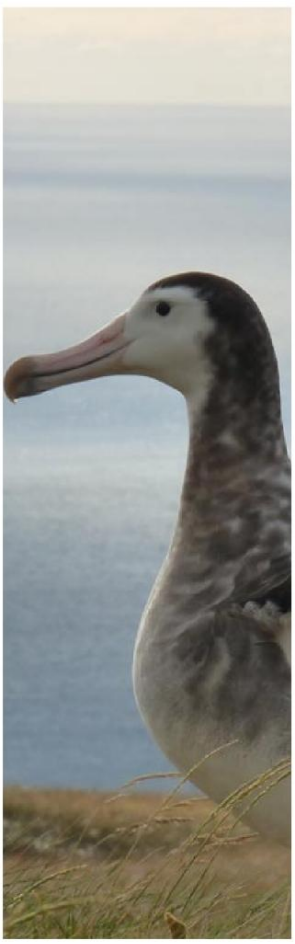
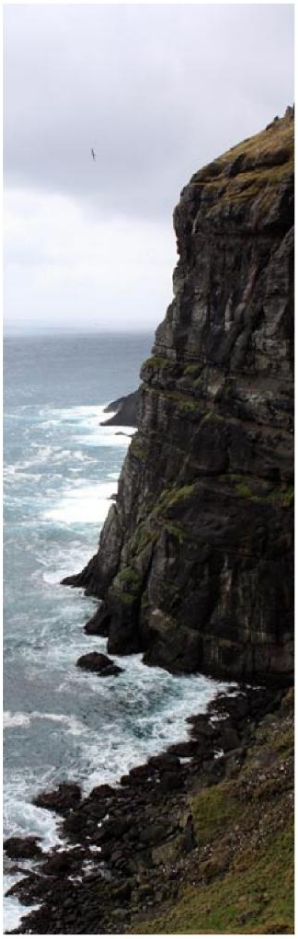
Réserve naturelle nationale
des Terres australes françaises

Volet A
du plan de gestion
2011-2015

Diagnostic de la réserve






Document pour validation
Conseil Consultatif des Taaf du 12.10.2010

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
TERRES AUSTRALES
ET ANTARCTIQUES FRANÇAISES

Ramsar
CONVENTION SUR LES ZONES HUMIDES
(Ramsar, Iran, 1971)

Réserve Naturelle
TERRES AUSTRALES FRANÇAISES

Auteurs

Les Terres australes et antarctiques françaises en tant qu'organisme gestionnaire de la réserve, sont à l'initiative de la rédaction de ce document. Ils ont supervisé et ont contribué à la rédaction de l'ensemble du document. Il est la synthèse de textes rédigés spécifiquement par les différents programmes de recherche compétents mis en œuvre par l'institut polaire français Paul Emile Victor (IPEV) et le Muséum national d'histoire naturelle.

Chacun des auteurs a également participé aux relectures et à l'orientation du document :

Auteurs pour l'organisme gestionnaire Taaf :

- ***Cédric MARTEAU*** *– Directeur/Conservateur de la réserve naturelle cedric.marteau@taaf.fr*
- ***Axel FALGUIER*** *– Adjoint auDirecteur de la réserve naturelle*
- ***Baptiste DUCLOT*** *– Rédaction partie marine*
- ***Guillaume COTTAREL*** *–Juridique, historique et cartographie*
- ***Zoé GLENARD*** *– Relecture et avis*

Auteurs scientifiques :

- ***Cottin Jean-Yves -*** *Université Jean Monnet de Saint-Etienne & Comité de l'Environnement Polaire*
- ***Duhamel Guy -*** *Laboratoire d'ichtyologie du Muséum National d'Histoire Naturelle & Comité de l'Environnement Polaire*
- ***Ferrere Ghislaine -*** *Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire*
- ***Frenot Yves -*** *Centre National de la Recherche Scientifique, Institut Polaire français Paul-Emile Victor & Comité de l'Environnement Polaire*
- ***Lebouvier Marc -*** *Centre National de la Recherche Scientifique & Comité de l'Environnement Polaire*
- ***Pascal Michel -*** *Institut National de la Recherche Agronomique & Comité de l'Environnement Polaire*
- ***Weimerskirch Henri*** *- Centre National de la Recherche Scientifique & Comité de l'Environnement* Polaire

Instances de gestion :

- ***Les membres du Comité pour l'environnement polaire*** *(CEP) ont participé aux relectures et à l'orientation du document.*

- ***Les membres du Conseil consultatif des Taaf*** *ont participé aux relectures et à l'orientation du document.*

Citation du document :

Taaf 2009, Plan de gestion de la réserve naturelle nationale des Terres australes françaises. 413p

Fiche récapitulative
Réserve naturelle nationale des Terres australes françaises

Texte officiel : Décret n°2006-1211 du 3 octobre 2006 portant création de la réserve naturelle des Terres australes françaises

Date de création : 3 octobre 2006

Organisme gestionnaire : Terres Australes et Antarctique Françaises (TAAF)

Surface terrestre : environ 7 000km²
Regroupant les archipels de Crozet et de Kerguelen et les îles d'Amsterdam et de Saint-Paul
Surface marine : environs 15 700km²
Comprenant les eaux intérieures et territoriales de Saint-Paul et d'Amsterdam, les eaux territoriales de Crozet à l'exception de celles de l'île de la Possession et une partie des eaux intérieures et territoriales de Kerguelen

Altitude : s'étend d'environ de -2 600m à +1 850m

Comité consultatif : C'est le Conseil Consultatif des TAAF qui assure le rôle de comité consultatif de la réserve. Il donne son avis sur le fonctionnement de la réserve, sur sa gestion et sur les conditions d'application des mesures prévues par la décision de classement. Il est consulté sur le projet de plan de gestion. 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. Il peut déléguer l'examen d'une question particulière à une formation restreinte.

Conseil scientifique : C'est le Comité de l'Environnement Polaire (CEP) qui tient lieu de conseil scientifique de la réserve. Il est consulté sur le projet de plan de gestion et peut être sollicité sur toute question à caractère scientifique touchant la réserve.

Zones de protection : 3 types de zones
- Zone de protection intégrale : Accès n'interdit à toute personne, sauf dérogation délivrée par le Préfet des Taaf.
- Zone réservée à la recherche scientifique et technique : l'accès est interdit, sauf au personnel scientifique ayant reçu une dérogation de la part du Préfet des TAAF dans le cadre de recherches scientifique ou techniques (création par l'arrêté territorial n°14 du 30 juillet 1985, et prolongée pour 5 ans par l'arrêté n°2006—22 du 20 avril 2006)
- Zone de protection « classique » : constituée de l'ensemble des autres sites de la réserve. L'accès est réglementé par le décret portant création de la réserve naturelle (les bases font partie de cette zone mais les activités nécessaires à leur bon fonctionnement sont autorisés)

Contact
Tél : 02 62 96 78 68
Cedric.marteau@taaf.fr
TAAF
-Réserve naturelle Terres australes françaises-
BP 400
97458 SAINT PIERRE CEDEX

Sommaire

Auteurs 3

1. Informations générales sur la réserve naturelle 13

Principaux auteurs : Guillaume Cottarel, Baptiste Duclot, Axel Falguier et Cédric Marteau (Equipe RNN)
Contributeurs : Yves Frenot (Ipev)

1.1. La création de la réserve naturelle 13
1.1.1. Historique de la création de la RN 13
1.1.2. Acte de la création de la RN 13
1.2. La localisation de la RN 15
1.3. Les limites administratives et la superficie de la réserve naturelle 16
1.4. La gestion de la réserve naturelle 22
1.4.1. Le gestionnaire : 22
1.4.2. Statut administratif des Terres australes françaises 22
1.4.3. Localisation et Organisation 22
1.4.4. Les instances consultatives 23
1.5. Le cadre socio-économique 24
1.5.1. Les districts austraux 24
1.5.2. Les bases 25
1.5.3. Les moyens logistiques à disposition des TAAF 31
1.5.4. La fréquentation de la réserve naturelle 33
1.6. La réglementation de la réserve naturelle 41
1.6.1. La protection de la nature 41
1.6.2. Le cadre juridique de la pèche 57
1.6.3. Le cadre juridique du mouillage 61

2. L'environnement et le patrimoine naturel de la réserve naturelle 63

Principaux auteurs : Marc Lebouvier, Yves Frenot, Jean-Yves Cottin, Henri Weimerskirch, Christophe Barbraud, Karine Delord, Flore Samaran, Guy Duhamel, et Cédric Marteau
Contributeurs : Guillaume Cottarel, Baptiste Duclot, Axel Falguier et Cédric Marteau (Equipe RNN)

2.1. Introduction au patrimoine naturel de la réserve 63
2.2. L'environnement et le patrimoine naturel de Crozet 64
2.2.1. Climat de l'archipel de Crozet 64
2.2.2. Microclimat de l'archipel de Crozet 64
2.2.3. Changement climatique à Crozet 64
2.2.4. L'eau douce sur l'île de la Possession (Archipel de Crozet) 65
2.2.5. La géologie de L'archipel de Crozet 67
2.2.6. L'état des connaissances et des données disponibles sur les habitats et les espèces de Crozet 75
2.2.7. Les habitats naturels terrestres de Crozet 77
2.2.8. Les plantes et les invertébrés de Crozet 100
2.2.9. Les oiseaux de Crozet 102
2.3. L'environnement et le patrimoine naturel de Kerguelen 118
2.3.1. Le climat de Kerguelen 118
2.3.2. Microclimat de l'archipel de Kerguelen 119

2.3.3. Changement climatique à Kerguelen 120
2.3.4. L'eau douce sur Kerguelen 123
2.3.5. La géologie de L'archipel des Kerguelen 124
2.3.6. L'état des connaissances et des données disponibles sur les habitats terrestres et les espèces de Kerguelen 172
2.3.7. Les habitats naturels de Kerguelen 173
2.3.8. Les plantes et les invertébrés de Kerguelen 189
2.3.9. Les oiseaux de Kerguelen 192
2.4. Réserve marine de Crozet et Kerguelen 203
2.4.1. Présentation du contexte globale de la réserve marine 203
2.4.2. Etat des connaissances marines de Crozet et Kerguelen 209
2.4.3. Les habitats naturels marins de Crozet et Kerguelen 210
2.4.4. Les espèces animales marines de Crozet et Kerguelen 215
2.5. L'environnement et le patrimoine naturel d'Amsterdam et de Saint-Paul 251
2.5.1. Climat d'Amsterdam et de Saint-Paul 252
2.5.2. Microclimat d'Amsterdam et de St-Paul 253
2.5.3. Changement climatique sur Amsterdam et St-Paul 254
2.5.4. L'eau douce sur Amsterdam et sur St-Paul 255
2.5.5. La géologie à Saint-Paul et Amsterdam 255
2.5.6. L'état des connaissances et des données disponibles sur les habitats et les espèces d'Amsterdam et de St-Paul 264
2.5.7. Les habitats naturels d'Amsterdam et de St-Paul 264
2.5.8. Les plantes et les invertébrés d'Amsterdam 274
2.5.9. Les oiseaux d'Amsterdam et de St-Paul 276
2.6. Réserve naturelle marine de Saint-Paul et Amsterdam 283
2.6.1. Présentation du contexte global de la réserve marine de Saint-Paul et Amsterdam 283
2.6.2. Etat des connaissances marines pour les îles Amsterdam et St-Paul 284
2.6.3. Les habitats naturels marins d'Amsterdam et St-Paul 284
2.6.4. Les espèces animales marines de St-Paul et Amsterdam 290
2.6.5. 291
3. Les facteurs limitant 302

Principaux auteurs :
Marc Lebouvier, Yves Frenot, Jean-Yves Cottin, Henri Weimerskirch, Christophe Barbraud, Karine Delord, Michel Pascal, Guy Duhamel,
Guillaume Cottarel, Baptiste Duclot, Axel Falguier et Cédric Marteau (Equipe RNN)

3.1. Les facteurs limitant écologiques 302
3.2. Impacts des changements climatiques 302
3.2.1. Impact des changements climatiques sur les populations d'oiseaux et de pinnipèdes 302
3.2.2. Impact des changements climatiques sur les habitats 304
3.3. Les espèces introduites 307
3.3.1. Etat des lieux et impacts connus des plantes introduites dans la réserve 307

3.3.2. Etat des lieux et impacts connus des invertébrés introduits dans la réserve 311
3.3.3. Etat des lieux et impacts connus des vertébrés introduits dans la réserve 313
3.4. Impact de la pêche et de la chasse en mer 324
3.4.1. Impact de la pêche dans les écosystèmes 324
3.4.2. La pêche à la palangre 325
3.4.3. La mortalité aviaire 331
3.5. Autres facteurs limitant d'origine anthropique 339
3.5.1. La fréquentation de la réserve 339
3.5.2. Introduction et dispersion d'éléments pathogènes 339
3.5.3. Dérangement des milieux et de la faune par l'Homme 340
3.5.4. La production et la gestion des déchets dans la réserve 341
3.5.5. Production d'énergie sur les bases 350
3.6. Pollution aux hydrocarbures 351
4. Cadre socio-économique de la réserve naturelle 352
Principaux auteurs : Guillaume Cottarel, Axel Falguier, Baptiste Duclot et Cédric Marteau (Equipe RNN), et Yves Frenot
4.1. Patrimoine culturel, paysager, archéologique et historique de la réserve naturelle 352
4.1.1. Port Jeanne d'Arc 353
4.1.2. Port Couvreux 354
4.1.3. Saint-Paul 355
4.2. Régime foncier et infrastructures dans la réserve naturelle 356
4.3. Les activités socio-économiques dans la réserve naturelle 357
4.3.1. La recherche scientifique 357
4.3.2. La pêche professionnelle 360
4.3.3. Les activités de gestion 368
4.4. Sensibilisation du grand public : 369
4.5. Sensibilisation des utilisateurs de la réserve 370
4.5.1. Sensibilisation du personnel des bases 370
4.5.2. Sensibilisation des touristes 370
4.5.3. Sensibilisation des autres utilisateurs de la réserve 371
5. La valeur et les enjeux de la réserve naturelle 372
Principaux auteurs :
Marc Lebouvier, Yves Frenot, Michel Pascal, Henri Weimerskirch, Christophe Barbraud, Karine Delord, Flore Samaran
Guillaume Cottarel, Baptiste Duclot, Axel Falguier et Cédric Marteau (Equipe RNN)
5.1. La valeur du patrimoine naturel de la réserve naturelle 372
5.1.1. Valeurs écologique 372
5.1.2. Valeurs d'usage 372
5.1.3. Valeurs de non usage 373
5.2. Les enjeux de la réserve naturelle 375
5.2.1. Les enjeux de conservation 375
5.2.2. Les enjeux scientifiques 379
6. Synthèse du Volet A 381

Cottin Jean-Yves - Université Jean Monnet de Saint-Etienne & Comité de l'Environnement Polaire
Duhamel Guy - Laboratoire d'ichtyologie du Muséum National d'Histoire Naturelle & Comité de l'Environnement Polaire
Ferrere Ghislaine - Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
Frenot Yves - Centre National de la Recherche Scientifique, Institut Polaire français Paul-Emile Victor & Comité de l'Environnement Polaire
Lebouvier Marc - Centre National de la Recherche Scientifique & Comité de l'Environnement Polaire
Marteau Cédric - Terres Australes et Antarctiques Françaises
Pascal Michel - Institut National de la Recherche Agronomique & Comité de l'Environnement Polaire
Weimerskirch Henri - Centre National de la Recherche Scientifique & Comité de l'Environnement Polaire

6.1. Contexte 381
6.2. Climat, faune et flore : les enjeux 383
6.3. Perspectives 386
7. Bibliographie 389
Index des cartes 406
8. Index des figures 409
9. Index des tableaux 411
10. Index des photos 414

Liste des sigles utilisés dans le document :

ACAP : l'Accord sur la Conservation des Albatros et des Pétrels
AMP : Aire marine protégée
CC : Conseil consultatif
CCAMLR : Convention sur la conservation de la faune et de la flore marine de l'Antarctique
CBI : Convention internationale pour la régulation de la chasse à la baleine et aux grands cétacés
CCSBT : Commission pour la conservation du thon rouge du Sud
CDB : Convention sur la diversité biologique
CEA : Commissariat à l'Energie Atomique
CEBC : Centre d'Etudes Biologiques de Chizé
CEM : Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage
CEP : Comité de l'environnement polaire
CITES : Convention on International Trade in Endangered Species (Convention sur le commerce international des espèces de faune et de la flore sauvages menacées d'extinction)
CNES : Centre National d'Etudes Spatiales
CNFRA : Comité national français des recherches antarctiques
CNPN : Conseil National de la Protection de la Nature
CNRS : Centre national de recherche scientifique
CTOI : Commission Thonière de l'Océan Indien
EEE : Espèce Exotique Envahissante
Fazsoi : Forces armées de la zone Sud de l'océan Indien
FG : Fiche Gestion
FS : Fiche Scientifique
INEE : Institut écologie et environnement
INRA : Institut national de la recherche agronomique
Ipev : Institut polaire français Paul-Emile Victor
IR : ingénieur de recherche
LNPV : Laboratoire National de Protection des Végétaux
LPO : Ligue pour la protection des oiseaux
MD : Marion Dufresne
MNHN : Muséum national d'histoire naturelle
MOM : Ministère de l'intérieur, de l'outre-mer et des collectivités territoriales
NM : mille nautique
ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
OP : Opération portuaire (rotation du Marion Dufresne)
ORGP : Organisation régionale de gestion des pêches
ORP : Organisation régionale de pêche
PAB : Plan d'Action Biodiversité
R/G : « recherche/gestion »
Réseau SAGIR : Système national de surveillance sanitaire de la faune sauvage
RNF : Réserves naturelles de France
RNN : Réserve naturelle nationale
SNB : Stratégie nationale pour la biodiversité
Taaf : Terres Australes et Antarctiques Françaises
Taaf : Terres australes et antarctiques françaises
UICN : Union internationale pour la conservation de la nature
UMR : Unité Mixte de Recherche
UPMC : Université Pierre et Marie Curie – Paris VI
VCAT : Volontariat Civil à l'Aide Technique
ZEE : Zone économique exclusive

1.Informations générales sur la réserve naturelle

1.1. La création de la réserve naturelle

1.1.1. Historique de la création de la RN

La France a marqué sa volonté de préserver la diversité biologique en signant la Convention de Rio en 1992. 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 constituent un des derniers espaces préservés du territoire national. L'absence d'activités économiques et de population humaine permanente faisaient de ce territoire un espace très favorable à la création d'une Réserve Naturelle Nationale qui, en ce qu'elle est représentative des écosystèmes subantarctiques, permet de contribuer à la diversité des espaces protégés en France.

L'idée de la création de la réserve naturelle remonte peu de temps après la Convention de Rio. A 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 (Cf. p°24), 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 représentée par Pierre Jouventin.

1.1.2. Acte de la création de la RN

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 des Terres australes françaises. Il s'agit d'une réserve naturelle nationale (RNN) englobant des parties terrestres et maritimes. Elle concerne les îles subantarctiques françaises : les archipels de Kerguelen et de Crozet ainsi que les îles Amsterdam et Saint-Paul (Cf. p°22).

1.1.2.1. Le patrimoine visé : résumé des principaux éléments qui ont justifié l'acte de création de la RN

Du fait de leur découverte tardive (XVIII^{e}) et de leur éloignement des centres d'activités humaines, les îles subantarctiques françaises constituent des sanctuaires uniques, ayant subi un faible impact anthropique. Les milieux marins sont quasiment intacts, quant aux milieux terrestres, ils demeurent totalement préservés sur de nombreuses îles de Kerguelen et de Crozet.

Elles abritent la diversité spécifique d'invertébrés et de plantes la plus importante des îles subantarctiques. Plantes et animaux présentent des adaptations originales développées au cours de plusieurs millions d'années d'évolution dans un isolement total, au sein de l'océan Austral, à des milliers de kilomètres de tout continent. Le patrimoine biologique encore presque intact de ces îles océaniques est d'une richesse et d'une importance considérables.

