers le sud. En conséquence, les manchots doivent s’éloigner davantage (cf. Figure 45) de leurs colonies et la taille des populations des colonies a tendance à diminuer. L’année 1997 a présenté des anomalies climatiques particulièrement fortes qui ont eu pour conséquence directe le retrait spectaculaire du Front Polaire vers le sud. Les distances parcourues par les manchots royaux étaient durant cet été (février – mars) d’environ 600 km. Ces distances représentent le double des distances parcourues habituellement. Les profondeurs de plongée ont-elles aussi augmenté de 30m, passant de 140 à 170m de profondeur. En même temps, le nombre de couples reproducteurs a diminué de 34%. La population de couples reproducteurs ne s’est reconstituée qu’en 2002. Ces résultats indiquent qu’il existerait certainement un mécanisme comportemental à travers lequel la variabilité du climat affecterait les dynamiques de population.

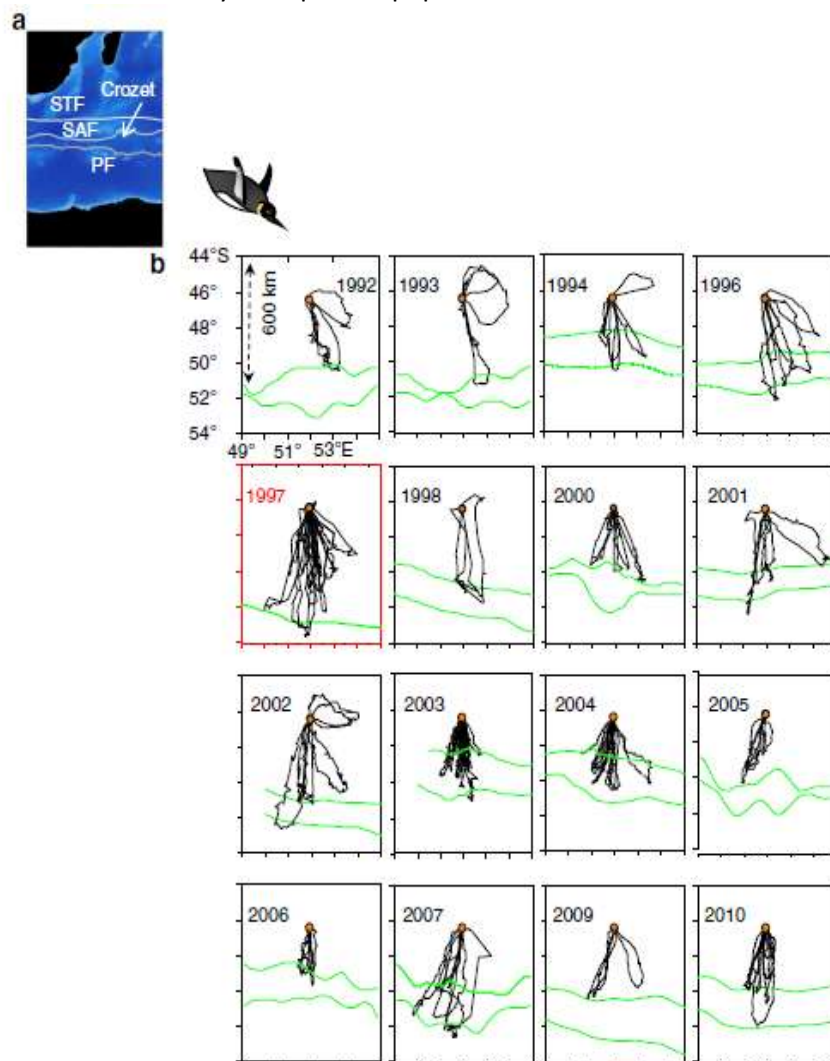


Figure 48. Distances parcourues par les manchots royaux de colonies de Crozet lors des périodes de chasse en relation avec les anomalies climatiques de grande échelle. (a) Carte du secteur de Crozet. Les lignes blanches montrent les principaux fronts (polaire, subantarctique, subtropical). (b) Traces satellites de manchots royaux des îles Crozet en mer, suivis pendant une période de 16 ans (1992 – 2010). Les traces sont représentées avec les localisations correspondantes du Front Polaire Antarctique (lignes verts ; ligne supérieure : isotherme des eaux de surface à °C ; ligne inférieure : isotherme des eaux de surface



4°C). Les points oranges précisent la position de la colonie d'étude (Baie du Marin, Île de la Possession, Crozet). Le cadre rouge présente la situation exceptionnelle de l'été 1997.

D'autres espèces d'oiseaux marins seraient également à-même d'être affectées par des mécanismes similaires (Le Bohec et al. 2008). Contrairement au manchot royal, l'**albatros hurleur** (*Diomedea exulans*) des îles Crozet aurait cependant bénéficié des changements climatiques depuis les années 1990. Selon Weimerskirch et al. (2012), les albatros hurleurs vont se nourrir plus au sud de l'océan Austral en réponse à un déplacement méridional et à une intensification des vents d'ouest, ce qui leur a permis d'augmenter leur vitesse de vol et de diminuer leur durée de trajet en mer. La masse corporelle des albatros hurleurs de Crozet a augmenté de 1kg en moyenne et leur succès reproducteur a lui aussi augmenté. Cependant, les conséquences à long terme du changement climatique sur les populations d'albatros restent inconnues, dans la mesure où leurs zones d'alimentation pourraient se déplacer voire se raréfier, comme celles des manchots royaux.

Le changement climatique représente un risque supplémentaire pour les oiseaux et mammifères marins : celui de la prolifération de maladies infectieuses, favorisées par l'augmentation des températures (Philipps, 2016). Selon Weimerskirch et al. (2004), aucune épidémie majeure affectant oiseaux et mammifères marins n'a été détectée dans l'océan Austral. L'absence d'épidémie peut être expliquée par les basses températures et l'isolement des populations. Cependant, des pathogènes sont présents sur les îles australes. A Amsterdam, le choléra aviaire et la bactérie *Erysipelas* seraient responsables du déclin de la population d'albatros à bec jaune (*Diomedea chlororhynchos*). Associés au changement climatique, les pathogènes pourraient avoir un impact important sur la démographie d'oiseaux et mammifères marins, à l'image de la population d'albatros à bec jaune de l'île d'Amsterdam. Selon Rolland et al. (2009), les impacts des pathogènes, des mammifères introduits, de la pêche ainsi que du changement climatique doivent donc être analysés ensemble lorsqu'il s'agit d'envisager des mesures de conservation d'oiseaux et mammifères marins dans les îles subantarctiques.

## IV.D. Synthèse des facteurs d'influence en milieux terrestres et marins

Tableau 44. Synthèse des incidences potentielles des activités humaines sur le milieu terrestre

Facteurs d'influence	Habitats	Flore	Invertébrés	Oiseaux et mammifères marins
<b>Présence de végétaux exotiques</b>	Colonisation des espaces. Réduction des communautés végétales natives. Uniformisation des paysages.	Compétition avec la flore native. Occupation de niches écologiques inoccupées. Risque de disparition d'espèces natives au profit d'introduites.	Régression voire disparition d'espèces natives liée à la perte d'habitats.	Perte potentielle d'habitats de reproduction (e.g. pétrels à reproduction hypogée)
<b>Présence de vertébrés exotiques</b>	Dégradation et modification des communautés végétales natives. Erosion du sol par piétinement.	Abrouissement, consommation et transport de graines. Destruction d'espèces végétales natives (e.g. impact du renne sur les coussins d'azorelle). Dispersion d'espèces végétales introduites.	Dispersion d'invertébrés introduits.	Prédation ; Transmission potentielle de pathogènes aviaires
<b>Présence d'invertébrés exotiques</b>		Transmission d'agents phytopathogènes aux plantes natives (e.g. phytovirus par les pucerons).	Prédation d'invertébrés natifs. Compétition entre espèces natives et introduites	

		Troubles phytosanitaires (e.g. choux de Kerguelen colonisés par des pucerons)		
<b>Présence des bases permanentes</b>	Artificialisation du milieu naturel. Emprise spatiale des infrastructures			
<b>Fonctionnement des bases et des sites isolés – Production de déchets</b>	Pollution visuelle (déchets historiques). Pollution potentielle localisée sur les sites d'enfouissement.			Blessures potentielles générées par les déchets historiques non enfouis
<b>Fonctionnement des bases et des sites isolés – Production d'eaux usées</b>	Localement, favorise la constitution d'habitats exotiques.	Enrichissement des sols dans les zones d'évacuation, favorise la prolifération d'espèces introduites au niveau local.		
<b>Fonctionnement des bases et des sites isolés – Pollution lumineuse</b>				Désorientation des oiseaux marins. Echouage et mortalité aviaire possible.
<b>Logistique - Fret inter-district</b>		Introduction d'espèces exotiques végétales.	Introduction d'invertébrés exotiques.	Dérangement de la faune (si survol par hélicoptère de colonies).
<b>Logistique - Fret intra-district</b>	Erosion du sol (chemins tracteurs).	Destruction d'espèces natives. Dispersion d'espèces exotiques végétales.	Dispersion d'invertébrés exotiques.	Dérangement de la faune.
<b>Tourisme et activités de loisir</b>	Erosion du sol par piétinement.	Destruction d'espèces natives par piétinement. Introduction et dispersion d'espèces exotiques végétales.	Introduction et/ou dispersion d'invertébrés exotiques.	Dérangement de la faune.
<b>Changements globaux</b>	Modification de la structure des communautés.	Limitation du développement des espèces végétales natives, favorisation de l'installation d'espèces introduites.	Favorisation de l'installation d'espèces introduites.	Modification des habitats et des zones d'alimentations. Augmentation des risques de contamination par des pathogènes.

Les facteurs d'influence en milieu terrestre sont, comme présentés précédemment, les **espèces exotiques introduites** (végétaux, invertébrés, vertébrés), les **activités humaines actuelles** (bases, cabanes, logistique, tourisme) ou **passées** et les **changements globaux**, eux-mêmes des résultantes des activités humaines. Chacun de ces facteurs d'influence a des impacts sur les milieux des Terres australes françaises. Les activités humaines passées et actuelles jouent ainsi un rôle dans **l'introduction de nouvelles espèces sur le territoire** ou la **dispersion des espèces déjà présentes**. Lorsque ces espèces sont végétales, elles entrent en compétition avec les espèces végétales natives ou occupent des niches écologiques auparavant inoccupées. Cela a pour conséquence la **modification des habitats et l'uniformisation des paysages**, ainsi que la **réduction des habitats pour certaines espèces d'invertébrés et d'oiseaux marins**. La dispersion des espèces végétales est favorisée par l'action des espèces introduites de vertébrés (en les transportant, en piétinant et érodant le sol, etc.). Certaines espèces de vertébrés jouent de plus un rôle de prédateur et présentent un risque de dissémination de pathogènes auprès des communautés aviaires. De manière générale, les espèces de vertébrés jouent aussi un rôle dans la **dissémination des invertébrés introduits**.

Ces derniers entrent en compétition avec les invertébrés natifs et sont aussi un facteur de contamination d'espèces végétales par des pathogènes.

Les habitats et espèces natives sont donc menacés de **manière directe** (par piétinement, abrutissement des vertébrés, compétition des espèces de flore et d'invertébrés introduites) ou de **manière indirecte** (par prédation des espèces introduites, la perte d'habitats naturels, ou suite aux effets du changement climatique).

Tableau 45. Synthèse des incidences potentielles des activités humaines sur le milieu marin

	Compartiment pélagique	Prédateurs supérieurs	Compartiment benthique : benthos	Compartiment benthique : poissons démersaux
<b>Pêcherie palangrière à la légine</b>		Déprédation. Mortalité aviaire directe (pétrels à menton blanc, pétrels gris), rares captures de mammifères marins (cachalots, éléphants de mer)	Capture d'organismes indicateurs d'EMV. Pertes de lignes plombées	Pression sur la ressource légine, et sur les espèces capturées accessoirement (raies, grenadiers, requins)
<b>Pêcherie au poisson des glaces</b>		Mortalité aviaire directe (pétrels à menton blanc, albatros sourcils noirs)	Capture d'organismes indicateurs d'EMV	Pression sur la ressource poisson des glaces, et sur les espèces accessoires
<b>Pêcherie de Saint Paul et Amsterdam</b>		Déprédation. Mortalité indirecte éventuelle (collisions, fuites d'hydrocarbures)	Pression sur la ceinture macrocystis, remontée d'organismes indicateurs d'EMV	Pression sur les ressources en langoustes et poissons exploités
<b>Campagnes halieutiques</b>		Oiseaux et mammifères marins éventuellement	Empreinte du chalut sur le fond limité à de faibles surfaces et mal connu.	Pressions limitées aux poissons démersaux du plateau. Captures faibles
<b>Activités logistiques et recherches marines</b>	Pollutions éventuelles aux hydrocarbures (ravitailllements). Chalutages pélagiques localisés et ponctuels	Mortalité indirecte éventuelle (collisions, fuites d'hydrocarbures)	Carottages, dragages et prélèvements éventuels	Prélèvements localisés
<b>Présence et passages des navires en général</b>	Pollution aux hydrocarbures	Nuisances sonores et acoustiques, collisions (cétacés et oiseaux)	Mouillages (pressions très localisées sur la faune benthique)	
<b>Changements globaux</b>	Modification de la production primaire. Déplacement vers le sud des régions biogéochimiques (courant ACC). Acidification des eaux océaniques.	Changements dans la distribution de certains oiseaux suite au déplacement des zones d'alimentation.	Manque de connaissances.	Manque de connaissances.

Comme mentionnées dans les parties précédentes, **les engins de pêche** peuvent avoir des impacts sur les ressources qu'elles exploitent ou qu'elles capturent accessoirement, ainsi que sur les autres compartiments des écosystèmes marins (oiseaux, mammifères marins, habitats benthiques).

Les **activités logistiques** peuvent également présenter des risques, en particulier de pollutions aux hydrocarbures lors des ravitailllements des bases. Les activités d'océanographie, les campagnes de

recherche halieutique et la station hydroacoustique HA04, dont les emprises sont limitées dans le temps et/ou dans l'espace, présentent des impacts supposés modérés sur les espèces et les habitats. Par ailleurs, la présence **de navires dans les îles australes**, même si elle est limitée et ponctuelle, peut constituer des pressions sur les milieux marins, du fait des éventuelles pollutions générées (rejets de déchets organiques et inorganiques à la mer, fuites d'hydrocarbures, déballastages, ravitaillements, etc.), des impacts liés aux mouillages, des prélèvements qu'ils effectuent et des nuisances qu'ils peuvent induire sur les oiseaux et mammifères marins (collisions, perturbations). Le risque d'introduction d'espèces marines exotiques est également un élément à considérer. Enfin, les menaces sur le milieu pélagique sont encore mal identifiées. Les changements globaux, en modifiant la structure des fronts polaires, modifient la production primaire, ce qui a des conséquences sur l'ensemble de la chaîne trophique. Les habitats des espèces marines sont de plus menacés par l'acidification des océans ou encore par la modification des cycles biogéochimiques



Photo 85. Exemple d'impact sur les milieux marins

## Encadré services écosystémiques

Les précédents chapitres ont permis de lister et de hiérarchiser les éléments du patrimoine naturel (géomorphologie, habitats, flore, faune) et culturel de la Réserve naturelle nationale à préserver. Cette étape est nécessaire à la bonne compréhension des valeurs de la Réserve, desquelles découlent les enjeux de conservation. En effet, les valeurs du patrimoine de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises résident dans les bénéfices que les hommes tirent de ces écosystèmes. On parle alors de services écosystémiques, que l'on peut regrouper en quatre catégories, suivant la classification de l'Évaluation des Ecosystèmes du Millénaire<sup>22</sup>.

<sup>22</sup>MILLENNIUMECOSYSTEMAS, S. (2003). Ecosystems and human well-being.

## Les services support

Les services support sont ceux qui sont **nécessaires pour la production de tous les autres services de l'écosystème**. Leurs bénéfices sur les hommes sont indirects ou apparaissent sur des longues périodes de temps. On pourra retenir ici plusieurs aspects majeurs :

- Apports en fer au sein de l'océan Austral, permettant une production primaire marine importante au sein d'un océan relativement anémié. Cet apport stimule la production primaire marine, qui à son tour offre des zones d'alimentation aux oiseaux et mammifères marins des Terres australes françaises, qui chassent dans des zones de production secondaires ;
- Production d'oxygène atmosphérique et séquestration du carbone par le phytoplancton ;
- Offre d'habitats et de zones de reproduction pour les oiseaux marins et les pinnipèdes à terre, pour les cétacés et les poissons en mer ;
- Un fort taux d'endémisme, avec de nombreuses espèces rares et menacées (de flore, d'invertébrés, d'oiseaux et mammifères marins), qui contribuent à la biodiversité mondiale.

## Les services d'approvisionnement

Les services d'approvisionnement permettent aux hommes d'obtenir des biens par l'exploitation des écosystèmes. Comme décrit dans le chapitre III, les activités anthropiques exploitant directement le patrimoine naturel des Terres australes françaises sont la **pêche** et le **tourisme**. En effet, **les caractéristiques géomorphologiques et océanographiques des Terres australes françaises engendrent une importante productivité primaire et secondaire, qui est à la base de l'ensemble de la chaîne trophique. De ce fait, le territoire des Terres australes françaises présente une très grande richesse d'espèces marines et une forte concentration d'oiseaux et de mammifères marins, qui migrent dans l'ensemble de l'océan Indien**. On retrouve ainsi les zones importantes de reproduction et d'alimentation des oiseaux et mammifères marins, mais également les frayères et les zones de nourriceries des principales ressources marines exploitées de la zone (légine australe, poisson des glaces, langoustes).

La **pêche** permet d'extraire des ressources alimentaires des océans (légine, langouste essentiellement). Au-delà de l'exploitation de cette ressource primaire, la pêche dans les Terres australes françaises est génératrice de 400 emplois indirects<sup>23</sup> et de retombées économiques. La SAPMER et ARMAS, les deux armateurs de ces bateaux, tirent de cette activité un chiffre d'affaire de plus de 45 millions d'euros par an. L'administration des TAAF a mis en place un modèle de gestion écosystémique des pêches, reconnues par le système de gestion des pêcheries de la CCAMLR et le label Marine Stewardship Council (MSC) pour les pêcheries légine de Crozet et Kerguelen. Pour St Paul et Amsterdam, la labellisation MSC de la pêche à la langouste est en cours. L'effet « réserve » occasionné par ce mode de gestion permet un renouvellement des ressources de poissons à l'échelle de l'océan Indien.

Le **tourisme** est autorisé mais limité dans la réserve, dans la mesure où seule une cinquantaine de personnes monte chaque année à bord du Marion Dufresne en qualité de touristes. Cette fréquentation génère des revenus pour la collectivité des TAAF et permet à des citoyens français ou étrangers de découvrir ces territoires atypiques.

## Les services de régulation

Comme vu précédemment, la situation unique des Terres australes françaises, situées au croisement des différents fronts océaniques et bénéficiant d'un enrichissement fort en fer et nutriments venant des plateaux continentaux des îles, engendre une forte productivité primaire. Dans la mesure où, lors de son

---

<sup>23</sup> L'impact économique des TAAF à La Réunion : environ 200 emplois et l'essentiel de la pêche" - économie de La Réunion n° 113, 3e trimestre 2002.

cycle de développement, le phytoplancton séquestre du carbone et crée de l'oxygène, ces zones de forte productivité primaire agissent alors comme des « puits de carbone », permettant une régulation du CO<sub>2</sub> émis à l'échelle planétaire. Ainsi, **les eaux des Terres australes françaises sont un acteur essentiel dans la lutte contre le changement climatique et l'acidification des océans**. Plus généralement, l'océan Austral joue un rôle majeur dans la limitation du changement climatique, puisque 40% du CO<sub>2</sub> absorbé par les océans est en effet absorbé par l'océan austral (Hauck et al., 2015)<sup>24</sup>. De la même manière, en milieu côtier, les écosystèmes à *Macrocystis pyrifera* et *Durvillaea antarctica* fixent le carbone dans le sol, freinent le transport des sédiments, consolident les côtes et limitent leur érosion.

## Les services culturels et sociaux

Les services culturels et sociaux sont des bénéfices non-matériels obtenus à partir des écosystèmes à travers l'enrichissement spirituel, le développement cognitif, la réflexion, la création, les expériences esthétiques, etc.

**Les Terres australes françaises abritent un des derniers lieux de « naturalité » au monde, qui conserve le caractère sauvage de son patrimoine naturel originel.**Elles demeurent des sources d'émerveillement et d'inspiration, et participent à la sensibilisation du grand public et facilitent sa mobilisation pour la conservation de l'environnement.

Les Terres australes françaises sont visitées chaque année par quelques centaines de personnes dans le cadre de leur travail scientifique, artistique, opérationnel ou de leurs loisirs (touristes). Ces hivernants, campagnards d'été, scientifiques, personnels des bases, marins du Marion Dufresne ou pêcheurs peuvent y être de passage pour une journée seulement ou pour plusieurs mois. Ils vivent alors en petite communauté, dépendent de la visite du Marion Dufresne, quatre fois l'an. La vie en territoire isolé nécessite une **culture commune** de respect de règles de la Réserve ainsi que des normes de biosécurité et de sécurité élémentaires. Que ce soit une rotation à bord du Marion Dufresne ou un séjour sur base, ces expériences représentent néanmoins de manière générale des **expériences inoubliables** pour ceux qui ont eu la chance de les vivre. Nombreux sont ceux qui restent attachés à ces territoires d'exception, longtemps après leur retour, de la vie en petite communauté, et de la proximité avec la nature de ces îles. Ces femmes et ces hommes participent ainsi à l'histoire des Terres australes françaises, débutée en 1522 lors de la découverte de Saint-Paul et Amsterdam.

La réserve naturelle présente ainsi un **patrimoine historique** à préserver, qui témoigne des tentatives d'exploitation économique passées. Le patrimoine culturel très particulier issu des activités historiques de chasse et de pêche dans les Terres australes nourrit la curiosité des passionnés, qu'ils soient historiens ou philatélistes. Le territoire, sa biodiversité et son histoire sont par ailleurs à l'origine de nombreux projets artistiques et littéraires qui retracent la beauté des Terres australes françaises au travers de récits, d'expositions ou de films.

La présence actuelle des hommes sur les îles subantarctiques françaises est justifiée en partie par la **recherche scientifique**, qui s'intéresse à ces territoires à plusieurs titres :

- Elles occupent des points singuliers sur la planète, à des latitudes où les espaces émergés sont rares ; elles permettent donc d'établir et d'entretenir des **observatoires de la planète Terre** dans les domaines de la géophysique et de la physique et chimie de l'atmosphère qui jouent un rôle essentiel dans le maillage de la Terre, particulièrement lâche dans cette région du monde.

---

<sup>24</sup>Hauck, J., Völker, C., Wolf-Gladrow, D. A., Laufkötter, C., Vogt, M., Aumont, O., ... & Gruber, N. (2015). On the Southern Ocean CO<sub>2</sub> uptake and the role of the biological carbon pump in the 21st century. *Global Biogeochemical Cycles*, 29(9), 1451-1470.

- Leur position au milieu de l'océan Austral est privilégiée et permet l'étude des effets de ces îles sur la production primaire, et de l'existence de **zones d'alimentation et de reproduction pour les oiseaux et mammifères marins**.
- Le **taux d'endémisme strict ou régional** de la faune et de la flore est élevé, fournissant des modèles exceptionnels permettant l'étude de l'évolution des espèces en milieux insulaires et des adaptations des organismes à des contraintes environnementales fortement influencées par les conditions climatiques, l'origine marine des nutriments et le déséquilibre, jusqu'à une période récente, des chaînes trophiques où dominent les décomposeurs.
- La **relative simplicité des écosystèmes subantarctiques**, en termes de richesse spécifique et de variété d'habitats, rend plus aisées qu'ailleurs les recherches portant sur les interactions entre espèces et les relations espèces-milieu ; de ce fait, les processus sont plus facilement modélisables et leur application à des environnements plus complexes envisageable.
- La température de l'air, très fortement tamponnée par l'océan, est proche des seuils de développement de nombreux organismes originaires de régions plus tempérées. De ce fait, le réchauffement actuel de quelques dixièmes de degrés autorise aujourd'hui l'établissement d'espèces importées accidentellement par l'homme, qui ne pouvaient pas s'implanter il y a quelques années ; ce phénomène risque de s'amplifier dans les années à venir. Ces îles occupent donc une position clé pour la **compréhension des mécanismes des invasions biologiques** - colonisation, établissement et dissémination -, et pour celle des interactions entre espèces locales et introduites.
- La possibilité pour les équipes françaises de travailler à la fois à Amsterdam (subtropical), Crozet (subantarctique au nord du Front Polaire), et à Kerguelen (sur le Front Polaire) constitue un atout unique pour aborder ces questions relatives aux **changements climatiques** (mimé ici par ce gradient de latitude) et la biodiversité.
- Enfin, ces îles constituent **l'ultime étape avant le continent antarctique** ; beaucoup d'enseignements sont à tirer de ce qui se passe actuellement dans les îles subantarctiques en termes de réponses aux changements climatiques et aux invasions d'espèces : ces situations préfigurent l'évolution probable, dans quelques années, de la frange côtière du continent antarctique et, plus spécifiquement encore, de la Péninsule antarctique. Ces enseignements doivent permettre d'éviter en Antarctique certaines erreurs qui ont été commises par le passé dans le Subantarctique.

Ces connaissances scientifiques peuvent faire l'objet de vulgarisation à des fins de **communication au plus grand public**. Au travers des documentaires (vidéo ou audio), des photos, des articles, des expositions parmi d'autres opérations de communication, ces territoires représentent en effet pour le plus grand nombre un émerveillement face à cette nature intacte, éloignée et vaste. Les espèces et les paysages originaux que renferme la réserve ont, dans l'imaginaire collectif, une valeur esthétique attractive et à préserver. La démocratisation de ces territoires est un moyen, aussi, de faire prendre conscience au public de la fragilité de ces écosystèmes et de la nécessité de les préserver. Plus généralement, ce sont les enjeux du changement climatique, des impacts de l'homme sur son environnement qui peuvent être introduits à travers l'exemple des Terres australes françaises, dans l'optique que chacun adopte des comportements écologiques. Ces territoires, encore préservés, représentent en effet une image d'espoir pour la préservation de l'environnement à l'échelle nationale mais aussi globale. Cela justifie leur attractivité auprès d'un nombre très limité de **touristes** (environ 50 par an), qui viennent chercher une expérience spirituelle et naturaliste d'exception.

Les Terres australes françaises sont aussi à la fois l'objet et le sujet de **créations artistiques** : depuis 2011, les TAAF et le ministère de la Culture et de la Communication, Direction des Affaires Culturelles-Océan Indien (DAC-OI) organisent tous les deux ans « **L'Atelier des Ailleurs** » au à **Crozet, Kerguelen et Amsterdam**. Destiné à accueillir deux artistes simultanément, ce projet est mis en œuvre par le Fonds régional d'art contemporain (FRAC) de La Réunion. L'objectif est d'inscrire l'art contemporain dans le contexte de ces territoires éloignés. Poètes, écrivains, musiciens, chorégraphes, plasticiens, vidéastes,

réalisateurs, photographes sont invités à séjourner sur l'une des bases subantarctiques pendant trois mois afin de créer une œuvre d'art :

- En juillet 2011, les deux artistes lauréats, Klavdij Sluban et Laurent Tixador ont séjourné pendant trois mois sur l'archipel de Kerguelen et présenté les œuvres produites lors de cette résidence aux Rencontres d'Arles 2012. Laurent Tixador s'est également inscrit dans l'exposition collective Unlimited bodies au Palais d'Iena et dans l'exposition hors les murs de la FIAC au muséum national d'histoire naturelle de Paris en octobre 2012.
- En juin 2013 les candidatures de Christiane Geoffroy, pour un projet d'art contemporain aux Kerguelen présenté au FRAC de La Réunion et au musée des Beaux-arts de Rennes en 2015 et de Paco Décina, pour un projet chorégraphique à Crozet, intitulé « La douceur perméable de la rosée », découvert en 2015 aux Hivernales d'Avignon et dans le réseau des Instituts français en Europe, ont été retenues.
- Pour la 3e édition, ce sont Julien Gauthier, musicien et compositeur, et Estelle Nollet, écrivaine, qui ont embarqué à bord du Marion Dufresne, respectivement vers l'archipel de Kerguelen et vers l'île d'Amsterda. Une master-class de Julien Gauthier a été organisée à La Réunion avec le Conservatoire à rayonnement régional en février 2017. L'édition d'un CD avec livret sur « Les sons des TAAF » a également été réalisée. La Symphonie australe composée lors de cette résidence sera interprétée à Rennes par l'orchestre régional de Bretagne en avril 2018. Estelle Nollet publiera quant à elle en 2017 son quatrième roman issu de cette résidence de quatre mois.

Des projets indépendants émergent aussi en dehors de l'Atelier des Ailleurs. C'est le cas de la bande dessinée « Voyage aux îles de la Désolation » d'Emmanuel Lepage, sortie en 2011 et réalisée suite à la participation de l'auteur à une rotation sur le Marion Dufresne.



## V. Cadre réglementaire

### V.A. Réglementation issue du droit international

Un large panel de textes internationaux a vocation à régir la protection ou la gestion de la biodiversité dans les Terres australes françaises. Plusieurs conventions ont une portée générale et ont vocation à s'appliquer à tout un milieu voire à l'ensemble des espèces.

#### *Convention sur le commerce international des espèces de faune et de la flore sauvages (CITES)*

La Convention sur le commerce international des espèces de faune et de la flore sauvages menacées d'extinction, dite **CITES**, est signée en 1973 à Washington et approuvée par la France par la loi n°77-1423 du 27 décembre 1977. Son objectif est de garantir que le commerce international de la faune et de la flore sauvage ne nuit pas à leur conservation. La Convention réglemente ainsi le passage transfrontière, commercial ou non, des espèces inscrites sur ses listes. L'arrêté du 30 juin 1998 fixe les modalités d'application de la convention sur le territoire national.

La Convention regroupe les espèces en trois annexes, auxquels correspondent autant de régimes :

- Toute transaction à des fins commerciales des espèces figurant à l'annexe I est interdite. Les transactions à des fins non commerciales (recherche scientifique notamment), sont soumises à permis d'importation et exportation
- Le commerce des espèces figurant à l'annexe II est autorisé sur présentation d'un permis d'exportation délivré par les autorités compétentes du pays d'origine, garantissant la provenance légale des spécimens concernés.
- Le commerce des espèces à l'Annexe III est autorisé sur présentation d'un permis d'exportation délivré par les autorités compétentes du pays d'origine. Contrairement aux Annexes I et II, le pays Partie est habilité à amender unilatéralement la liste des espèces qu'il souhaite inscrire à l'Annexe III.

Le tableau ci-dessous recense l'ensemble des espèces marines listées dans les annexes CITES et présentes au sein de la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises et dans les eaux sous juridiction attenantes.

Tableau 46. Ensemble des espèces (espèces reproductrices régulières, régulières et occasionnelles) présentes au sein de la réserve et mentionnées par les annexes CITES

Annexe I	Annexe II
<b>Pinnipèdes et mammifères marins</b>	
<b>Baleine de Minke/Petit rorqual*</b> <i>Balaenoptera acutorostrata</i>	
<b>Baleine franche australe**</b> <i>Eubalaena australis</i>	<b>Otarie de Kerguelen/Otarie à fourrure antarctique*</b> <i>Arctocephalus gazella</i>
<b>Rorqual boréal**</b> <i>Balaenoptera borealis</i>	<b>Eléphant de mer austral*</b> <i>Mirounga leonina</i>
<b>Baleine bleue/Grand rorqual**</b> <i>Balaenoptera musculus</i>	<b>Orque commun*</b> <i>Orcinus orca</i>
<b>Baleine à bosse/Mégaptère**</b>	<b>Ensemble des cétacés (sauf les espèces inscrites à l'annexe I)</b>

<i>Megaptera novaeangliae</i>	– Voir liste complète des cétacés en partie II.F.4
<b>Rorqual commun**</b>	
<i>Balaenoptera physalus</i>	
<b>Cachalot**</b>	
<i>Physeter Macrocephalus</i>	
<b>Baleine pygmée***</b>	
<i>Caperea marginata</i>	
<b>Berardie d'Arnoux**</b>	
<i>Berardius arnuxii</i>	
<b>Hypérodon austral**</b>	
<i>Hyperoodon planifrons</i>	
<b>Oiseaux</b>	
	<b>Faucon d'Eléonore***</b>
	<i>Falco eleonora</i>
	<b>Faucon pèlerin***</b>
	<i>Falco pegrinus</i>
	<b>Faucon hobereau***</b>
	<i>Falco subbuteo</i>

\* : Espèces reproductrices régulières ; \*\* : Espèces visiteuses régulières ; \*\*\* : Espèces occasionnelles

Le règlement n° 338/97 de l'Union Européenne prévoit que toute exportation de ces spécimens, ou toute partie ou tout produit obtenu à partir de ceux-ci, à partir de la réserve (en tant que territoire hors Union européenne) vers un territoire faisant partie de l'Union européenne requiert la délivrance préalable par les TAAF d'un permis CITES d'exportation, puis la délivrance par l'Etat membre de l'Union Européenne importateur du permis d'importation correspondant. Pour la France, ce permis d'importation est délivré par la Direction régionale de l'environnement concernée.

Une autorité scientifique du territoire d'exportation doit en outre émettre l'avis que cette exportation ne nuise pas à la survie de l'espèce intéressée, une autorité de gestion du territoire d'exportation doit également apporter la preuve que le spécimen n'a pas été obtenu en contravention aux lois sur la préservation de la faune et de la flore en vigueur.

Les Terres Australes et Antarctiques Françaises sont, depuis 2009, organe de gestion compétent pour délivrer les permis et certificats.

### **Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS)**

Adoptée à Bonn le 19 juin 1979, la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS) a été publiée en droit français par le décret n° 90-962 du 23 octobre 1990. En plus de certains mammifères marins, les annexes de la Convention incluent des oiseaux des Terres australes françaises tels que les albatros (cf. Tableau 47 ci-après).

Tableau 47 : Espèces des Terres australes françaises inscrites sur les annexes de la convention de Bonn

Annexe I	Annexe II
<b>Pinnipèdes et mammifères marins</b>	
<b>Baleine franche australe**</b>	<b>Dauphin obscur/Lagénorhynque obscur</b>
<i>Eubalaena australis</i>	<i>Lagenorhynchus obscurus</i>
<b>Baleine à bosse/Mégaptère**</b>	<b>Orque commun*</b>
<i>Megaptera novaeangliae</i>	<i>Orcinus orca</i>
<b>Baleine bleue/Grand rorqual**</b>	

---

*Balaenoptera musculus*

**Rorqual commun\*\***

*Balaenoptera physalus*

**Rorqual boréal\*\***

*Balaenoptera borealis*

**Cachalot\*\***

*Physeter Macrocephalus*

### Oiseaux

**Albatros d'Amsterdam\***

*Diomedea amsterdamensis*

**Grand albatros/Albatros hurleur\***

*Diomedea exulans*

**Albatros à sourcils noirs\***

*Thalassarche melanophris*

**Albatros de Salvin\***

*Thalassarche salvini*

**Albatros à bec jaune de l'océan indien\***

*Thalassarche carteri*

**Albatros à tête grise\***

*Thalassarche chrysostoma*

**Albatros fuligineux à dos sombre\***

*Phoebetria fusca*

**Albatros fuligineux à dos clair\***

*Phoebetria palpebrata*

**Pétrel géant antarctique\***

*Macronectes giganteus*

**Pétrel géant subantarctique/Pétrel géant de Hall\***

*Macronectes halli*

**Pétrel gris\***

*Procellaria cinerea*

**Pétrel à menton blanc\***

*Procellaria aequinoctialis*

**Albatros à cape blanche/Albatros timide\*\***

*Thalassarche cauta*

**Albatros royal\*\*\***

*Diomedea epomophora*

**Albatros de Campbell\*\*\***

*Thalassarche impavida*

**Albatros de Chatham\*\*\***

*Thalassarche eremita*

**Faucon d'Eleonore\*\*\***

*Falco eleonorae*

**Faucon pèlerin\*\*\***

*Falco peregrinus*

**Faucon hobereau**

*Falco subbuteo*

---

Cette convention vise principalement à encourager la coopération internationale en matière de protection des espèces concernées, regroupées en deux annexes. Pour les espèces migratrices en danger, la Convention encourage les États parties à :

- promouvoir les travaux de recherche ;
- accorder une protection immédiate telle que l'interdiction de leur prélèvement ;
- préserver les milieux les accueillant ;
- prévenir les facteurs les mettant en danger telle que l'introduction d'espèces.

Pour les espèces dont l'état de conservation est défavorable, la Convention encourage les États parties à mettre en place des accords de conservation internationaux.

Ainsi, six accords ont à ce jour été conclus sous les auspices de la Convention de Bonn, dont un concernant au premier plan une part de la faune aviaire des Terres australes françaises. Il s'agit de l'Accord pour la Conservation des Albatros et des Pétrels (ACAP).

**Accord pour la Conservation des Albatros et des Pétrels (ACAP) et Plan national d'actions sur l'albatros d'Amsterdam**

Comme indiqué dans le tableau suivant, l'ensemble des albatros, pétrels géants, pétrels à menton blanc et pétrels gris de la réserve bénéficient de l'Accord sur la Conservation des Albatros et des Pétrels (ACAP), adopté à Canberra le 19 juin 2001. Cet accord vise à maintenir ou atteindre un état de conservation favorable aux albatros et aux pétrels. Il est entré en vigueur en février 2004, compte aujourd'hui 13 parties, dont la France et couvre 31 espèces d'albatros et de pétrels.

Tableau 48. Espèces inscrites à l'ACAP

Albatros	Pétrels
Toutes les espèces présentes sur les îles subantarctiques françaises	Pétrel géant antarctique* <i>Macronectes giganteus</i>
	Pétrel géant subantarctique* <i>Macronectes halli</i>
	Pétrel à menton blanc* <i>Procellaria aequinoctialis</i>
	Pétrel gris* <i>Procellaria cinerea</i>

L'ACAP ne prend pas de recommandations contraignantes mais propose des orientations aux États parties. Les objectifs généraux de l'Accord, ainsi que les mesures générales de conservation qu'il préconise, sont pris en compte par l'actuel plan de gestion de la Réserve naturelle (contrôle des espèces introduites, restauration des habitats, soutien à la recherche, etc.) et seront probablement reconduits dans le cadre du prochain plan de gestion.

Par ailleurs, dans le but d'honorer les engagements pris par la France en ratifiant l'ACAP, la Réserve naturelle nationale des Terres Australes Françaises, aidée par de nombreux partenaires, a lancé **en 2010 un Plan national d'actions quinquennal afin d'améliorer le statut de conservation de l'albatros d'Amsterdam**. Ainsi, 20 actions concrètes promouvant la conservation de cette espèce ont été mises en œuvre, dans le but de quantifier, réduire et/ou supprimer les menaces identifiées. Ces actions ont été hiérarchisées et organisées en 7 volets dans le plan :

- maintien du suivi à long terme de la dynamique de la population ;
- étude des mécanismes de transmission des pathogènes chez les espèces d'oiseaux marins sur l'île et recherche d'anticorps chez l'albatros d'Amsterdam ;
- amélioration des connaissances sur les habitats marins utilisés par l'espèce ;
- mesure des risques d'interaction avec les pêcheries palangrières et promotion de l'usage des mesures de réduction de la mortalité aviaire en mer ;
- développement des connaissances sur l'habitat de nidification de l'espèce ;
- mesure des risques de détérioration d'habitat et de prédation par les mammifères introduits sur le site de nidification ;

- large diffusion et accessibilité du plan au plus grand nombre (services de l'Etat, communauté scientifique internationale, organismes régionaux des pêches, organismes internationaux impliqués dans la conservation, etc.).

Sur ces 20 actions, 13 ont été effectuées, 3 ont été initiées et 4 n'ont pas été réalisées. Malgré les résultats encourageant de ce premier plan d'actions, il est important de continuer à promouvoir les mesures de conservation auprès des organisations régionales de gestion des pêches (ORGP), notamment du fait du fort taux de recouvrement des zones d'alimentation de ces oiseaux avec les activités de pêche. La poursuite de l'étude des agents pathogène devrait par ailleurs porter sur l'identification des réservoirs et disséminateurs potentiels, notamment les rats et les chats. Cette étude serait un préalable pour la mise en place d'une éradication des prédateurs introduits à l'échelle de l'île.



Photo 86. L'albatros à bec jaune (*Thalassarche carterii*), oiseau emblématique des Terres australes françaises

### ***Convention pour la conservation de la faune et la flore marine de l'Antarctique (CCAMLR)***

La Convention sur la conservation de la faune et de la flore marine de l'Antarctique (CCAMLR) a été signée à Canberra le 20 mai 1980 dans le cadre du Système du Traité sur l'Antarctique et a été approuvée par la France par la loi du 20 avril 1982. Son but initial était de répondre aux craintes posées par la pêche non réglementée de krill, qui risquait de mettre en péril l'écosystème marin. Depuis cette époque, la CCAMLR suit et règlemente également les autres pêcheries qui se sont développées dans sa zone de compétence (cf. Annexe), en particulier les pêcheries de légine et dans une moindre mesure celles du poisson des glaces.

**La politique poursuivie par la CCAMLR tend à assurer une gestion rationnelle des ressources halieutiques.** L'exploitation doit être menée de façon à prévenir la diminution des populations en deçà du niveau nécessaire au maintien de leur stabilité. Les activités de pêche ne doivent donc pas entraîner de

perturbation majeure sur les écosystèmes marins. En ce sens, la prise en compte de la limite naturelle des écosystèmes séparant l'océan Austral des autres océans du globe constitue l'innovation majeure de cette Convention. Elle est confirmée par la mise en œuvre des principes les plus novateurs du droit de l'environnement tels que le principe de précaution qui, coordonné à la notion d'utilisation rationnelle des ressources, permet de mettre en œuvre des Mesures de Conservation (MC) particulièrement ambitieuses. **Ces mesures à valeur contraignante identifient les espèces à protéger et les zones de pêche, fixent les limites de captures et réglementent les périodes et les méthodes de pêche.**

Le champ d'application géographique de la CCAMLR comprend les zones comprises au sud du 60e parallèle, ainsi que les zones comprises entre ce 60e parallèle et la zone de convergence antarctique plus au nord. Ceci inclut la Zone Economique Exclusive des îles Kerguelen et une partie de celle de Crozet (les ZEE des îles Saint-Paul et Amsterdam en sont en revanche exclues), ce qui place la future Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises étendue en mer en zone CCAMLR.

Afin de faciliter le dialogue et l'échange avec la CCAMLR, les TAAF sont représentés au Comité scientifique de la Convention via le MNHN et au Conseil de la CCAMLR, au côté de la délégation française portée par le Ministère des Affaires Etrangères et du Développement International (MAEDI).

**Parallèlement, la France a également initié un nouveau mode de coopération internationale en matière de surveillance des pêches** avec la conclusion en 2003 d'un traité avec l'Australie portant sur les ZEE de Kerguelen, Heard et McDonald. Le système a été complété en 2007 par un accord bilatéral dotant les forces de police de moyens d'action coercitifs dans les eaux respectives de l'autre partie. Il permet ainsi de renforcer les pouvoirs des contrôleurs et d'encadrer l'exercice du droit de poursuite en cas de pêche illégale, non déclarée et non réglementée (INN).

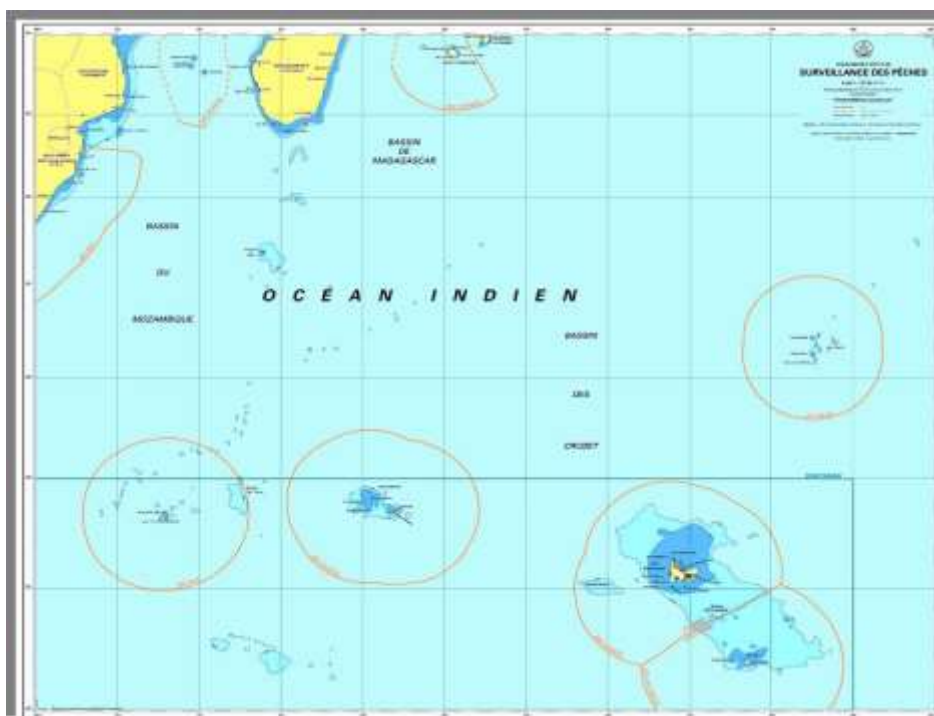
Cet accord comporte également un volet de coopération scientifique intéressant les parties marines. La mise en commun des connaissances permet en particulier de travailler collectivement sur les éléments fondateurs d'aires marines protégées.

Sur la base de ces travaux, un accord similaire a été signé entre la France et l'Afrique du Sud le 11 juillet 2016. Il a pour objectif de développer la coopération régionale en matière de surveillance et de recherche scientifique relatives aux ressources biologiques marines. Un système commun de surveillance des pêches est prévu par ledit accord, ainsi que le développement d'activités de coopération scientifique en matière de biodiversité marine.

Enfin, toujours dans le cadre des objectifs poursuivis par la CCAMLR en matière d'aires marines protégées, la conservation des ressources marines s'exprime également par l'initiative menée conjointement avec l'Afrique du Sud sur la biorégionalisation de la région des monts sous-marins Del Cano et de l'archipel de Crozet.

**Ces travaux constituent d'importantes contributions aux efforts de la CCAMLR de création d'un réseau d'aires marines protégées (AMP).** Depuis 2012, cet objectif fait l'objet de plusieurs projets, portés notamment par la France, conjointement avec l'Australie et l'Union européenne, pour la constitution d'une aire marine protégée en Antarctique de l'Est. La question des aires marines protégées est devenue problématique entre les Parties à la CCAMLR en raison de blocages politiques instigués par la Fédération de Russie et la Chine. La prochaine réunion de la CCAMLR en Octobre 2016 à Hobart permettra de poursuivre

les débats relatifs aux AMP, à la lutte contre la pêche INN et au respect de la réglementation en vue d'une conservation durable de la ressource.



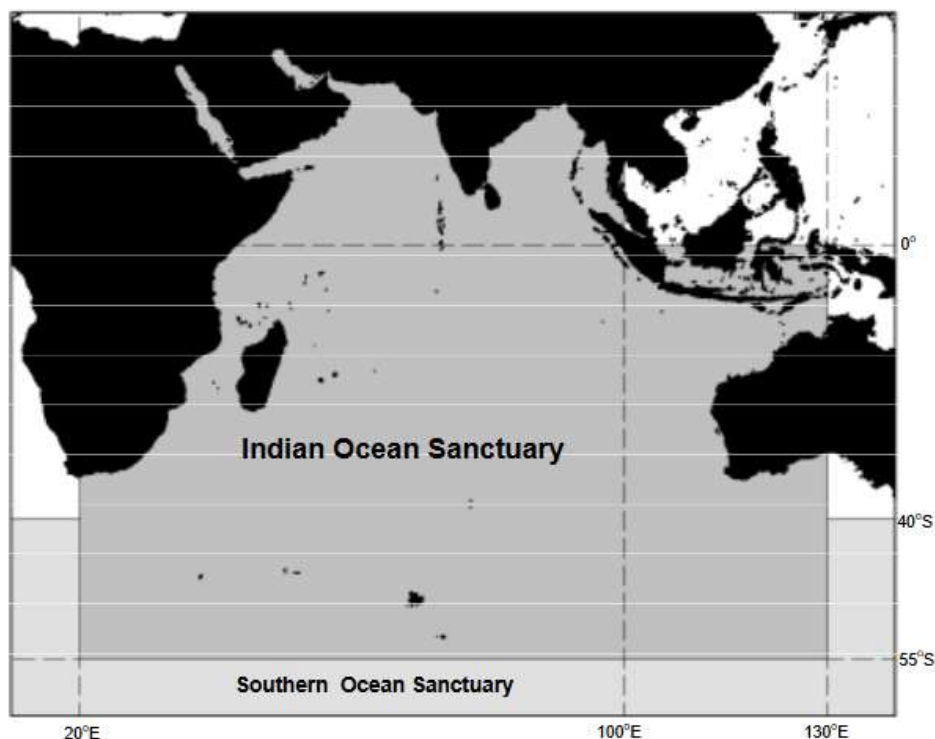
Carte 91. Zone CCAMLR et ZEE

### *Commission Baleinière Internationale (CBI)*

La Commission Baleinière Internationale a été **créée par la Convention de Washington (1946)** dans un **contexte de surexploitation des grands cétacés** et a donné lieu, en **1986**, à la **mise en place d'un moratoire sur la chasse commerciale de ces espèces**. Elle regroupe aujourd'hui **89 membres**, dont la France qui est membre de la Commission depuis 1948.

Outre le moratoire, l'action de conservation des baleines par la CBI se caractérise par la **création de sanctuaires**. Le sanctuaire de l'océan Indien, initialement établi en 1979 pour une durée de 10 ans et d'ores et déjà reconduit à deux reprises, s'étend jusqu'à une latitude de 55° sud, englobant ainsi la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises. Toute forme de chasse y est interdite, que le moratoire soit reconduit ou non.

**Le principe de l'interdiction de la chasse à la baleine, qui constitue l'esprit de cette convention, est repris au sein du décret de 2006 portant création de la Réserve naturelle et a été reconduit dans le cadre du décret modifié intégrant l'extension en mer de la Réserve.** Ces dispositions réglementaires prévoient notamment l'interdiction de porter atteinte de quelque manière que ce soit aux cétacés, constituant ainsi un « **sanctuaire dans le sanctuaire** ».



Carte 92 : Carte du sanctuaire baleinier de l'océan Indien (CBI)

### *Convention sur les zones humides RAMSAR*

La Convention sur les zones humides **signée à Ramsar en 1971** et ratifiée par la France en 1986 est un traité intergouvernemental qui vise à **promouvoir la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides**. Le mécanisme proposé par cette convention ne constitue pas un instrument réglementaire mais un label attestant de la qualité et de l'importance au niveau international des zones humides placées sous son égide.

Sur proposition du Ministère en charge de l'écologie, l'ensemble de la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises a été classée Ramsar lors de la 10e Conférence des parties en novembre 2008, offrant ainsi à la France le plus grand site labellisé Ramsar relevant d'un pays européen.

### *Commission pour la conservation du thon rouge du Sud (CCSBT)*

La convention créant la Commission pour la conservation du thon rouge du Sud (CCSBT) a été **signée en mai 1994**, entrée en vigueur un an plus tard. Elle **regroupe actuellement cinq parties contractantes : Australie, Nouvelle-Zélande, République de Corée, Japon et Taiwan**. A leurs côtés, la Communauté européenne, les Philippines et l'Afrique du Sud les ont rejoints en tant que « non-membre coopérants ». A ce titre ils n'ont pas le droit de vote, mais peuvent participer aux débats et aux comités scientifiques, et faire des propositions.

**L'objectif de la Commission est de veiller, par une gestion appropriée, à la conservation et l'exploitation rationnelle du thon rouge du sud.**

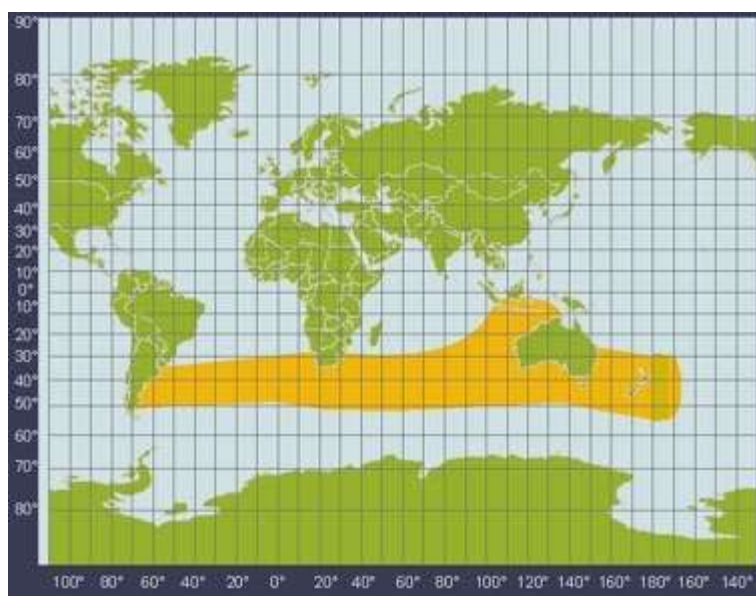
Afin de concourir à la réalisation de ses objectifs, la Commission exerce plusieurs types de mission :

- Dans son cadre est fixé un total admissible de capture réparti entre les membres ;
- Elle examine et applique des mesures réglementaires ;



- Elle mène et coordonne un programme de recherche scientifique visant à fournir des données appuyant sa politique de gestion ;
- Elle fournit un forum de discussion ;
- Elle favorise les activités touchant la conservation des espèces écologiquement apparentées (espèces marines vivantes qui sont associées à la pêche au thon rouge austral) et les espèces des prises accessoires.

**La France n'est pas partie à l'accord, de plus, la pêche au thon rouge n'est pas pratiquée dans les ZEE des Terres australes françaises. La CCSBT s'applique toutefois aux zones de nourrissages des populations d'albatros et de pétrels se reproduisant dans le périmètre de la réserve naturelle.** La réduction des prises accessoires figure parmi les objectifs de l'accord. A ce titre, il contribue à la conservation des populations aviaires menacées notamment par les activités de pêche.



Carte 93 : Zone de la CCSBT

## V.B. Réglementation d'origine nationale et territoriale

La réglementation nationale s'est adaptée afin de contribuer efficacement à la mise en œuvre des textes internationaux. La réglementation au sein des Terres australes françaises a récemment évolué suite à l'extension de la Réserve naturelle en créant des zones marines de protection renforcée et en instaurant un périmètre de protection comprenant l'ensemble des ZEE. Chaque année, le Préfet réglemente un certain nombre d'activités par arrêté et au cas par cas.

### V.B.1. Protection des sites

Le premier classement des Terres australes françaises remonte au décret du 27 octobre 1938 portant création d'un parc national refuge pour certaines espèces d'oiseaux et de mammifères dans ce que l'on dénommait à l'époque les Possessions Australes. Ce décret a été abrogé par celui du 3 octobre 2006 créant la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, et de surcroît par celui du 12 décembre 2016 portant extension et modification de la réglementation de la Réserve naturelle. Ce dernier prévoit une **réglementation à plusieurs niveaux, qui est détaillée dans la section I.C.2.b) du présent document.**

## V.B.2. Réglementation des activités

### *Réglementation de la partie terrestre de la réserve naturelle*

**Le chapitre III du décret n 2006-1211 modifié réglemente les activités sur la partie terrestre** de la réserve et précise ce qui suit :

- interdiction d'introduire des espèces animales ou végétales sous quelque forme que ce soit, sauf autorisation de l'administrateur supérieur ;
- interdiction de porter atteinte ou de déranger de quelque manière que ce soit les animaux d'espèces non domestiques à tout stade de leur existence, ou de porter atteinte aux végétaux non cultivés ;
- interdiction d'abandonner ou de déposer quoique que ce soit, déchets, détritiques, ou produits quels qu'ils soient, qui pourraient à nuire à la qualité du milieu ;
- interdiction de porter atteinte au milieu naturel par le feu ou des inscriptions, ou de troubler la tranquillité des lieux en utilisant tout instrument sonore ;
- interdiction d'exercer toute activité minière, commerciale ou industrielle ;
- interdiction de collecter fossiles et minéraux ;
- interdiction de circuler à bord d'un véhicule à moteur, sauf cas prévus par le décret ;
- interdiction de survoler la réserve à moins de 300 mètres.

Par ailleurs, **un certain nombre d'activités peuvent être réglementées par le préfet administrateur supérieur des TAAF par arrêté**. Il s'agit des activités de régulation des espèces, d'activités agricoles ou pastorales, des activités de découverte du milieu ou sportives, d'activités artistiques et de la circulation et du stationnement des personnes.

Divers arrêtés territoriaux ont été pris appliquant ces dispositions :

- **l'arrêté n° 2007-10 du 29 janvier 2007 réglemente les activités artistiques.** Les activités touchant à la photographie, la cinématographie, l'enregistrement du son, la radiophonie et la télévision sont réglementées au sein de la réserve naturelle par l'arrêté n° 2007-10 du 29 janvier 2007. Est interdit, à l'exception des prises de vues ou de son nécessaires aux programmes scientifiques, dans la mesure où elles sont incluses et mentionnées expressément comme telles dans les dossiers présentés, toute activité commerciale ou de communication autre qu'à des fins de vulgarisation scientifique, de prise de vue (photographie, cinématographie, télévision) ou d'enregistrement de son, sur l'ensemble de la réserve, terrestre et marine. Le préfet peut autoriser ponctuellement des opérations, encadrées par les TAAF ou l'IPEV et destinées à favoriser la connaissance des milieux. Aucune utilisation autre que strictement privée des clichés, photos, films, enregistrements sonores, etc, pris sur le territoire de la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, n'est autorisée sans accord préalable de l'administrateur supérieur.
- **l'arrêté 2008-14 du 22 février 2008 relatif au régime des armes et de la régulation des espèces introduites.** L'éradication des troupeaux de mammifères introduits (bovins, mouflons et moutons) a ensuite été décidée **par l'arrêté 2008-82 du 19 août 2008**, qui prévoit par ailleurs la mise en place d'un suivi scientifique afin de valoriser ce programme de restauration;
- **l'arrêté 2011-12 du 17 janvier 2011 réglemente la culture des végétaux sur Amsterdam.** Il interdit l'importation et la culture de végétaux alimentaires ou décoratifs sous quelque forme que ce soit, notamment sous forme de graine ou de plants en pots, et ce pour des raisons de biosécurité. Il s'agit en effet de lutter contre l'introduction d'espèces exotiques. Par dérogation, la culture de certains végétaux (tomate, mâche, basilic, laitue d'hiver, concombres, oignons, gros piment

hachard, aubergine mauve) est tolérée, et leur culture est autorisée uniquement au sein de la serre, du « Jardin météo » et du jardin de la « Cabanie du marin » ;

- **l'arrêté n° 2014-80 du 20 août 2014** définit le **protocole à suivre en cas d'utilisation du tracteur en dehors du périmètre de la base de Port-aux-Français**. Cette utilisation est soumise à l'autorisation préalable du chef de district, après avis de la Direction des services techniques et de la Direction de la conservation du patrimoine naturel des TAAF, sauf missions de sécurité ou de secours. La demande d'autorisation doit être au préalable adressée au chef de district au moins 7 jours avant le début de l'activité souhaitée. L'arrêté précise que toute utilisation du tracteur hors base pour des activités de loisir est interdite.
- **l'arrêté n° 2014-85 du 3 septembre 2014 relatif au régime des armes et de leurs conditions d'utilisation dans les districts austraux** réglemente l'introduction d'armes au sein des Terres australes et antarctiques françaises ainsi que la gestion et l'utilisation des armes présentes sur les Terres australes et antarctiques françaises.

### *Réglementation de la partie marine de la réserve naturelle*

**Le chapitre V du décret 2006-1211 modifié est consacré à la réglementation de la partie marine de la réserve naturelle. Deux types d'articles existent**, applicables pour tout ou partie dans les zones de « protection renforcée » comme dans les zones de protection relevant du régime général :

- Les **articles généraux**, qui s'appliquent à tous secteurs d'activités et à tous types de zones relevant du régime général;
- Les **articles dédiés aux pêcheries**, dont certains sont spécifiques aux seules zones de protection renforcée.

**Les articles généraux précisent ce qui suit :**

- Interdiction d'introduire à l'intérieur de la réserve tous animaux ou végétaux marins (articles 23 et 25) ;
- Interdiction, sauf réserve de pêche autorisée, de porter atteinte à la faune et à la flore marine, de prélever tout ou partie de la faune et la flore marine, de troubler ou de déranger la faune marine (article 23 et 25) ;
- Interdiction de détruire, mutiler, capturer ou enlever, et naturaliser des oiseaux et mammifères marins, vivants ou morts, ainsi que de les transporter, les colporter, les utiliser, les mettre en vente ou les acheter, sauf dérogation accordée à des fins scientifiques par le représentant de l'Etat, en conformité avec le plan de gestion (article 24) ;
- Interdiction d'abandonner, de déposer ou de jeter tout produit quel qu'il soit, de nature à nuire à la qualité de l'eau, de l'air ou à l'intégrité de la faune et de la flore marines (article 26) ;
- Interdiction de jeter tout déchet, ordures, débris ou matériel (article 26) ;
- Interdiction de troubler la tranquillité des lieux en utilisant tout instrument sonore (article 26).

Les conditions de circulation maritime (article 28), de mouillage (article 29) et de débarquement (article 30) au sein des mers territoriales sont précisées par arrêté du préfet. Elles sont détaillées dans la partie V.B.5. Précisons néanmoins que le passage inoffensif de navires est permis dans l'ensemble de la réserve naturelle, y compris au sein des zones de protection renforcée marine, dans les conditions du décret et en respect des conventions internationales.

La pêche est réglementée par des articles spécifiques (articles 27 du chapitre V et 34 du chapitre VI du décret 2006-1211 modifié). Ces réglementations ainsi que le cadre juridique du mouillage sont détaillées dans la partie V.B.5.

### V.B.3. La protection des espèces et des milieux

Les chapitres III et V du décret n 2006-1211 modifié interdisent de porter atteinte de quelque manière à la faune et la flore indigènes. Ces articles constituent une transposition de certaines dispositions juridiques du Code de l'Environnement qui sont détaillées ci-après.

#### *Protection des oiseaux*

Tous les oiseaux autochtones des TAAF sont protégés par l'arrêté ministériel du 14 août 1998 fixant sur tout le territoire national des mesures de protection des oiseaux présents dans les Terres australes françaises.

Cet arrêté place les espèces citées sous la protection fournie par l'article L.411-1 et suivants du Code de l'Environnement. Sont ainsi interdits « la destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la destruction, la mutilation, la capture, la naturalisation des oiseaux d'espèces non domestiques concernées ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat. ». Ces dispositions ont également été reprises dans l'article 24 chapitre V du décret 2006-1211 modifié.

#### *Protection des mammifères marins*

Les mammifères marins suivants, présents dans les Terres australes françaises, sont protégés par l'arrêté ministériel du 27 juillet 1995 qui s'applique à l'ensemble du territoire national :

- Cétacés : toutes les espèces ;
- Otariidae : Otarie de Kerguelen (*Arctocephalus tropicalis*), Otarie de l'île d'Amsterdam (*Arctocephalus gazella*) ;
- Phocidae : Eléphant de mer (*Mirounga leonida*).

Il fait suite à l'arrêté ministériel du 20 octobre 1970 relatif à l'interdiction de détruire, poursuivre ou capturer, par quelque procédé que ce soit même sans intention de les tuer, les mammifères marins de la famille des delphinidés (dauphins et marsouins).

Par ailleurs, l'arrêté de l'administrateur supérieur n°2005-03 du 14 janvier 2005 interdit de porter atteinte aux cétacés dans les eaux territoriales et dans la zone économique au large des côtes des Terres australes françaises. L'article 24 chapitre V du décret 2006-1211 modifié prévoyant des mesures similaires pour l'ensemble des mammifères marins, il rend caduque ce texte.

#### *Dérogations*

Il est possible de déroger, dans des conditions limitativement énumérées, aux interdictions prévues par ces textes.

Des autorisations de manipulation à des fins scientifiques, prévues par les articles 6 et 7 du chapitre III et 23, 24 et 25 du chapitre V du décret de 2006-1211 modifié, peuvent être accordées par le préfet, administrateur supérieur des TAAF. Il s'agit d'une procédure dérogeant aux principes posés par l'article L.411-1 du Code de l'Environnement mais qui est conduite en accord avec la réglementation nationale édictée par ce même Code. En effet, la délivrance d'autorisation de capture d'animaux ou de prélèvement à des fins scientifiques est prévue par l'alinéa 4 de l'article L.411-2 du Code de l'Environnement. Ces dérogations à l'interdiction de manipulation des espèces protégées sont accordées par le préfet, en vertu de l'article R.411-6 du même Code.

Par ailleurs, le décret portant création du **Comité de l'Environnement Polaire (CEP)** stipule que celui-ci est consulté sur les programmes d'activités, les grands projets et les études d'impact concernant toutes les activités humaines dans les zones subantarctiques. Il est saisi en cas de demande de manipulation d'espèce protégée par l'administrateur supérieur des TAAF, auquel il rend son avis dans les soixante jours qui suivent.

Le **Conseil National pour la Protection de la Nature (CNP)** doit également être consulté pour avis sur chaque projet de manipulation d'espèce protégée, en vertu de l'arrêté du 19 février 2007.