L'endémisme prononcé, la très forte influence de l'océan (avec l'origine quasi exclusivement marine des entrées d'éléments dans les systèmes terrestres via les aérosols ou les vertébrés marins), l'isolement extrême et l'éloignement de sources de contamination (propagules et pollutions), font de

ces îles subantarctiques des milieux originaux qui n'ont pas leur équivalent dans l'hémisphère Nord. Ils présentent donc un intérêt exceptionnel pour la conservation de la biodiversité.

Les îles subantarctiques se présentent comme de véritables « sanctuaires » au cœur de l'océan austral. Elles concentrent les oiseaux et mammifères marins qui doivent obligatoirement se reproduire et muer à terre. En mer elles offrent les rares zones peu profondes de l'océan où la vie marine peut se développer intensément. Cette richesse est accrue par leur position clé, au voisinage des fronts hydrologiques qui sont, contrairement au reste de l'océan, des zones de haute productivité. Ceci explique l'abondance des communautés terrestres ou marines des îles Kerguelen et Crozet.

La diversité spécifique terrestre, comparativement aux milieux soumis à des latitudes moins extrêmes, reste relativement faible. Elle semble en revanche bien plus importante en milieu marin mais demeure moins bien documenté.

Les îles Saint-Paul et Amsterdam affichent un nombre important de tourbières, particulières en plusieurs points : fort endémisme et adaptations physiologiques uniques des espèces les peuplant ou les utilisant. Les zones humides marines et côtières de ces îles ainsi que leurs rivages sont sources de nourriture pour les nombreuses populations d'oiseaux marins et d'otaries, qui viennent également s'y reproduire. Les principaux milieux (peuplements des Macrocystis et des laminaires, massifs de coraux noirs Antipathaires, fonds à Gorgonaires, Madréporaires et Eponges, etc.) constituent un patrimoine biologique de premier ordre qui n'a pratiquement pas été perturbé malgré un siècle de pêche grâce à l'utilisation de méthodes sélectives. Les îles Amsterdam et Saint-Paul sont, avec les îles Juan Fernandez du Pacifique Sud et les îles Tristan da Cunha de l'Atlantique Sud, les seules îles de la ceinture tropicale de l'hémisphère Sud à abriter des populations de langoustes. *Jasus paulensis* est endémique des deux îles françaises.

La faune aviaire est particulièrement remarquable. Avec 37 espèces, les îles Crozet abritent la communauté d'oiseaux de mer la plus riche au monde. Chaque année, ce sont plus de 25 millions d'oiseaux marins qui viennent s'y reproduire, au moins autant à Kerguelen. Ces concentrations sont dues d'une part à la position géographique de ces îles, seuls refuges à des centaines de kilomètres à la ronde, d'autre part à la richesse de l'océan alentour. Outre l'importance de ses populations, la faune aviaire des Terres australes françaises brille par sa spécificité. On y dénombre huit espèces endémiques, notamment l'albatros d'Amsterdam, le canard d'Eaton ou le prion de Mc Gillivray.

Au total, les Terres australes abritent 48 espèces d'oiseaux. Parmi elles, beaucoup, même sans être endémiques, y sont présentes en proportion importante. C'est le cas du manchot royal (*Aptenodytes patagonicus)*, dont plus de 60% de la population mondiale se reproduit dans les archipels de Crozet ou de Kerguelen. Ces territoires abritent plus de la moitié de la population mondiale de Pétrel noir (*pterodroma macroptera)*, plus de 70% de la population de Pétrel de Kerguelen (*Lugensa brevirostris)*, plus de 50% de la population de Pétrel bleu (*Halobaena caerulea)*, plus de 60% de la population de Pétrel plongeur de Géorgie du Sud (*pelecanoides georgicus)*. Crozet à lui seul abrite plus de 80% de la population mondiale de Pétrel de Salvin (*Pachyptila salvini)*. La falaise d'Entrecasteaux, site remarquable de l'île d'Amsterdam, abrite plus des trois quarts de la population mondiale d'Albatros à bec jaune *Thalassarche chlororhynchos*. Ce sont ainsi quinze espèces d'oiseaux dont la moitié au moins de la population mondiale vit sur les Terres australes françaises[1].

Parmi ces espèces, certaines pâtissent d'un statut de conservation défavorable. C'est le cas de l'Albatros d'Amsterdam *Diomedea amsterdamensis*. Cet oiseau endémique est classé « en danger

[1] *Proposition en vue du classement en réserve naturelle des Terres australes françaises ; Pierre Jouventin, Thierry Micol, Yves Frenot, Véronique Sarano ; 1997*

critique d'extinction » selon les critères de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). Pour cause, on ne dénombrait plus qu'une vingtaine de couples reproducteurs en 2006. En tout, si l'on porte un regard global sur l'avifaune, on dénombre douze espèces nichant sur le territoire des TAAF menacées d'extinction au niveau mondial. Les principales menaces qui pèsent sur ces espèces et leurs habitats sont d'une part les espèces introduites envahissantes qui bouleversent l'équilibre des écosystèmes, et d'autre part les effets néfastes des changements globaux.

Les îles australes françaises abritent également une grande quantité de mammifères marins, notamment l'éléphant de mer *Mirounga leonina*, l'otarie antarctique (*Arctocephalus gazella*) et l'otarie subantarctique (*Arctocephalus tropicalis*). La population d'éléphant de mer dépasse les 130.000 individus à Kerguelen, ce qui représente la deuxième population au monde. Elle est actuellement en phase de stabilisation après une période de fort déclin.

La population d'otarie d'Amsterdam est estimée entre 25.000 et 30.000 individus à Saint-Paul et Amsterdam. Moins représentée, la population d'otarie de Kerguelen compte tout de même environ 10.000 individus dans l'archipel.

D'une manière générale, dans le sub antarctique et en particulier à Crozet et Kerguelen, les populations d'otaries ont connues une explosion démographique suite à l'arrêt deur exploitation commerciale. Après une quasi disparition, les populations semblent maintenant rétablies.

1.1.2.2. Les grandes lignes de la réglementation de la réserve naturelle

Les réserves naturelles, telles que nous les connaissons aujourd'hui, sont issues de la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, refondue par la loi du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité. C'est notamment à cette dernière que nous devons la classification tripartite entre les réserves naturelles nationales, régionales et de la collectivité territoriale de Corse.

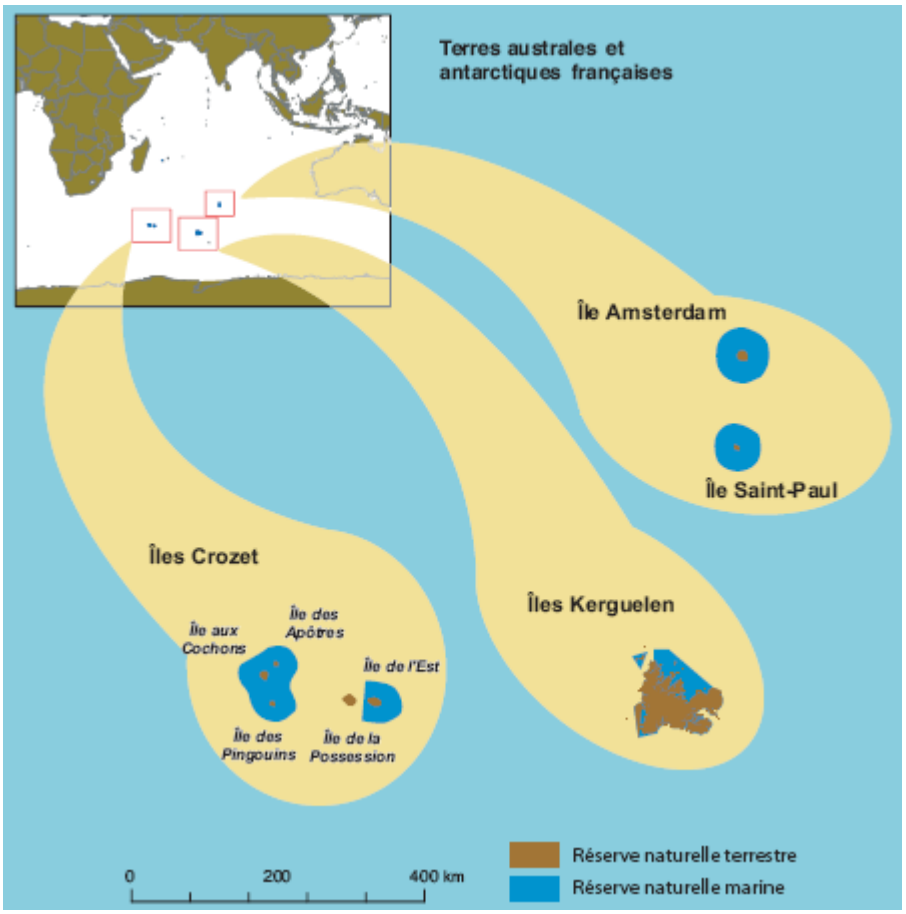
La réserve des Terres australes françaises a été créée par le décret n° 2006-1211 du 3 octobre 2006. Mécanisme réglementaire, ce classement s'accompagne d'une solide armature juridique. Le territoire concerné englobe une partie terrestre et une partie marine, permettant une protection renforcée et globale des richesses biologiques qu'il abrite.

En matière de protection de la nature, le cadre proposé par le décret vient compléter un édifice juridique dont la construction a débuté il y a maintenant plus de cinquante ans (la France est notamment Partie à la convention baleinière internationale depuis 1948). Sa richesse provient d'une part de la longue période au cours de laquelle il n'a cessé de s'étoffer, et d'autre part de la diversité des sources l'alimentant. Sur le territoire de la réserve, la réglementation de protection de la nature comprend en effet des normes issues du droit international, national, également de la réglementation territoriale. En marge de la réserve, la pêche et le mouillage font également l'objet d'une réglementation stricte.

La gestion de la réserve est quant à elle à distinguer de celle de la majorité des réserves naturelles nationales, d'une part du fait de la distance entre le territoire et son siège, d'autre part en raison des spécificités administratives propres aux Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF). Toutefois, ainsi qu'il en va pour l'ensemble des réserves, un comité consultatif et un conseil scientifique, chargés d'assister le gestionnaire, ont été mis en place.

1.2. La localisation de la RN

La réserve naturelle terrestre est constituée de l'île Amsterdam, de l'île St-Paul, de l'archipel de Crozet et des îles Kerguelen. Elles sont situées dans le Sud de l'océan Indien à plus de 12.000 km de la métropole, s'échelonnant entre la zone subantarctique avec les îles Crozet (46°25'S, 51°45'E) et les îles Kerguelen (49°S, 70°E) et la zone subtropicale avec les îles Saint-Paul et Amsterdam (37°50'S, 77°30'E). Situées à plus de 2000 kilomètres de tout continent, les îles australes françaises sont parmi les îles 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, St-Paul et Amsterdam de 2880 km.



Carte 1 : Situation géographique de la réserve

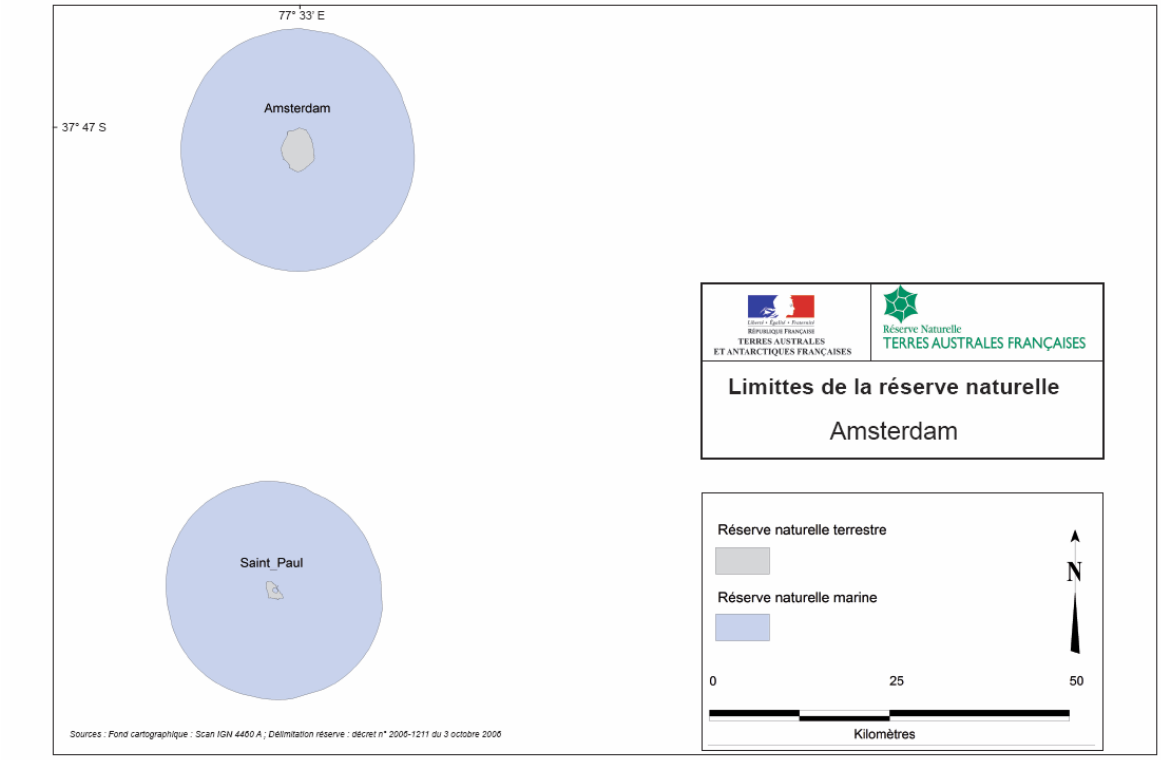
Cet isolement explique pourquoi Kerguelen et Crozet n'ont été découvertes qu'en 1772. Quant à Amsterdam et Saint-Paul, leur position géographique leur assura bien plus tôt la visite de l'Homme. Ces îles furent découverts par Del Cano en 1522, le premier débarquement connu étant le fait Vlaming en 1696. 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 surtout, que favorise 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.

1.3. Les limites administratives et la superficie de la réserve naturelle

Les limites de la réserve sont fixées par l'arrêté du 3 octobre 2006. L'ensemble du territoire relève du domaine privé de l'Etat, à l'exception des bases comprises dans son domaine public. Aucune délimitation administrative ne découpe la réserve.

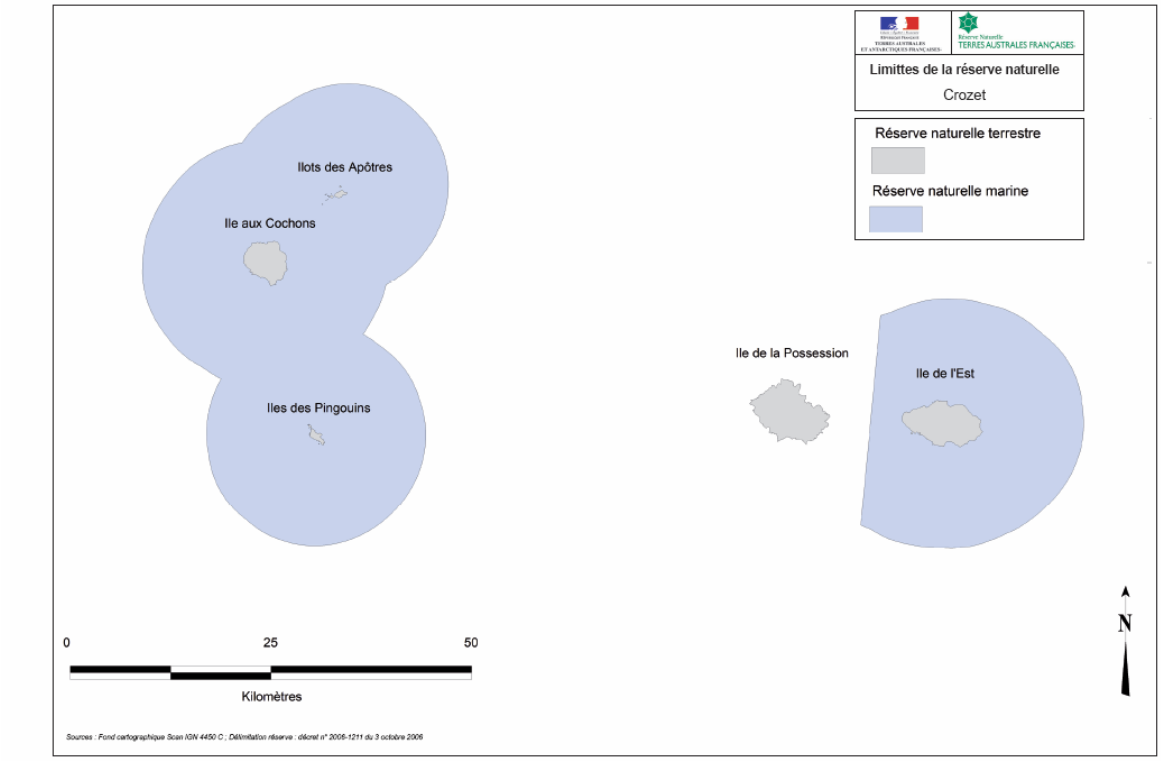
La réserve naturelle nationale des Terres australes françaises comprend l'ensemble des parties terrestres des archipels de Crozet, de Saint-Paul, d'Amsterdam et de Kerguelen ainsi qu'une partie ou la totalité de leurs eaux territoriales comme définis ci-après :

- A Saint-Paul et Amsterdam : eaux intérieures et mer territoriale.



carte 2 : Délimitation de la réserve naturelle : district d'Amsterdam

- A l'archipel de Crozet : eaux territoriales à l'exception de celles de l'île de la Possession.



carte 3 : Délimitation de la réserve naturelle : district de Crozet

- A Kerguelen (carte de reconnaissance de Kerguelen au 1/200 000) :

Zone 1 cap d'Estaing au cap Cotter comprise entre les points suivants (coordonnées géographiques) :

Point A cap Cotter (49° 03' 01" S/070° 19' 44" E).
Point B 48° 30' 00" S/069° 20' 00" E.
Point C 48° 30' 00" S/069° 02' 00" E.
Point D cap d'Estaing (48° 30' 30" S/069° 02' 00" E).

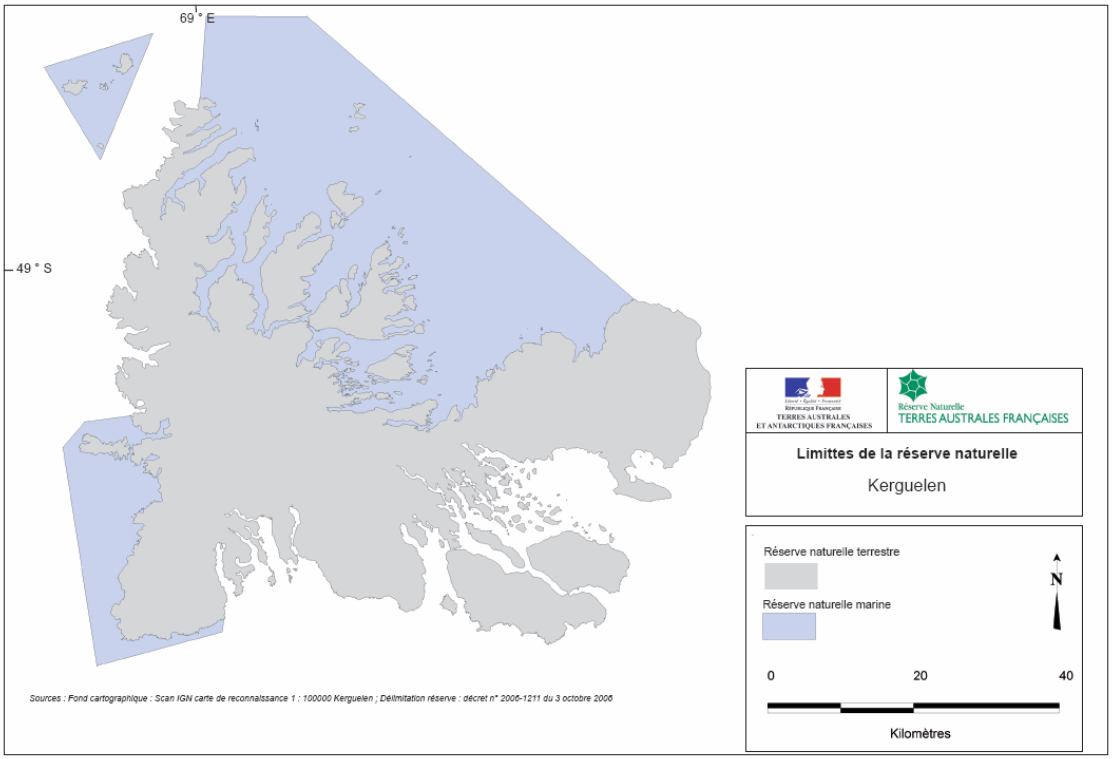
Zone 2 îles Nuageuses comprise dans le triangle formé par les points suivants (coordonnées géographiques) :

Point E 48° 32' 00" S/068° 52' 30" E.
Point F 48° 36' 00" S/068° 33' 00" E.
Point G 48° 47' 00" S/068° 43' 00" E.

Zone 3 presqu'île Rallier du Baty comprise entre les points suivants (coordonnées géographiques):

Point H Pointe de Terre (49° 17' 18" S/068° 48' 28" E).
Point I 49° 18' 00" S/068° 40' 00" E.
Point J 49° 21' 00" S/068° 36' 00" E.
Point K 49° 47' 00" S/068° 42' 00" E.
Point L 49° 43' 00" S/069° 05' 00" E.
Point M cap Dauphin (49° 41' 27" S/069° 05' 19" E).

Cette délimitation contient une coordonnée erronée. Il s'agit du point D cap d'Estaing. Les coordonnées exactes du point D de la zone 1 sont les suivantes : 48° 39' 30'' S/069° 02' 00'' E. Un décret rectificatif devra être pris afin de corriger cette erreur.

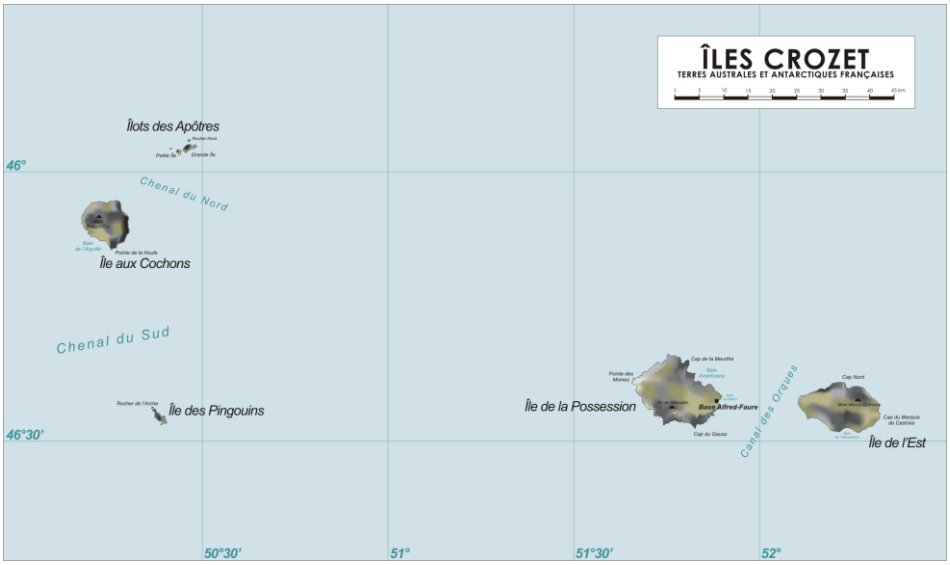


carte 4 : Délimitation de la réserve naturelle : district de Kerguelen

La superficie terrestre totale présentée dans le décret de création est de 700 000 hectares. Ce chiffre ainsi que la carte de la réserve proviennent d'une campagne ancienne de l'IGN, la fiabilité des contours de la réserve n'est donc pas parfait et la surface est probablement sous estimée. Une campagne d'actualisation des données est en cours de réalisation par l'IGN.

La réserve marine couvre 1 500 000 hectares ce qui porte la superficie totale de la réserve à plus de 2 200 000 hectares. C'est de loin la plus grande réserve naturelle de France.

Les îles Crozet (latitude 45° 45’ - 46°30’S ; longitude 50° - 52° 30’E) couvrent une surface d’environs 500km². 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 km² qui dépasse le cadre de la partie marine de la réserve (12 milles)



Carte 5 : Situation géographique de l'archipel de Crozet

→ Le groupe de l’Ouest, formé du nord au sud par :

Les îlots des Apôtres, avec une île principale (environ 2km² et 200m de haut) flanqué d’une île plus petite. Les deux étant accompagnées d’une dizaine d’îlots rocheux.

L’île aux cochons, qui est la plus grande du groupe (environ 65km²) en forme conique typique d’un volcan (900m d’altitude).

L’île aux Pingouins, étirée sur 5km et haute de 420m en son sommet au Mont des Manchots (Dreux et al. 1988).

→ Le groupe de l’Est, formé de deux plus grandes îles :

L’île de la possession, à la forme d’un rectangle de 18 x 12km. Dont le sommet, le pic du Mascarin atteint 934m. La base Alfred-Faure se situe sur la cote est de cette île.

L’île de l’Est est située à une vingtaine de kilomètres à l’Est de l’île de la possession. Elle mesure environ 17km de long pour 10km de large et culmine à 1050m.

Kerguelen est composé d’une grande île et de plus de 300 îles et îlots couvrant une superficie totale de 6500 km² avec 2800 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 km² dont la largeur varie de 25 milles à l’Est, à près de 120 milles au Nord-Ouest. C’est le plus important plateau péri-insulaire et donc la plus grande zone de pêche de l’océan Austral. Il s’étend bien au de la de la partie marine de la réserve.

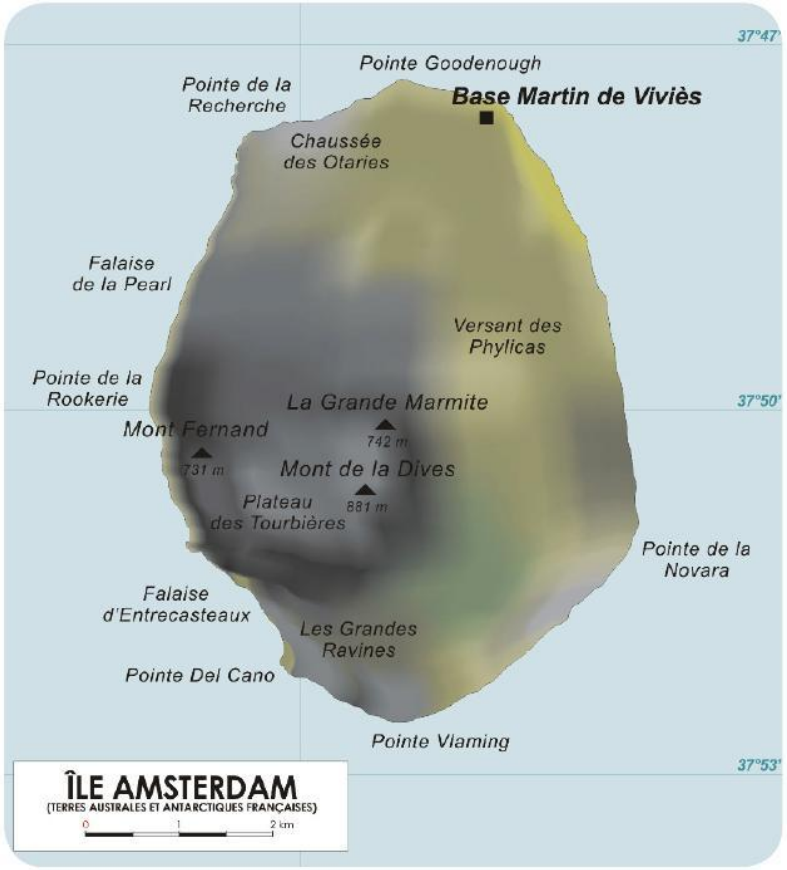


Carte 6 : Géographie de l'archipel de Kerguelen

L'île principale, la « Grande Terre », est extrêmement découpée. Elle représente 6700km² à elle seule. Plus de 300 îles et îlots, écueils et brisants divers complètent l'archipel. Au total, la superficie terrestre de l'archipel des Kerguelen avoisine 7000km². Les paysages sont très variés vaste calotte glaciaire Cook, zones plates et marécageuses de la péninsule Courbet, baie du Morbihan où se situe la base de port aux Français, 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. La base de Port-Aux-Français se situe dans la partie nord du golfe du Morbihan.

Les îles Amsterdam (latitude 37° 50'S ; longitude 77°31'E) **et Saint-Paul** (latitude 38° 43'S ; longitude 77° 32'E) sont les seules îles subtropicales de l'océan Indien. Elles sont le pendant des îles Juan Fernandez du Pacifique Sud et des îles Tristan da Cunha de l'Atlantique Sud. La réserve naturelle marine englobe les deux plateaux péri-insulaires très étroits, s'étendant à moins de 2 milles des côtes d'Amsterdam et de 2 à 8 milles des côtes de Saint-Paul.

L'île Amsterdam est la plus septentrionale des deux, elle s'étend sur environ 9km par 7km soit environ 55 km² et l'île est dominée par le mont Dives qui s'élève à 881 mètres d'altitude. La station permanente de Martin de Viviès se situe au nord de l'île.



Carte 7 : Géographie de l'île d'Amsterdam

L'île Saint-Paul de forme généralement triangulaire d'environs 8 km² se situe à quatre vingt dix kilomètres au sud de l'île Amsterdam. L'île Saint-Paul est une caldeira envahie par la mer suite à l'effondrement de toute la partie est de l'île.



Carte 8 : Géographie de l'île de Saint-Paul

1.4. La gestion de la réserve naturelle

1.4.1. Le gestionnaire :

La gestion de la réserve est confiée par l'article 2 du décret du 3 octobre 2006 au préfet, administrateur supérieur des Terres australes et antarctiques françaises. L'administration des TAAF est de fait organisme gestionnaire.

1.4.2. Statut administratif des Terres australes françaises

Erigé au rang de territoire d'outre-mer (TOM) par la loi du 6 août 1955 qui leur donna leur nom actuel de « Terres australes et antarctiques françaises » (TAAF), les îles Saint-Paul et Amsterdam, les archipels Crozet et Kerguelen ainsi que la Terre adélie ont depuis vu leur statut se détacher du droit commun. La loi constitutionnelle du 28 mars 2003 leur a notamment accordé un régime à part au regard de l'organisation administrative de l'Etat, distinct de celui des autres collectivités territoriales ultramarines.

Cette loi 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.

En effet, 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 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, 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'État, de direction et d'administration du territoire, tel un pouvoir exécutif. L'Administrateur supérieur est assisté d'un Conseil consultatif (Cf. p°23) de treize membres nommés pour cinq ans sur proposition des ministres de l'outre-mer, de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, de la recherche et de l'enseignement supérieur, de la défense, de l'agriculture et de la pêche et du ministre des affaires étrangères et européennes.

1.4.3. Localisation et Organisation

Le siège est installé depuis 2000 à Saint-Pierre, dans le département d'outre-mer de la Réunion, où il regroupe près de 40 personnes. Il accueille le bureau du préfet, son cabinet, le secrétariat général et les différents services : technique (ST), administratif et financier (SAF), gestion des écosystèmes et des milieux naturels (GEMIN), défense et sécurité civile (SDSV), communication, tourisme et boutiques et cellule juridique. L'antenne parisienne des TAAF abrite le service médical et la philatélie.

Sur chaque district, l'importance du personnel varie selon les saisons et les sites entre 20 et 100 personnes. Amsterdam est la base ayant la plus petite capacité d'accueil et Kerguelen la plus grande.

Les aspects logistiques ainsi que le transport de personnel à destination de la réserve, accessible uniquement par voie maritime, s'effectue par le Marion Dufresne 2. Propriété des TAAF et armé par la CMA-CGM, ce navire a deux fonctions principales, répartie sur 2 opérateurs distincts : le ravitaillement des districts par les TAAF et la recherche scientifique océanographique par l'IPEV.



Photo 1 : Siège des TAAF à Saint-Pierre

1.4.4. Les instances consultatives

1.4.4.1. Le Conseil Consultatif

L'article 3 du décret du 3 octobre 2006 fait du conseil consultatif des TAAF, institué par la loi n°55-1052 du 6 août 1955, le comité consultatif de la réserve. D'après le décret, celui-ci donne son avis sur son fonctionnement, sa gestion et sur les conditions d'application des mesures prévues par la décision de classement. Il peut demander à l'administrateur supérieur 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.

L'arrêté du 5 janvier 2009 fixe la composition du conseil consultatif. Les personnalités titulaires pour les quatre années à venir sont :

Sur proposition du ministre chargé de l'outre-mer :

- M.**Jérôme Bignon**, député ;
- M. **Christian Cointat**, sénateur ;
- Mme **Sylvie Joussaume**, directrice de recherche au CNRS, vice-présidente ;
- M. **Bernard Trouvilliez**, directeur du service du patrimoine naturel au Muséum national d'histoire naturelle ;
- M. **Jean-Pierre Charpentier**, contrôleur général des armées, président ;
- Mme **Patricia Ricard**, présidente de l'institut océanographique Paul Ricard ;
- Mme **Isabelle Autissier**, ingénieur agronome ;
- M. **Patrick Poivre d'Arvor**, journaliste et écrivain.

Sur proposition du ministre d'Etat, ministre de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire,

- Mme **Ghislaine Ferrere**, adjointe au chef de bureau des parcs nationaux et des réserves à la direction de l'eau et de la biodiversité.

Sur proposition de la ministre de la recherche et de l'enseignement supérieur,

- M. **Gérard Jugie**, directeur de recherche au CNRS, directeur de l'Institut Paul Emile Victor ;

Sur proposition du ministre de la défense,

- M. **Bernard Charron**, contrôleur général des armées.

Sur proposition du ministre de l'agriculture et de la pêche,

- Mme **Sylvie Alexandre**, directrice des pêches et de l'aquaculture au ministère de l'agriculture et de la pêche.

Sur proposition du ministre des affaires étrangères et européennes,
- M. **Philippe Leyssene**, ambassadeur chargé de la coopération régionale de l'Océan Indien.

1.4.4.2. Le Conseil scientifique

En vertu de l'article 4 du décret du 3 octobre 2006, le Comité de l'environnement polaire institué par le décret n° 93-740 du 29 mars 1993 tient lieu de Conseil scientifique. Il peut être consulté 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 dans des zones protégées de la réserve, à des fins scientifiques.

L'arrêté du 12 mars 2009 portant nomination au Comité de l'environnement polaire fixe sa composition pour les quatre années à venir :

M. **Michel Pascal**, directeur de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique, est nommé président.

Sur proposition du ministre chargé des affaires étrangères :
- M. **Guy Duhamel**, professeur au laboratoire d'ichtyologie du Muséum national d'histoire naturelle ;
- M. **Henri Weimerskirch**, directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique.

Sur proposition du ministre chargé de la recherche :
- M. **Yves Frenot**, Direteur de recherche au Centre national de la recherche scientifique, directeur adjoint de l'Institut polaire français Paul-Emile Victor ;
- M. **Marc Lebouvier**, ingénieur de recherche au Centre national de la recherche scientifique.

Sur proposition du ministre chargé de l'environnement :
- M. **David Grémillet**, chargé de recherche au Centre national de la recherche scientifique ;
- M. **Vincent Ridoux**, Professeur à l'Université de La Rochelle.

Sur proposition du ministre chargé des départements et territoires d'outre-mer :
- M. **Jean-Yves Cottin**, professeur de géologie à l'université Jean Monnet de Saint-Etienne ;
-M. **Jean-Louis Etienne**, médecin-explorateur.

Sur proposition du Conseil national de la protection de la nature :
- M. **Patrick Foltzer**, président de l'Association régionale pour l'initiation à l'environnement et à la nature en Alsace ;
- M. **Jean-Marc Pons**, maître de conférences au Muséum national d'histoire naturelle.

1.5. Le cadre socio-économique

1.5.1. Les districts australs

La réserve naturelle des Terres Australes Françaises, contrairement aux autres réserves françaises, a la particularité « d'abriter » une population humaine regroupée sur des bases

scientifiques et logistiques. Les 3 bases de la réserve, situées sur l'île de la Possession pour Crozet, sur la Grande Terre pour Kerguelen et sur l'île d'Amsterdam, permettent depuis des décennies d'assurer la souveraineté de l'état français sur la partie subantarctique et de développer des programmes scientifiques sur le long terme.

Le nombre de personnes vivant sur ces bases varie de 20 à 100, en fonction du district et de la période de l'année. Durant l'été austral (de novembre à avril), le nombre de scientifiques, étudiant notamment les cycles naturels, est plus important que durant l'hiver austral (de mai- à octobre).

Les activités de recherche sur les districts sont mises en œuvre par l'Institut Polaire Français *Paul Emile Victor* (IPEV), agence française de projection de moyens dans les régions polaires au bénéfice de la recherche académique nationale (Cf. « la recherche scientifique » p°357)

De nombreux travaux de recherche sont axés sur la connaissance du fonctionnement et sur la conservation des écosystèmes. La synthèse de ces travaux utile à la gestion de la réserve sont présentés dans cette première partie du plan de gestion (faune, flore, géologie, réserve marine…). Outre cette approche descriptive, la recherche apporte également à l'organisme gestionnaire des orientations de gestion nécessaire à la conservation des milieux et des espèces.

La France est le seul pays qui maintienne dans ces proportions une présence humaine permanente sur des îles subantarctiques. Les séries à long terme sur les populations d'oiseaux, sur les mammifères marins, sur les espèces introduites, etc. sont considérées comme uniques et représentent une richesse importante pour la gestion de la réserve.

La mission de l'organisme gestionnaire est notamment d'allier une présence humaine permanente, pour pérenniser la recherche et la surveillance, avec la préservation de cette riche biodiversité.

En fonction de la période passée sur le district, les personnels seront considérés comme hivernant (présence en hiver) ou comme campagnard d'été (novembre à avril).

Administration des districts :

Chaque district est dirigé par un chef de district, nommé par le préfet et représentant celui-ci sur le terrain. Il a en charge l'application de la réglementation, notamment celle mettant en œuvre le décret du 3 octobre 2006 créant la réserve naturelle. Il est également le garant de la mise en œuvre de son plan de gestion et veille au respect des autorisations délivrées aux scientifiques. Par ailleurs, il a pour rôle la coordination des différents services (infrastructure, énergie, sécurité ….).

1.5.2. 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 des missions ponctuelles par la suite, contribuant à la stabilité géopolitique de cette partie de l'hémisphère austral.

Toutefois, les îles subantarctiques relevant de la souveraineté française restant inoccupées, les pressions à l'égard de la France afin qu'elle y manifeste effectivement sa présence se font de plus en plus en vives.

C'est ainsi que le gouvernement français est amené à envoyer une expédition vers ses territoire austraux. En 1949, une résolution est adoptée à l'unanimité par l'Assemblée nationale, qui invite le gouvernement à matérialiser la souveraineté de l'Etat sur toutes les îles australes françaises et d'y envoyer une mission économique, scientifique et militaire.

La gestion des déchets sur les bases est traitée en page 341.

1.5.2.1. Crozet : la base Alfred Faure

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. 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 2 : Première mission à Crozet



Photo 3 : Base Alfred Faure

Une route en lacet d'un peu plus d'un kilomètre monte de la Baie du Marin, la plage de débarquement, et conduit à la base, 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, scientifiques et techniciens.



Photo 4 : La baie du Marin

La Baie du Marin est le lieu de débarquement des opérations portuaires sur l'île de la Possession. Des réflexions sont en cours au sujet de son réaménagement, qui consisterait en une réduction de l'emprise des infrastructures afin de rendre de l'espace à la colonie de manchots royaux (Cf. p° 341).