#### **V.B.4. Le cadre juridique spécifique de la pêche au sein de la Réserve naturelle**

Comme stipulé dans le décret 2006-1211 modifié, et suite à l'arrêté préfectoral du 31 mars 2017 instituant un périmètre de protection autour de la Réserve naturelle, **la réglementation du régime général de la Réserve concernant la gestion des pêcheries s'applique à l'ensemble des Zones Economiques Exclusives de Crozet, Kerguelen, et Saint Paul et Amsterdam.**

##### *Le cadre international fixé par la Convention de Montego Bay pour les zones économiques exclusives*

**La partie V de la Convention de Montego Bay fixe les règles applicables aux Zones économiques exclusives des Etats.**

Ce texte prévoit la **souveraineté des Etats au sein de leurs ZEE**, notamment en matière d'exploitation, de conservation et de gestion des ressources naturelles biologiques. Les Etats côtiers sont ainsi compétents, aux termes de l'article 61, pour fixer le volume admissible des captures. En fonction des données scientifiques les plus fiables dont ils disposent, ces Etats sont appelés à prendre des mesures appropriées de conservation et de gestion pour éviter que le maintien des ressources halieutiques ne soit compromis par une surexploitation. La prise en compte des espèces associées aux espèces principalement exploitées est également prévue.

La Convention prévoit par ailleurs **l'échange et la diffusion des informations scientifiques disponibles, des statistiques relatives aux captures, ainsi que celle de l'effort de pêche et des autres données concernant la conservation des stocks de poissons, et ce par l'intermédiaire des organisations internationales compétentes** (notamment la CCAMLR en ce qui concerne la pêche australe).

##### *La réglementation nationale en matière de gestion des pêcheries*

**La loi n°66-400 du 18 juin 1966 modifiée soumet l'exercice de la pêche, dans les eaux territoriales et au sein des zones économiques placées sous souveraineté française, à autorisation.** Celle-ci peut donner lieu à la perception d'un droit assis sur les produits pêchés, chassés ou exploités.

Par ailleurs, l'article R958-6 du Code rural et de la pêche maritime identifie sept critères, non cumulatifs, sur lesquels se fonder pour octroyer des autorisations de pêche :

- Le lien économique réel du navire avec le territoire de l'Etat dont il bat le pavillon, notamment via l'existence d'un établissement stable situé sur le territoire de l'Etat en question chargé de la direction et du contrôle des navires ;
- L'antériorité des armements dans la pêche ;
- Les orientations du marché ;

- Les équilibres socio-économiques ;
- La participation de l'armateur à des campagnes expérimentales visant à atténuer l'impact des activités de pêche sur l'environnement ;
- La participation de l'armateur à des initiatives tendant à la protection de la ressource et de l'environnement ;
- L'engagement par l'armateur d'embarquer un contrôleur de pêche, si l'administrateur supérieur en fait la demande.

C'est donc sur cette base que le préfet, administrateur supérieur des TAAF, détermine par arrêté la **réglementation relative à l'exercice de la pêche maritime** dans les eaux qui sont sous sa juridiction, puis qu'il délivre des autorisations de pêche (cf. partie V.B.4, section « La réglementation territoriale en matière de gestion des pêcheries »)

Cette réglementation, qui fait l'objet de prescriptions techniques par pêche, **défini notamment la période de pêche autorisée, les zones géographiques visées, les espèces ou groupes d'espèces concernés et les engins de pêche autorisés**. Des autorisations de pêche sont ensuite accordées par le préfet, administrateur supérieur des TAAF, après vérification de la capacité juridique, économique, financière et technique de l'armement de pêche, et en respect des critères définis par le Code rural et de la pêche maritime.

*La réglementation de la pêche issue du décret n 2016-1211 portant extension et modification de la réglementation de la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises*

Les articles 8 et 27 du décret 2006-1211 modifié disposent respectivement que **la pêche en eau douce et en mer peuvent être réglementées ou interdites par le préfet**, administrateur supérieur.

Deux zones sont à distinguer :

- les **zones de protection relevant du régime général**, au sein desquelles certaines pêches peuvent être autorisées dans la mesure où elles sont réglementées ;
- les **zones de protection renforcée marines** (cf. partie I.C.2.b), où toute activité de pêche est interdite (article 34).

Par ailleurs, suite à l'arrêté du 31 mars 2017 instituant un périmètre de protection autour de la Réserve naturelle, le régime général relatif à la gestion des pêcheries s'applique à l'ensemble des zones économiques exclusives de Crozet, Kerguelen, et de Saint Paul et Amsterdam.

**Les dispositions du décret 2006-1211 modifié prévoit des objectifs de gestion spécifiques aux pêcheries et renforce le principe selon lequel la pêche devrait être conduite dans le souci de préserver des écosystèmes dans lesquels cette activité se déploie.** Le décret interdit notamment la mise en œuvre de techniques et de pratiques présentant le plus d'impacts sur l'environnement, en particulier concernant les oiseaux, les mammifères marins, les poissons et les organismes benthiques. Certaines techniques de pêche sont, de fait, interdites (filet maillant, engins de pêche avec arts-traînants). Par ailleurs, tout nouveau projet de pêche doit être approuvé par le préfet des TAAF, après avis du comité consultatif et du conseil scientifique de la Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises (article 27).

**Les pêches autorisées sont des pêches ciblées**, mais la pêche ciblée aux requins et aux raies sont également interdites par l'article 27 du décret n 2006-1211 modifié. En particulier, la pêche à la langouste et aux poissons (cabot, rousse antarctique, saint-paul, etc.) est autorisée au sein de la Réserve naturelle à Saint-Paul et Amsterdam, ainsi que la légine à Crozet et Kerguelen et le poisson des glaces à Kerguelen.

Outre la pêche professionnelle, la **pêche « loisir »** est également encadrée par l'article 34 chapitre VI du décret 2006-1211 modifié, qui stipule que toute activité de pêche professionnelle et de loisir est interdite dans les zones de protection renforcée marines de la Réserve naturelle, ainsi que par arrêté du préfet,

administrateur supérieur des TAAF, pour la zone de Saint-Paul et Amsterdam (cf. partie V.B.4, section « La réglementation territoriale en matière de gestion des pêcheries »).

### *La réglementation territoriale en matière de gestion des pêcheries*

Les **prescriptions techniques**, qui sont fixées chaque année par arrêté du préfet, **encadrent ces pêcheries**. Comme mentionné dans la partie III.D, **des mesures de gestion spécifiques des pêcheries sont prises tous les ans pour chaque pêcherie par arrêté préfectoral**. Ainsi, la langouste ne peut être pêchée qu'au casier, la pêche aux poissons est effectuée à la ligne, au carrelet ou à la palangre et la pêche à la légine est désormais pratiquée exclusivement à la palangre. Un contrôleur des pêches doit être embarqué sur chaque navire autorisé à pêcher, tout comme ceux-ci doivent également disposer d'un système de suivi satellitaire.

Par ailleurs, **l'encadrement de la pêche loisir, autorisée dans la ZEE de Saint-Paul et Amsterdam, est défini par l'arrêté n°2014-109 du 15 octobre 2014, qui autorise et cadre la pêche maritime à bord du Marion Dufresne et des navires de patrouille présents**. Cet arrêté définit les périodes d'ouverture de la pêche (du 1er décembre au 30 avril de l'année suivante pour la pêche à la langouste et du 15 novembre au 31 juillet de l'année suivante pour la pêche aux poissons), les techniques de pêche autorisées et l'utilisation qu'il est faite des captures. Il est indiqué que les produits de la pêche maritime de loisir sont strictement réservés à la consommation immédiate et exclusive du bord et que les prises ne doivent en aucun cas être débarquées. **L'arrêté n°2014-109 stipule également que la pêche de thon rouge du sud (*Thunnus maccoyi*) est interdite et que toute prise accidentelle doit faire l'objet d'un compte-rendu immédiat aux TAAF.**

## **V.B.5. Le cadre juridique spécifique des conditions de circulation maritime, de mouillage et de débarquement au sein de la Réserve naturelle**

### *La circulation maritime*

L'article 28 du décret n°2006-1211 modifié prévoit qu'au sein de la mer territoriale, **les conditions de circulation maritime peuvent être réglementées sur tout ou partie de l'espace maritime** de la réserve par le représentant de l'Etat compétent.

**Les réglementations des autorités compétentes doivent rester conformes aux termes de la Convention de Montego Bay**, qui conviennent que le « passage » dans les eaux australes placées sous juridiction nationale est continu et rapide, bien que l'arrêt et le mouillage sont autorisés en cas d'incidents ordinaires de navigation ou s'ils s'imposent par suite d'un cas de force majeure ou de détresse tels que porter secours à des personnes, à des navires ou à des aéronefs en danger ou en détresse (article 18 de la Convention).

### *Le mouillage*

L'article 29 du décret n° 2006-1211 modifié prévoit que le préfet des TAAF définit « **les zones de mouillage, les modalités et les durées d'utilisation** » et qu'en dehors de ces conditions, **seul le simple transit est autorisé**. Aussi, l'arrêté n° 2007-01 du 05 janvier 2007, modifiant l'arrêté n° 2006-26 du 01 juillet 2006, fixe les conditions de mouillage des navires de plaisance dans les mers territoriales de Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam, ainsi que les conditions d'accès à ces îles.

Il est spécifié au chapitre I de l'arrêté n° 2007-01 modifiant l'arrêté n° 2006-26 que, **pour mouiller dans la mer territoriale** autour des archipels de Crozet, Kerguelen et Saint-Paul et Amsterdam, les navires de plaisance doivent en faire la demande au chef de district lors d'une escale préalable dans les ports suivants :

- Crozet : Port Alfred (base Alfred Faure) ;
- Kerguelen : Port-aux-Français ;
- Saint-Paul et Amsterdam : La Cale (base Martin-de-Viviès)

Les zones de mouillages sont définies différemment à Crozet, Kerguelen et Saint-Paul :

- A Crozet, les zones de mouillage sont autorisées et définies par arrêté du préfet de La Réunion, délégué du gouvernement de l'action de l'Etat en mer ;
- A Kerguelen, des points de mouillage sur coffre entretenus et utilisés en priorité par les navires des TAAF sont définis par arrêté ;
- A Saint-Paul et Amsterdam, les zones de mouillage en mer territoriale ne sont pas restreintes. L'accès et le mouillage dans le cratère de l'île de Saint-Paul est interdit.

Afin de mouiller dans l'une de ces zones, une **taxe de mouillage** doit être versée au chef de district, dont le tarif est défini par arrêté en fonction de la taille du navire.

### ***Le débarquement***

En parallèle, l'article 30 du décret n° 2006-1211 modifié précise que « ***les conditions et les zones de débarquement*** » sont également déterminées par arrêté du préfet des TAAF. Les conditions de débarquement sont encadrées par le **Chapitre II du décret n° 2007-01 du 05 janvier 2007, modifiant l'arrêté 2006-26 du 01 juillet 2006.**

Il est prévu que **toute personne débarquant sur les îles doit s'acquitter d'une taxe de séjour** dont le montant est fixé par arrêté, tandis que la débarque est soumise à autorisation préalable du chef de district concerné. **Ces autorisations et les conditions de débarquement dépendent de la réglementation de la partie terrestre de la réserve naturelle et des différents statuts de protection en vigueur dans les zones de débarque concernées** (cf. partie I.C.2.b)). En particulier, le décret n°2007-01 précise que:

- Sur les îles Crozet, l'accès à certaines zones, définies par décret ou par arrêté, est interdit ou réservé à la recherche scientifique et technique
- A Kerguelen, l'accès à certains sites est interdit par décret ou par arrêté pour la préservation du patrimoine historique. Comme à Crozetn des zones définies par décret ou par arrêté sont interdites ou réservées à la recherche scientifique et technique
- L'île Saint-Paul est classée en zone de protection intégrale et son accès est interdit, sauf dérogation. Une seule zone de débarquement y est autorisée. Il s'agit du débarcadère situé à l'extrémité nord du bassin (S 38° 42,855' E 077° 31,872').
- Sur l'île d'Amsterdam, le débarquement n'est possible qu'à La Cale (S 37° 47,718' E 077° 34,394'). L'accès à certaines zones, définies par arrêté, est interdit ou réservé à la recherche scientifique ou technique.



## VI. Valeurs et enjeux de conservation de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises

Sur la base de l'état des connaissances qui a été dressé dans les chapitres précédents, mais aussi de l'évaluation du premier plan de gestion (cf. partie I.D.2), il a été possible d'identifier les **enjeux de conservation** de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises à partir desquels des actions de gestion ont été déterminées et hiérarchisées dans le cadre du volet B du présent plan de gestion (2018-2027). Ces enjeux sont au nombre de sept :

### VI.A. Enjeux de conservation

Les enjeux de conservation identifiés ci-après constituent la carte d'identité de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises. En d'autres termes, ont été identifiées les propriétés qui la rendent uniques et qui mobilisent l'attention des équipes de la Réserve afin de définir des mesures de gestion.

#### *Enjeu 1 : Le caractère sauvage des Terres australes françaises*

L'isolement et les conditions environnementales contraignantes des Terres australes françaises ont fortement limité l'installation des hommes et l'exploitation des îles par le passé. Aujourd'hui encore, l'occupation humaine sur le territoire est très faible et les activités anthropiques sont peu nombreuses. Hormis les bases, les refuges en sites isolés, et le passage de navires, il existe très peu d'infrastructures humaines sur le territoire (cf. chapitre III), qui possède ainsi un caractère sauvage important (cf. chapitre II). Ces îles subantarctiques constituent donc des sanctuaires pour la faune et la flore. Le patrimoine biologique encore presque intact de ces îles océaniques est d'une richesse et d'une importance considérable. Un premier enjeu pour la Réserve naturelle nationale est donc de conserver le **caractère sauvage** des ces terres et mers australes. Pour ce faire, il est nécessaire de mettre en œuvre des actions permettant de limiter l'emprise des activités humaines sur ces territoires.

#### *Enjeu 2 : Le bon état de préservation des écosystèmes terrestres austraux*

Les écosystèmes terrestres austraux **sont bien préservés mais peuvent être soumis à des perturbations**, y compris dans les secteurs éloignés des bases. Ces perturbations ont été détaillées dans le chapitre IV et consistent essentiellement en l'impact des espèces introduites végétales, d'invertébrés et de vertébrés, qui modifient les habitats et les paysages tout en menaçant les espèces natives (cf. partie IV.A). Le second enjeu de la Réserve naturelle nationale est donc le bon état de préservation de ces écosystèmes terrestres austraux, qui implique de viser des objectifs élevés de conservation et de mettre en œuvre des actions permettant à la fois de mieux documenter les impacts de ces espèces et de les limiter.

#### *Enjeu 3 : Des écosystèmes marins austraux riches et diversifiés*

Le fonctionnement des Terres australes françaises et leur intérêt pour la faune et la flore remarquables de ces territoires sont liés à leur caractère marin. En effet, **leurs plateaux continentaux offrent les rares zones peu profondes de l'océan où la vie marine peut se développer intensément**. Situées à proximité du front polaire et de la convergence subtropicale, les eaux associées aux îles sont particulièrement riches en espèces pélagiques (crustacés, calmars, poissons, etc.). Elles constituent l'essentiel des ressources trophiques des oiseaux et pinnipèdes qui se rassemblent alors par milliers en un lieu donné. L'immensité des eaux australes classées en réserve naturelle, qui s'étendent désormais sur plus de 672 000 km<sup>2</sup>, permet

d'inclure l'ensemble des zones fonctionnelles essentielles au maintien des fortes concentrations d'espèces marines (zones d'alimentation et de reproduction, frayères et zones de nurseries, etc.) (cf. partie II.E.). Le troisième enjeu de la Réserve naturelle est donc de **garantir le bon état écologique de ces écosystèmes marins riches et diversifiés**, en améliorant la connaissance sur leur fonctionnement et de veillant à limiter les impacts anthropiques sur ces milieux.

#### *Enjeu 4 : De fortes concentrations d'oiseaux et mammifères marins*

La réserve naturelle nationale des Terres australes françaises **abrite parmi les plus fortes concentrations d'oiseaux et de mammifères marins au monde**. A terre, ces espèces trouvent des conditions favorables pour leur reproduction et leurs mues annuelles. En mer, les zones de production primaire sont importantes et jouent un rôle essentiel pour leur alimentation. **L'interface terre/mer est donc essentielle** dans l'équilibre de ces populations animales, qu'il est fondamental de préserver. L'un des enjeux majeurs de la Réserve naturelle réside donc dans sa capacité à maintenir ces fortes concentrations d'oiseaux et mammifères marins et dans la responsabilité qui lui incombe de conserver ces espèces au niveau mondial.

#### *Enjeu 5 : Des populations d'espèces marines exploitées de manière durable*

Le patrimoine naturel marin des Terres australes est constitué de milieux extrêmement productifs, présentant une diversité d'espèces et une biomasse de **ressources halieutiques parmi les plus importantes du sud de l'océan Austral**. Dans cette perspective, **les conditions de la préservation de ces ressources doivent être garanties**, notamment via la limitation des impacts et le maintien et/ou la restauration des ressources marines exploitées. L'expertise scientifique du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) en matière de gestion des pêches australes est une des forces du modèle de gestion des pêcheries porté par les TAAF depuis plusieurs années, ainsi que les démarches de certification MSC (Marine Stewardship Council) dans lesquelles se sont investis les armements, qui attestent de la durabilité de ces pêcheries. Tout l'enjeu de ce cinquième axe repose donc sur la capacité de la Réserve naturelle à mettre en place un système optimal de gestion écosystémique des pêcheries australes compatible avec les objectifs de conservation d'un tel espace protégé.

#### *Enjeu 6 : Un territoire sentinelle, laboratoire et observatoire de la biodiversité et des changements globaux*

Ecologiquement préservées et éloignées des pôles d'activités humaines, les Terres australes françaises sont de véritables laboratoires naturels qui contribuent depuis les années 50 au développement des sciences du vivant, de la terre et de l'univers dans le subantarctique. **Les observations et les suivis à long terme (observatoires) menés sur le territoire permettent une meilleure compréhension des impacts de l'homme et des changements globaux sur les écosystèmes**. Toutefois, en raison de l'isolement et des difficultés d'accès, certains secteurs et groupes taxonomiques sont peu ou pas connus, nécessitant le déploiement de moyens logistiques et techniques adaptés pour la mise en place d'études innovantes et exploratoires. A ce titre, les Terres australes françaises sont un territoire clé pour la connaissance, confortant la place de la France comme leader sur la recherche scientifique en milieu subantarctique.

#### *Enjeu 7 : Un patrimoine culturel unique*

Le patrimoine historique des Terres australes françaises est lié à leur découverte, ainsi qu'aux tentatives d'exploitations économiques qui ont suivi et qui ont affecté les populations d'oiseaux et de mammifères marins. Malgré l'impact causé par ces entreprises, les vestiges des installations passées constituent de véritables « témoins mobiliers » de l'histoire des Terres australes françaises et sont un outil privilégié de sensibilisation du public à la surexploitation des ressources biologiques par l'Homme et à la fragilité des

milieux naturels et des espèces que la Réserve protège aujourd'hui. Le patrimoine bâti de ces territoires, encore visible aujourd'hui au travers des infrastructures et artefacts historiques présents sur les trois districts, est indissociable du patrimoine naturel d'exception de ces zones australes. En ce sens et au même titre que les enjeux précédents, la Réserve naturelle a la responsabilité de **restaurer et conserver ce patrimoine culturel unique**. C'est tout l'objet de ce septième enjeu qui a toute sa légitimité au sein du présent plan de gestion.

## **VI.B. Facteurs de réussite**

En sus des 7 enjeux de conservation identifiés dans le périmètre de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises, il convient également de mentionner 2 facteurs clés de réussite, conditions matérielles et immatérielles transversales indispensables au gestionnaire à long terme pour remplir sa mission de conservation du patrimoine naturel :

### ***Facteur clé de réussite 1 : Assurer une gestion efficiente et pérenne de la Réserve et garantir les conditions de son bon fonctionnement***

Pour protéger efficacement et sur le long terme le patrimoine naturel des Terres australes françaises, la collectivité des TAAF, en sa qualité de gestionnaire de la Réserve, doit disposer d'une organisation et d'outils efficaces (plan de gestion évolutif, bases de données, observatoire de la biodiversité, etc.). En particulier, la définition d'un cadre réglementaire et institutionnel solide, ainsi que la mise en place de moyens de contrôle, apparaissent essentiels pour la protection des espèces et des milieux.

### ***Facteur clé de réussite 2 : sensibiliser, valoriser et faire connaître la Réserve naturelle***

La réserve naturelle nationale des Terres australes françaises est un support idéal pour sensibiliser les usagers et le grand public à la préservation du patrimoine naturel, ainsi que pour assurer sa reconnaissance. Compte-tenu de l'éloignement du territoire et de la présence humaine continue dans le périmètre de la Réserve (bases), les actions de communication, la formation des personnels détachés sur les îles et la valorisation des actions développées en son sein, sont essentielles pour garantir l'appropriation des enjeux environnementaux du territoire, favoriser le succès des actions portées par la Réserve, asseoir son ancrage territorial et apporter une reconnaissance au site.

## VII. Bibliographie

### *Bibliographie de la partie « II.A. Climat »*

Données Météo France (2017)

### *Bibliographie de la partie « II.B. Géomorphologie » et « II.C. Réseaux hydrographiques »*

Annell, H., Scoates, J. & Weis, D. (2007). Petrology of flood basalts at the tholeiitic-alkalic transition and phenocryst compositions, Mt. Marion Dufresne, Kerguelen Archipelago, southern Indian Ocean. *Canadian Mineralogist*, 45, 809-835.

Aubert de la Rüe E. (1929). Sur quelques minéraux des îles Kerguelen Bull. Soc. Fr. *Minéralogie*, 52, pp.144-146.

Aubert de la Rüe E. (1931). Sur la présence d'une flore fossile tertiaire dans l'archipel de Kerguelen. C. R. Acad. Sci. Paris, 193, pp. 1102-1104.

Aubert de la Rüe E. (1932). Etude géologique et géographique de l'archipel de Kerguelen. *Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn.*, 5, 1, 231 p.

Aubert de la Rüe E. (1956). Sur les différentes séries de laves et sur les roches intrusives associées de la Péninsule Courbet (Archip. De Kerguelen). *Bull Volcanologique*, T. XVIII, 133, Napoli

Bascou J., Delpech G., Vauchez A., Moine B., Cottin J.Y.& Barruol G (2008). An Integrated study of microstructural, geochemical and seismic properties of the lithospheric mantle above the Kerguelen plume (Indian Ocean) *Geochemistry-Geophysics-Geosystems* (G3), Volume 9, Number 4, 1-26 p. rang A, IF 2.35.

Beaux, J.-F., (1986). Le complexe volcano-plutonique de la presqu'île de la Société de géographie (îles Kerguelen). Structure et Pétrologie. *Thèse de doctorat, Université Paris VI*, 203p.

Bellaïr P., Carron J.P., Nougier J. & Trichet P. (1965). Niveaux intercalaires dans les strates de basaltes des plateaux de l'archipel de Kerguelen. *Geologische Rundschau*, 55 342-354.

Berthois L., Schlich R. & Patriat P. (1969). Carte bathymétrique du Sud de l'Océan Indien. *Int. Phys. Globe*, Paris, 26, 8, 4 cartes.

Bogdanov Y., Kuska V., Pasternak F. & Romankevitch Y. (1967). Recent sedimentation conditions in the St-Paul lagoon. *Okeanologia*, 7, 4, 636-44.

Bonin, B.& Giret, A. (1990). Plutonic alkaline series: Daly gap and intermediate compositions for liquids filling up crustal magma chambers. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen* (Bull. Suisse Minéral. Et Pétrogr.), Band 70, Heft 2, pp. 175-187.

Bonin B., Ethien R., Gerbe M.C., Cottin J.Y. , Feraud G., Gagnevin D., Giret A., Michon G.& Moine B. (2004). The Neogene to recent Rallier-du-Baty nested ring complex, Kerguelen Archipelago (TAAF, Indian Ocean): stratigraphy revisited, implications for cauldron subsidence mechanisms. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, London, 234, 125-149

Borisova, A.Y., Nikogosian, I.K., Scoates, J., Weis, D., Damasceno, D., Shimizu, N. & Touret, J.L.R. (2002). Melt, fluid and crystal inclusions in olivine phenocrysts from Kerguelen plume-derived picritic basalts: evidence for interaction with the Kerguelen Plateau lithosphere. *Chem. Geol.*, 183, 195-220.

- Carriol R.P., Leyrit H. & Giret A. (1992). Balanoïdea (Crustacea, Cirripedia) du Miocène des Kerguelen. *Geobios*, 25, 3, pp. 383-388.
- Charvis P., Operto S., Konnecke L.K., Recq M., Hello Y., Houdry F., Lebellegard P., Louat R. & Sage F. (1993). Structure profonde du domaine nord du plateau de Kerguelen (océan Indien austral): résultats préliminaires de la campagne MD66/KeOBS. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 316, pp. 341-347.
- Charvis P., Recq M., Operto S., & BreFort D. (1995) Deep structures of the Northern Kerguelen plateau and hotspot-related activity. *Geophysical Journal International*, 122, 899-924.
- Chevalier L. & Nougier J. (1981). « Première étude volcano-structurale de l'île de la Possession, îles Crozet (TAAF), océan Indien austral », *C.R. Académie des Sciences* 292, p.363-367
- Chevet J., (2009). Gabbros, Dolerites and associated ultramafic cumulates from the thickened oceanic crust of the Kerguelen Archipelago. *Thèse cotutelle Université de Macquarie et Université de Saint Etienne* (165 p.)
- Coffin M.F., Pringle M.S., Duncan R.A., Gladchenko T.P., Storey M., Müller R.D. & Gahagan L.A. (2002). Kerguelen hotspot magma output since 130 Ma. *Journal of Petrology*, vol. 13, n°7, pp. 1121-1139.
- Damasceno D., Scoates J.S., Weis D., Frey F. & Giret A. (2002). Mineral chemistry of mildly alkalic basalts from the 25 Ma Mont Crozier sections, Kerguelen archipelago: constraints on phenocrysts crystallization environments. *Journal of Petrology*, vol. 43, n°7, 1389-1413.
- Delorme H., Verdier O., Cheminée J.L., Giret A., Pineau F. & Javoy M. (1994). Etude chimique et rapports isotopiques du carbone des fumerolles de la péninsule Rallier du Baty (îles Kerguelen). *Mém. Soc. Géol. France*, n.s. n°166, pp. 5-30.
- Delpéch G. (2004). Etudes des enclaves ultramafiques des îles Kerguelen : caractéristiques du métasomatisme sous un plateau océanique. *Thèse cotutelle Université de Macquarie et Université de Saint Etienne*, 404p.
- Delpéch G., Grégoire M., O'Reilly S., Cottin J.Y., Moine B. & Michon G. (2004). Felspar from carbonate rich metasomatism in the oceanic mantle under Kerguelen Islands (South Indian Ocean). *Lithos*, 75, 209-237
- Dosso L., Vidal P., Cantagrel J.M., Lameyre J., Marot A. & Zimine S. (1979). "Kerguelen: continental fragment or oceanic island?" petrology and isotopic geochemistry evidence. *Earth Planet. Sci. Letters*, 43, pp. 46-60.
- Dosso L; & Murthy V.R. (1980). A Nd isotopic study of the Kerguelen Islands: inferences on enriched oceanic mantle sources. *Earth and Planet. Sci. Lett.* 48, 268-276
- Doucet S. (2002). Géochimie isotopique du plateau Saint-Paul-Amsterdam. *Thèse ULB Bruxelles* 172p.
- Doucet S., Weis D., Scoates J.S., Nicolaysen K., Frey F.A. & Giret A. (2002). The depleted mantle component in Kerguelen archipelago basalts: petrogenesis of tholeiitic-transitional basalts from the Loranchet peninsula. *Journal of Petrology*, vol. 43, n°7, pp. 1341-1366.
- Doucet S., Giret A., Weis D. & Scoates J. (2003). Géologie des îles Amsterdam et Saint-Paul. *Géologues*, 137, 10-14, ISSN 0016.7916
- Doucet S., Scoates J.S., Weis D., & Giret A. (2005). Constraining the components of the Kerguelen mantle plume : A Hf-Pb-Sr-Nd isotopic study of picrites and high-MgO basalts from the Kerguelen Archipelago. *G3*, 6, 4, 1-28
- Doucet S., Moreira M., Weis D., Scoates J.S., Giret A. & Allegre C (2006). Primitive neon and helium isotopic compositions of high-MgO basalts from the Kerguelen Archipelago, Indian Ocean. *Earth and Planet. Sci. Lett.* 241, 65-79.

- Dreux P., Frenot Y., Jouventin P., Masse L. & Verdier O. (1988). Première mission scientifique à l'île aux Pingouins. *Bull. Ecol.* 19, 51-54.
- Duncan R.A. (2002). A time frame for construction of the Kerguelen Plateau and Broken Ridge. *Journal of Petrology*, vol. 43, n°7, pp. 1109-1120.
- Durand de Corbiac H. (1970). La carte de reconnaissance des îles Kerguelen. *Bull. CNFRA*, Paris, 26, 73 p.
- Eaton A.E. (1879). "An account of the petrological, botanical and zoological collections made in Kerguelen's land and Rodrigues during the transit of Venus expeditions, carried out by order of her Majesty's government in the years 1874-75", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 168, p.1-580
- Fletcher, H.O. (1938). Marine Tertiary fossils from Kerguelen Islands. *B.A.N.Z.A.R.E. reports, serie A, vol. 2, part 6*, pp. 101-116.
- Frénot Y., Gloaguen J.C., Picot G., Bougère J. & Benjamin D. (1993). Azorella Selago Hook, used to estimate glacier fluctuations and climatic history in the Kerguelen Islands, over the last two centuries. *Oecologia*, 95, pp. 140-144.
- Frénot Y., Gloaguen J.C., Van De Vijver B. & Beyens L. (1997). Datation de quelques sédiments tourbeux holocènes et oscillations glaciaires aux îles Kerguelen. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, Sciences de la Vie, 320, pp. 567-576.
- Frey F.A., Weis D., Yang H.J., Nicolaysen K., Leyrit H. & Giret A. (2000). Temporal geochemical trends in Kerguelen archipelago basalts: evidence for decreasing magma supply from the Kerguelen plume. *Chemical Geology*, 164, pp. 61-80.
- Frey, F.A., Coffin, M.F., Wallace, P.J., Weis, D., Zhao, X., Wise Jr., S.W., Wähnert, V., Teagle, D.A.H., Saccocia, P.J., Reusch, D.N., Pringle, M.S., Nicolaysen, K.E., Neal, C.R., Müller, R.D., Moore, C.L., Mahoney, J.J., Keszthelyi, L., Inokuchi, H., Duncan, R.A., Delius, H., Damuth, J.E., Damasceno, D., Coxall, H.K., Borre, M.K., Boehm, F., Barling, J., Arndt, N.T. and Antretter, M. (2000). Origin and evolution of a submarine large igneous province: the Kerguelen Plateau and Broken Ridge, southern Indian Ocean. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 176, 73-89.
- Frey, F.A., Nicolaysen, K., Kubit, B.K., Weis, D. & Giret, A., (2002). Flood basalt from Mont Tourmente in the Central Kerguelen Archipelago: the change from transitional to alkalic basalt at ~25 Ma. *J. Petrol.*, 43, 7, 1367-1387.
- Frey, F., Weis, D., Yang, H.-J., Nicolaysen, K., Leyrit, H. & Giret, A. (2000). Temporal geochemical trends in Kerguelen Archipelago basalts : evidence for decreasing magmas supply from the Kerguelen plume. *Chem. Geol.*, 164., 61-80.
- Gagnevin D., Ethien R., Bonin B., Féraud G., Gerbe M.C., Cottin J.Y., Michon G., Tourpin S., Mamias G., Perrache C & Giret A. (2003). Open-system processes in the genesis of the silica-oversaturated alkaline series of the Rallier du Baty peninsula, Kerguelen archipelago (Indian Ocean, TAAF). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2570 : 1-33.
- Gautier, I., (1987). Les basalts des Iles Kerguelen (Terres Australes et Antarctiques Françaises). *Thèse de doctorat, Université Paris VI*, 383p
- Gautier I., Weis D., Mennessier J.P., Vidal P., Giret A. & Loubet M. (1990). Petrology and geochemistry of the Kerguelen archipelago basalts (South Indian Ocean): evolution of the mantle sources from ridge to intraplate position. *Earth Planet. Sci. Letters*, 100, pp. 59-76.
- Giret A. (1980). Notice et carte géologique au 1/50 000 de la Péninsule Rallier du Baty. *CNFRA*, 45, 14 p.