1.5.2.2. 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 la composent, dont Edgar Aubert de la Rüe comme conseiller scientifique, sous le commandement de Pierre Sicaud, administrateur en chef des colonies. L'aviso 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. Des 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 sont susceptibles d'accueillir une piste d'aviation, la base en serait ainsi proche. C'est donc en ce lieu qu'est érigé un groupe de quatre baraques préfabriquées, baptisé « Port-aux-Français ».

Le 1er janvier 1950, le poste émetteur radio de Kerguelen entre en fonction, 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 vingt-huit vont hiverner en passant dix-huit mois sur l'île.

La mission suivante 1951-1952 est amenée par le liberty-ship Vercors. Puis enfin 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.

Une route en pierre est aménagée, reliant la cale de débarquement à la base, puis à quelques kilomètres jusqu'aux bâtiments de radiotélégraphie et de météorologie.

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 elle jamais lieu. Malgré ça, la base se développe, et atteint sa « vitesse de croisière » en six années.



Photo 5 : base de Port-aux-Français (au fond le Marion Dufresne)

Port-aux-français constitue aujourd'hui la plus grande base de la réserve naturelle. Elle peut accueillir entre 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 à quelques kilomètres au « plateau » accueillant les installations de la météorologie nationale, des Transmissions, des laboratoires de géophysique ainsi que 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 installés.



Photo 6 : Serres, déchetterie et incinérateur de Kerguelen



Photo 7 : Le Centre National d'Etudes Spatial à Kerguelen

1.5.2.3. 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 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 Jeep 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 8 : 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 mètre. Située au nord-ouest de l'île, elle compte une trentaine de bâtiments dédiés. Une déchetterie et un incinérateursont présent sur le district.

1.5.3. Les moyens logistiques à disposition des TAAF

1.5.3.1. Le Marion Dufresne

Le *Marion Dufresne* est chronologiquement le troisième bateau des TAAF desservant les Terres australes, succédant depuis 1995 au *Marion Dufresne* 1, qui lui-même avait pris la relève en 1972 du *Galiéni.*

Propriété des Terres australes et antarctiques françaises et armé par la CMA/CGM, le Marion Dufresne a deux fonctions principales :

- le ravitaillement des Terres australes à partir de la Réunion ;
- la recherche scientifique océanographique.

Le Marion Dufresne est à la fois :

- un paquebot qui sert au transport du personnel des bases et des visiteurs vers les Terres australes (110 passagers) ;
- un cargo chargeant des conteneurs et des colis lourds d'une capacité de 5.600 m3 et possédant deux grues jumelables de 25 tonnes et deux autres grues de service ;
- un pétrolier transportant du carburant pour les stations ;
- un porte-hélicoptères ;
- un navire de recherche équipé de 650 m² 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.



Photo 9 : Le Marion Dufresne

Chaque année, l'Ipev (Institut Paul-Emile Victor) sous affrète le Marion Dufresne aux Taaf pour réaliser pendant près de 220 jours des campagnes océanographiques sur tous les océans du monde. Pluridisciplinaires (géologiques, hydrologiques, hydrophysiques et biologiques), elles ont pour objectifs :

- l'inventaire, la cartographie, la structure, l'origine et l'évolution des dorsales océaniques, des bassins et des marges continentales de l'océan Indien ainsi que des plateaux sous-marins de l'océan Indien occidental et austral ;
- l'étude de la circulation atmosphérique, de la circulation océanique et de l'interface océan-atmosphère ;
- l'étude de la structure et du fonctionnement de l'écosystème marin, notamment par la prospection des bassins profonds de l'océan Indien et du secteur Indien de l'océan Austral ou l'étude de l'écosystème pélagique de la haute mer.

Le *Marion Dufresne* est le principal trait d'union entre la réserve naturelle et l'extérieur. Il permet d'acheminer sur place notamment les agents chargés de l'application concrète de la politique de



Photo 10 : Opération logistique du Marion Dufresne

gestion de la réserve réfléchie au siège des TAAF ainsi que les moyens et matériels nécessaires à ces missions.

Le navire se rend sur les districts trois fois par an, lors des Opérations portuaires (OP). Il ravitaille alors les districts et permet le rapatriement des déchets (Cf. partie déchet en p°341)

Les îles sont généralement atteintes dans l'ordre suivant : Crozet, Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam avec des durées d'escale de l'ordre de 3 à 6 jours en moyenne.

1.5.3.2. La Curieuse



Photo 11 : La Curieuse

La Curieuse est un navire de 25 m de type chalutier de pêche. Commandé par la Mission de Recherche des TAAF au chantier "Union et Travail" des Sables d'Olonne, il a été mis en service en 1989. A sa création en 1992, l'Institut Polaire (IFRTP, devenu IPEV en 2002) a reçu des TAAF la mise à disposition pleine et entière du navire.

- La Curieuse constitue le seul moyen maritime permettant de sortir du Golfe du Morbihan, à Kerguelen. Ses principales activités sont les suivantes :
  - Hydrographie côtière
  - Biologie marine (ichtyologie, plancton, krill, benthos…)
  - Océanographie physique (températures, salinité etc…), de part et d'autre du Front Polaire
  - Géologie (dragage, carottages)
  - Soutien des opérations scientifiques terrestres (transport de matériel et de personnels, maintenance de stations "observatoires" permanentes - stations climatologiques -)
  - Soutien des opérations logistiques terrestres (ravitaillement et entretien des refuges)

- La Curieuse constitue également un moyen éprouvé de secours pour les opérations terrestres éloignées de la base et pour des navires croisant au large de Kerguelen.

Depuis 2005, la Curieuse est à l'arrêt, pour des raisons de contraintes budgétaires. Son absence de Kerguelen a entraîné des inconvénients d'ordre logistique ou de sécurité pour les programmes scientifiques (impossibilité d'accéder aux sites éloignés, incapacité de porter secours aux équipes éloignées de la base en cas de besoin, etc.). Un grand nombre de programmes de recherche ont donc été suspendus.

Les TAAF, en accord avec l'IPEV viennent de vendre le navire, en négociant la mise à disposition plusieurs mois par an de navire sur Kerguelen.

Cette initiative va permettre de disposer à nouveau du navire, et de dynamiser ainsi les programmes scientifiques sur l'ensemble de l'archipel.

La présence à Kerguelen pendant l'été austral va également permettre de répondre à plusieurs enjeux en termes de gestion de la réserve naturelle et de développement de programmes scientifiques visant à approfondir la connaissance



Photo 12 : La Curieuse dans le Golfe du Morbihan (Kerguelen)

de la biodiversité de ces îles et son évolution actuelle sous l'effet des changements climatiques, des introductions d'espèces potentiellement invasives et de la fréquentation humaine.

1.5.3.3. L'Aventure II (Chaland)



Photo 13 : Le Chaland de Kerguelen

Plusieurs îles du Golfe du Morbihan, à Kerguelen, font l'objet de suivis scientifiques et d'opérations de gestion de la réserve naturelle.

Le chaland *l'Aventure II* est le moyen utilisé pour accéder à ces différents sites depuis la base. Il effectue régulièrement des tournées desservant l'une après l'autre chacune des îles faisant l'objet d'un suivi, également les sites de la grande Terre éloignés de la base. Il constitue un moyen logistique essentiel sans lequel les opérations scientifiques et de gestion ne pourraient être réalisées.

L'arrêté 2006-10 du 4 février 2006 fixe les conditions d'utilisation du chaland. Il lui dévolue les missions suivantes :

- aide au débarquement du Marion-Dufresne
- le transport de matériel et d'animaux (moutons),
- le transport de personnel,
- le ravitaillement en gazole.

Ce moyen maritime est indispensable pour la gestion de la réserve naturelle.

1.5.3.4. L'hélicoptère

Les opérations logistiques dans les districts australs menées lors des Opérations portuaires s'effectuent en grande partie à l'aide d'un hélicoptère, affrété par les TAAF et embarqué sur le Marion Dufresne. Cet outil n'est présent que lors du passage du Marion Dufresne, soit quelques jours par an (Il a été laissé plusieurs mois sur place lors de précédentes opérations telles que la dératisation de Saint-Paul ou de certaines îles du Golfe du Morbihan) Il permet notamment de charger à bord du *Marion Dufresne* les déchets à rapatrier 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. 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 secours à personne, transport de blessé, observation, intervention en haute altitude ou en mer, etc.

En moyenne, chaque rotation implique une utilisation de l'hélicoptère entre 30 et 90 heures.

1.5.4. La fréquentation de la réserve naturelle

Du fait de sa situation géographique, l'accès à la réserve naturelle est soumis à des contraintes logistiques fortes et largement dépendantes des TAAF, dont le navire le *Marion Dufresne* constitue le principal moyen d'acheminement de personnes vers les districts. 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. Il convient par ailleurs de mentionner les navires de plaisance autonomes, dont les éventuelles escales sur les îles sont susceptibles de générer un flux de visiteurs supplémentaires, toutefois dans une mesure extrêmement restreinte.

Une fois sur les bases, on accède aux différents sites à pied, sauf lors des opérations portuaires où l'hélicoptère peut être utilisé. Pour Kerguelen, on utilise également le chaland (Cf. Photo 13 p°33) pour accéder aux sites du Golfe du Morbihan et la Curieuse pour accéder à l'ensemble des autres sites.

Du fait des possibilités d'accès strictement limitées, la typologie des publics fréquentant la réserve naturelle est tout à fait spécifique. Trois types de fréquentation sont à cet égard à distinguer, la fréquentation à finalité professionnelle, les sorties « loisir » effectuées par les hivernants et la fréquentation touristique (3 fois par an).

Les flux générés par ces trois types de fréquentation sont quantitativement inégaux, la grande majorité des personnes fréquentant la réserve naturelle se plaçant dans un cadre professionnel. La fréquentation touristique génère des flux moins importants.

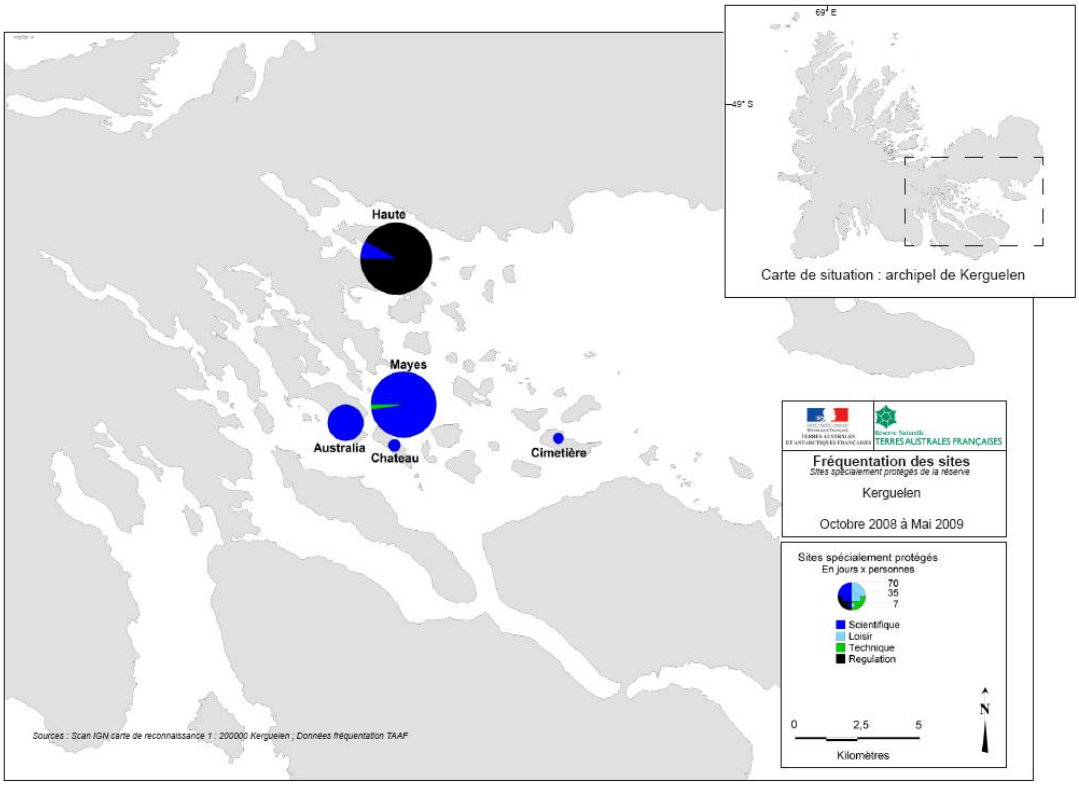
Un suivi mensuel de la fréquentation de chaque site est réalisé par chaque chef de district et transmis à l'organisme gestionnaire. Ce suivi comprend le nom du site fréquenté, le nombre de personnes, et la durée du séjour. Ce suivi strict est mis en place depuis septembre 2008. Fin 2009, il ne prend pas en compte les visites militaires, les visites touristiques (bateaux autonomes, et Marion Dufresne), les descentes du personnel du Marion Dufresne ou de l'équipage des bateaux de pêches faisant escale sur les îles.

Voir document cartographique : Cartes n° 1 à 3 : fréquentation des différents districts

1.5.4.1. Fréquentation par les personnels Taaf et IPEV

La plupart des trajets et des séjours hors base effectués au sein de la réserve ont une finalité scientifique ou technique.

Les opérateurs des programmes de recherche et leurs accompagnants transitent régulièrement à travers la réserve afin d'accéder aux différents sites d'études. Ceux-ci sont situés de manière éparse sur les différents districts, en fonction de l'intérêt scientifique qu'ils suscitent. Il s'agit en grande partie des sites réservés à la recherche scientifique et technique au sens de l'arrêté n°14 du 30 juillet 1985. Leur accès est réglementé (Cf. p°48). Des sites relevant du droit commun de la réserve sont également concernés.



Carte 9 : Fréquentation des sites spécialement protégés dans le Golfe du Morbihan

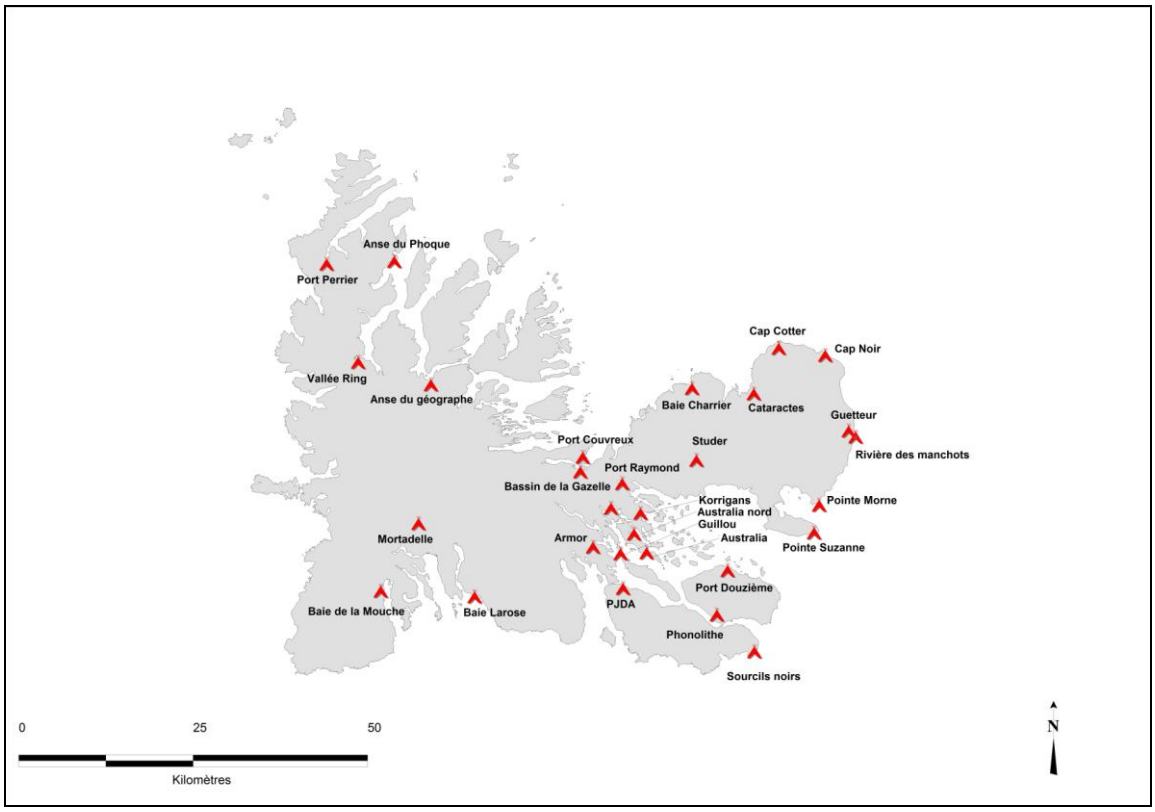
L'ensemble des cartes de fréquentation des sites et des transits se trouve dans le document cartographique.

Des missions techniques peuvent également générer des transits. Elles peuvent avoir pour objet la maintenance des équipements de communication (antennes relais), l'entretien ou l'approvisionnement des cabanes, etc.

Le personnel hivernant peut par ailleurs être amené à transiter au travers de la réserve à des fins de loisir. Sont concernés par ce type de visite uniquement des sites relevant du droit commun de la réserve naturelle.

Du personnel séjourne dans les refuges disposés au sein de la réserve (Cf. document cartographique n°16, 17 et 18) de quelques jours à plusieurs semaines lors des missions en sites isolés (travaux de recherche, de gestion ou technique). La plus grande partie des refuges est gérée par l'IPEV l'autre par les Taaf. Le fonctionnement énergétique et de rappatriement des déchets sont détaillés en page 350:

Certaines de ces cabanes sont également utilisées pour les activités de loisirs des hivernants.



Carte 10: Refuges et abris de Kerguelen (Données refuges IPEV).

1.5.4.2. La fréquentation touristique

La réserve est ouverte, dans des conditions particulières, au tourisme.

L'activité touristiqe à lieux dans les Terees austrlaes françaises depuis 1994. Un nombre limité de touristes est embarqué sur le Marion Dufresne et débarque à Crozet, Kerguelen et Amsterdam et ceci trois fois par an. La mission prioritaire de ce bateau est le ravitaillement et la relève des personnels des trois districts, l'accueil de touristes à bord ne peut être qu'une possibilité, non une proposition systématique. Le nombre de places disponibles, conditionné par le programme logistique du bateau, est fixé pour chaque rotation par le territoire.

Le tourisme au sein de la réserve est restreint et encadré. Il concerne environ une vingtaine de personnes par rotation encadrées par au moins un guide naturaliste. Depuis 2002, une moyenne de 50 touristes. Ce chiffre a augmenté ces dernières années pour atteindre 80 passagers par an (Cf.Figure 1).

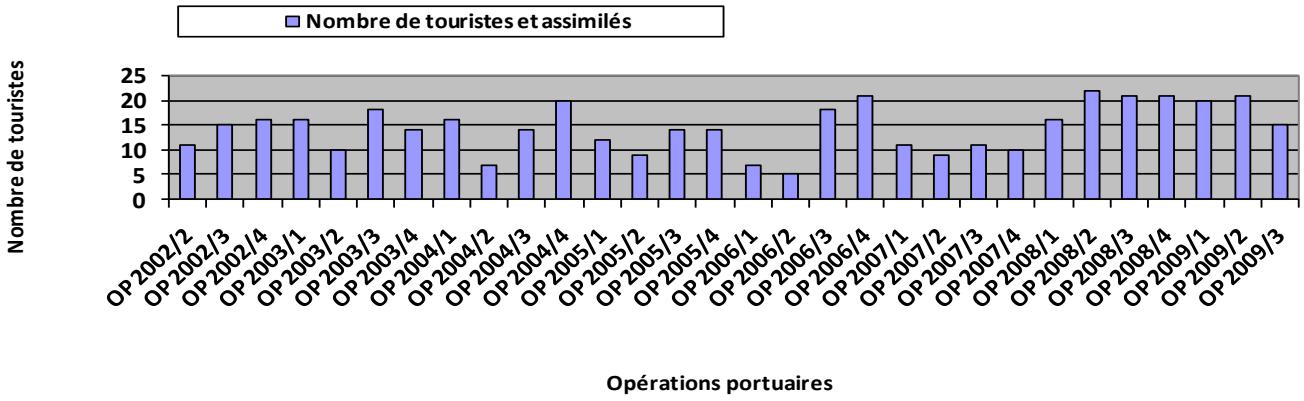


Figure 1 : Nombre de touriste par opération portuaire depuis 2002

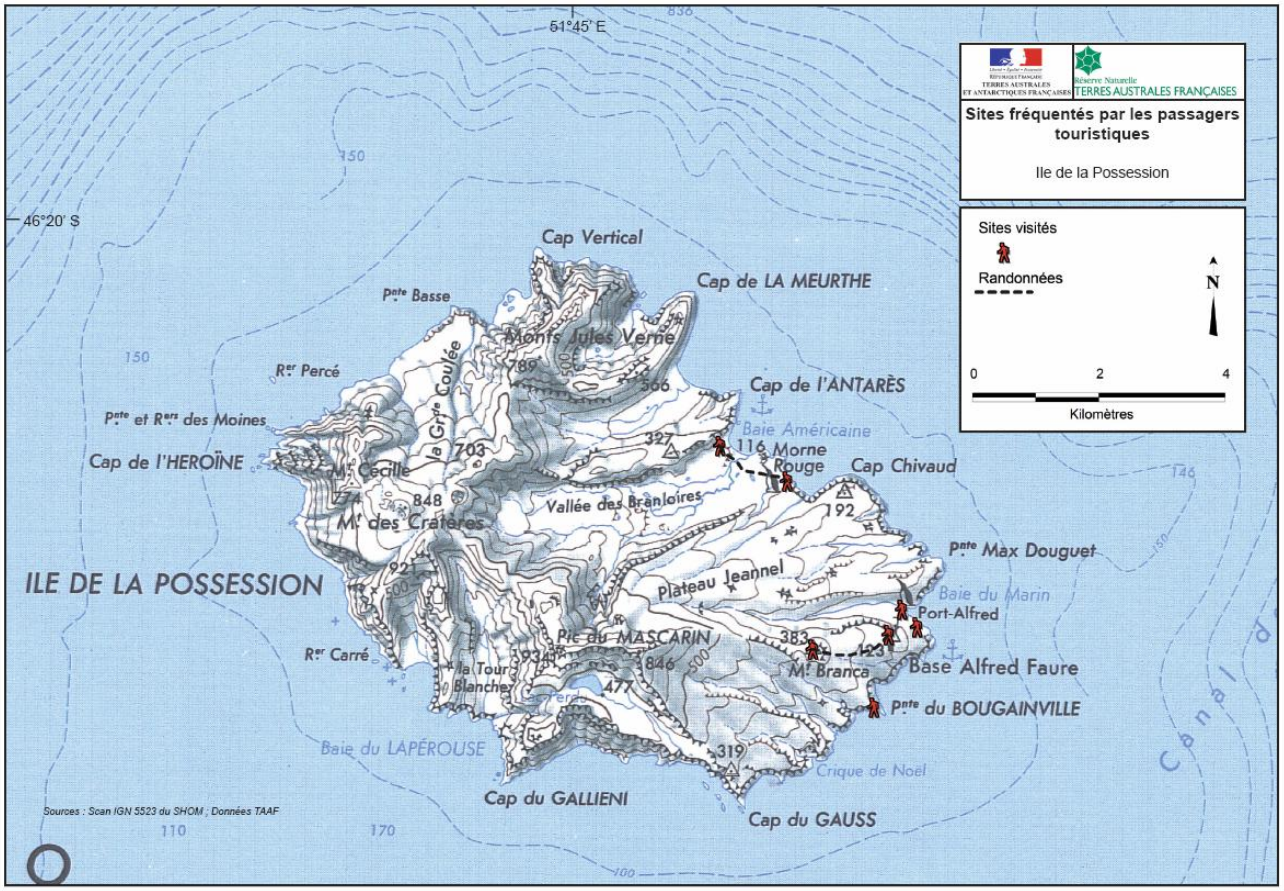
Le séjour à terre type se compose ainsi (programme variable en fonction de la logistique et de la météo)

- 4 jours pour l'archipel Crozet, île de la Possession,
- 5 jours pour l'archipel Kerguelen,
- 1/2 journée devant Saint-Paul
- 4 jours à Amsterdam.

Les sites ordinairement visités par les touristes sont les suivants (voir cartes ci-dessous et atlas cartographique en page 414):

Crozet :

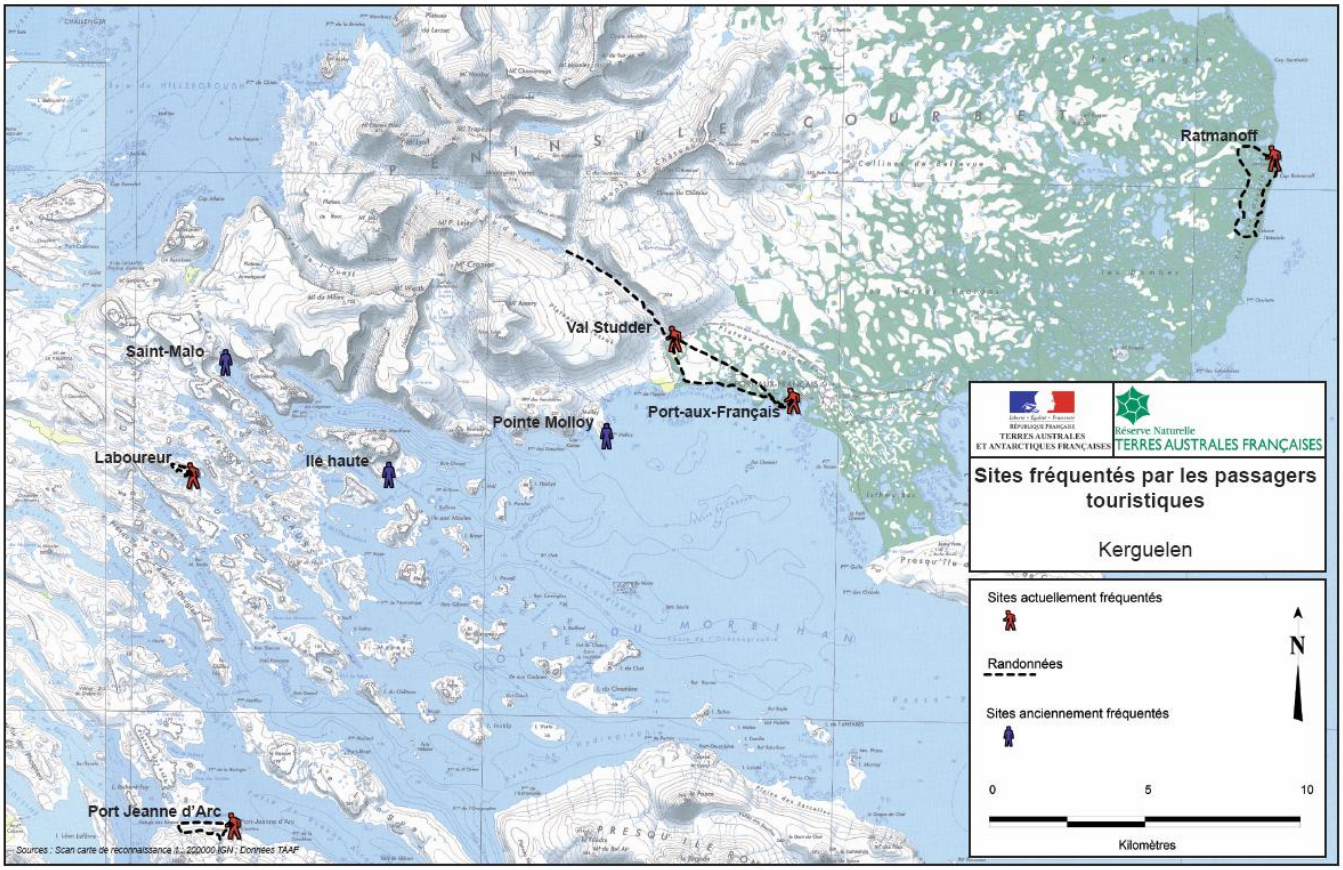
- Le Bolard et de la Baie du Marin (transit à pied)
- La Baie américaine, le Morne Rouge et la petite manchotière (transit à pied)
- Le sommet Branca (transit à pied)
- La Pointe du Bougainville (transit à pied)



Carte 11 : fréquentation touristique de l'île de la Possession

Kerguelen :

- Ratmanoff (transit hélicoptère puis pédestre)
- La cabane Jacky (transit hélicoptère puis pédestre)
- Laboureur (transit bateau et hélicoptère puis pédestre)
- Port Jeanne d'Arc (transit bateau et hélicoptère puis pédestre)



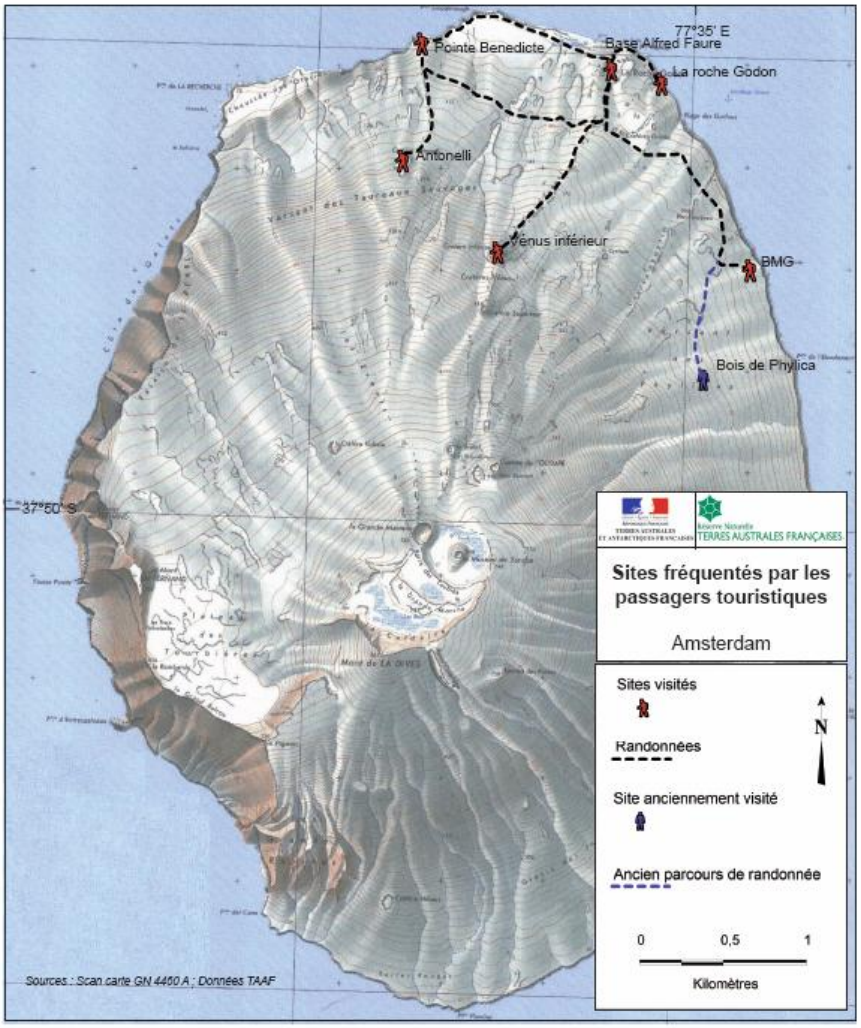
Carte 12 : fréquentation touristique de Kerguelen

Saint-Paul :

- Survol en hélicoptère ou zodiaque au sein du cratère, sans débarque

Amsterdam :

- La coulé de Venus et grand tunnel (transit à pied)
- La Pointe Bénédicte (transit à pied)
- Le cratère Antonelli (transit à pied)
- La cabane Ribault (transit à pied)
- Le Bois de phylicas et BMG (transit à pied)
- Survol de l'île (transit hélicoptère)



Carte 13 : Fréquentation touristique d'Amsterdam

Un programme touristique type est présenté en annexe VI.

Les sites classés en *zone de protection intégrale* par le décret du 3 octobre 2006, ne font pas l'objet de visites par les touristes (L'ile Saint-Paul est survolée 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.

Aucune structure n'est spécifiquement dédiée au tourisme au sein de la réserve, l'accueil se fait dans les bâtiments logistiques ou les refuges.

Si les touristes effectuent la plupart de leurs déplacements en hélicoptère, plusieurs « randonnées » sont réalisées à pieds (cf. ci-dessous), venant accroitre la pression due au piétinement sur les sols. Au moment de la rédaction de ce plan de gestion ces transits n'entre pas en compte dans le suivi de la fréquentation de la réserve, empêchant d'analyser l'impact que cette activité peut avoir sur les sols. La présence de guides permet toutefois de limiter l'impact en évitant les écarts des sentiers et le dérangement de la faune.

La création de la réserve naturelle n'a pas engendré de modification de l'activité touristique. Cependant, la réglementation prévue par décret lui est applicable et contribue, ainsi qu'il en va pour l'ensemble des activités humaines, à encadrer cette activité et limiter son impact.

1.6. La réglementation de la réserve naturelle

1.6.1. La protection de la nature

1.6.1.1. Les règles issues 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.

Plusieurs conventions ont une portée générale et ont vocation à s'appliquer à tout un milieu voire à l'ensemble des espèces.

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.

Tableau 1 : Ensemble des espèces présentes au sein de la réserve et mentionnées par les annexes CITES :

Annexe I	Annexe II
Baleine franche australe	**Ensemble des cétacés** (excepté ceux inscrits à l'annexe I)**.**
Rorqual boréal	**Otarie d'Amsterdam**
Baleine bleue	**Otarie de Kerguelen**
Baleine à bosses	**Eléphant de mer**
Rorqual commun	
Baleine de Minke	
Baleine franche de l'Atlantique nord	
Cachalot	

Le règlement (CE) nº 338/97 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 TAAF sont depuis 2009 organe de gestion compétent pour délivrer les permis et certificats. L'élaboration du formulaire d'exportation ainsi que le choix et l'organisation des autorités scientifiques et de gestion sont actuellement en cours.

Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage

Adoptée à Bonn le 19 juin 1979, la Convention a été publiée en droit français par le décret no 90-962 du 23 octobre 1990. En plus de certains mammifères marins, les annexes de la convention incluent cette fois des oiseaux des Terres australes, notamment les albatros. Elle vise principalement à encourager la coopération internationale en matière de protection des espèces concernées, regroupées en deux annexes. Pour les espèces migratrices en danger, énumérées à l'annexe I, la Convention encourage les États parties à :

- Promouvoir les travaux de recherche
- Accorder une protection immédiate, interdire leur prélèvement ;
- Préserver les milieux les accueillant ;
- Prévenir les facteurs les mettant en danger (introduction d'espèces).

Pour les espèces dont l'état de conservation est défavorable, énumérées à l'annexe II, la Convention encourage les États parties à mettre en place des accords de conservation internationaux.

Tableau 2 : Espèces des TAAF inscrites sur les annexes de la convention de Bonn

Annexe I	Annexe II
baleine franche australe	dauphin obscur
baleine à bosse	orque
baleine bleue	
baleine franche de l'Atlantique nord	grand albatros
rorqual commun	albatros à sourcils noirs
rorqual boréal	albatros timide
Cachalot	albatros à bec jaune
	albatros à tête grise
albatros d'Amsterdam	albatros fuligineux à dos sombre
	albatros fuligineux à dos clair
	pétrels géants subantarctique
	pétrels géants antarctique
	pétrel gris
	Pétrel à menton blanc

Cette convention n'influe pas de manière directe sur la préservation de la faune des Terres australes. Elle n'édicte en effet aucune règle s'imposant à un degré quelconque aux Etats parties. Son rôle est davantage d'attirer l'attention sur les besoins en matière de conservation concernant les espèces inscrites en annexe I, en vue d'inciter à la passation d'accords internationaux spécifiques à certaines de ces espèces. 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. Il s'agit de l'Accord pour la Conservation des Albatros et des Pétrels (ACAP).

ACAP

L'ensemble des albatros et les 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, par le recours au principe de précaution, à maintenir ou atteindre un état de conservation favorable aux albatros et aux pétrels. L'accord est entré en vigueur en février 2004 et compte aujourd'hui 11 parties, dont la France.

L'ACAP ne prend pas de recommandations contraignantes, les mesures qu'elle édicte tendent davantage à proposer des orientations aux Etats.

Il s'agit d'un instrument amené à jouer un rôle conséquent en matière de conservation des albatros et des pétrels au sein de la réserve naturelle. Les objectifs généraux de l'accord ainsi que les mesures générales de conservation qu'il préconise, prises en compte par le présent plan de gestion (contrôle des espèces introduites, restauration des habitats, soutient à la recherche, etc.), seront intégrées à la gestion de ce territoire.

Par ailleurs, dans le but d'honorer les engagements prix par la France en ratifiant l'ACAP, les TAAF proposent, en partenariat avec la Ligue pour la Protection des Oiseaux et sous la direction du Ministère en charge de l'écologie, de mettre en place un comité de pilotage réunissant l'ensemble des acteurs concernés par la conservation de l'albatros d'Amsterdam, espèce endémique de l'île considérée par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature en danger critique d'extinction. L'objectif est de dresser le plus rapidement possible un plan de restauration. Ce plan devra détailler les actions à mener ainsi que les financements associés.

Le statut critique de conservation de l'espèce exige une mise en place rapide, dès le début 2009, des actions de conservation. Le plan de restauration devra être rédigé courant 2010. Les actions pourront être présentées par la France à l'ACAP afin de valoriser le travail de conservation entrepris sur cette espèce.

Tableau 3 : Espèces inscrites à l'ACAP

Albatros	Pétrels
Toutes les espèces présentes sur les îles subantarctiques françaises	Pétrel géant antarctique ***(Macronectes giganteus)***
	Pétrel géant subantarctique (*Macronectes halli)*
	Pétrel à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis)*
	Pétrel gris (*Procellaria cinerea*)

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. Elle 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, les centres d'intérêt de la CCAMLR se sont déplacés vers les espèces exploitables, notamment vers la légine qui est devenue un enjeu économique essentiel.

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 du volume des populations en deçà du niveau nécessaire au maintien de sa stabilité. Les captures et activités connexes ne doivent également pas entraîner une modification de l'écosystème marin. Pour ce faire sont adoptées dans le cadre de la convention des recommandations, à valeur contraignante, visant à

identifier les espèces à protéger, fixer les limites de captures, identifier les régions de pêche, réglementer les époques et les méthodes de pêche, le tout en fonction d'avis scientifiques.

Le champ d'application géographique de la CCAMLR comprend les zones comprises au sud du 60ème parallèle ainsi que les zones comprises entre ce 60ème parallèle et la zone de convergence antarctique, incluant ainsi que les îles Kerguelen et Crozet. En revanche, les îles Saint-Paul et Amsterdam en sont exclues.

La France, aux termes de ce qu'on appelle la Déclaration du Président intégrée à l'acte final de la clôture de la réunion, bénéficie d'un statut particulier qui lui confère pour les zones relevant de sa compétence le droit d'appliquer les mesures de conservation de la CCAMLR uniquement sur une base volontaire. En effet, par une déclaration interprétative de cette convention acceptée par les autres signataires, il est prévu que « *les mesures de conservation, qu'il s'agisse de mesures nationales ou de mesures adoptées par la Commission relatives aux eaux adjacentes à Crozet et Kerguelen, seront mises en application par la France. Le système d'observation et d'inspection prévu par la Convention ne sera pas appliqué dans les eaux adjacentes à Crozet et Kerguelen, si ce n'est avec l'accord de la France et dans les conditions acceptées par elle* ».