- Giret A. (1983) : Le plutonisme océanique intraplaque, exemple des îles Kerguelen. *Thèse d'Etat, Bull. CNFRA*, Paris, 54, 290p.
- Giret A. (1990). Typology, evolution, and origin of the Kerguelen plutonic series, Indian ocean: a review. *Geological Journal*, 25, pp. 239-247.
- Giret A. (1993). Les étapes magmatiques de l'édification de îles Kerguelen, océan Indien. *Mém. Soc. Géol. fr.*, n°163, pp. 273-282, et APBG, n° spéc., pp. 273-282.
- Giret, A., Bonin, B.& Léger, J.M. (1980). Amphibole compositional trends in oversaturated and undersaturated alkaline complexes. *Canad. Mineral.*, 18, pp. 481-495.
- Giret A. & Lameyre J. (1985). Inverted alkaline-tholeiitic sequences related to lithospheric thickness in the evolution of continental rifts and oceanic islands. *Journal of African Earth Sciences*, 3, ½, 261-268.
- Giret, A., Chotin, P.&Verdier, O. (1988). Des laves aux roches plutoniques : exemple du Mont Ross, îles Kerguelen. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 306, II, pp. 381-386
- Giret A., Verdier O., Nativel P. (1992). The zeolitization model of Kerguelen islands, Southern Indian Ocean. In: *Recent Progress in Antarctic Earth Science, Yoshida et al. (eds), Terra PubTokyo*, 457-463
- Giret A., Leyrit H., Lauriat-Rage A., Grégoire M., Carriol R.P.& Lozouet P. (1994). Miocène des Kerguelen: la faune marine du Mont Rond et ses implications géologiques et paléoclimatologiques. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 319, ser. II, pp. 719-726.
- Giret A., Grégoire M., Cottin J.Y.& Michon G. (1997). Kerguelen, a third type of oceanic island? In: *"The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes"*, C.A. Ricci ed., *Terra Antarctica Publication*, Siena, pp. 735-741.
- Giret, A., Cottin, J.Y., Michon, G.& Tourpin S. (1999). Kerguelen: un troisième type d'île océanique. Le programme CARTOKER ouvre de nouveaux axes de recherche. In: *Rapport d'activité 1998, IF RTP*, pp. 44-51
- Giret A., Tourpin S., Marc S., Verdier O. & Cottin J.Y. (2002). Volcanisme de l'île Pingouins, Archipel Crozet, Témoins de l'hétérogénéités du manteau fertile au sud de l'Océan Indien ; *C. R. Geoscience* 334, 481-488.
- Giret A. Weis, D., Grégoire M., Mattielli N., Michon G., Scoates J., Tourpin S., Delpech G., Gerbe M.C., Doucet S., Ethien R., Bonin B.& Cottin J.Y. (2003). L'archipel Kerguelen : Les plus vieilles îles dans le plus jeune des océans. *Géologues*, N°137 p. 23-39. ISSN 00167916
- Giret A., Weis D., Zhou X., Cottin J.Y., Tourpin S. (2003). Géologie des îles Crozet. *Géologues*, N°137 p. 15-23.
- Goslin J.& Patriat P. (1984). Absolute and relative plate motion and hypotheses on the origin of five aseismic ridges in the Indian Ocean. *Tectonophysics*, 101, pp. 221-244.
- Goslin J.& Diament M. (1987). Origine de plateaux sous-marins de l'océan Indien occidental et austral: isostasie mécanique et thermique. In: *Actes du colloque sur la recherche française dans les Terres Australes et à partir des navires qui les desservent. Territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises*, Paris, pp. 339-343. Terrapub, Tokyo, pp. 457-463.
- Grégoire M. (1994). Pétrologie des enclaves ultrabasiques et basiques des îles Kerguelen (TAAF) : les contraintes minéralogiques et thermobarométriques et leurs implications géodynamiques. *Thèse Université Saint Etienne*, France, 253p.
- Grégoire M., Leyrit H., Cottin J.Y., Giret A. & Mattielli N. (1992). Les phases précoces et profondes du magmatisme des îles Kerguelen révélées par les enclaves basiques et ultrabasiques.- *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 314, série II, p. 1203-1209.

- Grégoire M., Mattielli N., Nicollet C., Cottin J.Y., Leyrit H., Weis D., Shimizu N. & Giret A. (1994). Oceanic mafic granulite xenoliths from the Kerguelen archipelago. *Nature*, vol. 367, P. 360-367
- Grégoire M., Cottin J.Y., Mattielli N., Nicollet C., Weis D. & Giret A. (1995) : The Kerguelen archipelago: an hypothetical continental mafic protolith. *Terra Antarctica*, 2 (1), pp. 1- 6.
- Grégoire M. Cottin J.Y., Giret A., Mattielli N. & Weis D. (1996). Mantle-melt interactions and magmatic underplating beneath the Kerguelen oceanic islands revealed by ultrabasic and basic xenoliths. *Petrology and Geochemistry of magmatic suites of rocks in the continental and oceanic crust : a volume dedicated to Professor Jean Michot. D Demaiffe (Ed) Université Libre de Bruxelles* P. 371-384.
- Grégoire M., Lorand J.P., Cottin J.Y., Giret A., Mattielli N. & Weis D (1997). Xenoliths evidence for a refractory oceanic mantle percolated by basaltic melts beneath the kerguelen archipelago. *Eur. J. Mineral.*, 9 : 1085-1100.
- Grégoire, M., Cottin, J.Y., Giret, A., Mattielli, N. & Weis, D. (1998). The meta-igneous granulite xenoliths from Kerguelen archipelago: evidence of a continent nucleation in an oceanic setting. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 133, 3, pp. 259- 283.
- Grégoire M., Lorand J.P., O'Reilly S. & Cottin J.Y. (2000). Mg-armalcolite-bearing, Ti-rich feldspar veinlets and the budget of high-field strength elements in harzburgite xenoliths from the Kerguelen Archipelago (Indian Ocean). *Geochim. Cosmochim Acta*, 64, pp. 673-674.
- Grégoire M., Moine B., O'Reilly S., Cottin J.Y. & Giret A. (2000). Trace element residence and partitioning in mantle xenoliths metasomatised by high alkaline silicate and carbonate-rich melts (Kerguelen Islands, Indian Ocean). *Journal of Petrology*, 41, pp. 477-509.
- Grégoire M., Jackson I., O'Reilly S.Y. & Cottin J.Y. (2001). The lithospheric mantle beneath the Kerguelen Islands (Indian Ocean): petrological and petrophysical characteristics of mantle mafic rock types and correlation with seismic profiles. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 142, pp. 244-259.
- Gunn B.M., Abranson C.E., Nougier J., Watkins N.D. & Hajaash A. (1971). "Amsterdam Island, an isolated volcano in the Southern Indian Ocean", *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 32, p. 79-92.
- Gunn B.M., Coy-Yll R., Watkins N.D., Abranson C.E. & Nougier J. (1970). Geochemistry of an oceanite-ankaramite-basalt suite from East Island, Crozet Archipelago. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 28, 4, 318-39
- Hassler, D.R. (1999). Plume lithosphere interaction: geochemical evidence from upper mantle and lower crustal xenoliths from the Kerguelen Islands. *PhD thesis, MIT/WHOI*, 368 p.
- Hassler D.R. & Shimizu N. (1998). Osmium isotopic evidence for ancient subcontinental lithospheric mantle beneath the Kerguelen Islands, Southern Indian Ocean. *Science*, 280, pp. 418-421.
- Heezen B.C. & Tharp M. (1965). Tectonic fabric of the Atlantic and Indian Oceans and continental drift. *Phil. Trans. R. Soc. London*, A 258, pp. 90-106.
- Ingle, S., Weis, D., Scoates, J.S. and Frey, F.A. (2002). Relationships between the early Kerguelen plume and continental flood basalts of the paleo-eastern Gondwanan margins. *Earth and Planetary Science Letters*, 197, 35-50, 30
- Ingle, S., Weis, D., Doucet, S. and Mattielli, N., (2003). Hf isotope constraints on mantle sources and shallow-level contaminants during Kerguelen hot spot activity since ~ 120 Ma. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 4(8), 1068, doi :10.1029/2002GC000482.
- Ingle S., Weis D., Frey F.A. (2002). Indian continental crust recovered from Elan Bank, Kerguelen plateau (ODP Leg 183, site 1137) *Journal of Petrology*, 43, n°7, pp 1241-1258.



- Jeremine E. & Sandra A. (1958). Contribution à la lithologie de l'archipel volcanique de Kerguelen. Péninsule de Courbet. *Bulletin volcanologique, Association de volcanologie de l'Union géodésique et géophysique internationale*, II, XIV, 179-193.
- Kerguelen de Tremarec Y. (1782). Relation de deux voyages dans les mers australes et des Indes faits en 1771, 1772, 1773 et 1774, *Knappen et Fils, Paris 1782* (réédition avec notes de A. Boulaire, Le serpent de mer Paris 2000).
- Lacroix A., (1915). Les zéolites et les produits siliceux des basaltes de l'archipel Kerguelen. *Bull. Soc. Fr. Minéralogie*, 58, 134- 137.
- Lacroix A. (1924). « Les roches éruptives grenues de l'archipel des Kerguelen » *C.R. Académie des Sciences*, 179, p. 113-119
- Lameyre J., Marot A., Zimine S., Cantagrel J.M., Dosso L.& Vidal P., (1976) : Chronological evolution of the Kerguelen islands syenite-granite ring complexes. *Nature*, 263, pp. 306-307.
- Lameyre et al. (1981). Etude géologique du complexe plutonique de la Péninsule Rallier du Baty ,*Îles Kerguelen, CNFRA*, 49, 176 p.
- Lameyre J.& Nougier J.(1982). Geology of Île de l'Est, Crozet Archipelago (TAAF).In *Antarctic Geosciences*. C. Craddock (éd.) *The University of Wisconsin Press*, Madison, p. 767-770
- Lauriat-Rage A., Carriol R.P., Lozouet P., Giret A., Leyrit H., (2002) : Miocene Molluscs and barnacles from Mont Rond, Kerguelen Islands. *Alcheringa*, 26, pp. 275-287..
- Leclaire L., Denis-Clochiatti M., Davies H., Gautier I., Gensous B., Giannesini P.J., Morand F., Patriat P., Segoufin M., Tesson M. & Wannesson J., (1987) : Lower Cretaceous basalts and sediments from the Kerguelen Plateau. *Geo- Mar. Lett.*, 7, pp. 169-176.
- Lecoeur C., (1980) : Les Mourne Mountains (Irlande du Nord). Etude géomorphologique d'un complexe intrusif tertiaire. *Thèse Univ. Paris I*, 745 p.
- Le Romancer, M., Gramain, A., Brillet, F., Dupont, S., Renac, C., Moine, B., Guillaume, D., Sarragoni, G., Le Chevalier, Birrien, J.L., Kerguelen and Saint Paul hot springs: hot spots of microbial diversity in a very remote subantarctic area, *Comité National Français des Recherches Arctiques et Antarctiques - 7èmes Journées Scientifiques*, Paris, 19 et 20 mai 2011
- Leyrit H. (1992). Kerguelen : cartographie et magmatologie des presqu'îles Jeanne d'Arc et Ronarc'h. Place des laves différenciées. *Thèse Université Paris XI*, 240 p.
- Lorand, J.P., Delpech, G. Grégoire, M., Moine, B., O'Reilly, S .Y. and Cottin, J.Y., (2004). Highly siderophile elements and the multi-stage metasomatic history of Kerguelen lithospheric mantle (south Indian ocean). In « Highly Siderophile Elements and Igneous processes », L. Reisberg, J.P. Lorand, O. Alard, M. Ohnenstetter (eds.). *Chemical. Geology*, 208, 195-215.
- Mahoney, J.J., Jones, W.B., Frey, F.A., Salters, V.J.M., Pyle, D. & Davies, H.L. (1995). Geochemical characteristics of lavas from Broken Ridge, the Naturaliste Plateau and the southernmost Kerguelen Plateau: Cretaceous plateau volcanism in the southeast Indian Ocean. *Chem. Geol.*, 120, 315-345.
- Marc S. (1997). Le volcanisme de l'île des Pingouins, Archipel Crozet (T.A.A.F.), Océan Indien : Etude pétrologique et géochimique DEA « Processus Magmatiques et Métamorphiques-Volcanologie Universités Clermont-Ferrand-Saint-Etienne-Lyon I », 47p.
- Marot A. & Zimine S. (1976). Les complexes annulaires de syenites et granites alcalins dans la Péninsule Rallier du Baty, Îles Kerguelen (T.A.A.F.) *PhD Thesis, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI*, 172p.

- Mattielli N. (1996). Magmatisme et métasomatisme associés au panache des Kerguelen, contribution de la géochimie des enclaves basiques et ultrabasiques, *Thèse université libre de Bruxelles, Belgique*, 350p.
- Mattielli N., Weis D., Grégoire M., Mennessier J.P., Cottin J.Y. & Giret A., (1996) : Kerguelen basic and ultrabasic xenoliths: evidence for long-lived Kerguelen hot spot activity. *Lithos*, 37, pp. 261-280.
- Mattielli N., Weisd D., Scoates J. S., Shimizu N., Mennessier J., Grégoire M., Cottin J.Y. & Giret A. (1999). Evolution of heterogeneous lithospheric mantle in a plume environment beneath the Kerguelen archipelago. *Journal of Petrology*, 40, pp. 1721-1744
- Mattielli N., Weis D., Blichert-Toft J. & Albarède F. (2002). Hf isotope evidence for a Miocene change in the Kerguelen mantle plume composition. *Journal of Petrology*, vol. 43, n°7, pp. 1327-1339.
- Mechkova J.I. (1969). Pollens et spores des lignites de Kerguelen. *Rev. TAAF*, Paris, 46, pp. 11-21.
- Moine B (2000). Etudes géochimiques et isotopiques (O, H, C) des enclaves ultramafiques-mafiques hydroxylées de Kerguelen. *Thèse cotutelle Universités Saint Etienne et Macquarie*. 220p.
- Moine B., Cottin J.Y., Sheppard S.M.F., Gregoire M., O'Reilly S.Y. & Giret A. (2000). Trace element and isotopic (D/H) characteristics of amphibole and/or phlogopite-bearing ultramafic-mafic xenoliths from Kerguelen islands (TAAF, south Indian Ocean). *European Journal of Mineralogy* 12, pp. 761-777.
- Moine B., Grégoire M., O'Reilly S., Sheppard S. & Cottin J.Y. (2001). High Field Strength Element (HFSE) fractionation in the upper mantle : Evidence from amphibole-rich composite mantle xenoliths from the Kerguelen Islands (Indian Ocean) . *J. of Petrology* 42, 11, pp. 2147-2167
- Moine B.N., Grégoire M., O'Reilly S., Delpech G., Sheppard S.M.F., Lorand J.P., Renac C., Giret A. & Cottin J.Y. (2004). Carbonatite melt in oceanic upper mantle beneath the Kerguelen archipelago, *Lithos* 75, 239-252.
- Munsch, M. & Schlich, R. (1987). Structure and evolution of the Kerguelen-Heard Plateau (Indian Ocean) deduced from seismic stratigraphy study. *Mar. Geol.*, 76, 131-152.
- Munsch M., Fritsch B., Schlich R. & Rotstein Y. (1994). Tectonique extensive sur le plateau de kerguelen. In Shlich R & Giret A. (eds). Géologie et géophysique des Kerguelen. *Mem. Soc. Geol. Fr., N.S., 166*, 99-108.
- Nativel P., Verdier O., Giret A. (1994). Nature et diversité des zéolites de Kerguelen. *Mém. Soc. Géol. France, n.s., n° 166*, pp. 31-45.
- Nativel P., Nougier J. (1983). Les faciès zéolitiques des basaltes des plateaux des îles Kerguelen (TAAF): implications volcanologiques. *Bull. Soc. Géol. France*, 25, pp. 957-961.
- Neal C.R., Mahoney J.J., Chazey III W.J. (2002). Mantle sources and the highly variable role of continental lithosphere in basalt petrogenesis of Kerguelen Plateau and Broken Ridge LIP: results from ODP Leg 183. *Journal of Petrology*, vol.43, n°7, pp. 1177-1205
- Nicolaysen K., Frey F.A., Hodges K.V., Weis D., Giret A. (2000). <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar geochronology of flood basalts from the Kerguelen archipelago, southern Indian Ocean: implications for Cenozoic eruption rates of the Kerguelen plume. *Earth and Planetary Sciences Letters*, 174 , pp. 313-328.
- Nougier J., (1970). Contribution à l'étude géologique et géomorphologique des îles Kerguelen. Thèse d'Etat, 2 volume *Bull. CNFRA*, 27, t.1, 440 p., t.2, 256 p.
- Nougier, J. and Lameyre, J., (1973). Les nordmarkites des îles Kerguelen (T.A.A.F.) dans leur cadre structural; probleme de leur origine et de celle de certaines roches plutoniques alcalines des domaines oceaniques. The nordmarkites of Kerguelen Islands in their structural context; problem of their origin and that of certain alkaline plutonic rocks of the oceanic floors. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 15, 306-312.

- Nougier J. (1982). "Volcanism of Saint-Paul and Amsterdam islands (TAAF) : Some aspects of volcanism along plate margins" In *Antarctic Geosciences*. C. Craddock (éd.) The University of Wisconsin Press, Madison, p. 755-765
- Operto, S. & Charvis, P. (1995). Kerguelen Plateau: A volcanic passive margin fragment? *Geology*, 23, 2, 137-140.
- Operto, S. & Charvis, P. (1996). Deep structure of the southern Kerguelen Plateau (southern Indian Ocean) from ocean bottom seismometer wide-angle seismic data. *J. Geophys. Res.*, 101, B11, 25,077-25,103.
- Pettersen, Ø. & Maupin, V. (2002). Lithospheric anisotropy on the Kerguelen hotspot track inferred from Rayleigh wave polarisation anomalies. *Geophys. J. Int.*, 149, 225-246.
- Philippe M., Giret A. & Jordan J. (1998). Bois fossiles tertiaires et quaternaires de Kerguelen (Océan Indien austral). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 326, pp. 901-906.
- Philippi E., (1909). Geologie von St.-Paul. *Deutsche Südpolar-expedit.* 2, 5, 370-76
- Rallier du Baty R. (1991). Aventures aux Kerguelen, *Ed. maritimes et d'outre mer (EMOM)* (Traduit par R. Delcourt de 15 000 miles in a Ketch, 1910.
- Recq M., Brefort D., Malod J., Veinante J.L. (1990). The Kerguelen Isles (southern Indian Ocean): new results on deep structure from refraction profiles. *Tectonophysics*, 182, pp. 227-248.
- Recq M., Charvis A. (1986). A seismic refraction survey in the Kerguelen Isles, Southern Indian Ocean. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 84, pp. 164-182.
- Ribe N.M., Christensen U.R., Theissing J. (1995). The dynamics of plume-ridge interaction.1: ridge-dentered plumes. *Earth Planet. Sci. Letters*, 14, pp. 155-168.
- Richet P., Cottin J.Y., Dyon J, Maury R., Villeneuve N., Guillot P.L., Mairine P. et Michon G. (2007) : *Guide des volcans d'Outre Mer, coll. Guides savants, brgm éditions et éditions Belin*, 492 p.
- Roth J. (1875). Über die gesteine von Kerguelen's Land. *Monatsbetichtete des König, Berlin, Prussian Akademie der Wissenschaften*, 60, pp. 723-735.
- Royer J.Y. & Sandwell D.T. (1989). Evolution of the eastern Indian Ocean since the late Cretaceous: constraints from geosat altimetry. *Journal of Geophysical Research*, 94, pp. 13755-13782.
- Schaming, M. & Rostein, Y. (1990). Basement reflectors in the Kerguelen plateau, South Indian Ocean: Implications for the structure and early history of the plateau. *Geological Society of America Bulletin*, 102, 580-592.
- Schiano P., Clochiatti R., Shimizu N., Weis D. & Mattielli N. (1994). Cogenetic silica-rich and carbonate-rich melts trapped in mantle minerals in Kerguelen ultramafic xenoliths : implications for metasomatism in the oceanic upper mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.* 123, 167-178.
- Schlich R. (1975). Structure et âge de l'océan Indien occidental. *Bull. CNFRA*, 38, 103 p.
- Schlich R. (1982). The Indian Ocean: aseismic ridges, spreading centers and oceanic basins. In : A.E.M. Nairn. F.G. Stehli (Eds), *The Ocean Basins and Margins*. 6, Plenum Press, N.Y., 51-148.
- Schlich R. (1994) Introduction .In Schlich R & Giret A.(eds). Géologie et Géophysique des Kerguelen. *Mem. Soc. Geol. Fr.*, N.S., 166, 99-108.
- Scoates, J., Lo Cascio, M., Weis, D. & Lindsley., D.H. (2006). Experimental constraints on the origin and evolution of midly alkalic basalts from the Kerguelen Archipelago, southeast Indian Ocean. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 151, 582-599.

- Scoates J.S., Weis D., Franssens M., Mattielli N., Annell H., Frey F.A., Nicolaysen K. & Giret A. (2007). The Val Gabbro Plutonic Suite : A sub volcanic Intrusion Emplaced at the End of Flood Basalt Volcanism on the Kerguelen Archipelago. *Journal of Petrology*, 01-27
- Seward A.C. & Conway V. (1934) : A phytogeographical problem: fossil plants from the Kerguelen Archipelago. *Ann. Bot.*- London, 48, pp. 715-741.
- Simon, N.S.C., Neumann, E-R., Bonadiman, C., Coltorti, M., Delpech, G., Grégoire, M. & Widom, E. (2008). Ultra-refractory domains in the oceanic mantle lithosphere sampled as mantle xenoliths at ocean islands. *J. Petrol.*, doi:10.1093/petrology/egn023, 1-29.
- Storey, M., Saunders, A.D., Tarney, J., Leat, P., Thirwall, M.F., Thompson, R.N., Menzies, M.A. & Marriner, G.F. (1988). Geochemical evidence for plume-mantle interactions beneath Kerguelen and Heard Islands, Indian Ocean. *Nature*, 336, 371-374
- Tate H. (1900): On the occurrence of marine fossiliferous rocks at Kerguelen Islands. *Trans. Roy. Soc. South Austr.*, 24, 2, pp. 104-108.
- Valbracht, P.J., Honda, M., Matsumoto, T., Mattielli, N., McDougall, I., Ragettli, R. & Weis, D., 1996. Helium, neon, and argon systematics in Kerguelen ultramafic xenoliths : implications for mantle source signatures. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 138, 29-38.
- Vélain C. (1878). Description géologique de la Presqu'île d'Aden, de l'île de la Réunion, des îles saint-Paul et Amsterdam. A. Hennuyer, Paris.
- Verdenal Y. (2004). Saint-Paul et Amsterdam voyage austral dans le temps. Gérard Louis Haroué
- Verdier O. (1989) : Champs géothermiques et zéolitisation des îles Kerguelen: implications géologiques. Thèse Univ. Paris VI, 199 p.
- Verdier, O., Nativel, P. & Giret, A. (1988) : Zéolitisation du Plateau Central des îles Kerguelen, *TAAF. C.R. Acad. Sci. Paris*, 307, II, pp. 169-174.
- Watkins N., Macdougall I. & Nougier J. (1975). Paleomagnetism and potassium-argon age of St.-Paul Island, Southeastern Indian Ocean; Contrasts in geomagnetic secular variations during the Brunhes epoch. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 24, 3, 377-84.
- Wallace P.J. (2002). Volatiles in submarine basaltic glasses from the northern Kerguelen Plateau (ODP site 1140): implications for source region compositions, magmatic processes, and plateau subsidence. *Journal of Petrology*, vol. 43, n°7, pp. 1311-1320.
- Wallace P.J., Frey F.A., Weis D., Millard F & Coffin F. (2002). Origin and evolution of the Kerguelen Plateau, Broken Ridge and Kerguelen archipelago: editorial. *Journal of Petrology*, vol. 43, n°7, pp. 1105-1108.
- Watkins E.D., Gunn B.N., Nougier J. & Baskin A.K., (1974). Kerguelen: continental fragment or oceanic island? *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 85, pp. 201-212.
- Weis D., Bassias Y., Gautier I. & Mennessier J.P. (1989). Dupal anomaly in existence 115 Ma ago : evidence from isotopic study of the Kerguelen plateau (South Indian Ocean), *Geochem. Cosmochem. Acta*, 53, 2125-2131
- Weis, D. & Frey, F.A. (1991). Isotope geochemistry of ninetyeast ridge basement basalts: Sr, Nd, and Pb evidence for involvement of the Kerguelen hot spot. In Weissel, J., Peirce, J., Taylor, E. Alt, J., et al., Proc. ODP, Sci. Results, 121: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 591-610.
- Weis D., White W.M., Frey F.A., Duncan B., Dehn J., Fisk M., Ludden J., Saunders A. & Storey M. (1992) The influence of mantle plumes in generation of Indian Ocean crust. In: *Synthesis of results from the Scientific Drilling in the Indian Ocean. Geophysical Monograph 70*, AGU, 57-

- Weis D., Frey F.A., Saunders A., Gibson I., Party Leg 121 Shipboard Scientist Party (1991). Ninetyeast Ridge (Indian Ocean) : a 5000 km record of a Dupal mantle plume. *Geology*, 19, 99-102
- Weis D., White W.M., Frey F.A., Duncan R.A., Dehn J., Fisk M. Ludden J., Saunders A. & Storey M. (1992). The influence of mantle plume in generation of Indian Oceanic crust. In Duncan, R.A., Rea D.K., Kidd R.B., von Rad U. & Weissel J.K. eds., *Synthesis of results from the scientific Drilling in the Indian Ocean*, Volume geophysical monograph 70 : Washington, American Geophysical Union, 57-89
- Weis D., Frey F.A., Leyrit H., & Gautier I. (1993). Kerguelen Archipelago revisited : geochemical and isotopic study of the SE provinces lavas. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 118, 101-119
- Weis D. & Giret A. (1994). Kerguelen plutonic complexes: Sr, Nd, Pb isotopic study and inferences about their sources, age and geodynamic setting. *Mém. Soc. géol. France*, special issue 'Géologie, Géochimie et Géophysique des Kerguelen' 166, 47-59.
- Weis, D. & Frey, F.A. (1996). The role of Kerguelen Plume in generating the eastern Indian Ocean seafloor. *J. Geophys. Res.*, 101, B6, 13,831-13,849.
- Weis D., Damanesco D., Frey F.A., Nicolayensen K. & Giret A. (1998). Temporal isotopic variations in the Kerguelen plume : evidence from the Kerguelen Archipelago. *Mineralogical Magazine*, 63A, 1643-1644
- Weis D., Frey F.A., Giret A. & Cantagrel J.M. (1998). Geochemical characteristics of the youngest volcano (Mount Ross) in the Kerguelen archipelago: inferences for magma flux, lithosphere assimilation and composition of the Kerguelen plume. *Journal of Petrology*, vol. 39, n°5, pp. 973-99
- Weis D. & Frey F.A. (2002). Submarine basalts of the northern Kerguelen Plateau: interaction between the Kerguelen plume and the Southeast Indian Ridge revealed at ODP site 1140. *Journal of Petrology*, vol. 43, n°7, pp. 1287-1309.
- Weis D., Frey F.A., Schlich R., Schaming M., Montigny R., Damasceno D., Mattielli N., Nicolaysen K.E. & Scoates J.S. (2002). Trace of the Kerguelen Mantle Plume: Evidence from seamounts between the Kerguelen Archipelago and Heard Island, Indian Ocean. G-cubed, DOI number 10.1029/2001GC000251, Published 20 June 2002.
- Weis D., Doucet S., Giret A., Scoates J. & Frey F.A. (2003). Géochimie des îles et du plateau de Kerguelen. *Géologues*, 137, 40-51, ISSN 0016.7916
- Whitechurch H., Montigny R., Sevigny J., Storey M. & Salters V. (1992). K-Ar and <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar ages of Central Kerguelen Plateau basalts. In Wise, S.W. jr and Schlich R., eds *Proceeding of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 120, College Station, ODP, 71-78.
- Xu G., Frey F.A., Weis D., Scoates J. & Giret A. (2007). Flood basalt from Mt Capitole in the central Kerguelen Archipelago : Insights into the growth of the archipelago and source components contributing to plume-related volcanism. *G3*, 8, 6, 1-24
- Yang H.J., Frey F.A., Weis D., Giret A., Pyle D. & Michon G. (1998). Petrogenesis of the flood basalts forming the northern Kerguelen archipelago: implications for the Kerguelen plume. *Journal of Petrology*, vol. 39, n°4, pp. 711-748.
- Zhou X. (1996). Île de l'Est (Crozet archipelago, Southwestern Indian Ocean): petrogenesis of the plutonic complexes, *Thèse Université libre de Bruxelles, Belgique*, 214p.

*Bibliographie de la partie « II.D.1.Flore » et « II.D.2. Habitats » et « IV.A.1. Les impacts de la Flore introduite »*

- Aptroot, A., Van de Vijver, B., Lebouvier, M., & Ertz, D. (2011). Lichens of Ile Amsterdam and Ile Saint Paul (TAAF, southern Indian Ocean). *Nova Hedwigia*, 92(3-4), 343-367.
- Aubert S., Assard N., Boutin J.P., Frenot Y. & Dorne A.J. (1999). Carbon metabolism in the subantarctic Kerguelen cabbage *Pringlea antiscorbutica* R. Br.: environmental controls over carbohydrates contents and relation to phenology. *Plant, Cell and Environment*, 22 : 243-254.
- Aubert S., Hennion F., Bouchereau A., Gout E., Bligny R. & Dorne A.J. (1999). Subcellular compartmentation of proline in the leaves of the subantarctic Kerguelen cabbage *Pringlea antiscorbutica* R. Br. In vivo <sup>13</sup>C-NMR study. *Plant, Cell and Environment*, 22 : 255-259.
- Aubert de la Rüe E. (1964). Observations sur les caractères et la répartition de la végétation des Îles Kerguelen. *CNFRA* 10 : 1-60.
- Aubert de la Rüe, E. (1968). Balles de Mousse et Mousses vagabondes, curiosités végétales des Iles Kerguelen. *TAAF*, Paris, 45 : 3-10.
- Barillari J., Iori R., Rollin P. & Hennion F. (2005). Glucosinolates in the Subantarctic Crucifer Kerguelen Cabbage. *Journal of Natural Products*, 68: 234-236
- Bell B.G. (1982). Notes on the alien vascular flora of Ile de la Possession, Iles Crozet. *CNFRA*, 51 :325-331.
- Bergstrom DM, Whinam J & Belbin L. (2002). A classification of subantarctic Heard Island vegetation. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 34(2): 169-177.
- Berteaux D., (1988). Etude de la dynamique de la population de bovins sauvages de l'Ile Amsterdam (Océan Indien, Terres Australes et Antarctiques Françaises). *DEA Biol. Pop. et Ecoéthologie*, Univ. Rennes I : 52 pp.
- Berthier E., Le Bris R., Mabileau L., Testut L. & Frédérique R., (2009). Ice wastage on the Kerguelen Islands (49° S, 69°E) between 1963 and 2006, *Journal of Geophysical Research-Earth surface*, 114, F03005, doi:10.1029/2008JF001192
- Bourelly P. & Manguin E., (1954). Contribution a la flore algale d'eau douce des Iles Kerguelen. *Mem. Inst. Sci. Madagascar* 5: 7-56
- Chapuis J.L., et Boussès P., (1989). Relations animal-végétation: Conséquences des introductions de mammifères phytophages dans l'archipel de Kerguelen. pp. 269-278. In: Actes du colloque sur la Recherche Française dans les Terres Australes, Strasbourg, 14-17 Sept. 1987. (Ed. L. Laubier). Comité National Français des Recherches Antarctiques, Paris.
- Chapuis J.L., Boussès P. & Barnaud G. (1992). Les mammifères introduits dans les îles subantarctiques : impact et gestion des populations. In XIV Coll. francophone de Mammalogie, SFPEM, Orléans 20-21 Oct. 1990, Introductions et réintroductions de mammifères sauvages. *Nature Centre*, Orléans : 247-274.
- Chapuis J.L., Boussès P. & Barnaud G. (1994). Alien mammals, impact and management in the French subantarctic Islands. *Biological Conservation*, 67: 97-104.
- Chapuis J.L., Frenot Y. & Lebouvier M. (2000a). Restauration d'îles subantarctiques françaises par manipulation d'espèces introduites. Rapport final - Programme National de Recherche "Recréer la Nature", Ministère de l'Environnement, Paris : 112 pp.