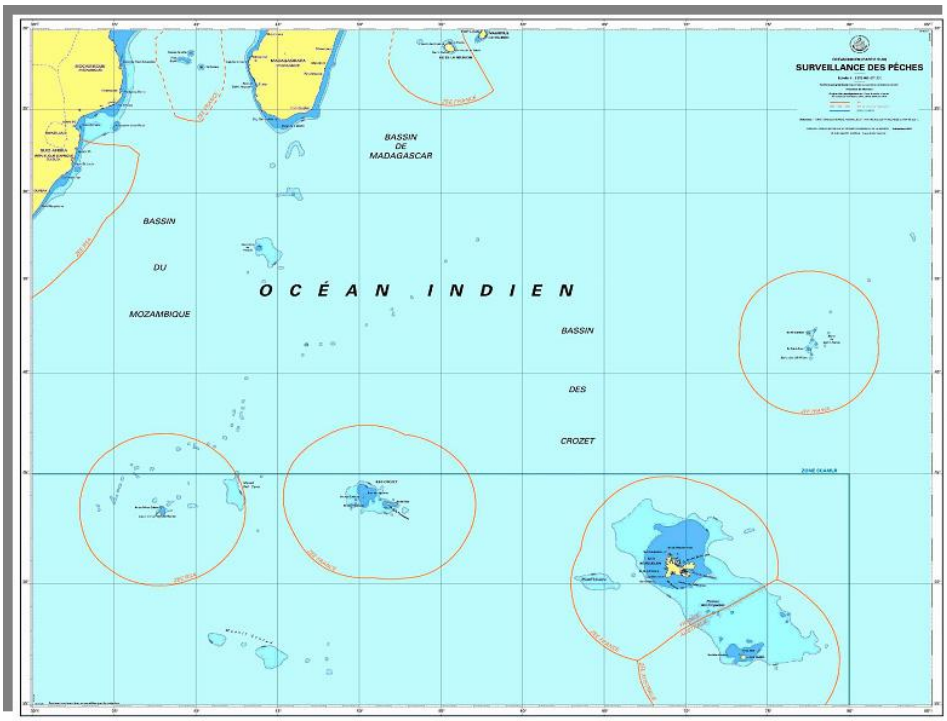
Le régime de la pêche dans les TAAF est donc déterminé par des arrêtés de l'administrateur supérieur qui tiennent compte ou non des mesures de conservation de la CCAMLR.

Dans les faits, ces arrêtés reprennent cependant l'essentiel des mesures de conservation de la convention et les TAAF sont systématiquement représentés à la session annuelle de cette organisation internationale. Celle-ci se tient à Hobart, en Australie.

Le présent plan de gestion est influencé par les recommandations de la CCAMLR, notamment en ce qui concerne la protection de la faune aviaire. Les principales « victimes accessoires » de la pêcherie à la légine pratiquée autour de Crozet et Kerguelen sont les oiseaux marins nichant sur ces îles, notamment les pétrels à menton blancs et les pétrels gris. Venant se nourrir sur les lignes, ils sont hameçonnés et coulés avec elle. Pour la saison 2007-2008, cela représentait 1354 oiseaux tués.

Le groupe de travail IMAF *(Incidental Mortality Associated with Fishing)* suit la mortalité aviaire résultant des activités de pêche à la palangre menées par chaque Etat membre. Des mesures visant à diminuer cette mortalité sont ainsi adoptées, et appliquées par la France (mise en place d'un contrôleur de pêche par bateau, mise en place de dispositifs type « rideau de brickle » ou banderoles pour limiter l'accès des oiseaux aux lignes, proposition de diminution chiffrée sur une période donnée de la mortalité aviaire, etc.).

Ces mesures ont permis une diminution marquée de la mortalité aviaire sur la saison 2008/2009, de 52% sur Kerguelen et de 31% sur Crozet comparée aux résultats de la campagne 2007/2008.



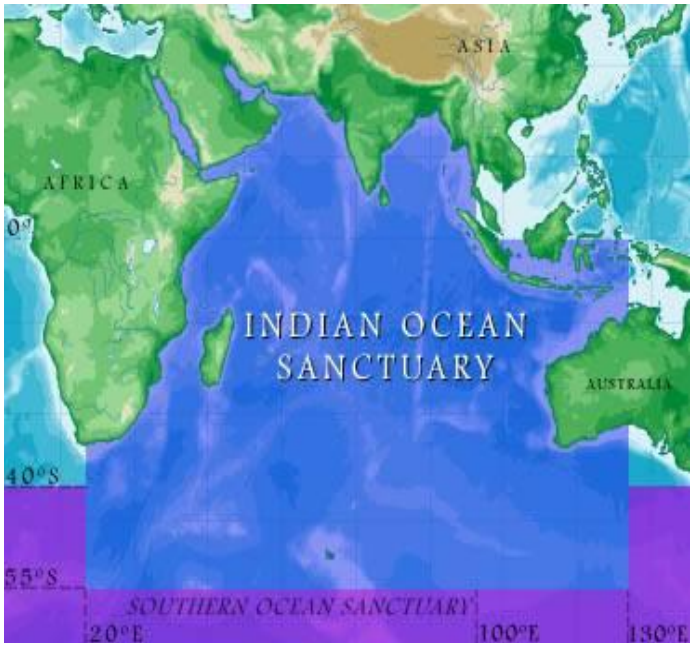
Carte 14 : Zone CCAMLR et ZEE

Commission Baleinière Internationale (CBI)

La Convention internationale pour la régulation de la chasse à la baleine et aux grands cétacés a été créée par la Convention de Washington (1946) dans un contexte de surexploitation des grands cétacés. Elle regroupe au 1er juin 2008 80 pays, la France en fait partie depuis l'origine. C'est dans ce cadre qu'a été adopté en 1986 un moratoire sur la chasse commerciale.

La CBI se réunit annuellement dans un des Etats parties : en 2007 aux Etats-Unis (Anchorage), en 2008 au Chili (Santiago), 2009 au Portugal (Madère).

Les décisions de la CBI sont préparées par des comités (scientifique, de conservation), sous-comités (chasse aborigène, infractions) et ateliers et sont prises ensuite en session plénière par consensus ou à la majorité simple, chaque membre disposant d'une voix. Une majorité des 3/4 est requise pour modifier la Convention et son annexe.



Carte 15 : Carte du sanctuaire de l'océan indien (source www.pbs.org)

L'action de conservation des baleines par la CBI, outre le moratoire, se caractérise par la création de sanctuaires. Le sanctuaire de l'Océan indien, initialement établi en 1979 pour une durée de 10 ans et depuis reconduit deux fois s'étend jusqu'à une latitude de 55° sud, englobant ainsi la réserve naturelle des Terres australes. Toute forme de chasse y est ainsi interdite et le resterait en cas de non reconduction du moratoire.

L'esprit de cette convention, l'arrêt de la chasse à la baleine, est repris au sein du décret créant portant création de la réserve naturelle. Les dispositions réglementant la réserve marine prévoient notamment l'interdiction de porter atteinte de quelque manière que ce soit aux cétacés, constituant ainsi un « sanctuaire dans le sanctuaire ».

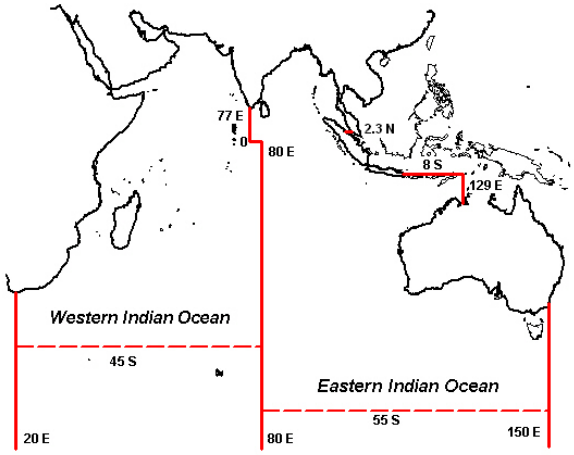
RAMSAR

La Convention sur les zones humides signée à Ramsar en 1971, ratifiée par la France en 1986, est un traité intergouvernemental qui vise avant tout à promouvoir la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides. Le socle de la Convention est *la Liste Ramsar des zones humides d'importance internationale*. En avril 2008, 1743 zones humides, couvrant plus de 161 millions d'hectares à travers le monde figuraient sur cette liste.

Sur proposition du Ministère en charge de l'écologie, les TAAF ont soumis au secrétariat de la Convention la candidature de la réserve à l'inscription sur la Liste Ramsar. Ce classement a été validé par la 10ème conférence des parties qui se tint en Corée en octobre et novembre 2008. La réserve constitue ainsi le plus grand site labellisé Ramsar relevant d'un pays européen.

Le mécanisme proposé par la convention de 1971 ne constitue en rien un instrument réglementaire, mais un label attestant de la qualité et de l'importance au niveau international des zones humides placées sous son égide. Le classement n'entraîne ainsi aucun impact sensible en termes de gestion.

Commission Thonière de l'Océan Indien



Carte 16 : Zones de la CTOI

L'Accord portant création de la Commission des thons de l'océan Indien, a été adopté par la Cent Cinquième Session du Conseil de la FAO, le 25 novembre 1993. L'Accord est entré en vigueur avec l'accession du dixième Membre, le 27 mars 1996.

Objectif : La Commission doit promouvoir la coopération entre ses membres en vue d'assurer, grâce à une gestion appropriée, la conservation et l'utilisation optimale des stocks couverts par le présent Accord, et de favoriser le développement durable de leur exploitation.

La CTOI a notamment la responsabilité de suivre en permanence l'état et l'évolution des stocks et recueillir, analyser et diffuser des informations scientifiques, des statistiques des prises et de l'effort de pêche, et d'autres données utiles pour la conservation et la gestion des stocks couverts par le présent Accord et pour les pêcheries fondées sur ces stocks.

Cela est important pour la prise en compte des oiseaux nicheurs de Saint-Paul et Amsterdam qui se nourrissent dans la zone CTOI (Cf. p°324).

CCSBT (Commission pour la conservation du thon rouge du Sud)

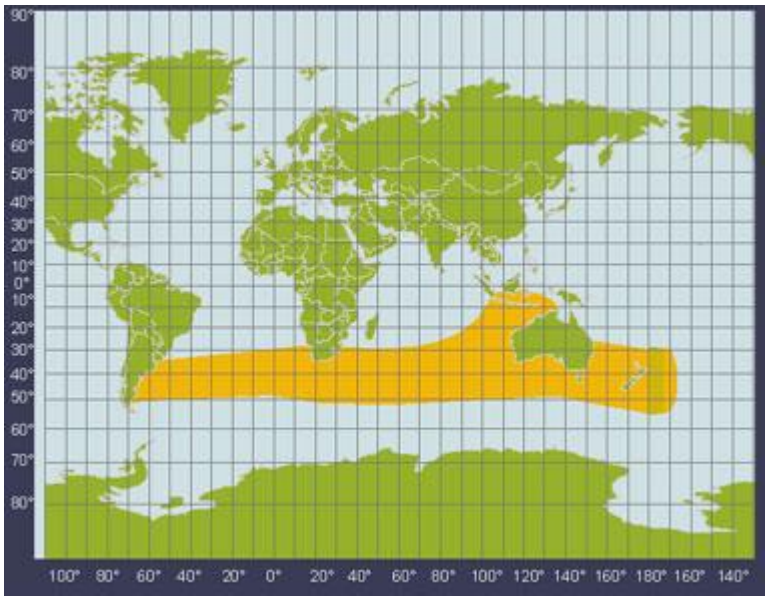
La convention créant la Commission pour la conservation du thon rouge du Sud a été signée en mai 1994, entrée en vigueur un an plus tard. Elle regroupe actuellement cinq parties contractantes : Australie, Nouvelle-Zélande, République de Corée, Japon et Taiwan. A leurs côtés, la Communauté européenne, 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 pêcherie 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 sur 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 pêcherie.



Carte 17 : Zone de la CCSBT (source : fao.org)

1.6.1.2. Réglementation d'origine nationale

1.6.1.2.1. Protection des sites :

Le premier classement des Terres australes remonte au décret du 27 octobre 1938 portant création d'un parc national refuge pour certaines espèces d'oiseaux et de mammifères dans les Possessions Australes. Ce texte érigeait alors l'archipel Crozet, à l'exception de l'île de la Possession et de l'île de l'Est, les îles Saint-Paul et Amsterdam et à Kerguelen les îles Leygues, Nuageuse, un secteur de l'île Clugny et un secteur de l'île de l'Ouest. Ce premier classement prohibe la chasse aux mammifères marins et aux grands oiseaux de mer. Il a été abrogé par le décret du 3 octobre 2006 créant la réserve naturelle.

Ce dernier prévoit actuellement une réglementation à plusieurs niveaux, en incorporant en partie les dispositions juridiques territoriales préexistantes en matière de protection des sites. Est également applicable en parallèle sur le sol de la réserve le dispositif mis en place par l'arrêté territorial n° 14 du 30 juillet 1985 qui instaure des « zones réservées à la recherche scientifique et technique ».

L'imbrication de la réglementation issue du décret et de la réglementation territoriale en vigueur en matière de protection des sites confère à la réserve différents niveaux de protection juridique.

1.6.1.2.1.1. Régime général

Le régime général de protection des sites est édicté par le décret. 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 (Cf. p°54).

1.6.1.2.1.2. Régimes applicables aux sites protégés

Le degré de protection supérieur concerne les sites inscrits au titre de l'arrêté territorial n° 14 du 30 juillet 1985 précité. Il prévoit la création de « sites réservés à la recherche scientifiques et technique », dont l'accès est réservé aux opérateurs des programmes de recherche s'y déroulant. Le classement de ces sites a été initialement demandé par les scientifiques en raison des programmes de recherche qu'ils y mènent, et dont les résultats pourraient être altérés par une fréquentation humaine non contrôlée.

L'arrêté n° 14 fixe un régime général, le classement des sites étant effectué par des arrêtés spécifiques, en fonction des besoins identifiés par les programmes de recherche.

L'esprit de ce classement est donc de permettre le bon déroulement des suivis scientifiques. Il n'a vocation à s'appliquer que sur la durée du programme voire sur les périodes de l'année au cours desquelles il est procédé au suivi.

Ainsi l'article 1 de l'arrêté n° 14 prévoit-il une durée limitée pour ces classements, qui ne peut excéder cinq ans, les arrêtés procédant au classement des sites pouvant quant à eux prévoir une période de protection restreinte à l'échelle de l'année, en fonction de la présence des colonies suivies.

A titre d'exemple, le site réservé à la recherche scientifique et technique n° 6 « Falaise de la Pointe d'Entrecasteaux » à Amsterdam, soumis au régime prévu par l'arrêté n° 14 par la décision n° 108 du 16 juin 1989 (cf. ci-dessous) n'est protégé que sur une durée restreinte s'étendant du 15 juillet au 30 mars, période sur laquelle le suivi démographique qui a justifié le classement du site est effectué.

L'accès aux sites concernés par ce régime est ainsi soumis à autorisation de l'administrateur supérieur au vu 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 tableau ci-dessous présente les sites réservés à la recherche scientifique et technique au titre de l'arrêté n° 14 du 30 juillet 1985. Leur classement a été prolongé pour cinq ans par l'arrêté territorial n° 2006-22 du 20 avril 2006 :

District	*n* °	Nom du site	Date initiale de classement	Décision n°
Kerguelen	1	Ile Foch	16/06/89	108
Kerguelen	2	Côte ouest de la péninsule Rallier du Baty	16/06/89	108
Kerguelen	3	Iles du Golfe du Morbihan (Mayes, Bryer, Chaton, Greak, Hoskyn, Pender, Blackeney, Suhm, Murray, Chat)	16/06/89	108
Kerguelen	4	Colonie d'Albatros à sourcils noirs de l'extrémité est de la presqu'île Jeanne d'Arc	16/06/89	108
Kerguelen	12	Ile haute	13/09/90	147
Kerguelen	13	Ile du cimetière	13/09/90	147
Kerguelen	14	Ile Australia	19/07/91	81
Kerguelen	16	Ile du château	18/12/2002	Arrêté n°2002-42
Amsterdam	5	Plateau des tourbières	16/06/89	108
Amsterdam	6	Falaises de la Pointe d'Entrecasteaux	16/06/89	108
Crozet	7	Colonies de manchots papous de la côte ouest (Baie du Marin, Crique du sphinx, de la Chaloupe, de Noël, Baie américaine, Mare aux Elephant)[2]	16/06/89	108
Crozet	8	Pointe Basse et Jardin Japonais	16/06/89	108
Crozet	9	Colonie de pétrels à menton blancs de la station de pompage	16/06/89	108
Crozet	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
Crozet	11	Ile de l'est dans son entier	16/06/89	108
Saint-Paul	15	Ile dans son intégralité	25/06/2002	Arrêté n°2002-16

Tableau 4 : Sites réservés à la recherche scientifique et technique
Sites en surbrillance : sites également classés en zone de protection intégrale

Le décret rend en partie caduc le système mis en place par l'arrêté n° 14. Certains des sites concernés par cet arrêté se sont vus accorder le statut de « *zones de protection intégrales »,* instaurées et réglementées par le chapitre V 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 troisième régime de protection de sites applicable sur la réserve est constitué par les zones de protection intégrale. Sont concernés :

[2] 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.

District	Site
Kerguelen	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 Bicorne, 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
	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).
Crozet	Ile de l'Est
	Ile des Pingouins
	Ilots des Apôtres
	Ile aux Cochons
Amsterdam/Saint-Paul	Ile Saint-Paul

Tableau 5 : Zones de protection intégrale
Sites en surbrillance : sites également classés au titre de l'arrêté n°14 du 30 juillet 1985

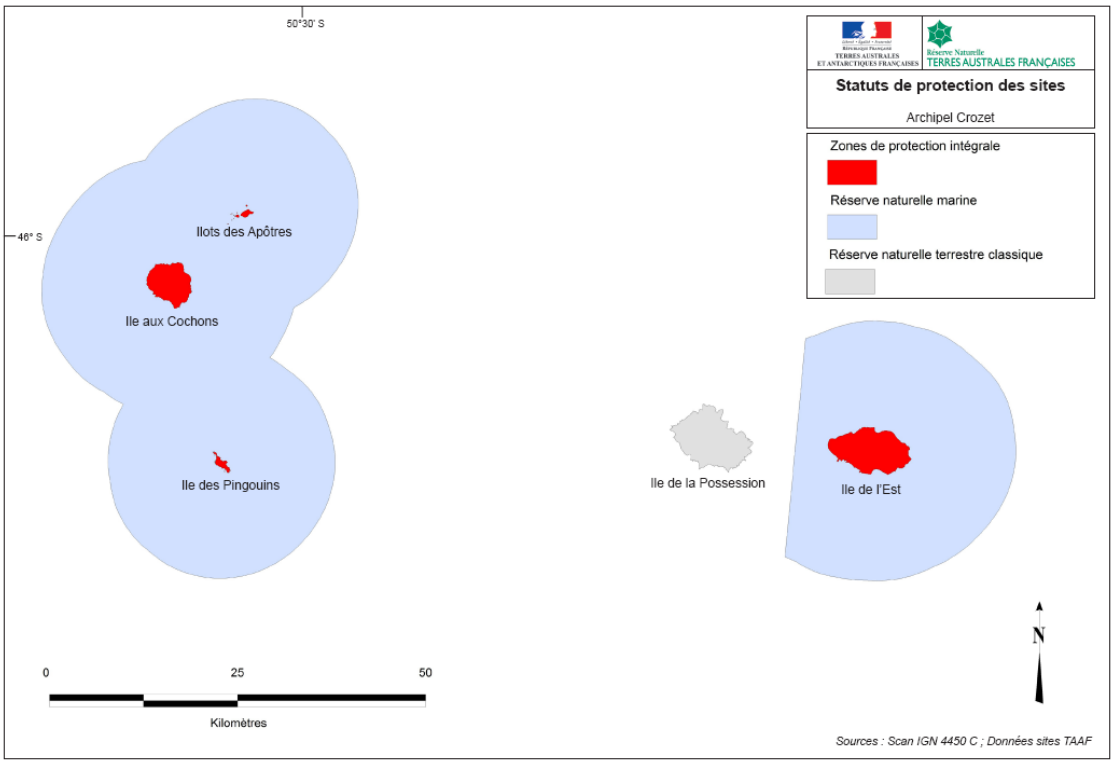
Toute activité humaine est interdite dans les zones de protection intégrale. Leur accès est également interdit sauf en cas de force majeure ou de nécessité d'exercice de la souveraineté. L'article 21 du décret prévoit toutefois que des dérogations peuvent être accordées par le représentant de l'Etat au vu d'un dossier de demande précisant notamment les raisons de la demande d'accès et les activités prévues.