- Chapuis J.L., Frenot Y. & Lebouvier M., (2002). Une gamme d'îles de référence, un atout majeur pour l'évaluation de programmes de restauration dans l'archipel de Kerguelen. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Suppl. 9 : 121-130.
- Chapuis J-L., Hennion F., Le Roux V. & Le Cuziat J. (2000b). Growth and reproduction of the endemic cruciferous species *Pringlea antiscorbutica* in Kerguelen Islands. *Polar Biology*, 23: 196-204.
- Chapuis J.L., Le Roux V., Asseline J., Lefevre L. & Kerleau F. (2001). Eradication of the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) by poisoning, on three islands of the subantarctic Archipelago of Kerguelen. *Wildlife research*, 28 : 323-331.
- Chapuis J.L., Frenot Y. & Lebouvier M. (2002). Une gamme d'île de référence, un atout majeur pour l'évaluation de programme de restauration dans l'archipel de Kerguelen. *Rev. Ecol. (Terre & Vie)*, supplément 9 : 121-130.
- Chapuis J.L., Frenot Y. & Lebouvier M. (2004). Recovery of native plant communities after eradication of rabbits from the subantarctic Kerguelen islands, and influence of climate change. *Biological Conservation*, 117: 167-179.
- Chastain A. (1958). La flore et la végétation des îles de Kerguelen. Polymorphisme des espèces australes. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*, 11 : 1-136.
- Chekchak T., Chapuis J.L., Pisanu B. & Boussès P. (2000). Introduction of the rabbit flea, *Spilopsyllus cuniculi* (Dale) to a subantarctic island (Kerguelen Archipelago) and its assessment as a vector of myxomatosis. *Wildlife Research*, 27 : 91-101.
- Chevrier M. (1996). Introduction de deux espèces d'insectes aux Iles Kerguelen : processus de colonisation et exemples d'interactions. Université de Rennes I, Thèse de Doctorat : 176 pp.
- Chevrier M., Vernon P. & Frenot Y. (1997). Potential effects of two alien insects on a subantarctic wingless fly in the Kerguelen Islands. In Battaglia B., Valencia J., Walton D.W.H. (eds) *Antarctic Communities : Species, Structure and Survival*, Cambridge University Press, Cambridge, UK : 424-431.
- Convey P. & Lebouvier M. (2009). Environmental change and human impacts on terrestrial ecosystems of sub-antarctic islands between their discovery and the mid-twentieth century. *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania*, 143 (sous presse)
- Davaine P. & Beall E. (1982). Introduction de Salmonidés dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises. *CNFRA*, 51 : 289-300.
- Davies L. & Greene S.W. (1976). Notes sur la végétation de l'île de la Possession (Archipel Crozet). *CNFRA*, 41 : 1-20.
- Decante F., Jouventin P., Roux J.P. & Weimerskirch H. (1987). Projet d'aménagement de l'île Amsterdam. Rapport SRETIE, TAAF, CEBAS (non publié) : 91 pp.
- Delarue D. & Massé L. (1982). La végétation aquatique et subaquatique des rivières à bordure de faciès tourbeux du sud de la Péninsule Courbet - Iles Kerguelen (Terres Australes et Antarctiques Françaises). *CNFRA*, 51 : 55-63.
- Diamond, J. M., Ashmole, N. P., & Purves, P. E. (1989). The present, past and future of human-caused extinctions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 325(1228), 469-477.
- De Smet W.H. (2001). Freshwater rotifera from plankton of the Kerguelen Islands (Subantarctica). *Hydrobiologia*, 446 : 261-272.

- Dreux P. & Milon P. (1967). Premières observations sur l'avifaune de l'île aux Cochons (archipel Crozet). *Alauda*, 35 : 27-32.
- Dreux P. & Voisin J.F. (1978). Notes sur le genre *Dusmoecetes* et description de *D. tamarisi* n. sp. (Col. Curculionidae Ectemnorhinae). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 83 : 29-36.
- Dreux P. & Voisin J.F., (1983). Sur les genres *Christensenia* Brinck et *Neocanonopsis* Hoffman (Coléoptères Curculionidae Ectemnorhinae). *L'Entomologiste*, 39 : 209-214.
- Dreux P. & Voisin J.F. (1985). Notes sur le genre *Xanium* Enderlein (Coleoptera, Curculionidae). *Nouvelle Revue d'Entomologie*, 4 : 431-436.
- Dreux P. & Voisin J.F. (1986). Révision du genre *Dusmoecetes* Jeannel 1940, et description de deux espèces et d'une sous-espèce nouvelles (Col. Curculionidae Ectemnorhinae). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 91 : 27-40.
- Dreux P. & Voisin J.F. (1987). Notes sur le genre *Antarctonesiotes* Jeannel et sur le genre *Diskar* nov., et description d'*Antarctonesiotes villiersi* n. sp. (Coleoptera Curculionidae). *Nouvelle Revue d'Entomologie*, 4 : 313-321.
- Dreux P., Frenot Y., Jouventin P., Massé L. & Verdier O. (1988a). Première mission scientifique à l'île des Pingouins (archipel Crozet). *Bull. Ecol.*, 19 : 51-54.
- Dreux P., Frenot Y., Jouventin P., Massé L. & Verdier O. (1988b). First scientific expedition to Ile des Pingouins, Archipel Crozet. *Polar Record*, 24 : 235-238.
- Dreux P. & Voisin J.F. (1989). Description de *Xanium inexpectatum* n. sp. et notes complémentaires sur le genre *Xanium* Enderlein. *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 93 : 163-166.
- Dreux P. & Voisin J.F. (1992a). Faune entomologique de l'île des Pingouins (archipel Crozet). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 97 : 453-464.
- Dreux P., Galiana D. & Voisin J.F. (1992b). Acclimatation de *Merizodus soledadinus* Guérin dans l'archipel de Kerguelen (Coleoptera, Trechidae). *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 97 : 219-221.
- Duhamel G., Gasco N. & Davaine P. (2005). Poissons des îles Kerguelen et Crozet. Collection Patrimoines Naturels 63, Guide régional de l'océan Austral, MNHN, Paris : 419 pp.
- Frenot Y. (1986). Interactions entre la faune lombricienne et les systèmes édaphiques d'une île subantarctique : Ile de la Possession, archipel Crozet. Université de Rennes I : Thèse de Doctorat, 357 pp.
- Frenot Y. (1987). Caractéristiques des sols et processus pédogénétiques sur le fell-field d'une île subantarctique : l'île de la Possession, archipel Crozet. *CNFRA*, 58 : 57-72.
- Frenot Y., Vernon P. & Bellido A. (1989). A bibliography of terrestrial ecosystems on Iles Crozet, Indian Ocean. *Polar Record*, 25 : 121-130.
- Frenot Y. & Valleix T. (1990). Carte des sols de l'île Amsterdam (Terres Australes et Antarctiques Françaises). *CNFRA*, 59 : 1-48.
- Frenot Y., Gloaguen J.C., Picot G., Bougère J. & Benjamin D. (1993). *Azorella selago* Hook. used to estimate glacier fluctuations and climatic history in the Kerguelen Islands over the last two centuries. *Oecologia*, 95 : 140-144.
- Frenot Y., Van Vliet-Lanoë B. & Gloaguen J.C. (1995). Particle translocation, cryogenic processes and initial soil development on a glacier foreland, Iles Kerguelen (Subantarctic). *Arctic Alp. Res.*, 27 : 107-115.



- Frenot Y., Gloaguen J.C. & Tréhen P. (1997a). Climate change in Kerguelen islands and colonization of recently-deglaciated areas by *Poa kerguelensis* and *Poa annua*. Cambridge University Press : In Battaglia B., Valencia J., Walton D.W.H. (eds), *Antarctic Communities : Species, Structure and Survival*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 358-366 pp.
- Frenot Y., Gloaguen J.C., Van de Vijver B. & Beyens L. (1997b). Datation de quelques sédiments tourbeux holocènes et oscillations glaciaires aux Iles Kerguelen. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie*, 320 : 567-573.
- Frenot Y., Gloaguen J.C., Cannavacciuolo M. & Bellido A., (1998). Primary succession on glacier forelands in the subantarctic Kerguelen Islands. *Journal of Vegetation Science*, 9: 75-84.
- Frenot Y., Aubry M., Misset M.T., Gloaguen J.C., Gourret J.P. & Lebouvier M. (1999) : Phenotypic plasticity and genetic diversity in *Poa annua* L. (Poaceae) at Crozet and Kerguelen Islands (Subantarctic). *Polar Biology*, 22 : 302-310.
- Frenot Y., Gloaguen J.C., Massé L. & Lebouvier M. (2001). Human activities, ecosystem disturbance and plant invasions in subantarctic Crozet, Kerguelen and Amsterdam Islands. *Biological Conservation*, 101: 33-50.
- Frenot Y., Chown S.L., Whinam J., Selkirk P.M., Convey P., Skotnicki M. & Bergstrom D.M. (2005). Biological invasions in the Antarctic: extent, impacts and implications. *Biological Reviews*, 80: 45-72.
- Gay C. (1981). Ecologie du zooplancton d'eau douce des îles Kerguelen. I. Caractéristiques du milieu et inventaire des Entomostracés. *CNFRA*, 47 : 43-56.
- Gay C. (1982). Les eaux douces des Iles Kerguelen et leur peuplement en Entomostracés. *CNFRA* , 51 : 93-99.
- Giret A (1987). Géologie des Terres Australes Françaises. *CNFRA*, 58 : 17-41.
- Gremmen NJM (1981). The vegetation of the Subantarctic islands Marion and Prince Edward. Dr W Junk Press, The Hague.
- Hennion F. (1992). Etude des caractéristiques biologiques et génétiques de la flore endémique des Iles Kerguelen. Thèse de Doctorat, Museum National d'Histoire Naturelle, Paris : 264 pp.
- Hennion F. & Couderc H. (1993) : Cytogenetical variability of *Ranunculus* species from Iles Kerguelen. *Antarctic Science*, 5 : 37-40.
- Hennion F., Fiasson J.L. & Gluchoff-Fiasson K. (1994). Morphological and phytochemical relationships between *Ranunculus* species from Iles Kerguelen. *Biochem. Syst. Ecol.*, 22 : 533-542.
- Hennion F. & Walton D.W.H., (1997a). Seed germination of endemic species from Kerguelen phytogeographic zone. *Polar Biology*, 17 : 180-187.
- Hennion F. & Walton D.W.H., (1997b). Ecology and seed morphology of endemic species from Kerguelen phytogeographic zone. *Polar Biology*, 18 : 229-235.
- Hennion F., Frenot Y. & Martin-Tanguy J. (2006). High flexibility of growth and polyamine composition of the crucifer *Pringlea antiscorbutica* in relation to environmental conditions. *Physiologia Plantarum*, 127: 212-224
- Hughes J.M.R. (1987). The distribution and composition of vascular plant communities on Heard Island. *Polar Biology*, 7: 153-162.
- Hullé M., Pannetier D., Maurice D., Courmont L., Chaillon C., Chaillon P.E., Saccone P., Hébert C., Gracia M., Buffin J., Simon J.C. & Frenot Y. (2003a). Aphids from Kerguelen and Crozet Islands, Subantarctic. In

- Antarctic Biology in a Global Context. Huiskes A. H. L. Gieskes W. W. C. Rozema J. Schorno R. M. L. van der Vies S. M. Wolf W. J. (Eds) Backhuys Publishers Leiden the Netherlands, pp.308-312.
- Hullé M., Pannetier D., Simon J.C., Vernon P. & Frenot Y. (2003b). Aphids of sub-Antarctic Crozet and Kerguelen archipelagos (Hemiptera: Aphididae): host-plants preference and spatial distribution. *Antarctic Science*, 15 : 203-209.
- Hullé, M., Lebouvier, M., Laparie, M., Marais, A., Cozic, Y., Lalouette, L., Vernon, P., Candresse, T., Frenot, Y., Renault, D., Vulnérabilité des communautés natives face aux insectes invasifs et au changement climatique dans les îles subantarctiques. Comité National Français des Recherches Arctiques et Antarctiques – 7èmes Journées Scientifiques, Paris, 19 et 20 mai 2011.
- Hummel I., Couée I., Elamrani A., Martin Tanguy J. & Hennion F. (2002). Involvement of polyamines in root development at low temperature in the subantarctic cruciferous species *Pringlea antiscorbutica*. *Journal of Experimental Botany*, 53 : 1463-1473.
- Hummel I., El Amrani A., Gouesbet G., Hennion F. & Couée I. (2004a). Involvement of polyamines in the interacting effects of low temperature and mineral supply on *Pringlea antiscorbutica* (Kerguelen cabbage) seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 55 : 1125-1134.
- Hummel I., Quemmerais F., Gouesbet G., El Amrani A., Frenot Y., Hennion F. & Couée I. (2004b). Characterization of environmental stress responses during early development of *Pringlea antiscorbutica* in the field at Kerguelen. *New Phytologist*, 162 : 705-715.
- Huntley B.J. (1971). Vegetation. In Marion and Prince Edward Islands, Report on the South African Biological and Geological Expedition 1965-1966. ed. EM Van Zinderen Bakker Sr., JM Winterbottom and RA Dyer. Balkema, Capetown: 98-160.
- Jolinon J.C. (1987). Les Phanérogames adventices sur l'île Amsterdam. *CNFRA*, 58 : 183-188.
- Joly Y., Frenot Y. & Vernon P. (1987). Environmental modifications of a Subantarctic peat-bog by the Wandering albatros (*Diomedea exulans*): A preliminary study. *Polar Biology*, 8: 61-72.
- Jouventin P. (1989a). Recherche sur l'écologie des oiseaux et mammifères. Bilan et perspectives. In Actes Coll. sur la Recherche Française dans les Terres Australes, Strasbourg, France, 14-17/09/87. CNFRA-TAAF, Paris : 109-122.
- Jouventin P. (1989b). Importance et fragilité du patrimoine biologique des T.A.A.F. : oiseaux et mammifères. In Actes Coll. sur la Recherche Française dans les Terres Australes, Strasbourg, France, 14-17/09/87. CNFRA-TAAF, Paris : 287-293.
- Kidder J.H. (1876). Contributions to the Natural History of Kerguelen Island, made in connection with the United States Transit-of-Venus Expedition, 1874-75. *Bull. US Nat. Mus.* : 1-122.
- Lalouette, L., Kaufmann, B., Konecny, L., Renault, D., & Douady, C. J. (2009). Characterization and PCR multiplexing of 14 new polymorphic microsatellite loci for the invasive subantarctic carabid *Merizodus soledadinus* (Coleoptera: Carabidae). *Conservation Genetics Resources*, 1(1), 455.
- Lebouvier M., Chapuis J.L., Gloaguen J-C & Frenot Y. (2002). Résilience des communautés insulaires subantarctiques : facteurs influençant la vitesse de restauration écologique après éradication de mammifères introduits. *Rev. Ecol. (Terre & Vie)*, supplément 9 : 189-198.
- Lebouvier M., Lambret P. & Vernon P. (2005a). The alien beetle *Oopterus soledadinus* (Coleoptera: Carabidae) in the Kerguelen Islands: a major threat to native invertebrate communities ?IXth SCAR International Biology Symposium, Curitiba, Brazil, 25-29/07/2005 (communication affichée).

- Lebouvier, M., & Frenot, Y. (2005b). Impact of climate change on vegetation and soil erosion at Kerguelen islands, sub-Antarctic. In *IXth SCAR International Biology Symposium*.
- Lebouvier M. & Lambret P. (2006). The alien beetle *Oopterus soledadinus* (Coleoptera: Carabidae) in the Kerguelen Islands : a major threat to native arthropod communities. Scientific Committee on Antarctic Research Open Science Conference "Antarctic in the Earth System", Hobart, Australie, 12-14/07/2006 (communication orale)
- Lebouvier M. & Frenot Y. (2007). Conservation and management in the French sub-Antarctic islands and surrounding seas. *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania*, 141 : 23-28.
- Lebouvier M., Chapuis J.-L. & Frenot Y. (2009). Invasions au-delà des 40èmes rugissants. *Dossier Pour La Science* N° 65, octobre-décembre 2009 : 72-75.
- Le Roux V., Chapuis J.L., Frenot Y. & Vernon P. (2002). Diet of the house mouse (*Mus musculus*) on Guillou Island, Kerguelen archipelago, Subantarctic. *Polar Biology*, 25 : 49-57.
- Lésel R. (1967). Contribution à l'étude écologique de quelques mammifères importés aux îles Kerguelen. *T.A.A.F.*, Paris , 38 : 3-40.
- Massé, L. (1982). Les introductions d'espèces végétales dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises. *Comité National Français pour les Recherches Antarctiques*, 51, 333-336.
- Micol T. & Jouventin P. (1995). Restoration of Amsterdam Island, South Indian Ocean, following control of feral cattle. *Biol. Conserv.*, 73 : 199-206.
- Micol T. & Jouventin P. (2002). Eradication of rats and rabbits from Saint-Paul Island, French Southern territories. . In : Veitch, C.R.; Clout, M.N. (eds). *Turning the tide: the eradication of invasive species*. Auckland, Invasive Species Specialist Group of the World Conservation Union (IUCN) pp. 199-205.
- Mortimer et al. (2008). Growth form and population genetic structure of *Azorella selago* on sub-Antarctic Marion Island; *Antarctic Science* 20 (4), 381-390.
- Parks and Wildlife Service (2006). Macquarie Island Nature Reserve and World Heritage Area, Management Plan, Parks and Wildlife Service, Department of Tourism, Arts and the Environment, Hobart.
- Pascal M. (1980). Structure et dynamique de la population de chats harets de l'archipel des Kerguelen. *Mammalia*, 44 : 171-182.
- Pascal M. (1983). L'introduction des espèces mammaliennes dans l'archipel des Kerguelen (Océan Indien Sud). Impact de ces espèces exogènes sur les milieux insulaires. *C. R. Soc. Biogéog.*, Paris, 59 : 257-267.
- Richardson J.E. (2003). Species delimitation and the origin of populations in island representatives of *Phyllica* (Rhamnaceae). *Evolution*, 57 : 816-827.
- Schermann-Legionnet A., Hennion F., Vernon P. & Atlan A-G. (2007). Breeding system of the subantarctic plant species *Pringlea antiscorbutica* R. Br. and search for potential insect pollinators in the Kerguelen Islands. *Polar Biology*, 30: 1183-1193.
- Smith V.R. (1978). Plant ecology of Marion Island: a review. *South African Journal of Antarctic Research*, 8: 21-30.
- Smith V.R. & Steenkamp M. (2001). Classification of the terrestrial habitats on Marion Island based on vegetation and soil chemistry. *Journal of Vegetation Science*, 12: 181-198.

- Smith V.R., Steenkamp M. & Gremmen N.J.M. (2001). Terrestrial habitats on sub-Antarctic Marion Island: their vegetation, edaphic attributes, distribution and response to climate change. *South African Journal of Botany*, 67: 641-654.
- Soubeyran Y. (2008). Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer. Etat des lieux et recommandations. Collection Planète Nature. *Comité français de l'UICN*, Paris, France.
- Steyn W.J., Wand S.J.E., Holcroft D.M. & Jacobs G. (2002). Anthocyanins in vegetative tissues: a proposed unified function in photoprotection. *New Phytologist*, 155: 349-361.
- Stonehouse B. (1982). La zonation écologique sous les hautes latitudes australes. *CNFRA*, 51 : 532-537.
- Tershy, B. R., Shen, K. W., Newton, K. M., Holmes, N. D., & Croll, D. A. (2015). The importance of islands for the protection of biological and linguistic diversity. *Bioscience*, 65(6), 592-597.
- Therezien Y. & Coûté A. (1977). Algues d'eau douce des Iles Kerguelen et Crozet. *CNFRA*, 43 : 5-91.
- Thomas T., Davaine P. & Beall E. (1981). Dynamique de la migration et reproduction de la truite de mer, *Salmo trutta* L. dans la rivière Norvégienne, Iles Kerguelen, TAAF. *CNFRA*, 47 : 5-42.
- Valentyn F. (1726). *Oud en Nieuw Oost Indien Verhandeling der ZeeHorenkens Banda*. Dordrecht, Amsterdam.
- Van der Putten N., Verbruggen C. & Ochyra R., Verleyen E., Frenot Y. 2010. Subantarctic flowering plants: pre-glacial survivors or post-glacial immigrants?. *Journal of Biogeography (J. Biogeogr.)* (2010) 37, 582–592
- Van de Vijver, B. and Beyens, L. (1999a). Freshwater diatoms from Ile de la Possession (Crozet archipelago, Subantarctica) : an ecological assesment. *Polar Biology*, 22 : 178-188.
- Van de Vijver, B. and Beyens, L. (1999b). Biogeography and ecology of freshwater diatoms in Subantarctica: a review. *Journal of Biogeography*, 26 : 993-1000.
- Van de Vijver B., Ledeganck P. & Beyens L. (2001).Habitat preferences in freshwater diatom communities from sub-Antarctic Iles Kerguelen. *Antarctic Science*, 13 : 28-36.
- Vélain C. (1893). Les Iles Saint-Paul, Amsterdam et Kerguelen. *C.R. Séances Soc. Géographie (Paris)*, 21 Avril, 215-217.
- Wagstaff, S.J, and Hennion F. (2007). Evolution and biogeography of *Lyallia* and *Hectorella* (Portulacaceae), geographically isolated sisters from the Southern Hemisphere. *Antarctic Science* 19(4): 417-426.
- Weimerskirch H., Zotier R. & Jouventin P. (1989). The avifauna of the Kerguelen islands, 89 : 15-29.
- Werth E. (1911). *Die Vegetation der Subantarktischen Inseln Kerguelen, Possession und Heard Island*.
- Whinam J, Copson G, and Chapuis J-L.(2006). Subantarctic terrestrial conservation and management. In: Bergstrom D, Huiskes A, and Convey P (eds.) *Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems*, Kluwer: 297-316.
- Young, S. B., & Schofield, E. K. (1973). Palynological evidence for the late glacial occurrence of *Pringlea* and *Lyallia* on Kerguelen Islands. *Rhodora*, 75(802), 239-247.

### *Bibliographie des parties « II.D.3. Invertébrés » et « IV.A.2. Impacts des invertébrés introduits »*

Chauvin, G., & Vernon, P. (1981). Quelques données sur la biologie et la systématique des Lepidopteres subantarctiques (Iles Crozet, Iles Kerguelen). In *Colloque sur les Ecosystemes Subantarctiques*. CNFRA (Vol. 51, pp. 101-109).

Chapelin-Viscardi, J.D. (2008). Paléoenvironnements holocènes de l'île de la Possession reconstruits par l'analyse d'assemblages d'Arthropodes fossiles – Aspects paléoclimatiques et écologiques – (Archipel Crozet, Domaine sub-antarctique)

Charrier, O. (2013). Soil Calcium availability influences shell ecophenotype formation in the Sub-antarctic land snail, *Notodiscus hookeri* – *PLOS one* – volume 8 – December 2013.

Drake, D. R., & Hunt, T. L. (2009). Invasive rodents on islands: integrating historical and contemporary ecology.

Dreux P. (1961). La faune entomologique de l'archipel Crozet et son endémisme – CNFRA – Vol. 15, N°5 p. 35-55

Frenot Y.(1986). Interactions entre la faune lombricienne et les systèmes édaphiques d'une île subantarctique : Ile de la Possession, archipel Crozet. Université de Rennes I : Thèse de Doctorat, 357 pp.

Frenot Y., Chown S.L., Whinam J., Selkirk P.M., Convey P., Skotnicki M. & Bergstrom D.M. (2005). Biological invasions in the Antarctic: extent, impacts and implications. *Biological Reviews*, 80: 45-72.

Hullé, M., d'Acier, A. C., Bankhead-Dronnet, S., & Harrington, R. (2010). Aphids in the face of global changes. *Comptes Rendus Biologies*, 333(6), 497-503.

Hullé M., Pannetier D., Simon J.C., Vernon P. & Frenot Y. (2003). Aphids of sub-Antarctic Crozet and Kerguelen archipelagos (Hemiptera: Aphididae): host-plants preference and spatial distribution. *Antarctic Science*, 15 : 203-209.

Hullé, M., Lebouvier, M., Vernon, P., & Renault, D. (2014). Entomofaune native et invasions biologiques dans les îles subantarctiques. In *CIFE (Conférences Internationales Francophones d'Entomologie)*.

Laparie, M. (2008). Contrainte trophique et sénescence: Aspects écologiques et biochimiques de la résistance au jeûne en fonction de l'âge des adultes chez un diptère aptère, sacrophage et longévif.

Laparie, M., Lebouvier, M., Lalouette, L., & Renault, D. (2010). Variation of morphometric traits in populations of an invasive carabid predator (*Merizodus soledadinus*) within a sub-Antarctic island. *Biological invasions*, 12(10), 3405-3417.

Lalouette, L., Vernon, P., Amat, H., & Renault, D. (2009). Ageing and thermal performance in the sub-Antarctic wingless fly *Anatalanta aptera* (Diptera: Sphaeroceridae): older is better. *Biology letters*, rsbl20090873.

Ledoux, J. C. (1991). *Araignées des îles subantarctiques françaises (Crozet et Kerguelen)*. J.-C. Ledoux.

Marchand, 1995

Quinlan et al., 1964

Rapp, M. (2013). Diversité, écologie et répartition des invertébrés de l'île de la Possession – synthèse finale du travail de prospection effectuée – 50<sup>ème</sup> Mission – hivernage 2012/2013 – Réserve naturelle des Terres australes françaises.

Renault, D., Salin, C., Vannier, G., Vernon, P. (2002). Effect Survival at low temperatures in insects: what is the ecological significance of the supercooling point ? *CryoLetters*, 217-228.

Renault, D. (2011). Sea water transport and submersion tolerance as dispersal strategies for the invasive ground beetle *Merizodus soledadinus* (Carabidae). *Polar biology*, 34(10), 1591.

Renault, D., & Lalouette, L. (2012). Short Note: Critical thermal minima of three sub-Antarctic insects from the French southern Indian Ocean islands. *Antarctic Science*, 24(1), 43.

Renault, D., Lombard, M., Vingère, J., Laparie, M. (2014). Comparative salinity tolerance in native flies from the subantarctic Kerguelen Islands: a metabolomic approach. Published online : 20 October 2014.

Vernon, P., & Vannier, G., (1987). Etude expérimentale de la tolérance au froid chez les adultes d'un diptère Subantarctique: *Anatalanta aptera* Eaton (Sphaeroceridae). *CNFRA. Comité national français pour les recherches antarctiques*, (58), 151-167.

Vernon, P., & Vannier, G., (1996). Developmental patterns of supercooling capacity in a subantarctic wingless fly. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 52(2), 155-158.

Vernon, P., Caron, F., & Davies, L., (1999). Annual activity of two endemic beetles (Carabidae) at the edge between fell-field and moorland on a sub-Antarctic island. *European Journal of Soil Biology*, 35(1), 39-43.

### ***Bibliographie de la partie « II.E.5. Vertébrés introduits » et « IV.A.3. Impacts des vertébrés terrestres introduits »***

Angel, A., Wanless, R.M., Cooper, J. (2009). Biol Invasions, Review of impacts of the introduced house on islands in the Southern Ocean: are mice equivalent to rats ?

Atkinson, I. A. (1985). The spread of commensal species of *Rattus* to oceanic islands and their effects on island avifaunas. *Conservation of island birds*, 3, 35-81.

Bergstrom, D. M., & Chown, S. L. (1999). Life at the front: history, ecology and change on southern ocean islands. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(12), 472-477.

Berteaux, D. (1988). Etude de la dynamique de la population de bovins sauvages de File Amsterdam (Océan Indien, Terres Australes et Antarctiques Françaises). *Diplôme d'Etudes Approfondies, Université de Tours et de Rennes I*.

Bonnaud, E., Medina, F. M., Vidal, E., Nogales, M., Tershy, B., Zavaleta, E., ...& Horwath, S. V. (2011). The diet of feral cats on islands: a review and a call for more studies. *Biological Invasions*, 13(3), 581-603.

Brooke, M. D. L. (1995). The breeding biology of the gadfly petrels *Pterodroma* spp. of the Pitcairn Islands: characteristics, population sizes and controls. *Biological Journal of the Linnean Society*, 56(1-2), 213-231.

Brodier, S., Pisanu, B., Villers, A., Pettex, E., Lioret, M., Chapuis, J. L., & Bretagnolle, V. (2011). Responses of seabirds to the rabbit eradication on Ile Verte, sub-Antarctic Kerguelen Archipelago. *Animal Conservation*, 14(5), 459-465.

Bost, R. (1960). Activités scientifiques aux îles Kerguelen pendant la campagne 1959-60. *Terres Australes et Antarctiques Françaises*, (13), 27-39.

Botzler R.G., (1991). Epizootiology of avian cholera in wildfowl. *Journal of Wildlife Diseases* 27, 367-95.

- Chapuis, J. L., & Boussès, P. (1992a). Des moutons et des rennes dans l'Archipel de Kerguelen. *Le Courrier de la Nature*, 135, 29-35.
- Chapuis J.L., Boussès P., Barnaud G., (1992b), Les mammifères introduits dans les îles subantarctiques : limitation et gestion des populations.
- Chapuis, J. L., Boussès, P., & Barnaud, G. (1994). Alien mammals, impact and management in the French subantarctic islands. *Biological Conservation*, 67(2), 97-104.
- Chapuis, J. L., Chantal, J., & Bijlenga, G. (1994b). La myxomatose dans les îles subantarctiques de Kerguelen, en l'absence de vecteurs, trente années après son introduction. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 3, Sciences de la vie*, 317(2), 174-182.
- Chapuis, J. L., & Boussès, P. (1987, September). Relations animal-végétation: conséquences des introductions de mammifères phytophages dans l'archipel de Kerguelen. In *Actes du colloque sur la Recherche française dans les Terres Australes* (pp. 269-278).
- Chapuis, J. L., Barnaud, G., Bioret, F., Lebouvier, M., & Pascal, M. (1995). L'éradication des espèces introduites, un préalable à la restauration des milieux insulaires. Cas des îles françaises. *Natures Sciences Sociétés*, 3, 51-65.
- Chapuis, J. L., Le Roux, V., Asseline, J., Lefevre, L., & Kerleau, F. (2001). Eradication of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) by poisoning on three islands of the subantarctic Kerguelen Archipelago. *Wildlife Research*, 28(3), 323-331.
- Chapuis, J. L., Frenot, Y., & Lebouvier, M. (2004). Recovery of native plant communities after eradication of rabbits from the subantarctic Kerguelen Islands, and influence of climate change. *Biological Conservation*, 117(2), 167-179.
- Chapuis, J. L., Robin, M., Pisanu, B., & Lebouvier, M. (2014, October). Influence du changement climatique sur l'expansion d'espèces végétales invasives dans l'archipel de Kerguelen. In *Colloque de lancement du GdR 'Invasions Biologiques'*.
- Chekchak, T., Chapuis, J. L., Pisanu, B., & Boussès, P. (2000). Introduction of the rabbit flea, *Spilopsyllus cuniculi* (Dale), to a subantarctic island (Kerguelen Archipelago) and its assessment as a vector of myxomatosis. *Wildlife Research*, 27(1), 91-101.
- Cumpston, J. S. (1968). *Macquarie Island*. Australia Department of External Affairs, Antarctic Division.
- Cuthbert, R. J., Visser, P., Louw, H., Rexer-Huber, K., Parker, G., & Ryan, P. G. (2011). Preparations for the eradication of mice from Gough Island: results of bait acceptance trials above ground and around cave systems. *Island invasives: eradication and management*. IUCN, Gland, 47-50.
- Cuthbert, R., & Hilton, G. (2004). Introduced house mice *Mus musculus*: a significant predator of threatened and endemic birds on Gough Island, South Atlantic Ocean?. *Biological conservation*, 117(5), 483-489.
- Decante, F., Jouventin, P., Roux, J. P., & Weimerskirch, H. (1987). Projet d'aménagement de l'île Amsterdam. *Report Service de la Recherche, des Etudes, et du Traitement de l'Information sur l'Environnement (SRETIE), Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF), Centre d'Etudes Biologiques des Animaux Sauvages (CEBAS), Paris*, 1-30.
- Davaine, P., & Beall, E. (1982). Introduction de salmonidés dans les terres australes et antarctiques françaises. *CNFRA*, 51, 289-300.
- Decante, F., Jouventin, P., Roux, J. P., & Weimerskirch, H. (1987). Projet d'aménagement de l'île Amsterdam. *Report Service de la Recherche, des Etudes, et du Traitement de l'Information sur l'Environnement*

- (SRETIE), *Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF), Centre d'Etudes Biologiques des Animaux Sauvages (CEBAS), Paris*, 1-30.
- Derenne, P., & Mougin, J. L. (1976). DONNÉES ÉCOLOGIQUES SUR LES MAMMIFÈRES INTRODUIIS DE L'ILE AUX COCHONS, ARCHIPEL CROZET (46° 06' S, 50° 14' E). *Mammalia*, 40(1), 21-54.
- Dilley, B. J., Schoombie, S., Schoombie, J., & Ryan, P. G. (2016). 'Scalping' of albatross fledglings by introduced mice spreads rapidly at Marion Island. *Antarctic Science*, 28(02), 73-80.
- Doty, M. S., & Oguri, M. (1956). The island mass effect. *ICES Journal of Marine Science*, 22(1), 33-37.
- Drake D.R., Hunt T.L., (2009)., Invasive rodents on islands: integrating historical and contemporary ecology, *Biol Invasions* 11: 1483-1487.
- Duhamel, G., Gasco, N., & Davaine, P. (2005). Poissons des îles Kerguelen et Crozet (guide régional de l'océan Austral). *Patrimoines naturels*. (LIVRE)
- Frenot, Y., Chown, S. L., Whinam, J., Selkirk, P. M., Convey, P., Skotnicki, M., & Bergstrom, D. M. (2005). Biological invasions in the Antarctic: extent, impacts and implications. *Biological reviews*, 80(1), 45-72.
- Furet, L. (1989). Régime alimentaire et distribution du chat Haret (*Felis catus*) sur l'Île d'Amsterdam.
- Holdgate, M. W. (1966). The influence of introduced species on the ecosystems of temperate oceanic islands. Towards a new Relationship of Man and Nature in Temperate Lands Vers un nouveau type de relations entre l'homme et la nature en région tempérée, 151.
- Howald, G., Donlan, C., Galván, J. P., Russell, J. C., Parkes, J., Samaniego, A., ...&Saunders, A. (2007). Invasive rodent eradication on islands. *Conservation biology*, 21(5), 1258-1268.
- Jouventin, P. (1989). Importance et fragilité du patrimoine biologique des TAAF: oiseaux et mammifères. In Actes du Colloque de Strasbourg, France (pp. 287-293).
- Jouventin, P., & Micol, T. (1995). Conservation status of the French subantarctic islands. *Progress in conservation of Subantarctic islands*. IUCN. Cambridge, 31-42.
- Jouventin, P., Bried, J., & Micol, T. (2003). Insular bird populations can be saved from rats: a long-term experimental study of white-chinned petrels *Procellaria aequinoctialis* on Ile de la Possession (Crozet archipelago). *Polar Biology*, 26(6), 371-378.
- Kidder, J. H. (1876). Contributions to the Natural History of Kerguelen Island...: 1874-75... II (Vol. 2). US Government Printing Office.
- Labonne J., Aymes J.C., Beall E., Chat J., Dopico-Rodriguez E.D., Garcia Vazquez E., Gaudin P., Guéraud F., Hendry A.P., Horreo-Escandon J.L., Huteau D., Jarry M., Kaeuffer R., Lecomte F., Manicki A., Rives J., Roussel J.M., Tremblay J., Vignon M., Zhou M. 2013. Ecologie évolutive de la colonisation des Iles Kerguelen par les salmonidés. Rapport de fin de programme IPEV SALMEVOL-1041, 77p. +annexes.
- Leader-Williams, N. (1988). Reindeer on South Georgia. Cambridge University Press. (LIVRE)
- Lecomte, F., Beall, E., Chat, J., Davaine, P., & Gaudin, P. (2013). The complete history of salmonid introductions in the Kerguelen Islands, Southern Ocean. *Polar biology*, 36(4), 457-475.
- Le Roux, V., Chapuis, J. L., Frenot, Y., & Vernon, P. (2002). Diet of the house mouse (*Mus musculus*) on Guillou Island, Kerguelen archipelago, Subantarctic. *Polar Biology*, 25(1), 49-57.
- Lesel, R. E. N. E. (1967). Contribution à l'étude écologique de quelques mammifères importés aux îles Kerguelen. *TAAF*, 38, 3-40.



- Martin, T. (n.d.). Reclaiming South Georgia. 1st ed. (**LIVRE**)
- McClelland, P., & Tyree, P. (2002). Eradication. The clearance of Campbell Island. *New Zealand Geographic*, 58, 86-94.
- Micol, T., & Jouventin, P. (1995). Restoration of Amsterdam Island, South Indian Ocean, following control of feral cattle. *Biological conservation*, 73(3), 199-206.
- Micol, T., & Jouventin, P. (2002). Eradication of rats and rabbits from Saint-Paul Island, French Southern territories. *Turning the tide: the eradication of invasive species*, 199-205.
- Mougin, J. L. (1970). Observations écologiques sur les grands albatros (*Diomedea exulans*) de l'île de la Possession (Archipel Crozet).
- Parkes, J., Fisher, P., Robinson, S., & Aguirre-Muñoz, A. (2014). Eradication of feral cats from large islands: an assessment of the effort required for success. *New Zealand Journal of Ecology*, 307-314.
- Pascal M., (1983)., L'introduction des espèces mammaliennes dans l'archipel des Kerguelen (Océan Indien Sud). Impact de ces espèces exogènes sur le milieu insulaire.
- Pisanu, (1999)
- Pisanu, B., Chapuis, J. L., Durette-Desset, M. C., & Morand, S. (2002). Epizootiology of *Syphacia obvelata* from a domestic mouse population on the subantarctic Kerguelen archipelago. *Journal of Parasitology*, 88(4), 645-649.
- Pisanu et al., Dynamique de 3 populations de souris sur les îles Guillou, Cochons, et sur la Grande-Terre (Isthme-Bas) entre 1996-2015, dans des habitats contrastés et sous l'effet des variables climatiques (in prep.).
- Planquette, H., Statham, P. J., Fones, G. R., Charette, M. A., Moore, C. M., Salter, I., ...& Mahowald, N. (2007). Dissolved iron in the vicinity of the Crozet Islands, Southern Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 54(18), 1999-2019.
- Pontier, D., Say, L., Debias, F., Bried, J., Thioulouse, J., Micol, T., & Natoli, E. (2002). The diet of feral cats (*Felis catus* L.) at five sites on the Grande Terre, Kerguelen archipelago. *Polar Biology*, 25(11), 833-837.
- Renaud, S., Hardouin, E. A., Pisanu, B., & Chapuis, J. L. (2013). Invasive house mice facing a changing environment on the Sub-Antarctic Guillou Island (Kerguelen Archipelago). *Journal of evolutionary biology*, 26(3), 612-624.
- Robinson, S. A., & Copson, G. R. (2014). Eradication of cats (*Felis catus*) from subantarctic Macquarie Island. *Ecological Management & Restoration*, 15(1), 34-40.
- Roux, J. P., & Martinez, J. (1987). Rare, vagrant and introduced birds at Amsterdam and Saint Paul Islands, southern Indian Ocean. *Marine Ornithology*, 14, 3-19.
- Taylor, R. H. (1971). Influence of man on vegetation and wildlife of Enderby and Rose Islands, Auckland Islands. *New Zealand journal of botany*, 9(2), 225-268.
- Thiebot J.B., Barbraud C., DELORD K., Marteau C., Weimerskirch H., (2014). Do introduced mammals chronically impact the breeding success of the world's rarest albatross? *Ornithol Sci* 13: 41-46
- Torr, N. (2002). Eradication of rabbits and mice from subantarctic Enderby and Rose Islands. *Turning the tide: the eradication of invasive species*. IUCN SSS *Invasive Species Specialist Group*, Gland, Switzerland, 319-328.

Towns, D. R., & Broome, K. G. (2003). From small Maria to massive Campbell: forty years of rat eradications from New Zealand islands. *New Zealand Journal of Zoology*, 30(4), 377-398.

Weimerskirch H. (2004). Diseases threaten Southern Ocean albatrosses. *Polar Biol* 27: 374-379

#### ***Bibliographie de la partie « II.D.5. Etat de conservation des écosystèmes terrestres »***

Chapuis, J. L., Boussès, P., & Barnaud, G. (1994). Alien mammals, impact and management in the French subantarctic islands. *Biological Conservation*, 67(2), 97-104.

Dreux, P., Galiana, D., & Voisin, J.F. (1982). Acclimatation de *Merizodus soledadinus* Guérin dans l'archipel de Kerguelen (Coleoptera, Trechidae). *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 97 (3), 1992 : 219-221.

#### ***Bibliographie de la partie « II.E. Ecosystèmes marins »***

Amézière, N., Eléaume, M., Pruvost, P., Duhamel, G., Kerguelen group, (2011). Estimating the biodiversity and distribution of the northern part of the Kerguelen Islands slope, shelf, and shelf-break for ecoregionalisation: benthos and demersal fish. *CCAMLR Marine Protected Areas Workshop, WS-MPA- 11/9, 19 p.*

Arnaud, P. (1974). Contribution à la bionomie marine benthique des régions Antarctiques et Subantarctiques. *Tethys* 6, 467-653.

Arnaud, P. M., Beurois, J., & Noel, P., 1972. Portunidae et Grapsidae des îles Saint Paul et Amsterdam, Océan Indien (Decapoda, Brachyura). *Beaufortia*, 20(259), 7-14.

Belsher, T., & Mouchot, M. C., 1992. Évaluation, par télédétection satellitaire, des stocks de *Macrocystis pyrifera* dans le golfe du Morbihan (archipel de Kerguelen). *Oceanologica acta*, 15(3), 297-307.

Beurois, J. (1975). Etude écologique et halieutique des fonds de pêche et des espèces d'intérêt commercial (langoustes et poissons) des îles Saint-Paul et Amsterdam (Océan Indien), Territoire des Terres Australes et Antarctiques Françaises.

Bon, C., Della Penna, A., d'Ovidio, F., Arnould, J.Y.P., Poupart, T., Bost, C.A. (2015). Influence of oceanographic structures on foraging strategies: Macaroni penguins at Crozet Islands. *Movement Ecology*.

Bost, C. A., Georges, J. Y., Guinet, C., Cherel, Y., Pütz, K., Charrassin, J. B., ...& Le Maho, Y. (1997). Foraging habitat and food intake of satellite-tracked king penguins during the austral summer at Crozet Archipelago. *Marine Ecology Progress Series*, 21-33.

Bost, C.A., Delord, K., Barbraud, C., Cotté, C., Péron, C., Weimerskirch, H., 2015. The King Penguin: Life History, current status and priority conservation actions. In: *Penguins Book*. Eds P. de Boersma & P. G. Borboroglu, University of Washington Press, Washington.

Bost, C.A., Cotté, C., Bailleul, F., Cherel, Y., Charrassin, J.B., Guinet, C., Ainley, D.G., Weimerskirch, H., 2009. The importance of oceanographic fronts to marine birds and mammals of the southern oceans. *Journal of Marine Science*, 78, 363-376.

Charriaud, E., Gamberoni, L. (1987). Observations hydrologiques et flux géostrophiques entre les Kerguelen et Amsterdam. Résultats de la campagne KERAMS 1 (16-20 février 1987). *Rapport Intermédiaire du Laboratoire d'Océanographie Physique du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris*.

Cherel, Y., & Weimerskirch, H. (1999). Spawning cycle of onychoteuthid squids in the southern Indian Ocean: new information from seabird predators. *Marine Ecology Progress Series*, 188, 93-104.

- Cherel, Y., Duhamel, G., & Gasco, N. (2004). Cephalopod fauna of subantarctic islands: new information from predators. *Marine Ecology Progress Series*, 266, 143-156.
- Cotté, C., Park, Y. H., Guinet, C., & Bost, C. A., 2007. Movements of foraging king penguins through marine mesoscale eddies. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274(1624), 2385-2391.
- Cousins, N.J., Priede, I.G., 2012. Abyssal demersal fish fauna composition in two contrasting productivity regions of the Crozet Plateau, Southern Indian Ocean. *Deep-Sea Research Part I :Oceanographic Research Papers*, 64, 71-77.
- Cuzin-Roudy, J., Irisson, J.O., Penot, F., Kawaguchi, S., Vallet, C. (2014). Biogeographic patterns of pelagic and sea-ice biota. *Biogeographic Atlas of the Southern Ocean*, 6, 309-320.
- Basdevant, C., & Philipovitch, T. (1994). On the validity of the “Weiss criterion” in two-dimensional turbulence. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 73(1-2), 17-30.
- CCAMLR, 2009. VME Taxa Classification Guide. 4 p.
- CCAMLR, 2012. Bottom fishing in the Convention Area. *Conservation measure*, 22-06, 1, 2.
- CCAMLR, 2013. Interim measure for bottom fishing activities subject to Conservation Measure 22-06 encountering potential vulnerable marine ecosystems in the Convention Area. *Conservation measure*, 22-07, 1, 2.
- CCAMLR, 2015. Informations sur la pêche INN dans la zone statistique 58 – Evaluation de la pêche INN dans les eaux françaises adjacentes aux îles Kerguelen et Crozet – Rapport des observations et inspections effectuées en zone CCAMLR. Saison 2014/2015. *Délégation française*.
- Clark, M. R., Rowden, A. A., Schlacher, T. A., Guinotte, J., Dunstan, P. K., Williams, A., et al. (2014). Identifying ecologically or biologically significant areas (EBSA): a systematic method and its application to seamounts in the South Pacific Ocean. *Ocean Coast. Manage.* 91, 65–79.
- Deacon, G. E. R. (1983). Kerguelen, antarctic and subantarctic, *Deep Sea Res.*, 30, 77–81.
- De Baar, H. J., De Jong, J. T., Bakker, D. C., Löscher, B. M., Veth, C., Bathmann, U., & Smetacek, V. (1995). Importance of iron for plankton blooms and carbon dioxide drawdown in the Southern Ocean. *Nature*, 373(6513), 412-415.
- De Broyer, C., Koubbi, P., Griffiths, H.J., Raymond, B., Udekem d’Acoz, C. d’, Van de Putte, A.P., Danis, B., David, B., Grant, S., Gutt, J., Held, C., Hosie, G., Huettmann, F., Post, A., Ropert-Coudert, Y. (2014). *Biogeographic Atlas of the Southern Ocean. Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge, XII+498 p.*
- Delépine, R. (1976). Note préliminaire sur la répartition des algues marines aux îles Kerguelen. *CNFRA* 39, 153-159.
- Doty, M. S., & Oguri, M. (1956). The island mass effect. *ICES Journal of Marine Science*, 22(1), 33-37.
- d'Ovidio, F., Della Penna, A., Trull, T.W, Nencioli, F., Pujol, I., Rio, M.H., Park, Y.H., Cotté, C., Zhou, M., Blain, S. (2015). The biogeochemical structuring role of horizontal stirring: Lagrangian perspectives on iron delivery downstream of the Kerguelen plateau. *Biogeosciences* 12, 5567-5581.
- Downey, R.V., Griffiths, H.J., Linse, K., Janussen, D., 2012. Diversity and distribution patterns in high southern latitude sponges. *PLoS One*, 7(7), e41672. doi: 10.1371/journal.pone.0041672.

- Duhamel, G. (1980). *La langouste des îles St Paul et Amsterdam (Jasus Paulensis Heller, 1862): biologie et pêche* (Doctoral dissertation).
- Duhamel, G., Pletikosic, M., 1983. Données biologiques sur les Nototheniidae des Îles Crozet. *Cybium*, 7, 3, 43-57.
- Duhamel, G. (1987). Ichtyofaune des secteurs Indien occidental et Atlantique oriental de l'Océan Austral: biogéographie, cycles biologiques et dynamique des populations. Doct. Etat: Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- Duhamel, G. (1992). Descriptions d'espèces nouvelles de Careproctus et Paraliparis et données nouvelles sur ces genres et le genre Edentoliparis de l'océan Austral (Cyclopteridae, Liparinae). *Cybium*, 16(3), 183-207.
- Duhamel, G. & Hulley, P.A. (1993). Ichtyofaune meso et bathypelagique. In: Duhamel, G. ed. Campagnes SKALP 1987 et 1988 aux îles Kerguelen à bord des navires "SKIF" et "KALPER". Publications de l'Institut Français pour la Recherche et la Technologie Polaires, 93-01, 285-295.
- Duhamel G. (1998). The pelagic fish community of the polar frontal zone off the Kerguelen Islands. Milano - Italia, *Springer-Verlag*.
- Duhamel, G., Gasco, N., Davaine, P. (2005). Poissons des îles Kerguelen et Crozet. Guide régional de l'océan Austral. *Patrimoines Naturels*, 63, 1-419.
- Duhamel, G., & King, N. (2007). Deep-sea snailfish (Scorpaeniformes: liparidae) of genera Careproctus and Paraliparis from the Crozet Basin (Southern Ocean). *Cybium*, 31(3), 379-387.
- Duhamel, G., Hulley, P.A., Causse, R., Koubbi, P., Vacchi, M., Pruvost, P., Vigetta, S., Irisson, J.O., Mormède, S., Belchier, M., Dettai, A., Detrich, H.W., Gutt, J., Jones, C.D., Kock, K.H., Lopez Abellan, L.J., Van de Putte, A.P. (2014). *Biogeographic patterns of fish. Biogeographic Atlas of the Southern Ocean*, 7, 328-362.
- Eastman, J.T., 2005. The nature of the diversity of Antarctic fishes. *Polar Biology*, 28, 93-107. Falkowski, P.G., Ziemann, D., Kolber, Z., Bienfang, P.K., 1991. Role of eddy pumping in enhancing primary production in the ocean. *Nature* 354, 56–58. doi:10.1038/350055a0.
- Falkowski, P. G., & Ziemann, D. (1991). Role of eddy pumping in enhancing primary production in the ocean. *Nature*, 352(6330), 55.
- Gambéroni, L., Geronimi, J., Jeannin, P.F., Murail, J.F. (1982). Study of frontal zones in the Crozet- Kerguelen region. *Oceanol. Acta*, 5, 3, 291-299.
- Griffiths, H.J., Barnes, D.K.A., Linse, K., 2009. Towards a generalized biogeography of the Southern Ocean benthos. *Journal of Biogeography* 36, 162–177. doi:10.1111/j.1365- 2699.2008.01979.x
- Hua, B. L., & Klein, P. (1998). An exact criterion for the stirring properties of nearly two-dimensional turbulence. *Physica D: Nonlinear Phenomena*, 113(1), 98-110.
- Hulley, P.A., 1990. Family Myctophidae. In: *Fishes of the Southern Ocean* (Gon, O., ed.), 146-178. *Grahamstown: J.L.B. Smith Institute of Ichthyology*.
- Jacques, G., & Tréguer, P. (1986). Ecosystèmes pélagiques marins. *Masson*.
- Jeffs A.G., Gardner C., Cockcroft A., 2013. *Jasus* and *Sagmarius* Species. In: B.F. Phillips (Ed.) *Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries*, Second Edition, John Wiley & Sons.

- Jouventin, P. (1996). Le patrimoine biologique des TAAF. *COURRIER DE LA NATURE-PARIS-*, 28-33.
- Koubbi, P., Ibanez, F., Duhamel, G. (1991). Environmental influences on spatio-temporal oceanic distribution of ichthyoplankton around the Kerguelen Islands (Southern Ocean). *Marine Ecology Progress Series*, 72, 3, 225-238.
- Koubbi, P. (1992). L'ichtyoplancton de la partie indienne de la province kerguelenienne (Bassin de Crozet et plateau de Kerguelen) : identification, distribution spatio-temporelle et stratégies de développement larvaire ». *Thèse Univ. Paris VI en Océanologie Biologique*.
- Koubbi, P. (1993). Influence of the frontal zones on ichthyoplankton and mesopelagic fish assemblage in the Crozet Basin (Indian sector of the Southern Ocean). *Polar Biology*, 13: 557-564.
- Koubbi, P., Duhamel, G., Hebert, C. (2001). Seasonal relative abundance of fish larvae inshore at Iles Kerguelen, *Southern ocean. Antarctic Science*, 13,4, 385-392.
- Koubbi, P., Duhamel, G., Harlay, X., Eastwood, P., Durand, I., Park, Y.H. (2003). Distribution of larval *Krefflichthys anderssoni* (Myctophidae, Pisces) at the Kerguelen archipelago (Southern Indian Ocean) modelled using GIS and habitat suitability: 215-223. In: *Antarctic Biology in a global context* (Huiskes et al., eds). Backhyus Publisher, Leiden, NL.
- Duhamel, G., Gasco, N., Davaine, P. (2005). Poissons des îles Kerguelen et Crozet. Guide régional de l'océan Austral. *Patrimoines Naturels*, 63, 1-419.
- Koubbi, P., Hulley, P.A., Raymond B., Penot, F., Gasparini, S., Labat, J.-P., Pruvost P., Mormède, S., Irisson, J.O., Duhamel, G., & Mayzard, P. (2011). Estimating the biodiversity of the sub-Antarctic Indian part for ecoregionalisation: Part I. Pelagic realm of CCAMLR areas 58.5.1 and 58.6. *CCAMLR.WS-MPA-11/11*, 1- 39.
- Koubbi, P., Crawford, R., Alloncle, N., Ameziane, N., Barbraud, C., Besson, D., Bost, C., Delord, K., Duhamel, G., Douglass, L., Guinet, C., Hosie, G., Hulley, P., Irisson, J.O., Kovacs, K., Lagabrielle, E., Leslie, R., Lombard, A.T., Makhado, A., Martinez, C., Mormède, S., Penot, F., Pistorius, P., Pruvost, P., Raymond, B., Reuillard, E., Ringelstein, J., Samaai, T., Tixier, P., Verheye, H.M., Vigetta, S., Von Quillfeldt, C., Weimerskirch, H. (2012). Estimating the biodiversity of Planning Domain 5 (Marion and Prince Edward Islands - Del Cano - Crozet) for ecoregionalisation. *WG-EMM 12/33*.
- Koubbi, P., De Broyer, C., Griffiths, H.J., Raymond, B., Udekem d'Acoz, C. d', Van de Putte, A.P., Danis, B., David, B., Grant, S., Gutt, J., Held, C., Hosie, G., Huettmann, F., Post, A., Ropert-Coudert, Y. (2014). Conclusion. In: De Broyer C., Koubbi P., Griffiths H.J., Raymond B., Udekem d'Acoz C. d', et al. (eds). *Biogeographic Atlas of the Southern Ocean. Scientific Committee on Antarctic Research, Cambridge*, 470- 475.
- Koubbi P., C. Guinet, N. Alloncle, N. Ameziane, C.S. Azam, A. Baudena, C.A. Bost, R. Causse, C. Chazeau, G. Coste, C. Cotté, F. D'Ovidio, K. Delord, G. Duhamel, A. Forget, N. Gasco, M. Hautecoeur, P. Lehodey, C. Lo Monaco, C. Marteau, A. Martin, C. Mignard, P. Pruvost, T. Saucède, R. Sinegre, T. Thellier, A.G. Verdier et H. Weimerskirch (2016a). Ecoregionalisation of the Kerguelen and Crozet islands oceanic zone. Part I: Introduction and Kerguelen oceanic zone. Rapport CCAMLR WG-EMM-16/43.18 juin 2016.
- Koubbi P., C. Mignard, R. Causse, O. Da Silva, A. Baudena, C. Bost, C. Cotté, F. D'Ovidio, A. Della Penna, K. Delord, S. Fabri-Ruiz, M. Ferrieux, C. Guinet, C. Lo Monaco, T. Saucède and H. Weimerskirch (2016b). Ecoregionalisation of the Kerguelen and Crozet islands oceanic zone. Part II: The Crozet oceanic zone. Rapport CCAMLR WG-EMM-16/54.18 juin 2016.
- Lehodey, P., Murtugudde, R., Senina, I. (2010). Bridging the gap from ocean models to population dynamics of large marine predators: a model of mid-trophic functional groups. *Progress in Oceanography*, 84, 69–84.

- Lehodey, P., Conchon, A., Senina, I., Domokos, R., Calmettes, B., Jouanno, J., Hernandez, O., Kloser, R. (2015). Optimization of a micronekton model with acoustic data. – *ICES Journal of Marine Science*, 72, 5, 1399-1412.
- Lutjeharms, J. E., & Valentine, H. R. (1984). Southern Ocean thermal fronts south of Africa. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 31(12), 1461-1475.
- Martin, A., Pruvost, P., 2007. Pecheker, relational database for analysis and management of fisheries and related biological data from the French southern ocean fisheries monitoring scientific programs, Muséum national d'Histoire naturelle.
- Meilland, J., Fabri-Ruiz, S., Koubbi, P., Lo Monaco, C., Cotté, C., Hosie, G.W., Terrien, S., Howa, H. (2015). Planktonic foraminiferal biogeography in the Indian sector of the Southern Ocean: contribution from CPR data. *Deep-Sea Research Part I*. 10.1016/j.dsr.2015.12.014.
- Mongin, M., Molina, E., Trull, T.W. (2008). Seasonality and scale of the Kerguelen plateau phytoplankton bloom: A remote sensing and modeling analysis of the influence of natural iron fertilization in the Southern Ocean. *Deep-Sea Res. II*, 55, 880–892, doi:10.1016/j.dsr2.2007.12.039.
- Muséum National d'Histoire Naturelle, 2015. PIGE 2015. Campagne d'évaluation de la biomasse de poisson des glaces.
- Nielsen, J. G., King, N. J., & MølleR, P. R. (2008). Rare abyssal, ophidiid fishes from off the Crozet Islands, Southern Ocean, with a new species of *Apagesoma* Carter, 1983. *Cybium*, 32(1), 43-50.
- Orsi, A.H., Whitworth, T., Nowlin, W.D. (1995). On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current. *Deep-Sea Research I*, 42, 641–673.
- Pakhomov, E. A., & Froneman, P. W. (2000). Composition and spatial variability of macroplankton and micronekton within the Antarctic Polar Frontal Zone of the Indian Ocean during austral autumn 1997. *Polar Biology*, 23(6), 410-419.
- Park, Y.H., Gambéroni, L., Charriaud, E. (1991). Frontal structure and transport of the Antarctic Circumpolar current in the south Indian Ocean sector, 40-80°E. *Marine Chemistry*, 35, 45-62.
- Park, Y.H., Charriaud, E., Gamberoni, L., Kartavtseff, A. (1993). Rapport de la campagne MD 68/SUZIL effectuée du 12/04 au 20/05/91. Volume 1 : Hydrologie. *Rapport des campagnes à la mer, IFRTP. - 05/1993*, 1, 214 p.
- Park, Y., Charriaud, E., Ruiz-Pino, D., Jeandel, C. (1998). Seasonal and interannual variability of the mixed-layer properties and steric height at station KERFIX, southwest off Kerguelen. *J. Mar. Syst.* 17, 571–586.
- Park, Y.H., Fuda, J.L., Durand, I., Naveira Garabato, A.C. (2008). Internal tides and vertical mixing over the Kerguelen Plateau. *Deep Sea Res., Part II*, 55, 582–593.
- Park, Y.H., Durand, I., Kestenare, E., Rougier, G., Zhou, M., d'Ovidio, F., Cotté, C., Lee, J.H. (2014). Polar Front around the Kerguelen Islands: An up-to-date determination and associated circulation of surface/subsurface waters, *J. Geophys. Res.- Oceans*, 119, 6575–6592, doi:10.1002/2014JC010061.
- Pierrat, B., Saucède, T., Brayard, A., David, B., 2013. Comparative Biogeography of Echinoids, Bivalves, and Gastropods from the Southern Ocean. *Journal of Biogeography*, 40, 1374-1385.
- Planquette, H., Statham, P. J., Fones, G. R., Charette, M. A., Moore, C. M., Salter, I., ...& Mahowald, N. (2007). Dissolved iron in the vicinity of the Crozet Islands, Southern Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 54(18), 1999-2019.

Pollard, R.T., Venables, H.J., Read, J.F., Allen, J.T. (2007). Large-scale circulation around the Crozet Plateau controls an annual phytoplankton bloom in the Crozet Basin. *Deep.Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 54, 1915–1929. doi:10.1016/j.dsr2.2007.06.012.

Quéroué, F., Sarthou, G., Planquette, H. F., Bucciarelli, E., Chever, F., Van Der Merwe, P., ... & D'Ovidio, F. (2015). High variability in dissolved iron concentrations in the vicinity of the Kerguelen Islands (Southern Ocean). *Biogeosciences*, 12(12), 3869-3883.

Rodhouse, P. G., Pierce, G. J., Nichols, O. C., Sauer, W. H., Arkhipkin, A. I., Laptikhovskiy, V. V., ... & Sadayasu, K. (2014). Environmental effects on cephalopod population dynamics: implications for management of fisheries. *Adv. Mar. Biol.*, 67, 99-223.

Sabourenkov E. 1992. Myctophids in the diet of Antarctic predators. *Sel scientific Paper scientific Committee Conservation antarctic marine living Resources 1991:335–368*

Sanial, V., Van Beek, P., Lansard, B., D'Ovidio, F., Kestenare, E., Souhaut, M., Zhou, M., Blain, S. (2014). Study of the phytoplankton plume dynamics off the Crozet Islands (Southern Ocean): A geochemical-physical coupled approach. *J. Geophys. Res. Ocean.* 119, 2227–2237. doi:10.1002/2013JC009305.

Tagliabue, A., Sallée, J. B., Bowie, A. R., Lévy, M., Swart, S., & Boyd, P. W. (2014). Surface-water iron supplies in the Southern Ocean sustained by deep winter mixing. *Nature Geoscience*, 7(4), 314.

Van der Merwe, P., Bowie, A.R., Quéroué, F., Armand, L., Blain, S., Chever, F., Davies, D., Dehairs, F., Planchon, F., Sarthou, G., Townsend, A.T., Trull, T.W. (2015). Sourcing the iron in the naturally fertilized bloom around the Kerguelen Plateau: particulate trace metal dynamics. *Biogeosciences*, 12, 739-755.

### ***Bibliographie de la partie « II.F. Oiseaux et mammifères marins »***

Authier, M., Delord, K., & Guinet, C. (2011). Population trends of female elephant seals breeding on the Courbet Peninsula, îles Kerguelen. *Polar biology*, 34(3), 319-328.

Bailleul, F., Authier, M., Ducatez, S., Roquet, F., Charrassin, J. B., Cherel, Y., & Guinet, C. (2010). Looking at the unseen: combining animal bio-logging and stable isotopes to reveal a shift in the ecological niche of a deep diving predator. *Ecography*, 33(4), 709-719.

Ballance, LT., RL.Pitman & SB. Reilly, (1997). Seabird community structure along a productivity gradient : importance of competition and energetic constraint. *Ecology*, v. 78, p. 1502-1518.

Barbraud C & Delord K (2006) Population census of blue petrels *Halobaena caerulea* at Mayes Island, Iles Kerguelen. *Antarctic Science* 18(2): 199-204.

Barbraud, C., Marteau, C., Ridoux, V., Delord, K., Weimerskirch, H. (2008). Demographic response of a population of white-chinned petrels *Procellaria aequinoctialis* to climate and longline fishery bycatch. *Journal of applied ecology*, 45, 5, 1460-1467.

Barbraud, C., Delord, K., Marteau, C., Weimerskirch, H. (2009). Estimates of population size of white-chinned petrels and grey petrels at Kerguelen Islands and sensitivity to fisheries. *Animal Conservation*, 12, 258–265.

Benoit-Bird, K., Kuletz, K., Heppell, S., Jones, N., Hoover, B. (2011). Active acoustic examination of the diving behaviour of murres foraging on patchy prey. *Marine Ecology Progress Series*, v. 443, p. 217-235.

BORSA, P. 1997. Seasonal trends in the occurrence of marine mammals in the Golfe du Morbihan, Kerguelen Islands. *Marine Mammal Science* 13: 314–316

- Bost, C.-A., Zorn, T., Le Maho, Y., Duhamel, G. (2002). Feeding of diving predators and diel vertical migration of prey: king penguins' diet versus trawl sampling at Kerguelen Islands. *Marine Ecology Progress Series*, v. 227, p. 51-61.
- Bost, C.A., Cotté, C., Terray, P., Barbraud, C., Bon, C., Delord, K., Gimenez, O., Handrich, Y., Naito, Y., Guinet, C., Weimerskirch, H., (2015). Large-scale climatic anomalies affect marine predator foraging behaviour and demography. *Nature Communications*, 6, 8220.
- Buffrénil, V. D., Dzedzic, A., & Robineau, D. (1989). Répartition et déplacements des dauphins de Commerson (*Cephalorhynchus commersonii* (Lacépède, 1804)) dans un golfe des îles Kerguelen; données du marquage individuel. *Canadian Journal of Zoology*, 67(2), 516-521.
- Dzedzic, A., & De Buffrenil, V. (1989). Acoustic signals of the Commerson's dolphin, *Cephalorhynchus commersonii*, in the Kerguelen Islands. *Journal of Mammalogy*, 70(2), 449-452.
- Catard, A., Weimerskirch, H. Cherel, Y. (2000). Exploitation of distant Antarctic waters and closeself-break waters by white-chinned petrels rearing chicks. *Marine Ecology Progress Series*, v. 194, p. 249-261.
- Chaigne, A., Authier, M., Richard, P., Cherel, Y., & Guinet, C. (2013). Shift in foraging grounds and diet broadening during ontogeny in southern elephant seals from Kerguelen Islands. *Marine biology*, 160(4), 977-986.
- Cherel, Y. & Ridoux, V. (1992), Prey species and nutritive value of food fed during summer to king penguin *Aptenodytes patagonica* chicks at Possession Island, Crozet Archipelago. *Ibis*, v. 134, p. 118-127.
- Cherel, Y., Verdon, C. & Ridoux, V. (1993), Seasonal importance of oceanic myctophids in king penguin diet at Crozet Islands. *Polar biology*, v. 13, p. 355-357.
- Cherel, Y., Ridoux, V. & Rodhouse, P. G. (1996). Fish and squid in the diet of king penguin chicks, *Aptenodytes patagonicus*, during winter at sub-Antarctic Crozet Islands: *Marine Biology*, v. 126, p. 559-570.
- Cherel, Y., Weimerskirch, H. & Trouve, C. (2002), Dietary evidence for spatial foraging segregation insympatric albatrosses (*Diomedea spp.*) rearing chicks at Iles Nuageuses, Kerguelen. *Marine Biology*, v.141, p. 1117-1129.
- Cherel, Y., Hobson, K. A., Guinet, C. & Vanpe, C. (2007), Stable isotopes document seasonal changes in trophic niches and winter foraging individual specialization in diving predators from the Southern Ocean. *Journal of animal ecology*, v. 76, no. 4, p. 826-836.
- Cherel, Y., Ducatez, S., Fontaine, C., Richard, P. & Guinet, C. (2008). Stable isotopes reveal the trophic position and mesopelagic fish diet of female southern elephant seals breeding on the Kerguelen Islands: *Marine Ecology-Progress Series*, v. 370, p. 239-247.
- Connan, M., Cherel, Y., Mabile, G. & Mayzaud, P. (2007). Trophic relationships of white-chinned petrels from Crozet Islands: combined stomach oil and conventional dietary analyses. *Marine Biology*, v. 152, p. 95-107.
- Cotté, C., d'Ovidio, F., Dragon, A. C., Guinet, C., & Lévy, M. (2015). Flexible preference of southern elephant seals for distinct mesoscale features within the Antarctic Circumpolar Current. *Progress in Oceanography*, 131, 46-58.
- Delord, K., Cotte, C., Peron, C., Marteau, C., Pruvost, P., Gasco, N., Duhamel, G., Cherel, Y. & Weimerskirch, H. (2010). At-sea distribution and diet of an endangered top predator: links of white chinned petrels with commercial longline fisheries. *Endangered species research*, v. 13, p. 1-16.