Ce système est venu se superposer à celui mis en place par l'arrêté n° 15 du 30 juillet 1985, interdisant l'accès aux îles Cochons, Pingouins et Apôtres à Crozet, la Quille à Saint-Paul, aux îles Leygues, Nuageuses et Clugny à Kerguelen. En vertu de ce texte, l'accès à ces sites ainsi que le prélèvement d'échantillon de faune ou de flore requièrent l'autorisation de l'administrateur supérieur et doivent se justifier par des motifs scientifiques. Ce texte prohibe par ailleurs l'introduction d'espèces animales ou végétales.

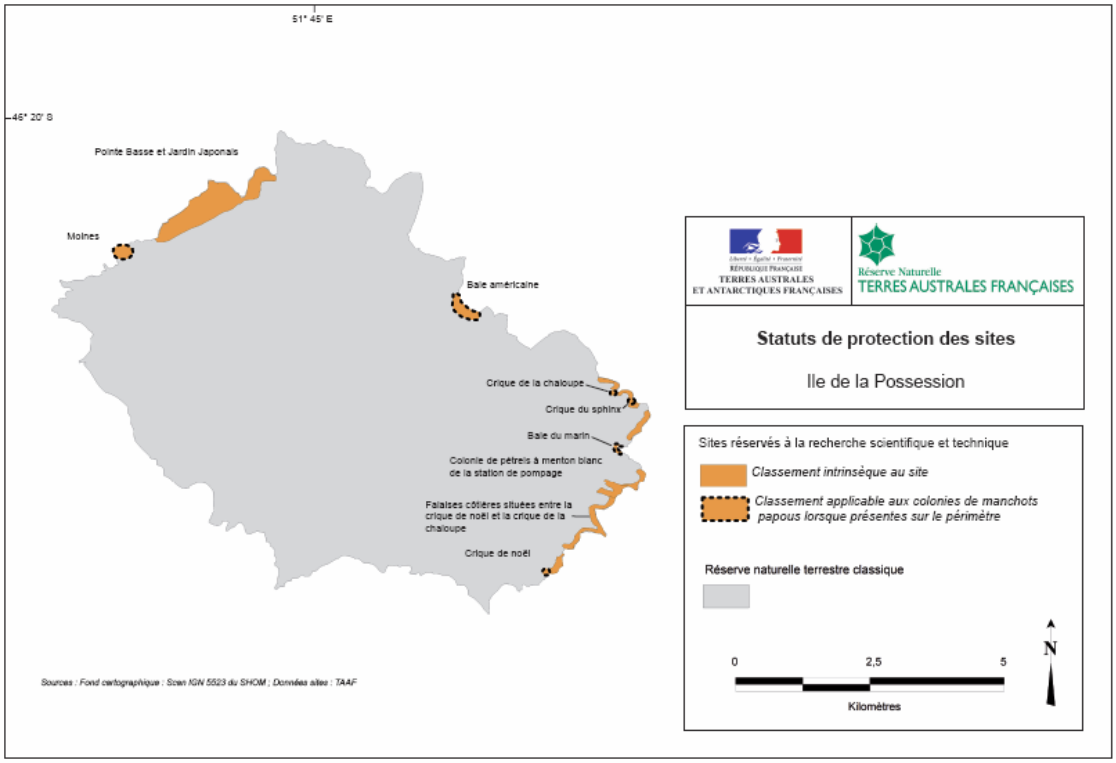
Cet arrêté, bien que toujours en vigueur, n'est plus effectif du fait des dispositions prévues dans le chapitre IV du décret. L'ensemble des sites concernés sont en effet classés en zone de protection intégrale et relèvent ainsi du régime prévu par le décret.

L'accès aux sites relevant de l'arrêté du 30 juillet 1985 ou du chapitre IV du décret du 3 octobre 2006 peut être autorisé par arrêté de l'administrateur supérieur des TAAF. Le formalisme requis est similaire dans les deux cas. Les demandes doivent notamment préciser les raisons de l'accès et les activités prévues. Concrètement, l'Institut Polaire français Paul Emile Victor (IPEV) centralise chaque année les demandes d'accès aux sites ainsi protégés émanant des différents programmes de recherche opérant sur la réserve, puis les transmet aux TAAF. Le préfet, par arrêté, autorise, modère

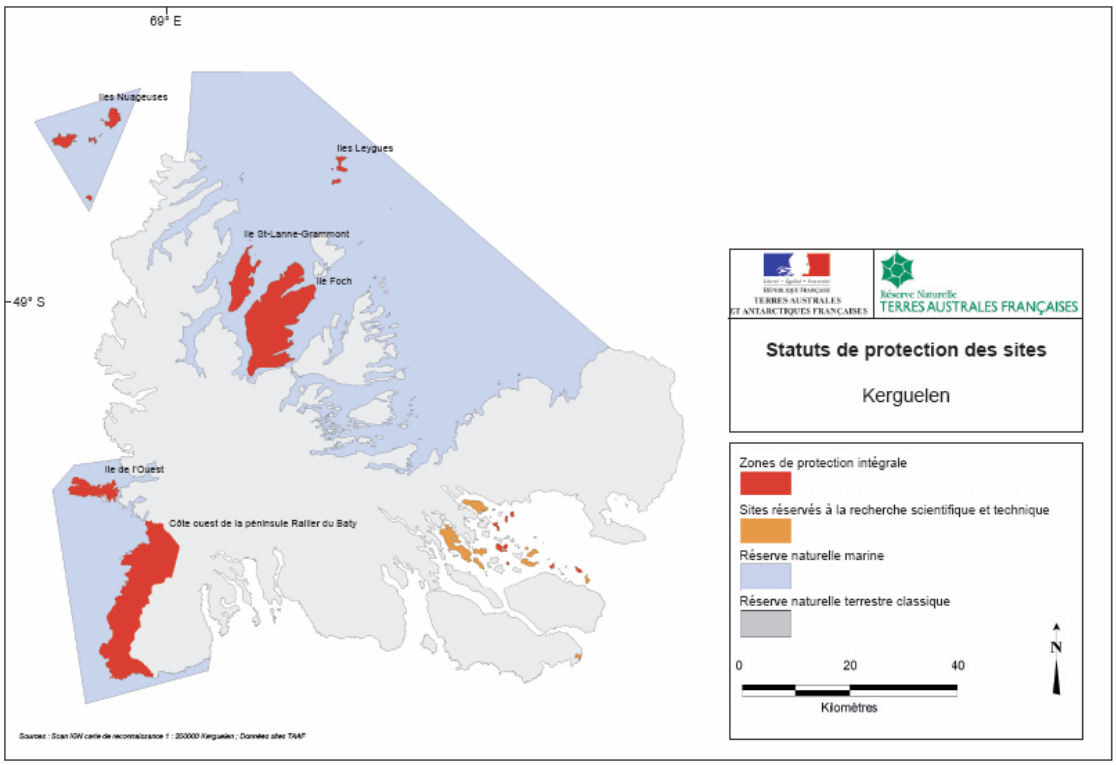
ou refuse ces demandes d'accès. Aucune distinction n'est dans la pratique opérée entre les sites relevant du régime territorial et ceux soumis au décret.



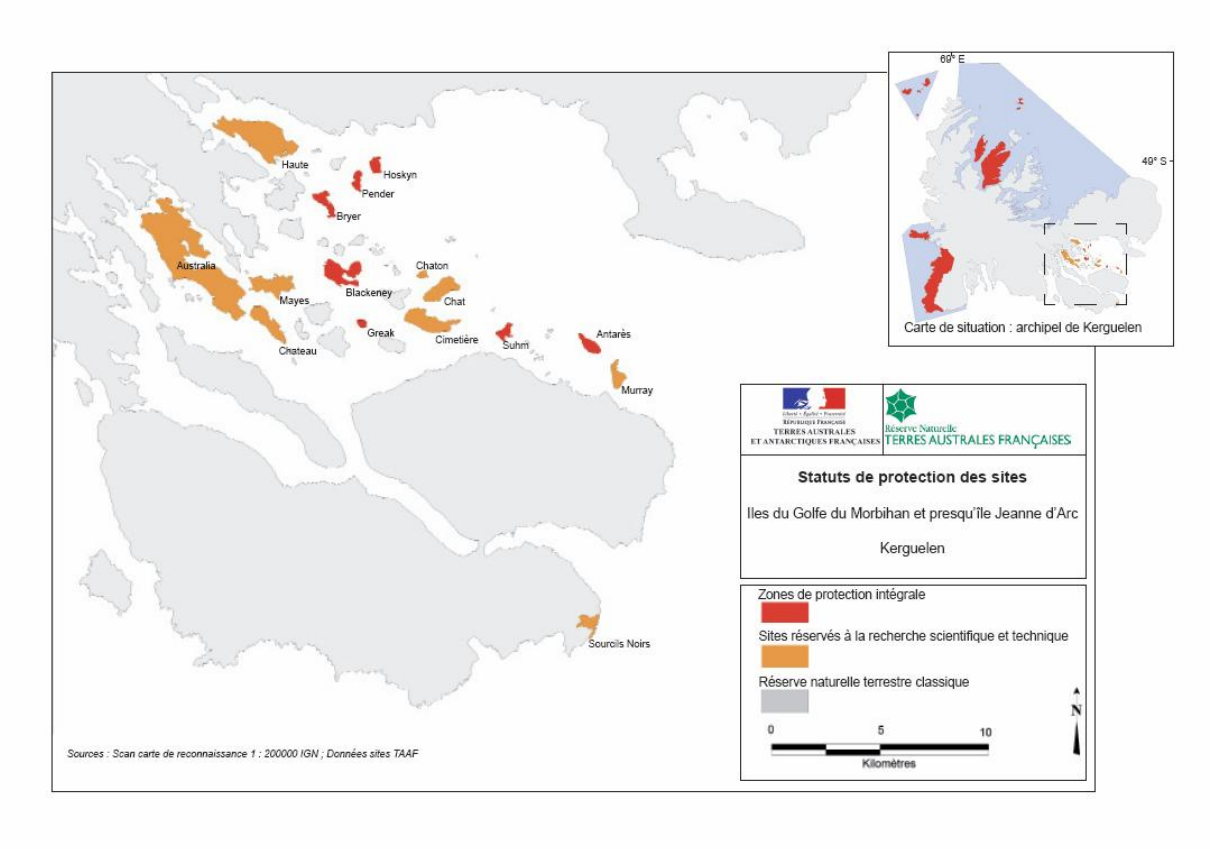
Carte 18 : Les différents statuts de protection de la réserve naturelle (Crozet)



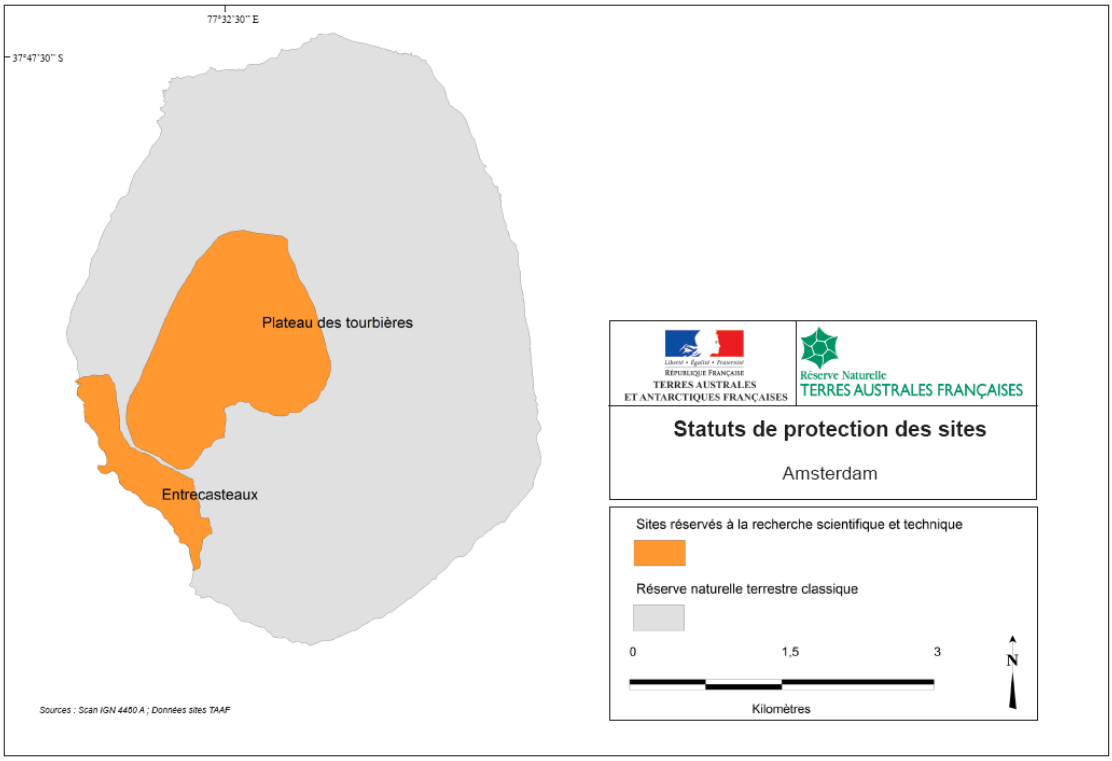
Carte 19 : Les différents statuts de protection de la réserve naturelle. Détail de l'île de la Possession



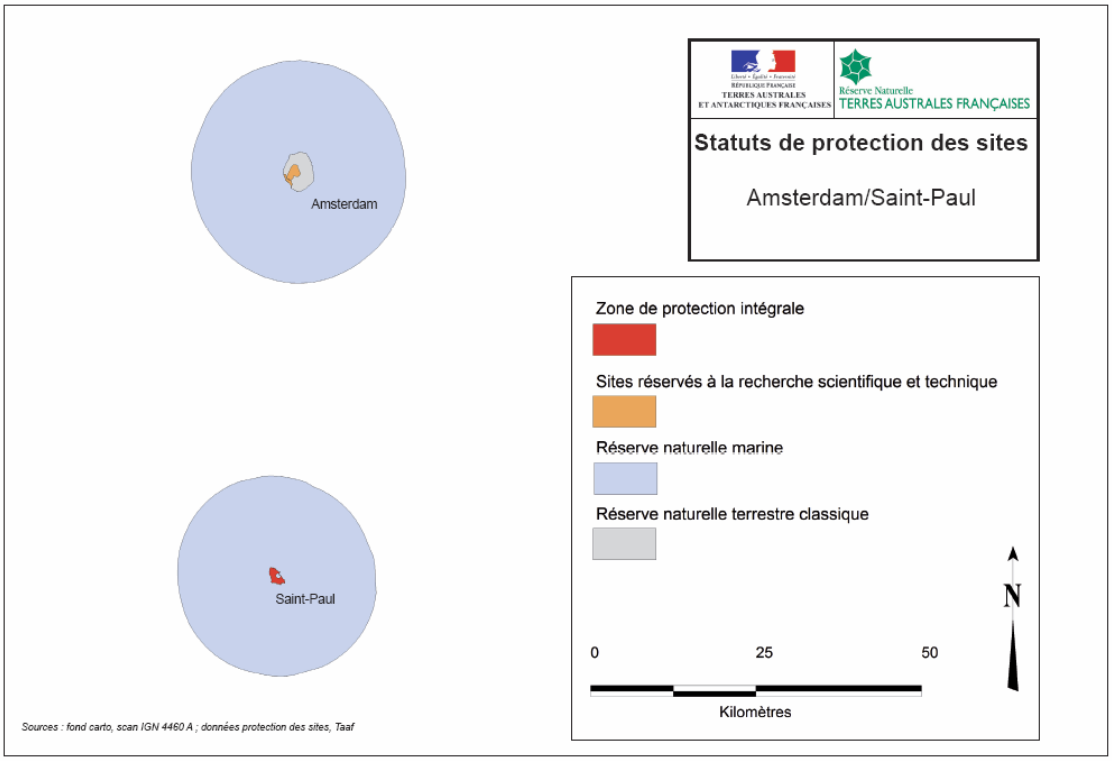
Carte 20 : Les différents statuts de protection de la réserve naturelle (Kerguelen)



Carte 21 : Les différents statuts de protection de la réserve naturelle à Kerguelen. Détail des îles du Golfe du Morbihan.



Carte 22 : Les différents statuts de protection de la réserve naturelle (Amsterdam)



Carte 23: Statuts de protection d'Amsterdam et Saint-Paul

1.6.1.2.2. Réglementation des activités

1.6.1.2.2.1. Réglementation de la partie terrestre de la réserve naturelle

Le chapitre III du décret réglemente les activités sur la partie terrestre de la réserve. Il est ainsi interdit :

- d'introduire des espèces animales ou végétales sous quelque forme que ce soit, sauf autorisation de l'administrateur supérieur ;
- 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 ;
- d'abandonner ou de déposer tout, déchet, détritus, ou produit quel qu'il soit de nature à nuire à la qualité du milieu ;
- de porter atteinte au milieu naturel par le feu ou des inscriptions, ou de troubler la tranquillité des lieux en utilisant tout instrument sonore ;
- d'exercer toute activité minière, commerciale ou industrielle ;
- de collecter fossiles et minéraux ;
- de circuler à bord d'un véhicule à moteur, sauf cas prévus par le décret ;
- de survoler la réserve à moins de 300 mètres.

Certaines de ces dispositions reprennent des mesures antérieures adoptées par l'administrateur supérieur. L'arrêté n°2001-25 du 24 juillet 2001 interdit l'introduction d'animaux domestiques ou de compagnie dans le Territoire. Plus largement, l'arrêté n°2001-39 du 12 octobre 2001 prohibe l'introduction de spécimens d'espèces animales ou végétales non indigènes. Ces arrêtés, sans être abrogés, sont ainsi caducs.

Les activités suivantes peuvent être réglementées par le préfet administrateur supérieur des TAAF :

- régulation des espèces ;
- activités agricoles ou pastorales ;
- découverte du milieu ou activités sportives ;
- photographie, activités artistiques ;
- circulation et stationnement des personnes.

Le préfet, administrateur supérieur des TAAF autorise par arrêté l'exercice d'activités ou l'introduction de matériel.

Divers arrêtés territoriaux ont été pris appliquant ces dispositions.

L'arrêté 2008-14 du 22 février 2008 relatif au régime des armes et de la régulation des espèces introduites pose les mesures générales encadrant la régulation des espèces allochtones. 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 2009-25 du 2 avril 2009 réglemente la culture des végétaux sur Amsterdam. Il précise de manière restrictive les jardins autorisés, et interdit l'importation sous forme de semis ou de plantes germées de membres de la famille des crucifères, fleurs annuelles. L'importation de fleurs en pots est également prohibée. L'objectif étant de lutter contre l'introduction d'espèces exotiques.

Egalement dans l'optique de réglementer les activités agricoles sur la réserve et de lutter contre l'introduction d'espèces, l'administrateur supérieur a par l'arrêté n°2009-26 du 2 avril 2009 décidé de l'arrêt de fonctionnement des serres présentes sur Kerguelen et Crozet. Les infrastructures en elles même restent en place, seul l'usage en est modifié, transformé en lieu de vie à l'usage du personnel de la base.

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 et 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, 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 des TAAF, ne pourra être faite sans accord préalable de l'administrateur supérieur.