- Delord, K., Barbraud, C., Bost, C.A., Cherel, Y., Guinet, C., Weimerskirch, H. (2013). Atlas of top predators from French Southern Territories in the Southern Indian Ocean. *CEBC-CNRS*, 252 p.
- Delord, K., Roudaut, G., Guinet, C., Barbraud, C., Bertrand, S. & Weimerskirch, H. (2015) Kite aerial photography: a low-cost method for monitoring seabird colonies. *J. Field Ornithol.* 86(2):173–179.
- Derenne, P., Lufbery J.X. & Tollu B. (1974) L'avifaune de l'archipel Kerguelen. *Comite National Francais pour la Recherche Antarctique*, 1974, p. 57-97.
- Derenne, P., Mougin, J.L., Steinberg, C. & Voisin, J.F. (1976). Les oiseaux de l'île aux Cochons, archipel Crozet (46°06'S, 50°14'E). *Comite National Francais pour la Recherche Antarctique*, v. 40, p. 107-148.
- Despin B., Mougin J.L., Segonzac M. (1972) Oiseaux et mammifères de l'île de l'Est, archipel Crozet (46°25'S, 52°12'E). *Com Nat Fr Rech Antarct* 31.
- Dragon, A. C., Bar-Hen, A., Monestiez, P., & Guinet, C. (2012). Comparative analysis of methods for inferring successful foraging areas from Argos and GPS tracking data. *Marine Ecology Progress Series*, 452, 253-267.
- Dreux P., Frenot Y., Jouventin P., Massé L. & Verdier O. (1988). First scientific expedition to Ile des Pingouins, Archipel Crozet. *Polar Record*, 24 : 235-238.
- Duriez O., Delord K. (2012). "Manchots, pétrels et albatros : oiseaux des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF)" *Ornithos* 19-3: 162-183.
- Gasco, N., Tixier, P., Duhamel, G., & Guinet, C. (2015). Comparison of two methods to assess fish losses due to depredation by killer whales and sperm whales on demersal longlines. *CCAMLR Science*, 22, 1-14.
- Guinet, C. (1991). Intentional stranding apprenticeship and social play in killer whales (*Orcinus orca*). *Canadian Journal of Zoology*, 69(11), 2712-2716.
- Guinet, C., Jouventin, P., & Weimerskirch, H. (1992). Population changes, movements of southern elephant seals on Crozet and Kerguelen Archipelagos in the last decades. *Polar Biology*, 12(3), 349-356.
- Guinet, C., Jouventin, P. & Malacamp, J. (1995). Satellite remote sensing in monitoring change of seabirds: use of Spot Image in king penguin population increase at Ile aus Cochons, Crozet Archipelago: *Polar biology*, v. 15, p. 511-515.
- Guinet, C., Cherel, Y., Ridoux, V. & Jouventin, P. (1996). Consumption of marine resources by seabirds and seals in Crozet and Kerguelen waters: Changes in relation to consumer biomass 1962-65: *Antarctic science*, v. 8, no. 1, p. 23-30.
- Guinet, C., Jouventin, P. & Weimerskirch, H. (1999). Recent population change of the southern elephant seal at îles Crozet and îles Kerguelen: the end of the decrease? *Antarctic Science*, 11, (2), 193-197.
- Guinet, C., Dubroca, L., Lea, M.A., Goldsworthy, S., Cherel, Y., Duhamel, G., Bonadonna, F. & Donnay, J.P. (2001). Spatial distribution of foraging in female Antarctic fur seals *Arctocephalus gazella* in relation to oceanographic variables: a scale-dependent approach using geographic information systems. *Marine Ecology-Progress Series*, v. 219, p. 251-264
- Guinet, C., Vacqu  -Garcia, J., Picard, B., Bessigneul, G., Lebras, Y., Dragon, A. C., ...& Bailleul, F. (2014). Southern elephant seal foraging success in relation to temperature and light conditions: insight into prey distribution. *Marine Ecology Progress Series*, 499, 285-301.
- Hindell, M. A., McMahon, C. R., Bester, M. N., Boehme, L., Costa, D., Fedak, M. A. & Kovacs, K. M. (2016). Circumpolar habitat use in the southern elephant seal: implications for foraging success and population trajectories. *Ecosphere*, 7(5).

- Laborie J. (2017). Estimation de la population reproductrice totale d'éléphant de mer (*Mirounga leonina*) sur l'archipel de Kerguelen. *Rapport de stage. Centre d'études biologiques de Chizé*. 10 p.
- Labrousse, S., Vacquié-Garcia, J., Heerah, K., Guinet, C., Sallée, J. B., Authier, M., ... & Charrassin, J. B. (2015). Winter use of sea ice and ocean water mass habitat by southern elephant seals: The length and breadth of the mystery. *Progress in Oceanography*, 137, 52-68.
- Jouventin, P., Stahl, J.C., Weimerskirch, H., Mougin, J.L. (1984). The seabirds of the french subantarctic islands & Adelie Land, their status and conservation. Publié dans *Croxall*, J. P., Evans, P. G. H., and Schreiber, R. W., *Status and conservation of the world's seabirds*, 609-625
- Lea, M. A., & Dubroca, L. (2003). Fine-scale linkages between the diving behaviour of Antarctic fur seals and oceanographic features in the southern Indian Ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 60(5), 990-1002.
- Montorio, L. (2012). Variations à moyen terme des performances démographiques d'une population de pinnipèdes: effets de la densité dépendance. *Rapport de stage. Centre d'études biologiques de Chizé*. 44 p.
- Mougin, J.L. (1985) Pétrels, Pétrels-tempête et Pétrels plongeurs de l'île de Croz, îles Nuageuses, archipel des Kerguelen (48°38'15"S, 68°38'30"E). *L'Oiseau et RFO* 55:313-349
- O'Toole, M., Hindell, M. A., Charrassin, J. B., & Guinet, C. (2014). Foraging behaviour of southern elephant seals over the Kerguelen Plateau. *Marine Ecology Progress Series*, 502, 281-294.
- Phillips, R. A., Gales, R., Baker, G. B., Double, M. C., Favero, M., Quintana, F. & Wolfaardt, A. (2016). The conservation status and priorities for albatrosses and large petrels. *Biological Conservation*, 201, 169-183.
- Piatt, J. F. & Sydeman, W.J. (2007). Seabirds as indicators of marine ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, v. 352, p. 199-309.
- Poncelet, É. R. I. C., Barbraud, C. H. R. I. S. T. O. P. H. E., & Guinet, C. H. R. I. S. T. O. P. H. E. (2010). Population dynamics of killer whales (*Orcinus orca*) in the Crozet Archipelago, southern Indian Ocean: a mark-recapture study from 1977 to 2002. *Journal of Cetacean Research and Management*, 11, 41-48.
- Ridoux, V. (1994). The diets and dietary segregation of seabirds at the subantarctic Crozet Islands: *Marine Ornithology*, v. 22, p. 1-192.
- Robineau, D. (1989). Les cétacés des îles Kerguelen. *Mammalia*, 53(2), 265-278.
- Robineau, D., & Duhamel, G. (2006). Nouvelles données sur les cétacés des îles Kerguelen/New data on cetaceans of the Kerguelen Islands. *Mammalia*, 70(1-2), 28-39.
- Robineau, D., Goodall, R. N. P., Pichler, F., & Baker, C. S. (2007). Description of a new subspecies of Commerson's dolphin, *Cephalorhynchus commersonii* (Lacépède, 1804), inhabiting the coastal waters of the Kerguelen Islands. *Mammalia*, 71(4), 172-180.
- Roche, C., Guinet, C., Gasco, N., & Duhamel, G. (2007). Marine mammals and demersal longline fishery interactions in Crozet and Kerguelen Exclusive Economic Zones: an assessment of depredation levels. *CCAMLR Science*, 14, 67-82.
- Savouré-Soubelet, A., Aulagnier, S., Haffner, P., Moutou, F., Van Canneyt, O., Charrassin, J.-B. & Ridoux, V. (coord.), (2016). Atlas des mammifères sauvages de France, Volume 1 : Mammifères marins. *Museum d'Histoire naturelle, Paris ; IRD, Marseille, 480p. (Patrimoines naturels ; 74)*
- Segonzac, M. (1972). Données récentes sur la faune des îles Saint-Paul et Nouvelle Amsterdam. *L'Oiseau et RFO* 42:3-68

- Thiers, L., Delord, K., Bost, C.A., Guinet, C., Weimerskirch, H., 2016. Important marine sectors for the top predator community around Kerguelen Archipelago. *Polar Biology*.
- Tixier, P., Gasco, N., Duhamel, G., Viviant, M., Authier, M., & Guinet, C. (2010). Interactions of Patagonian toothfish fisheries with killer and sperm whales in the Crozet islands Exclusive Economic Zone: an assessment of depredation levels and insights on possible mitigation strategies. *CCAMLR Science*, 17, 179-195.
- Tixier, P., Gasco, N., & Guinet, C. (2014). Killer whales of the Crozet Islands: photoidentification catalogue 2014. *Villiers en Bois: Centre d'Etudes Biologiques de Chizé-CNRS*. doi, 10, m9.
- Tollu, B. (1984). La Quille (île Saint-Paul, Océan Indien), sanctuaire de populations relictées. *L'Oiseau et RFO* 54:79-85
- Derenne, P., Mouglin, J. L., Steinberg, C., & Voisin, J. F. (1976). *Les oiseaux de l'île aux Cochons, archipel Crozet (46°06'S, 50°14'E)*.
- Voisin, J.-F. (1984). Observations on the birds and mammals of île aux Cochons, Crozet islands, in February 1982. *S. Afr. Nav. Antarct. Res.* 14:11-17.
- Weimerskirch, H., Zotier, R., Jouventin, P. (1989). The avifauna of the Kerguelen islands. *Emu*, 89, 15-29.
- Weimerskirch, H., Cherel, Y., Delord, K., Jaeger, A., Patrick, S. C., & Riotte-Lambert, L. (2014). Lifetime foraging patterns of the wandering albatross: life on the move!. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 450, 68-78.
- Whitehead, H. (2002). Estimates of the current global population size and historical trajectory for sperm whales. *Marine Ecology Progress Series*, 242, 295-304.
- Wilson, R. P., Culik, B.M., Bannasch, R., & Lage, J. (1994), Monitoring Antarctic environmental variables using penguins: *Marine Ecology Progress Series*, 106, 199-202.

### ***Bibliographie de la partie III.A. « Activités anthropiques »***

- Branch T.A., Abubaker E.M.N., Mkango S. & Butterworth D.S. (2007). Separating southern blue whale subspecies based on length frequencies of sexually mature females. *Marine Mammal Science* 23(4), 803-33.
- Convey, P., & Lebouvier, M. (2009). Environmental change and human impacts on terrestrial ecosystems of the sub-Antarctic islands between their discovery and the mid-twentieth century. In *Papers and proceedings of the royal society of Tasmania* (Vol. 143, No. 1, pp. 33-44).
- Eleaume M., Moreau C., Laffargue P., Hemmery L., Hauteceur M., Gasco N., Martin A., Chai N., Mah C., Ameziane N., (2011). Caractérisation et distribution des assemblages benthiques du plateau de Kerguelen. Rapport Poker 2
- Frenot Y., Gloaguen J.C., Massé L. & Lebouvier M., 2001. Human activities, ecosystem disturbance and plant invasions in subantarctic Crozet, Kerguelen and Amsterdam Islands. *Biological Conservation*, 101: 33-50.
- Ichihara, T. (1961). *Blue whales in the waters around Kerguelen Island*. *Norsk Hvalfangst-Tidende* 50(1):1-20.
- Ichihara, T. (1963). Identification of the pigmy blue whale in the Antarctic. *Norsk Hvalfangst-Tidende* 52(6):128-130.

Ichihara, T. (1966). The pygmy blue whale, *Balaenoptera musculus brevicauda*, a new subspecies from the Antarctic. Pages 79-111 in K. S. Norris, editor. *Whales, dolphins, and porpoises*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles.

Savours, A. (2009). PHOQUIERS DE LA DÉSOLATION: LA CHASSE AUX ÉLÉPHANTS DE MER AUX ÎLES KERGUELEN PAR LES NAVIRES-USINES FRANÇAIS (1925-1931). Arnaud Patrick, Beurois Jean, Couesnon Pierre, et Le Mouël Jean-François (2007). : privately published. 268 p, illustrated, soft cover. ISBN 978-2-9530233-0-5. € 21.00. *Polar Record*, 45(3), 277-278.

Tonnessen, J.N. and Johnsen, A.O. (1982). The history of modern whaling. *Hurst, London & Austr. Nat. Univ. Press, Camberra:1-798*

Wray, P. and Martin, K.R. (1983). Historical whaling records from the western Indian Ocean. *Rep. Int. Whal. Commn. (Special issue 5)* 218-42

Zemsky, V.A., Berzin, A.A., Mikhailiev, Y.A. and Tormosov, D.D. (1995). Soviet Antarctic pelagic whaling after WWII: review of actual catch data. *Rep Int Whal Commn* 45:131-135.

Zemsky, V.A., Mikhailiev, Y.A. and Berzin, A.A. (1996). Supplementary information about Soviet whaling in the Southern Hemisphere. *Rep Int Whal Commn* 46:131-138.

Zemsky, V.A. and Sazhinov, E.G. (1982). Distribution and current abundance of pygmy blue whales. Pages 53-70 in V. A. Arsen'ev, editor. *Marine Mammals*. All-Union Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography, Moscow. Translated by V.S. Gurevich in February 1994, translation edited by M.A. Donahue and R.L. Brownell, Jr., as

#### ***Bibliographie de la partie « IV.B. Les impacts potentiels liés aux usages humains/la fréquentation »***

Bost, C. A., Guinet, C., Lequette, B., & Weimerskirch, H. (2003). Un sanctuaire sauvage. *Sous les quarantièmes rugissants*, 1-208.

Chown, S. L., Huiskes, A. H., Gremmen, N. J., Lee, J. E., Terauds, A., Crosbie, K., ... & Lebouvier, M. (2012). Continent-wide risk assessment for the establishment of nonindigenous species in Antarctica. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(13), 4938-4943.

Convey, P., & Lebouvier, M. (2009). Environmental change and human impacts on terrestrial ecosystems of the sub-Antarctic islands between their discovery and the mid-twentieth century. In *Papers and proceedings of the royal society of Tasmania* (Vol. 143, No. 1, pp. 33-44).

Delord, K., Gasco, N., Barbraud, C., & Weimerskirch, H. (2010). Multivariate effects on seabird bycatch in the legal Patagonian toothfish longline fishery around Crozet and Kerguelen Islands. *Polar biology*, 33(3), 367-378.

Duhamel, G., & Williams, R. (2011). History of whaling, sealing, fishery and aquaculture trials in the area of the Kerguelen Plateau. *The Kerguelen Plateau: marine ecosystem and fisheries, 2011*, 15-28.

Duhamel, G., Pruvost, P., Bertignac, M., Gasco, N., & Hautecoeur, M. (2011). Major fishery events in Kerguelen Islands: *Notothenia rossi*, *Champscephalus gunnari*, *Dissostichus eleginoides*-Current distribution and status of stocks. *The Kerguelen Plateau: Marine Ecosystem and Fisheries* (eds Duhamel G., Welsford DC), 275-286.

Guinet, C., Tixier, P., Gasco, N., & Duhamel, G. (2014). Long-term studies of Crozet Island killer whales are fundamental to understanding the economic and demographic consequences of their depredation behaviour on the Patagonian toothfish fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 72(5), 1587-1597.

Hughes, K. A., Lee, J. E., Tsujimoto, M., Imura, S., Bergstrom, D. M., Ware, C., ... & Bridge, P. D. (2011). Food for thought: risks of non-native species transfer to the Antarctic region with fresh produce. *Biological Conservation*, 144(5), 1682-1689.

Paulian, P. (1956). Exploitation, destruction et protection des pinnipèdes.

Pascal, M. (1979). Essai de dénombrement de la population d'éléphants de mer (*Mirounga leonina* (L.)) des îles Kerguelen (49° S, 69° E). *Mammalia*, 43(2), 147-160.

Reygondeau, G., Longhurst, A., Martinez, E., Beaugrand, G., Antoine, D., & Maury, O. (2013). Dynamic biogeochemical provinces in the global ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 27(4), 1046-1058.

Sullivan et al., 2009

Tixier, P., Gasco, N., Duhamel, G., Viviant, M., Authier, M., & Guinet, C. (2010). Interactions of Patagonian toothfish fisheries with killer and sperm whales in the Crozet islands Exclusive Economic Zone: an assessment of depredation levels and insights on possible mitigation strategies. *CCAMLR Science*, 17, 179-195.

Zimmermann, M. (1909). Exploitation des îles australes. In *Annales de Géographie* (Vol. 18, N° 102, pp. 471-472). *Persée-Portail des revues scientifiques en SHS*.

#### ***Bibliographie de la partie « IV.C. Changement climatique »***

Adams, N. J., & Klages, N. T. (1989). Temporal variation in the diet of the gentoo penguin *Pygoscelis papua* at sub-Antarctic Marion Island. *Colonial Waterbirds*, 30-36.

Allan EL, Froneman PW, Durgadoo JV, McQuaid CD, Ansorge IJ and Richoux NB. (2013). Critical indirect effects of climate change on sub-Antarctic ecosystem functioning. *Ecology and Evolution* 3(9): 2994–3004. doi:10.1002/ece3.678

Ansorge IJ, Durgadoo JV and Pakhomov EA. (2009). Dynamics of physical and biological systems of the Prince Edward Islands in a changing climate. *Papers and Proceedings of the Tasmanian Royal Society*. 143: 15-18.

Ansorge IJ, Durgadoo JV and Treasure AM. (2014). Sentinels to climate change. The need for monitoring at South Africa's Subantarctic laboratory. *South African Journal of Science* 110(1/2), Art. #a0044, 4 pages. doi: org/10.1590/sajs.2014/a0044

Barbraud, C., Rivalan, P., Inchausti, P., Nevoux, M., Rolland, V., & Weimerskirch, H. (2011). Contrasted demographic responses facing future climate change in Southern Ocean seabirds. *Journal of Animal Ecology*, 80(1), 89-100.

Barbraud, C., Bost, C. A., Cherel, Y., Delord, K., Guinet, C., Jenouvrier, S., & Weimerskirch, H. (2015). Changement climatique: Impacts sur les écosystèmes marins en Antarctique et Subantarctique. *Le Courrier de la Nature*, 291, 30-37.

Berthier E., Le Bris R., Mabileau L., Testut L. & Frédérique R., (2009). Ice wastage on the Kerguelen Islands (49° S, 69°E) between 1963 and 2006, *Journal of Geophysical Research-Earth surface*, 114, F03005, doi:10.1029/2008JF001192

- Bost, C. A., Koubbi, P., Genevois, F., Ruchon, L., & Ridoux, V. (1994). Gentoo penguin *Pygoscelis papua* diet as an indicator of planktonic availability in the Kerguelen Islands. *Polar Biology*, 14(3), 147-153.
- Bost, C. A., Jaeger, A., Huin, W., Koubbi, P., Halsey, L. G., Hanuise, N., & Handrich, Y. (2008). Monitoring prey availability via data loggers deployed on seabirds: advances and present limitations. In *Fisheries for Global Welfare and Environment Memorial book of the 5th World Fisheries Congress* (pp. 121-137).
- Bost, C. A., Cotté, C., Terray, P., Barbraud, C., Bon, C., Delord, K., ... & Weimerskirch, H. (2015). Large-scale climatic anomalies affect marine predator foraging behaviour and demography. *Nature communications*, 6.
- Brierley, A., Watkins, J., & Murray, A. (1997). Interannual variability in krill abundance at South Georgia. *Marine Ecology Progress Series*, 150(1/3), 87-98.
- Chapuis, J. L., Le Roux, V., Asseline, J., Lefevre, L., & Kerleau, F. (2001). Eradication of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) by poisoning on three islands of the subantarctic Kerguelen Archipelago. *Wildlife Research*, 28(3), 323-331.
- Chapuis, J. L., Frenot, Y., & Lebouvier, M. (2004). Recovery of native plant communities after eradication of rabbits from the subantarctic Kerguelen Islands, and influence of climate change. *Biological Conservation*, 117(2), 167-179.
- Convey, P., Frenot, Y., Gremmen, N., & Bergstrom, D. M. (2006). Biological invasions. In *Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic Ecosystems* (pp. 193-220). Springer Netherlands.
- David, B., & Saucède, T. (2015). *Biodiversité de l'océan Austral-Laboratoire naturel pour l'évolution* (p. 158). ISTE éditions.
- Favier, V., Verfaillie, D., Berthier, E., Menegoz, M., Jomelli, V., Kay, J. E., Ducret, L., Malbêteau, Y., Brunstein, D., Gallée, H., Park, Y. H. and Rinterknecht V., Atmospheric drying as the main driver of dramatic glacier wastage in the southern Indian Ocean. *Sci. Rep.* 6, 32396; doi: 10.1038/srep32396 (2016)
- Féral, J. P., Saucède, T., Poulin, E., Marschal, C., Marty, G., Roca, J. C., ... & Beurier, J. P. (2016). PROTEKER: implementation of a submarine observatory at the Kerguelen Islands (Southern Ocean). *Underwater Technology*, 34(1).
- Frenot Y., Gloaguen J.C., Picot G., Bougère J. & Benjamin D. (1993). Azorella selago Hook. used to estimate glacier fluctuations and climatic history in the Kerguelen Islands over the last two centuries. *Oecologia*, 95 : 140-144.
- Frenot Y., Gloaguen J.C., Massé L. & Lebouvier M. (2001). Human activities, ecosystem disturbance and plant invasions in subantarctic Crozet, Kerguelen and Amsterdam Islands. *Biological Conservation*, 101: 33-50.
- IPCC, (2014) : Climate Change 2014 : Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, T.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)). IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC (2014) : Rhein, M., Rintoul, S.R., Aoki, S., Campos, E., Chambers, D., Feely, R.A., Gulev, S., Johnson, G.C., Josey, S.A., Kostianoy, A., Mauritzen, C., Roemmich, D., Talley, L.D., Wang, F., (2013) : Observations : Ocean. In : Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on climate Change [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Kargel JS, Bush ABG, Cogley JG, Leonard GJ, Raup BH, Smiraglia C, Pecci M and Ranzi R., 2014. A world of changing glaciers: Summary and climatic context. In: *Global Land Ice Measurements from Space*, Kargel JS,

- Leonard GJ, Bishop MP, Käab A and Raup BH. (eds.). Berlin Heidelberg: Springer. 781-840. doi: 10.1007/978-3-540-79818-7\_33.
- Koubbi, P., Reygondeau, G., De Broyer, C., Constable, A., Cheung, W. (2015). Océan et Climat – Fiches scientifiques. [www.ocean-climate.org](http://www.ocean-climate.org)
- Le Bohec, C., Durant, J. M., Gauthier-Clerc, M., Stenseth, N. C., Park, Y. H., Pradel, R., ... & Le Maho, Y. (2008). King penguin population threatened by Southern Ocean warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(7), 2493-2497.
- Lebouvier M., Chapuis J.-L. & Frenot Y. (2009). Invasions au-delà des 40èmes rugissants. Dossier Pour La Science N° 65, octobre-décembre 2009 : 72-75.
- Le Maho, Y., Gendner, J. P., Challet, E., Bost, C. A., Gilles, J., Verdon, C., ... & Handrich, Y. (1993). Undisturbed breeding penguins as indicators of changes in marine resources. *Marine Ecology Progress Series*, 1-6.
- Le Roux PC and McGeoch MA. (2008). Changes in climate extremes, variability and signature on sub-Antarctic Marion Island. *Climatic Change* 86: 309-329. doi: 10.1007/s10584-007-9259-y
- Longhurst, A.R., 2007. Ecological Geography of the Sea.
- Mélice JL, Lutjeharms JRE, Rouault M, Ansorge IJ., 2003. Sea-surface temperatures at the sub-Antarctic islands Marion and Gough during the past 50 years. *South African Journal of Science* 99: 363-366.
- Onerc, (2009). Impacts du changement climatique dans les îles subantarctiques. *Rapport Technique N°2 de l'ONERC*. Février 2009.
- Pendlebury SF and Barnes-Keoghan LP. (2007). Climate and climate change in the sub-Antarctic. *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania* 141(1): 67-82
- Phillips, R. A., Gales, R., Baker, G. B., Double, M. C., Favero, M., Quintana, F., ... & Wolfaardt, A. (2016). The conservation status and priorities for albatrosses and large petrels. *Biological Conservation*, 201, 169-183.
- Reygondeau, G., Longhurst, A., Martinez, E., Beaugrand, G., Antoine, D., & Maury, O. (2013). Dynamic biogeochemical provinces in the global ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 27(4), 1046-1058.
- Rolland, V., Barbraud, C., & Weimerskirch, H. (2009). Assessing the impact of fisheries, climate and disease on the dynamics of the Indian yellow-nosed albatross. *Biological Conservation*, 142(5), 1084-1095.
- Scheffer, A., Trathan, P. N., Edmonston, J. G., & Bost, C. A. (2016). Combined influence of meso-scale circulation and bathymetry on the foraging behaviour of a diving predator, the king penguin (*Aptenodytes patagonicus*). *Progress in Oceanography*, 141, 1-16.
- Smith VR., 2002. Climate change in the sub-Antarctic: An illustration from Marion Island. *Climatic Change* 52: 345–357. doi:10.1023/A:1013718617277.
- Vallon, M. (1977). Topographie sous glaciaire du glacier Ampère (Îles Kerguelen, TAAF). *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 13, 37-55.
- Weimerskirch, H., Inchausti, P., Guinet, C., & Barbraud, C. (2003). Trends in bird and seal populations as indicators of a system shift in the Southern Ocean. *Antarctic Science*, 15(2), 249-256.
- Weimerskirch, H. (2004). Diseases threaten southern ocean albatrosses. *Polar Biology*, 27(6), 374-379.

Weimerskirch H., Louzao M., de Grissac S. & Delord K. (2012). Changes in wind pattern alter albatross distribution and life history trait. *Science* 335, 211-214.

***Bibliographie « Valeur de la RNN et enjeux »***

Hauck, J., Völker, C., Wolf-Gladrow, D. A., Laufkötter, C., Vogt, M., Aumont, O., ... & Gruber, N. (2015). On the Southern Ocean CO<sub>2</sub> uptake and the role of the biological carbon pump in the 21st century. *Global Biogeochemical Cycles*, 29(9), 1451-1470.

INSEE. (2002). L'impact économique des TAAF à La Réunion : environ 200 emplois et l'essentiel de la pêche. *Economie de La Réunion n°113*, 3<sup>ème</sup> trimestre 2002.



## VIII. Table des illustrations

### VIII.A. Cartes

Carte 1. Localisation des Terres australes françaises .....	15
Carte 2. Géographie de l'archipel de Crozet .....	16
Carte 3. Géographie de l'archipel de Kerguelen.....	17
Carte 4. Géographie de l'île d'Amsterdam .....	18
Carte 5. Géographie de l'île de Saint-Paul.....	19
Carte 6. Régimes de protection de l'archipel de Crozet.....	41
Carte 7 : Régimes de protection de Kerguelen.....	42
Carte 8. Régimes de protection de Saint-Paul et Amsterdam.....	43
Carte 9. Croquis topographique IGN de l'île des Pingouins : IGN 4450 C .....	56
Carte 10. Croquis topographique IGN des îlots des Apôtres, IGN 4450 C (TAAF : Cochon/apôtres/Pingouins, 1986).....	56
Carte 11. Carte topographique de l'île aux Cochons : IGN 4450 C (TAAF : Cochon/apôtres/Pingouins, 1986) .....	57
Carte 12. Carte géologique simplifiée de l'île de l'Est. D'après schéma de Lameyre et Nougier (1982) modifiée par Michon (2005), mettant notamment en évidence la prolongation des grandes fractures vues à terre avec les grandes failles des fonds marins.....	58
Carte 13. Extrait de la carte de reconnaissance IGN à 1/50 000 (1964) et MR TAAF 1986 de l'île de La Possession (archipel Crozet).....	59
Carte 14. Carte géologique simplifiée de La Possession d'après Chevalier et Nougier, 1981, modifiée par Michon (2005) <a href="http://www.univ-st-etienne.fr/iaaf/">http://www.univ-st-etienne.fr/iaaf/</a> .....	60
Carte 15. Modèle Numérique de Terrain avec report de la géologie de l'île de La Possession (Michon 2005) <a href="http://www.univ-st-etienne.fr/iaaf/">http://www.univ-st-etienne.fr/iaaf/</a> .....	61
Carte 16. (à gauche) : Les îles Kerguelen dans l'Océan Indien situées à l'extrémité Nord du vaste plateau appartenant à la portion de la plaque Antarctique comprise entre les rides médio-océaniques SW et SE indiennes ; (à droite) : carte géologique simplifiée des îles Kerguelen (d'après Nougier, 1970, Michon, 2000).....	63
Carte 17. Carte géologique des îles Kerguelen (à partir de la carte 1/100 000 de Michon, Cottin, Giret (inédite) représentation schématique in Richet et al. 2007) (cf. légendes ci-dessous) .....	65
Carte 18. Topographie des îles Kerguelen. Les quatre principales zones couvertes de glace sont représentées ainsi que la station de Port-aux-Français. Le globe identifie l'archipel dans la zone Sud de l'Océan Indien (Berthier et al., 2009).....	69
Carte 19. Péninsule Rallier du Baty (photos G. Michon 2001) .....	77
<b>Carte 20: Carte des sols de l'île Verte.</b> .....	79
<b>Carte 21 : Carte des sols de l'île Guillou. Source : Chapuis et al. 2000a</b> .....	80
Carte 22. Extrait de la carte topographique IGN d'Amsterdam-Saint-Paul.....	82
Carte 23. Carte des sols de l'île Amsterdam.....	84
Carte 24. Extrait de la carte topographique IGN Amsterdam-Saint-Paul.....	85
Carte 25. Carte géologique d'Amsterdam .....	87
Carte 26 : Carte géologique schématique de Saint-Paul. ....	88
Carte 27 : Ile de la Possession, réseau hydrographique, carte IPEV136 d'après la carte de reconnaissance IGN au 1/50 000 (levés de 1964) .....	89
Carte 28. Îles Kerguelen ; réseau hydrographique et principaux lacs. ....	90
Carte 29. Localisation des observations de <i>Lyallia kerguelensis</i> DANS LE GOLFE DU MORBIHAN à Kerguelen	96
Carte 30. Localisation des observations de <i>Pringlea antiscorbutica</i> réalisées sur l'archipel de Kerguelen ....	97
Carte 31. Localisation des observations de <i>Poa cookii</i> réalisées sur l'archipel de Kerguelen.....	97
Carte 32. Localisation des observations de <i>Poa kerguelensis</i> réalisées sur l'archipel de Kerguelen .....	98

Carte 33. Localisation des observations de <i>Colobanthus kerguelensis</i> réalisées sur l'archipel de Kerguelen (données RN-TAF et IPEV 136) .....	99
Carte 34. Localisation des observations de <i>Ranunculus moseleyi</i> réalisées sur l'archipel de Kerguelen (données RN-TAF et IPEV 136) .....	99
Carte 35 : Répartition de la souris domestique à Kerguelen en 2012.....	135
Carte 36 : Répartition de la souris domestique ( <i>Mus musculus</i> ) domestique au sein des îles du golfe du Morbihan, Kerguelen (en 2016) .....	136
Carte 37 : Répartition du rat noir à Kerguelen .....	137
Carte 38 : Répartition du rat noir au sein des îles du Golfe du Morbihan Kerguelen .....	137
Carte 39 : Répartition du lapin à Kerguelen en 2017 .....	138
Carte 40 : Répartition du lapin au sein des îles du golfe du Morbihan à Kerguelen .....	138
Carte 41 : Répartition du chat haret sur Kerguelen .....	139
Carte 42 : Distribution du renne sur l'Archipel de Kerguelen .....	140
Carte 43. Distribution des rivières colonisées par les diverses espèces de salmonidés (en vert), ou encore vierges (en rouge) ou au statut incertain (blanc) en 2012 (Labonne et al., 2013).....	147
Carte 44 : Carte bathymétrique et océanographique des Terres australes françaises.....	152
Carte 45 : Les écorégions pélagiques à Crozet .....	156
Carte 46 : Les écorégions pélagiques à Kerguelen .....	159
Carte 47. Frayères et nurseries des principales espèces commerciales à Kerguelen .....	173
Carte 48. Les écorégions benthiques à Kerguelen .....	177
Carte 49. Les écorégions marines à Crozet .....	181
Carte 50. Les écorégions de Kerguelen priorisées selon leur valeur écologique. ....	185
Carte 51. Carte des colonies de manchots et gorfous sur l'île de la Possession (Crozet) – Données collectées par le programme IPEV-109 (CEBC-CNRS) et la Réserve naturelle dans le cadre du premier plan de gestion .....	195
Carte 52. Carte des colonies de gorfou macaroni et mixtes dans le nord de Kerguelen – Campagne d'été 2011-2012.....	198
Carte 53. Carte des colonies de manchot royal à Kerguelen – Données collectées par le programme IPEV-109 (CEBC-CNRS) et la Réserve naturelle dans le cadre du premier plan de gestion .....	199
Carte54. Carte des colonies de gorfous sauteur subantarctique dans le Golfe du Morbihan – Campagne d'été 2014-2015 .....	200
Carte55. Carte des colonies de manchot papou dans l'est de l'archipel de Kerguelen – Données collectées par le programme IPEV-109 (CENC-CNRS) (péninsule Courbet, 2007) et la Réserve naturelle (golfe du Morbihan, septembre-octobre 2010). ....	200
Carte 56. Carte des colonies d'albatros à Kerguelen – Données collectées par le programme IPEV 109 (CEBC-CNRS) et la RNN TAF (données acquises entre 2012 et 2016) .....	201
Carte 57. Carte de répartition des observations de petit bec-en-fourreau réalisées en 2014/2015 dans le Golfe du Morbihan à Kerguelen. ....	202
Carte 58. Carte de répartition des observations de goéland dominicain réalisées en 2014/2015 dans le Golfe du Morbihan à Kerguelen.....	203
Carte59. Carte de répartition des colonies de cormoran de Kerguelen réalisée en 2011/2012 dans le nord de Kerguelen.....	204
Carte60. Carte de répartition des colonies de cormoran de Kerguelen réalisée en 2014/2015 dans le Golfe du Morbihan à Kerguelen.....	204
Carte 61. Distribution en mer observée des manchots royaux adultes de Kerguelen et Crozet (île de la Possession). La couleur indique le pourcentage de temps passé par carré de 1°. Le front subtropical est représenté en gris foncé et le front polaire est représenté en gris clair (Source : Delord et al. 2013). ....	207
Carte 62. Distribution de zones d'alimentation d'albatros hurleurs mâles et femelles à différents stades de développement (Source : Weimerskirch et al. ,2014).....	209
Carte 63. Probabilité de présence prédite des colonies d'Albatros à sourcils noirs de (a) Canyon des Sourcils Noir, (b) Cap Français, (c) Heard et MacDonald. Les contours du plateau de Kerguelen/Heard (lignes continues) et du Front Polaire (lignes pointillées) sont représentées (Source : Thiers et al., 2016). ....	210

Carte 64. Distribution en mer observée des pétrels à menton blanc de Kerguelen et Crozet (île de la Possession). La couleur indique le pourcentage de temps passé par carré de 1°. Le front subtropical est représenté en gris foncé et le front polaire est représenté en gris clair (Source : Delord et al. 2013). .....	211
Carte 65. Comparaison des distribution des pétrels à menton blanc (en violet) et des bateaux de pêche à la légine (en orange) durant la période d'incubation des oiseaux en 2008 (a) et la période d'élevage des jeunes en 2006 (b). La colonie d'étude à Kerguelen est située par une étoile blanche(Source : Delord et al. 2010). .....	212
Carte 66. Carte de temps passé par secteur (TPPS) cumulé standardisé pour les 9 espèces suivies dans les environs de Kergueen (Source : Thèse de Thiers, 2015) .....	213
Carte 67. Carte de la moyenne des prédictions de présence pour les 4 espèces (grand albatros, manchot royal, albatros à sourcils noirs, otarie à fourrure) de l'archipel de Kerguelen (Source : Thiers et al. 2016). 213	
Carte 68. Localisation des colonies de pinnipèdes dans l'est de Kerguelen .....	217
Carte 69. Localisation des colonies de pinnipèdes sur l'île de la Possession – Crozet.....	217
Carte 70. Répartition et effectifs des femelles reproductrices connues sur l'archipel des Kerguelen (à droite) et localisation des zones des zones favorables à la reproduction des éléphants de mer pour lesquelles les effectifs ne sont pas connus (en bas à gauche, polygones rouges). Source : Laborie, 2017. ....	219
Carte 71. Répartition des otaries à fourrure de Kerguelen sur la côte nord-ouest de Kerguelen – 2011-2012. .....	220
Carte 72. Répartition des otaries à fourrure d'Amsterdam avec les effectifs de jeunes observés – Ile d'Amsterdam – 2011-2012.....	221
Carte 73. Exemples de trajets en mer de 6 femelles d'éléphant de mer équipées à Kerguelen après la période de reproduction en 2008 et 2009. Les traits pointillés indiquent les différents fronts océaniques (SACCF : front du courant circumpolaire antarctique, PF : front polaire, SAF : front subantarctique, SSTF : front subtropical). Les zones grisées indiquent les zones de bathymétrie inférieure à 500 m.(Source : Dragon et al. 2012).....	223
Carte 74. Distribution en mer observée d'une colonie d'otaries à fourrure de Kerguelen sur la péninsule Courbet à Kerguelen, et en période de reproduction. La couleur indique le pourcentage de temps passé par carré de 1°. Le front subtropical est représenté en gris foncé et le front polaire est représenté en gris clair (Source : Delord et al. 2013).....	224
Carte 75. Exemple de données opportunistes extraites de la base de données PECHEKER : observations de dauphins sablier Lagenorhynchus cruciger depuis les navires de pêche .....	228
Carte 76. Localisation des observations de dauphin de Commerson depuis les bateaux de pêche dans les ZEE de Crozet et Kerguelen (n = 189). (Source : base de données PECHEKER).....	232
Carte 77. Localisation des observations de dauphin de Commerson dans les eaux cotières de Kerguelen. (Source : RNN TAF, non publié) .....	232
Carte 78. Répartition des dauphins de Commerson dans le golfe du Morbihan à partir des prospections réalisées en 2012-2013 (nombre d'individus/mètre prospecté) .....	233
Carte 79. Distribution des cachalots photo-identifiés depuis les navires de pêche à Crozet (haut) et à Kerguelen (bas).....	235
Carte 80. Distribution des cachalots à Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam (Source : Savouré-Soubelet et al., 2016).....	236
Photo 51. Carte de la première mission à Crozet.....	249
Carte 82. Fréquentation des sites pour les différents districts en Nombre de jours x Hommes.....	262
Carte 83. Cartes de distributions des captures de certains cétacés.....	266
Carte 84. Distribution des captures de baleines bleues dans les eaux subantarctiques des TAAF regroupées par surface de 1° x 1° avec les corrections des déclarations erronées de l'ex-URSS (donnée CBI). ....	267
Carte 85. Carte des stations d'échantillonnage des campagnes POKER .....	281
Carte 86 : fréquentation touristique de l'île de la Possession : Baie du Marin, Baie Américaine, et Mont Branca.....	283
Carte 87 : fréquentation touristique de Kerguelen : cirque Château, cabane Jacky et Grande Cascade ; cabane Laboureur ; Port Jeanne-d'Arc.....	284
Carte 88 : Fréquentation touristique d'Amsterdam.....	285
Carte 89. Flux des navires suivis par Automatic Identification System (source Marine Traffic 2016) .....	303

Carte 90. Les infrastructures du débarcadere de la Baie du Marin, à Crozet, avant travaux en 2011 et après (depuis 2015).....	339
Carte 91. Zone CCAMLR et ZEE.....	375
Carte 92 : Carte du sanctuaire baleinier de l’océan Indien (CBI) .....	376
Carte 93 : Zone de la CCSBT.....	377

## VIII.B. Figures

Figure 1. Répartition des ressources des TAAF en 2016 .....	24
Figure 2. Répartition des dépenses des TAAF sur l’année 2016 .....	25
Figure 3. Evolution de la dotation budgétaire du Ministère en charge de l’Ecologie pour la gestion de la Réserve naturelle et pour l’environnement des TAAF entre 2007 et 2016 .....	46
Figure 4. Evaluation de la mise en œuvre de la stratégie d’action. Le niveau de réalisation des actions, pour chacune des îles concernées, a été classé suivant 4 catégories au regard de l’avancement de mise en œuvre sur la période 2011-2016. ....	49
Figure 5. Evaluation de l’efficacité de la gestion. L’atteinte des objectifs, tels que fixés par le plan de gestion, a été déterminée suivant 3 catégories à dire d’expert (membres du Conseil Scientifique). ....	49
Figure 6. Profil climatologique de Crozet .....	52
Figure 7. Profil climatologique de Kerguelen .....	53
Figure 8. Profil climatologique d’Amsterdam.....	54
Figure 9. Bilan de l’effectif de la population de Mouflons ( <i>Ovis aries musimon</i> ) sur l’île Haute, District de Kerguelen entre 2008 et 2014. Notons qu’il s’agit d’estimations : les chiffres indiqués sont issus de comptes rendus et/ou d’approximations du nombre d’individus encore présents en fin d’année (Les dates accompagnées d’un astérisque correspondent aux années du premier plan de Gestion, 2015 n’étant pas ajoutée). ....	141
Figure 10. Evolution de l’effectif en moutons ( <i>Ovis aries</i> ) présents sur l’île Longue, District de Kerguelen entre 2008 et 2014. Notons qu’il s’agit d’estimations : les chiffres indiqués sont issus de comptes rendus et/ou d’approximations du nombre d’individus encore présents en fin d’année (Les dates accompagnées d’un astérisque correspondent aux années du premier plan de Gestion, 2015 n’étant pas ajoutée). ....	142
Figure 11. Bilan de l’effectif de la population de Mouflons ( <i>Ovis aries musimon</i> ) sur l’île Haute, District de Kerguelen entre 2008 et 2014. Notons qu’il s’agit d’estimations : les chiffres indiqués sont issus de comptes rendus et/ou d’approximations du nombre d’individus encore présents en fin d’année (Les dates accompagnées d’un astérisque correspondent aux années du premier plan de Gestion, 2015 n’étant pas ajoutée). ....	144
Figure 12. La diversité des espèces par bathomes dans la zone océanique de Crozet.....	172
Figure 13. Méthodes de suivi en mer utilisées par les chercheurs du CEBC-CNRS (programme IPEV-109) .	190
Figure 14. Evolution des effectifs de manchot royal de 1980 à 2016 – Ile de la Possession – Crozet (Source : CEBC-CNRS).....	214
Figure 15. Evolution du nombre de femelles d’éléphant de mer venant se reproduire sur la partie est de la péninsule Courbet (Kerguelen). Chaque point représente un comptage et l’intervalle de confiance associé après correction par la date du comptage. La ligne pointillé représente la courbe de tendance de la population et son intervalle de confiance associé (Source : Laborie, 2017, mis à jour d’après Authier et al., 2011).....	225
Figure 16. Evolution du nombre de jeunes de l’année sur les trois zones les plus peuplées de l’île d’Amsterdam (Source : Montorio, 2012). ....	226
Figure 17. Page exemple du catalogue de photo-identification mis en place pour le suivi à long terme de l’effectif du Golfe du Morbihan .....	231
Figure 18. Présentation des catégories de l’UICN utilisées à une échelle régionale. Seules les catégories RE et NA ne sont pas utilisées à l’échelle globale. ....	237
Figure 19. Résumé des statuts Liste rouge des espèces d’oiseaux se reproduisant dans les TAAF.....	238
Figure 20. Résumé des statuts Liste rouge des espèces de mammifères marins se reproduisant dans les TAAF.....	238

Figure 21. Evolution du poids et du coût de prise en charge des différents types de déchets entre 2010 et 2016.....	255
Figure 22. Evolution des captures de légines ( <i>Dissostichus eleginoides</i> ) entre 1988 et 2016.....	270
Figure 23. Evolution des TAC de légine en ZEE de Kerguelen et de Crozet (en tonnes par an).....	275
Figure 24. Evolution des TAC de poissons à Saint Paul et Amsterdam (en tonnes par an).....	276
Figure 25. Evolution des TAC de langoustes à Saint Paul et Amsterdam (en tonnes par an) par zone de pêche.....	276
Figure 26. Encadré présentant le label MSC.....	280
Figure 27. Schéma de l'installation HA04 à Crozet.....	315
Figure 28. Encadré sur la contribution des territoires des TAF à la surveillance des essais nucléaires clandestins.....	315
Figure 29. Evolution du nombre d'espèces de plantes vasculaires introduites dans les Terres australes françaises. Ligne pointillée : nombre d'espèces introduites selon la littérature scientifique analysée et selon les observations de Frenot et al. (2001) sur la période 1996 – 2000. Ligne continue noire : nombre d'espèces présentes en 2001 dans les îles subantarctiques françaises. Les différences entre les lignes pointillées et continues correspondent aux espèces passagères. Les flèches indiquent les dates d'installation des bases scientifiques.....	317
Figure 30. Extrait du livre « Sous les Quarantièmes rugissants. Un sanctuaire sauvage », de Charles-André Bost, Christophe et Dominique Guinet, Benoît Lequette et Henri Weimerskirch, détaillant la chasse phoquière au XVIII <sup>ème</sup> siècle.....	334
Figure 31. Extrait du livre « Sous les Quarantièmes rugissants. Un sanctuaire sauvage », de Charles-André Bost, Christophe et Dominique Guinet, Benoît Lequette et Henri Weimerskirch, détaillant la chasse baleinière au XIX <sup>ème</sup> siècle.....	335
Figure 32. Proportion d'espèces dans les prises totales réalisées dans les zones de pêche de Kerguelen pendant quatre périodes décennales (Duhamel et al., 2011).....	336
Figure 33. Evolution de la mortalité aviaire accidentelle causée par la pêche légale à la palangre dans les ZEE de Crozet et Kerguelen.....	344
Figure 34. Evolution des températures de surface terrestres et maritimes combinées entre 1850 et 2012 (IPCC AR5 SPM).....	348
Figure 35. Evolution des températures de surface entre 1901 et 2012. Les zones blanches indiquent que les données ne sont pas disponibles. Les signes (+) indiquent que les tendances sont significatives (IPCC AR5 SPM). .....	348
Figure 36. (a) Tendances des températures des eaux situées entre 0 et 700m de profondeur entre 1971 et 2010 (longitude vs. latitude, couleurs et contours gris en degrés Celsius par décennie). (b) Tendances de températures (latitude vs. Profondeur, couleurs et contours gris en degrés Celsius par décennie) entre 1971 et 2010 (contours noirs en degrés Celsius). (c) Anomalies de moyennes de températures (temps vs. Profondeur, couleurs et contours gris en degrés Celsius) comparées à la moyenne 1971 – 2010. (d) Différence de moyennes de températures entre la surface de l'océan et à 200m de profondeur (noir : valeurs annuelles, rouge : moyenne sur 5 années). (IPCC AR5 WWI Chapitre 3).....	349
Figure 37. Carte des changements de précipitation observés entre 1901 et 2010 et entre 1951 et 2010. (IPCC AR5 SPM).....	350
Figure 38. Evolution des températures annuelles sur l'île de la Possession (source : données Météo France, station Alfred Faure).....	350
Figure 39. Evolution des précipitations totales annuelles sur l'île de la Possession (source : données Météo France, station Alfred Faure).....	351
Figure 40. Evolution de la moyenne annuelle des températures à Kerguelen entre 1951 et 2016 (source : données Météo-France, Port-aux-Français).....	351
Figure 41. Evolutions des précipitations sur Kerguelen entre 1951 et 2016 (source : données Météo France, Port aux Français).....	352
Figure 42. Evolution des moyennes annuelles des températures entre 1951 et 2016 à Amsterdam (source : données Météo-France).....	353
Figure 43. Evolution des précipitations totales annuelles entre 1951 et 2016 (sources : données Météo France).....	353

Figure 44. Iles Kerguelen, Ile Verte. Evolution du recouvrement d’ <i>Acaena magellanica</i> et <i>Taraxacum officinale</i> entre 1992 et 2004. La flèche rouge indique la date d’éradication du lapin. Source : Chapuis et al. 2004.....	355
Figure 45. Accélération modélisée des pertes de masse annuelles (en mètres d’eau par an) de la calotte Cook depuis 1950 (en noir). Les valeurs des pourcentages en rouge représentent la contribution des précipitations à la perte de masse au cours de la décennie concernée. Le climat de référence est celui des années cinquante.....	356
Figure 46. Evolution du glacier Ampère. Source : <a href="http://etienne.berthier.free.fr/Berthier_et_al_JGR_2009.htm">http://etienne.berthier.free.fr/Berthier_et_al_JGR_2009.htm</a> .....	357
Figure 47. Distances parcourues par les manchots royaux de colonies de Crozet lors des périodes de chasse en relation avec les anomalies climatiques de grande échelle. (a) Carte du secteur de Crozet. Les lignes blanches montrent les principaux fronts (polaire, subantarctique, subtropical). (b) Traces satellites de manchots royaux des îles Crozet en mer, suivis pendant une période de 16 ans (1992 – 2010). Les traces sont représentées avec les localisations correspondantes du Front Polaire Antarctique (lignes verts ; ligne supérieure : isotherme des eaux de surface à °C ; ligne inférieure : isotherme des eaux de surface 4°C). Les points oranges précisent la position de la colonie d’étude (Baie du Marin, île de la Possession, Crozet). Le cadre rouge présente la situation exceptionnelle de l’été 1997.....	360

## VIII.C. Photographies

Photo 1. Vue aérienne de l’île Saint Paul .....	19
Photo 2. Albatros d’Amsterdam ( <i>Diomedea amsterdamensis</i> ) .....	29
Photo 3. Le plateau des tourbières à Amsterdam.....	30
Photo 4. Exemple d’adaptation originale chez cette mouche sans ailes ( <i>Anatalanta aptera</i> ).....	31
Photo 5. Vue de Kerguelen depuis les Monts Aubert de la Rue .....	68
Photo 6. Glacier Ampère vu du refuge de la Mortatelle .....	69
Photo 7. Le Cap des Aiguilles vu du massif de Val Gabbro –Presqu’île Jeanne d’Arc .....	70
Photo 8. La calotte Cook et sa langue glaciaire du Naumann au niveau du Plateau des Alouettes (photo A. Giret 1994).....	73
Photo 9. Plateau des Drumlins (péninsule Courbet) avec vue au Sud sur la presqu’île Ronarc’h .....	74
Photo 10. Photo du pointement phonolitique de la Tête de l’Homme (presqu’île Ronarc’h).....	75
Photo 11. Le halage des Naufragés .....	76
Photo 12. Mont Ross (Grand Ross et Petit Ross) et le glacier Buffon vus du Point Sublime (Péninsule Aubert de la Rue).....	78
Photo 13. Île de la d’Amsterdam vue de La Curieuse, depuis le Nord (photo Cottin 1995) .....	82
Photo 14. Petit cône de lave cordée (5m de hauteur) sur le chemin entre la base St Martin du Viviers la cabane Antonelli (photo Cottin 1993).....	83
Photo 15. La Caldeira d’Amsterdam (photo Giret 1978).....	83
Photo 16. Photo du cratère de Saint-Paul pris du pont culminant (244 m) (Photo Giret 1988).....	85
Photo 17. Fumerolles de la Péninsule Rallier du Baty : Nord du Pic Saint Allouarn.....	90
Photo 18. XXX .....	94
Photo 19. XXX .....	94
Photo 20. XXX .....	94
Photo 21. XXX .....	94
Photo 22. XXX .....	95
Photo 23. XXX .....	102
Photo 24. XXX .....	129
Photo 25. XXX .....	129
Photo 26. XXX .....	130
Photo 27. XXX .....	130
Photo 28. Habitat typique de Kerguelen composé de coussins d’azorelle et de choux de Kerguelen .....	149
Photo 29. Iceberg à Crozet .....	158

Photo 30. Des zones d'alimentation importantes pour l'albatros à sourcils noirs ( <i>Thalassarche melanophrys</i> ) .....	161
Photo 31. Manchots royaux ( <i>Aptenodytes patagonicus</i> ) sur un îlot entouré de <i>Macrocystis pyrifera</i> .....	164
Photo 32. Poisson grande gueule ( <i>Channichthys rinoceratus</i> ).....	170
Photo 33. Légine australe ( <i>Dissostichus eleginoides</i> ).....	171
Photo 34. Poisson des glaces ( <i>Champscephalus gunnari</i> ).....	171
Photo 35. <i>Jasus paulensis</i> de Saint Paul et Amsterdam .....	175
Photo 36. <i>Bovichtus veneris</i> , espèce endémique de Saint-Paul et Amsterdam.....	176
Photo 37. Patelle ( <i>Nacella edgari</i> ) sur un rocher (profondeur-1m) devant Port aux Français .....	180
Photo 38. Dauphin de Commerson ( <i>Cephalorhynchus commersonii ssp kerguelensis</i> ) dans le golfe du Morbihan, Kerguelen.....	231
Photo 39. Orque ( <i>Orcinus orca</i> ) à Crozet .....	234
Photo 40. Albatros fuligineux à dos clair, Crozet.....	242
Photo 41. Manchots royaux, Kerguelen .....	242
Photo 42. Otarie à fourrure de Kerguelen.....	242
Photo 43. Orque, Crozet.....	242
Photo 44. Port Jeanne d'Arc en fonctionnement .....	244
Photo 45. Port Jeanne d'Arc en fonctionnement .....	244
Photo 46. Port Jeanne d'Arc .....	245
Photo 47. Port Couvreur dans les années 60.....	246
Photo 48. Ferme aquacole d'Armor inactive (cliché 2009) .....	246
Photo 49. Vestiges de la langousterie de Saint-Paul .....	247
Photo 50. Timbre à l'effigie de la langousterie de Saint-Paul .....	247
Photo 51. Carte de la première mission à Crozet.....	249
Photo 52. Base Alfred Faure .....	250
Photo 53. La baie du Marin à Crozet .....	250
Photo 54. Base de Port-aux-Français (au fond le Marion Dufresne).....	251
Photo 55. Le Centre National d'Etudes Spatial à Kerguelen .....	252
Photo 56. Base de Martin-de-Viviès.....	253
Photo 57. Démantèlement de l'ancien Port pétrolier de Kerguelen.....	258
Photo 58. Vestiges de la station baleinière Norvégienne de Port-Jeanne d'Arc, sud est de Kerguelen (Photographie P. Didelot).....	265
Photo 59. Palangrier ciblant la légine australe dans les eaux des TAAF .....	268
Photo 60. Virage de palangre à légine.....	269
Photo 61. « L'Austral », unique navire utilisé actuellement dans la pêche de saint Paul et Amsterdam .....	271
Photo 62. Casier à langouste en pêche côtière .....	271
Photo 63. Canot en pêche langouste côtière .....	273
Photo 64. Illustration de la technique du chalut pélagique .....	274
Photo 65. Le Marion Dufresne II, navire ravitailleur et océanographique, propriété des TAAF.....	298
Photo 66. « La Curieuse », navire océanographique de 25 m de type chalutier de pêche arrière.....	300
Photo 67. XXX .....	301
Photo 68. Semi-rigide le « Commerson » dans le Golfe du Morbihan .....	301
Photo 69. XXX .....	302
Photo 70. XXX .....	302
Photo 71. Frégate de surveillance de la marine nationale.....	304
Photo 72. Biosécurité sur le quai lors de la mise à bord des contenants.....	308
Photo 73. Plantation de phyllicas par des agents de la réserve naturelle et des hivernants à Amsterdam..	310
Photo 74. Timbre "Albatros à sourcils noirs", 1968 .....	313
Photo 75. Timbre émis en janvier 2015. Tirage : 50 000 exemplaires. Dessin : Matthieu Rapp. Conception Graphique : Nelly Gravier.....	314
Photo 76. Timbre émis en janvier 2015. Tirage : 50 000 exemplaires. Dessin : Matthieu Rapp. Conception graphique : Nelly Gravier.....	314
Photo 77. Bloc de Timbres « Carnet d'Albatros » .....	314

Photo 78. Kerguelen – Pelouse rase de graminées introduites ( <i>Poa annua</i> essentiellement) sur l’ancien site baleinier de Port Jeanne d’Arc et sur une zone enrichie par les éléphants de mer (clichés M. Lebouvier) .	318
Photo 79. Emprise des infrastructures dans la colonie de manchots royaux de la Baie du Marin (Crozet) avant 2015 .....	339
Photo 80. Créations de souilles sur un transit.....	340
Photo 81. Chemin tracteur sur la Péninsule Courbet en direction de la cabane Ratmanoff. ....	342
Photo 82. Pétrels à menton blanc ( <i>Procellariaaequinocialis</i> ) et d’albatros à sourcils noir ( <i>Thalassarchemelanophris</i> ) au virage.....	345
Photo 83. Iles Kerguelen, Ile Verte – Evolution du couvert végétal en relation avec les déficits hydriques accentués depuis le début des années 1990.....	355
Photo 84. Iceberg à Kerguelen .....	359
Photo 85. Exemple d’impact sur les milieux marins.....	364
Photo 86. L’albatros à bec jaune ( <i>Thalassarchecarteri</i> ), oiseau emblématique des Terres australes françaises .....	373

## VIII.D. Tableaux

Tableau 1. Limites de la réserve naturelle nationale des Terres australes Françaises .....	34
Tableau 2. Sites réservés à la recherche scientifique et technique .....	36
Tableau 3. Zones de protection intégrale.....	37
Tableau 4. Zones de protection renforcées marines à Kerguelen.....	38
Tableau 5. Données climatiques principales de l’île de la Possession (Données Météo-France) .....	51
Tableau 6 : Températures et précipitations sur Kerguelen (Données Météo-France) .....	53
Tableau 7 : Températures et précipitations depuis 1950 .....	54
Tableau 8. Bilan du nombre de relevés d’espèces végétales natives réalisés entre 2010 et 2015 (données RN-TAF et IPEV 136) .....	92
Tableau 9 : Liste des espèces de Spermaphyte natives présentes à Crozet et à Kerguelen <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Tableau 10. Liste des envahissantes ou potentiellement envahissantes sur l’île de la Possession et l’archipel de Kerguelen Source : Programme Ipev 136 – Subanteco et Reserve Naturelle des Terres Australes Françaises .....	99
Tableau 11. Liste des espèces de fougères et lycophytes présentes à Crozet et Kerguelen .....	102
Tableau 12. Nombre total d’espèces de Bryophytes d’après la littérature et nouvelles observations publiées entre 2010 et 2016 Source : programme IPEV 136 et collaborateurs .....	102
Tableau 13. Nombre total d’espèces de Lichens d’après la littérature et nouvelles observations publiées entre 2010 et 2016 Source : programme IPEV 136 et collaborateurs .....	103
Tableau 14 : Liste des espèces végétales natives présentes à sur les îles de Saint-Paul et Amsterdam <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Tableau 15. Liste des plantes introduites de Saint-Paul et d’Amsterdam .....	106
Tableau 16. Nombre d’espèces de bryophytes décrites à Saint-Paul et à Amsteden <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Tableau 17. Liste des habitats naturels terrestre de Crozet et Kerguelen .....	111
Tableau 18 : Principaux invertébrés exotiques envahissants à Crozet et à Kerguelen. ....	131
Tableau 19. Inventaire des mammifères exotiques présents en 2016 au sein des 3 districts de la réserve naturelle des Terres Australes Françaises. Lorsqu’une espèce est avérée présente, sa date de première introduction est indiquée. Les espèces ayant fait l’objet d’un ou plusieurs programmes d’éradications ciblant spécifiquement cette espèce en question sont figurées d’une *. Sous chaque nom vernaculaire est indiqué en <i>italique</i> le nom scientifique de l’espèce. (Cf. Tableau 20 : Récapitulatif de la répartition des EEE à Crozet et de l’état des connaissances sur leur répartition). (D’après Derenne 1976 ; Chapuis et al., 1994)	132
Tableau 20 : Récapitulatif de la répartition des EEE à Crozet et de l’état des connaissances sur leur répartition.....	134
Tableau 21. Espèces présentes en juin 2017 sur les îles Saint Paul et Amsterdam .....	144



Tableau 22 : Comptabilité du nombre d'individus introduits, du nombre de rivières visées par les introductions et du nombre de rivières colonisées par les différentes espèces ou complexes d'espèces en 2012 (Labonne et al., 2013).....	145
Tableau 23. Estimation de la richesse spécifique des invertébrés marins benthiques sur le plateau de Kerguelen en janvier 2011. (Ameziane et al 2011). .....	167
Tableau 24. Liste des données télémétriques du CEBC-CNRS et de la réserve naturelle de 1992 à 2012. ..	190
Tableau 25 : Liste des espèces d'oiseaux se reproduisant dans l'archipel Crozet et leurs effectifs. L'estimation du nombre de couple doit être prise avec précaution car certaines évaluations sur des îles peu accessibles datent des années 1980. Les effectifs des pétrels fousseurs sont en particulier sujet à caution en raison des difficultés de dénombrement (a : Duriez & Delord ; b : Jouventin et al. 1984 ; c : Jouventin et al. 1990 ; d : Barbraud et al. 2008 ; e : Guinet et al. 1995).....	193
Tableau 26. Liste des espèces d'oiseaux se reproduisant à Kerguelen (a : Duriez & Delord 2012 ; b : RNN TAF, non publié ; c : Barbraud et al. 2008 ; d : Barbraud & Delord 2006 ; e : Barbraud et al. 2009 ; f : RNN TAF, Bilan d'activité 2016).....	196
Tableau 27. Liste des espèces d'oiseaux se reproduisant à Amsterdam et Saint-Paul (a : Duriez & Delord, 2012 ; b : RNN TAF, non publié ; c : IPEV 109, non publié).....	205
Tableau 28. Tendances renseignées à partir du calcul du taux de croissance annuel moyen lorsque l'information est disponible ou en comparant les dénombrements disponibles. $\lambda$ : Taux de croissance annuel moyen. Données : RNN TAF et CEBC-CNRS, non publié (sauf mention contraire).....	214
Tableau 29. Dénombrements des colonies d'éléphants de mer à Kerguelen. Source : Laborie, 2017.....	218
Tableau 30. Dénombrements des colonies d'otaries à fourrure de Kerguelen dans la Réserve naturelle...	219
Tableau 31. Dénombrements des colonies d'otaries à fourrure d'Amsterdam dans la réserve naturelle ...	220
Tableau 32. Récapitulatif des tendances de populations d'éléphants de mer, d'otarie de Kerguelen, et d'otarie d'Amsterdam .....	226
Tableau 33. Récapitulatif des observations de mysticètes dans les eaux subantarctiques.....	228
Tableau 34. Récapitulatif des observations d'odontocètes dans les eaux subantarctiques.....	229
Tableau 35. Statut de conservation et de présences des espèces d'oiseaux et mammifères marins se reproduisant régulièrement dans les Terres australes françaises .....	238
Tableau 36. Puissances et consommations annuelles 2014 des Australes.....	256
Tableau 37. Liste des refuges et cabanes des TAAF et de l'IPEV à Crozet, Kerguelen et à Amsterdam .....	259
Tableau 38. Encadré sur la chasse aux pinnipèdes à Crozet au XIX <sup>ème</sup> siècle.....	263
Tableau 39. Programmes de recherche réalisés au sein des TAAF (avril 2017) .....	291
Tableau 40. Nombre de personnes ayant reçu une formation-sensibilisation entre 2012 et 2015 sur le Marion Dufresne, les navires de la Marine Nationale, l'Osiris ou d'autres navires .....	309
Tableau 41. Nombre d'espèces végétales introduites inventoriées et nombre d'espèces végétales introduites concernées par des actions de luttés par district sur la réserve naturelle.....	318
Tableau 42. Inventaire des vertébrés terrestres introduits ayant fait l'objet de programmes d'éradication au sein des 3 districts austraux depuis 1992. Pour chaque espèce sont indiqués la date d'introduction (Intr.) sur le district, ainsi que la date effective de l'élimination définitive sur chaque site concerné (Erad.). Les espèces toujours présentes aujourd'hui (2017) sous forme d'une population reproductrice au sein de la réserve naturelle sont figurées d'une *. Sous chaque nom vernaculaire est indiqué en <i>italique</i> le nom scientifique de l'espèce. (D'après Chapuis et al., 1994, 2001 ; Jouventin et Micol 1995 ; Micol et Jouventin 2002) .....	323
Tableau 43 : Liste des vertébrés introduits et de leurs impacts démontrés dans la réserve naturelle des Terres australes françaises .....	331
Tableau 44. Synthèse des incidences potentielles des activités humaines sur le milieu terrestre.....	361
Tableau 45. Synthèse des incidences potentielles des activités humaines sur le milieu marin .....	363
Tableau 46. Ensemble des espèces (espèces reproductrices régulières, régulières et occasionnelles) présentes au sein de la réserve et mentionnées par les annexes CITES.....	369
Tableau 47 : Espèces des Terres australes françaises inscrites sur les annexes de la convention de Bonn .	370
Tableau 48. Espèces inscrites à l'ACAP .....	372



*Liberté • Égalité • Fraternité*  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

TERRES AUSTRALES  
ET ANTARCTIQUES FRANÇAISES



**Organisme gestionnaire**  
Terres australes et antarctiques françaises

Rue Gabriel Dejean  
Saint Pierre 97410  
Tel : 33 (0)2 62 96 78 68  
Fax : 33 (0)2 62 96 77 55

[www.taaf.fr](http://www.taaf.fr)  
[cedric.marteau@taaf.fr](mailto:cedric.marteau@taaf.fr)