1.6.1.2.2.2. Réglementation de la partie marine de la réserve naturelle

Le chapitre V du décret du 3 octobre 2006 prévoit que la pêche est réglementée par le représentant de l'Etat. Il défini également les zones et les conditions de mouillage. L'article 24 interdit également de porter atteinte aux cétacés, sauf dérogation scientifique accordée par le représentant de l'Etat.

Ces dispositions viennent reprendre en ce qu'il concerne le territoire de la réserve l'arrêté 2005-03 du 14 janvier 2005 interdisant la capture des cétacés dans les zones économiques exclusives et les eaux territoriales des TAAF.

1.6.1.2.3. La protection des espèces et des milieux

Les chapitres III et V décret du 3 octobre 2006 interdisent de porter atteinte de quelque manière à la faune et la flore indigènes. Des dispositions en ce sens, applicables à la réserve, existent dans l'ordonnancement juridique national. Elles concernent les oiseaux et les mammifères marins.

1.6.1.2.3.1. 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 représentés dans les Terres Australes et Antarctiques 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 interdit 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.

1.6.1.2.3.2. Protection des mammifères

Les mammifères suivants sont protégés par l'arrêté ministériel du 27 juillet 1995 protégeant les mammifères marins sur l'ensemble du territoire national. L'objet est identique à l'arrêté protégeant les oiseaux :

Cétacés : Toutes les espèces

Otariidae : Otarie des Kerguelen *(Arctocephalus tropicalis)*
Otarie de l'île d'Amsterdam *(Arctocephalus gazella)*

Phocidae : Eléphant de mer *(Mirounga leonida)*

L'arrêté du 20 octobre 1970 relatif à l'interdiction de capturer et de détruire les dauphins pose l'interdiction de détruire, de poursuivre ou de capturer, par quelque procédé que ce soit même sans intention de les tuer, les mammifères marins de la famille des delphinidés (dauphins et marsouins).

L'arrêté de l'administrateur supérieur n°2005-03 du 14 janvier 2005 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 du décret du 3 octobre 2006 prévoyant des mesures similaires, rend caduc ce texte.

1.6.1.2.3.3. Dérogations

Il est possible de déroger, dans des conditions limitativement énumérées, aux interdictions prévues par ces textes. En ce qui concerne la réserve, des autorisations de manipulation à des fins scientifiques peuvent être accordées par l'administrateur supérieur. Il s'agit d'une procédure dérogeant aux principes posés par l'article L.411-1 du Code de l'environnement (Cf. p°56). Le décret prévoit par ailleurs explicitement cette possibilité de manipulation à des fins scientifiques. Ses articles 6 et 7, interdisant de porter atteinte respectivement aux éléments de faune et de flore indigènes, dispose que des dérogations délivrées à des fins scientifiques ou sanitaires peuvent être

accordées par l'administrateur supérieur. Ces autorisations ne peuvent toutefois être prises qu'en accord avec la réglementation nationale édictée par le Code de l'environnement.

La délivrance d'autorisation de capture d'animaux ou de prélèvement à des fins scientifiques est prévue par le 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.

Le décret portant création du Comité de l'Environnement Polaire (CEP) stipule que celui-ci est consulté sur les programmes d'activité, 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 doit également être consulté pour avis sur chaque projet de manipulation d'espèce protégée, en vertu de l'arrêté du 19 février 2007.

1.6.2. Le cadre juridique de la pèche

L'article 23 du décret 2006-1211 portant crétaion de la réserve naturelle dispose que la pêche peut être réglementée ou interdite par l'administrateur supérieur. Un panel réglementaire territorial est depuis venu encadrer les activités d'exploitation des ressources halieutiques. Deux zones distinctes sont à distinguer, la mer territoriale bordant Saint-Paul et Amsterdam d'une part, les zones économiques exclusives de Crozet et Kerguelen d'autre part.

1.6.2.1. La pêche au sein de la réserve naturelle : l'exploitation des eaux territoriales d'Amsterdam et Saint-Paul

La pêche dans les eaux territoriales de Crozet et de Kerguelen est en effet interdite depuis 1997. L'annexe 1 de l'arrêté 2008-62 du 23 juillet 2008 reprend cette interdiction pour la saison 2008-09.

La pêche à la langouste, aux céphalopodes et aux poissons pratiquée dans les mers territoriales d'Amsterdam et Saint-Paul est la seule autorisée au sein de la réserve. Les espèces concernées sont :

- la langouste (*Jasus paulensis*),
- le cabot (*Polyprion oxygeneois*),
- le rouffe antarctique (*Hyperoglyphe antarctica*),
- le Saint-Paul (*Latris lineata*).

Un total admissible de capture est fixé par arrêté. La pêche aux poissons et céphalopodes, autorisée par un permis délivré par le préfet n'est pas soumises à contingents.

La pêche des espèces hautement migratrices couvertes par la Commission Thonière de l'Océan INDIEN (CTOI) est autorisée et soumise à notification préalable à l'administrateur supérieur. La pêche au thon rouge austral (*Thunnus maccoyi*) couverte par la Commission pour la conservation du thon, rouge du sud (CCSBT) est strictement interdite.

Les prescriptions techniques fixées par l'arrêté n°2008-120 du 31 octobre 2008 encadrent cette pêcherie. La langouste ne peut ainsi être pêchée qu'au casier, la pêche des poissons est effectuée exclusivement à la ligne, au carrelet ou à la palangre. Un contrôleur de pêche doit être embarqué sur chaque navire autorisé à pêcher, ceux-ci doivent par ailleurs disposer d'un système de suivi satellitaire.

Les dates des campagnes de pêche sont prévues par l'arrêté n°2008-85 du 25 août 2008. La langouste peut ainsi y être pêchée entre le 1er décembre et le 30 avril de l'année suivante, les poissons et céphalopodes entre le 15 novembre et le 31 août de l'année suivante.

Enfin, pour les navires de plaisance, la pêche dans la mer territoriale autour de chaque île est interdite par l'article 6 de l'arrêté territorial n°2006-26 du 1er juillet 2006.

1.6.2.2. La pêche en marge de la réserve : l'exploitation halieutique des ZEE

1.6.2.2.1. Le cadre international fixé par la Convention de Montego Bay :

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, ils sont appelés à prendre des mesures appropriées de conservation et de gestion pour éviter que le maintien des ressources halieutiques de leurs ZEE ne soit compromis par une surexploitation. La prise en compte des espèces associées aux espèces principalement exploitées est également prévue.

La Convention prévoit également l'échange et la diffusion des informations scientifiques disponibles, des statistiques relatives aux captures et à l'effort de pêche et des autres données concernant la conservation des stocks de poissons par l'intermédiaire des organisations internationales compétentes (notamment la CCAMLR en ce qui concerne la pêche australe).

Ces mesures sont reprises par la réglementation nationale.

1.6.2.2.2. Le cadre juridique national

La loi n°66-400 du 18 juin 1966 modifiée soumet l'exercice de la pèche dans les eaux territoriales maritimes placées sous souveraineté française ainsi que dans la zone économique s'étendant au large des côtes des Terres australes françaises à autorisation. Cette autorisation peut donner lieu à la perception d'un droit assis sur les produits pêchés, chassés ou exploités.

La création par le décret n° 78-144 du 3 février 1978 d'une Zone Economique Exclusive au large des côtes des Terres australes françaises accorde l'exclusivité de la pêche aux navires français, l'accès des navires étrangers à la ZEE étant soumis à autorisation. Le passage inoffensif des navires battant pavillon étranger dans ces zones ainsi que dans la mer territoriale est par ailleurs autorisé par la convention de Montego Bay.

Actuellement, la pêche est régie par le décret n° 2009-1039 du 26 août 2009 pris pour l'application de la loi 18 juin 1966 précitée. L'administrateur supérieur, par arrêté, délivre les autorisations de pêche sous forme de licence et détermine les règles et les interdictions relatives à l'exercice de la pêche maritime. Les licences prévoient ainsi la période de pêche autorisée, les zones géographiques, les espèces ou groupes d'espèces concernés et les engins de pêche autorisés. Elles ont accordées après vérification de la capacité juridique, économique, financière et technique de l'armateur du ou des navires bénéficiaires.

Sept critères (non cumulatifs) sont pris en compte pour l'octroi les licences :

- Le lien économique réel du navire avec le territoire de l'Etat dont il bat le pavillon, notamment de la direction et du contrôle des navires à partir d'un établissement stable situé sur le territoire de l'Etat dont le navire bat le pavillon ;
- L'antériorité des armements dans la pêcherie ;
- 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.

Un nombre limitatif de licences susceptibles d'être accordées peut être fixé par le préfet, en fonction des capacités biologiques de la zone concernée.

L'article 8 du décret prévoit la fixation par l'administrateur supérieur de totaux admissibles de captures (TAC), par espèces ou groupes d'espèces. Ceux-ci sont arrêtés après recommandation du Muséum national d'histoire naturelle et avis du ministre des affaires étrangères, du ministre chargé de la pêche maritime et du ministre chargé de l'outre-mer. Ils constituent, en tonnes, la quantité maximale de ressource pouvant être pêchée par campagne.

Les TAC sont répartis par arrêté de l'administrateur supérieur entre les différents armements disposant d'une licence. Sept critères, non cumulatifs, sont pris en compte lors de l'attribution des quotas :

- Antériorités des armements dans la pêcherie ;
- Antériorités de pêche dans les autres pêcheries des Terres australes et antarctiques françaises ;
- Respect par leur capitaine de navire de la réglementation en vigueur ;
- Orientations du marché ;
- Equilibres socio-économiques ;
- Participation à des campagnes expérimentales visant à atténuer l'impact des activités de pêche sur l'environnement ;
- Participation à des initiatives tendant à la protection de la ressource et de l'environnement.

Le décret donne compétence à l'administrateur supérieur pour fixer par arrêté les règles encadrant l'exercice de la pêche. Celles-ci sont déterminées sur la base des éléments communiqués par les instituts scientifiques concernés, après avis du ministre des affaires étrangères, du ministre chargé de la pêche maritime et du ministre chargé de l'outre-mer. Ces règles touchent notamment aux caractéristiques des captures, aux techniques de pêche et engins utilisés, etc.

Pour la campagne de pêche 2009-2010, ces prescriptions techniques sont fixées par l'arrêté n° 2009-74 du 31 août 2009 de l'administrateur supérieur, qui rappelle l'interdiction de la pêche dans les eaux territoriales de Crozet et Kerguelen. Les TAC sont eux définis par l'arrêté n° 2009-75 du même jour. Il prévoit un TAC de 5100 tonnes dans la ZEE de Kerguelen, 700 tonnes dans celle de Crozet. Les arrêtés 2009-76 à 2009-82, des 30 et 31 octobre 2009, accordent des licences à sept navires de pêche. Bénéficiaires exclusifs des TAC définis par l'arrêté 2009-75, ils sont les seuls bateaux autorisés à pêcher dans les ZEE de Crozet et Kerguelen.

L'activité de pêche au large de Crozet et Kerguelen est également soumise aux règles de droit international posées par la CCAMLR (Cf. p°41).

Pêche loisir :

Outre la pêche professionnelle, la pêche « loisir » est également réglementée par l'administrateur supérieur.

Pour les navires de plaisance, la pêche dans la mer territoriale autour de chacune des îles de la réserve naturelle est interdite par l'article 6 de l'arrêté territorial n° 2006-26 du 1er juillet 2006.

L'arrêté n° 2009-49 du 26 août 2009 autorise et cadre la pêche de loisir le long du bord du Marion Dufresne lors des opérations logistiques**.** La pêche à la langouste au casier le long du bord du navire peut être autorisée par l'OPEA, représentant du préfet sur celui-ci, pendant les escales à Saint-Paul et Amsterdam, du 1er décembre au 30 avril de l'année suivante, sous réserve que les prises soient destinées à la consommation exclusive et immédiate de l'équipage et des passagers du navire et des districts. La pêche aux poissons et aux céphalopodes à la ligne le long du navire peut être autorisée dans les mêmes conditions, du 15 novembre au 31 août de l'année suivante. La pêche de thon rouge du sud est interdite.

Un rapport détaillant les quantités et poids des prises par espèces soumises à quota doit par ailleurs être transmis au préfet par l'OPEA.

Surveillance des pêches :

La lutte contre la pêche illicite au sein des eaux territoriales et des ZEE des Terres australes s'appuie sur des moyens variés. Environ 500 jours de patrouille sont effectués par les différents navires surveillant les zones. Les bâtiments de la marine nationale, ainsi que *l'Osiris* assurent chacun une présence de 150 jours par an, *l'Océanic Viking*, navire australien, est présent environ 200 jours par an.

L'Osiris est un ancien bateau de pêche illicite seychellois, le *Lince*. Arraisonné le 13 janvier 2003, il est saisi par la direction départementale des affaires maritimes de la Réunion puis remis à l'administration des affaires maritimes. Il est alors reconverti en bateau de surveillance. Opérationnel depuis le mois de décembre 2003, il a achevé sa première mission le 9 janvier 2004. L'Osiris a depuis effectué 21 missions autours des îles australes. Son équipage est composé d'une douzaine d'hommes, dix marins professionnels de la pêche et deux gendarmes. L'armement est assuré par un GIE regroupant les armateurs autorisés à pêcher dans les ZEE des Terres australes, s'appuyant sur la SAPMER pour la logistique.



Photo 14 : L'Osiris bateau de surveillance des pêches dans les Taaf

La marine nationale met en œuvre des frégates de surveillance, le Nivose et le Floréal, équipées de moyens héliportés, et un patrouilleur spécialisé, l'Albatros. Par ailleurs, tous les navires

français transitant sur zone, notamment le *Marion Dufresne*, peuvent constater une infraction de pêche.

Dans le cadre d'un accord franco-australien visant à la mutualisation des moyens de contrôle, le navire de contrôle australien *l'Océanic Viking* patrouille également dans les ZEE de Crozet et Kerguelen. Des inspecteurs français sont embarqués à bord, il en va de même pour les inspecteurs australiens sur les bâtiments de la marine nationale.



Photo 15 : Océanic Viking. Bateau de surveillance des pêches australien

Un système de surveillance radar par satellites est par ailleurs opérationnel depuis février 2004. Financé par les ministères de l'équipement, de la défense et de l'outre-mer, il permet de détecter les navires présents dans les ZEE de Kerguelen et de Crozet, ainsi que dans la zone CCAMLR attenante.

Enfin, les contrôleurs de pêche (COPEC) embarqués en vertu du décret du 26 août 2009 précité sur chacun des bateaux de pêche autorisés, sont assermentés et ainsi possèdent la capacité juridique nécessaire pour constater une infraction de pêche commise dans les zones économiques et les eaux territoriales françaises. Ils participent ainsi également à l'effort de vigilance à l'égard de la présence de navires de pêche illicite.

Le système de surveillance et d'inspection français est parfaitement intégré dans celui de la CCAMLR, répond aux exigences posées par la Convention.

1.6.3. Le cadre juridique du mouillage

L'article 25 du décret du 3 octobre 2006 prévoit que le représentant de l'Etat en mer, à savoir, pour les Terres australes françaises, le préfet de la Réunion en vertu du décret n° 2005-1514, est compétent pour définit, dans la réserve naturelle marine, les zones de mouillage, les modalités et les durées d'utilisation, en accord avec le plan de gestion. En dehors des points de mouillage autorisés, l'accès aux navires dans la zone marine classée en réserve est limité au simple passage. Aux termes de la Convention de Montego Bay (Cf.p°41), le « passage » doit être continu et rapide. Toutefois, le passage comprend l'arrêt et le mouillage, mais seulement s'ils constituent des incidents ordinaires de navigation ou s'imposent par suite d'un cas de force majeure ou de détresse ou dans le but de porter secours à des personnes, des navires ou des aéronefs en danger ou en détresse (article 18 de la Convention).

Actuellement, aucune disposition de l'autorité compétente ne vient réglementer le mouillage dans la réserve naturelle marine.

En dehors de la réserve, les conditions de mouillage des navires de plaisance dans la mer territoriale des îles sont fixées par différents textes :

- L'arrêté de l'administrateur supérieur n° 2007-01 du 5 janvier 2007 prévoit que tout mouillage dans la mer territoriale des îles australes doit faire l'objet d'une demande auprès du chef de district concerné lors d'une escale préalable à La Cale (pour Amsterdam et Saint-Paul), Port Alfred (pour Crozet) ou Port-aux-français (pour Kerguelen).

- Le mouillage autour de Crozet est réglementé par l'arrêté n° 01-508 du 7 mars 2001 du préfet de la Réunion en tant que délégué du gouvernement pour l'action de l'Etat en mer. Il interdit le mouillage et la pêche aux alentours de Crozet, mais prévoit toutefois deux zones de mouillage autorisées :

. au sein d'un cercle de rayon de 240 mètres centré sur le point 46° 25,55 S – 51° 52,79 E ;
. à l'intérieur d'un cercle de rayon de 80 mètres centré sur le point 46° 25,45 S – 51° 52,5 E.

Concernant Kerguelen, les navires appartenant ou affrétés par les TAAF ne sont autorisés à s'embosser qu'aux mouillages sur coffre définis par l'arrêté de l'administrateur supérieur n° 2006-11 du 4 février 2006, à savoir :

- Port-aux-Français : le coffre principal (49°21,232 S - 070°13,277 E) et le coffre de secours (49°21,187 S - 070°13,224 E) ;
- Port Bizet (île Longue), 49°30,900 S - 069°53,900 E ;
- Armor (baie d'Hurley), 49°26,900 S - 069°55,600 E ;
- Port des Belliers (île aux moules), 49°24,800 S - 069°57,300 E ;

Il existe un autre mouillage dans le Golfe du Morbihan, à l'île du Cimetière, (49°29'390 S – 070°5.6 E.) autrefois entretenu par l'IPEV pour les besoins de la Curieuse (Cf.p°32) lorsqu'elle était à plein temps sur zone.

Il est par ailleurs recommandé de consulter les Instructions Nautiques (volume L9 : Îles de l'océan Indien (partie sud) - Terre Adélie), pour les descriptions et recommandations des zones de mouillage de Kerguelen. Des zones minées sont déconseillées :

- Entrée est du Détroit de Tucker : 49° 06 S – 69° 19 E ;
- Bassin de la Gazelle : 49° 18 S – 69° 42 E ;
- Port des Îles : 49° 28,7 S – 70° 03,7 E ;
- Passe du Prince Albert : 49° 34 S – 70° 01 E.

2.L'environnement et le patrimoine naturel de la réserve naturelle

Note au lecteur : Cette partie du document a été organisée de la manière la plus logique possible.

Il est d'abord traité du patrimoine naturel de la partie terrestre de l'archipel de Crozet (p°64), puis celui de l'archipel de Kerguelen (p°118).

*Vient ensuite la partie marine de Crozet et Kerguelen abordées conjointement (p°**Erreur ! Signet non défini.**).*

Sont traitées à la suite, la partie terrestre de Saint-Paul et Amsterdam (p°251), puis la partie marine de ces deux îles (p°282).

Enfin, il est traité de la présentation des facteurs limitanst et de leurs impacts sur les habitats et les espèces de la réserve terrestre et marine (p°302).

2.1. Introduction au patrimoine naturel de la réserve

Dans les îles subantarctiques, en raison de leur origine océanique, de leur isolement extrême, de leur caractéristiques géologiques, des contraintes climatiques (notamment vents forts et températures constamment basses), des habitats originaux se sont développés. Ils abritent une flore et une faune terrestres paucispécifiques qui présentent des adaptations originales et un endémisme prononcé dans certains groupes. Par ailleurs refuge essentiel pour des millions d'oiseaux et mammifères marins qui viennent à terre pour muer ou se reproduire, ces îles sont le siège d'interactions étroites entre le milieu marin et les écosystèmes terrestres.

La dynamique végétale

Dans les conditions de l'environnement subantarctique, probablement parce que les processus sont très lents, les liens dynamiques entre les différents habitats ont été très peu décrits et, si la filiation entre certains habitats est quelquefois suggérée, il n'y a pas, à notre connaissance de descriptions de séries de végétation.

La fonctionnalité des habitats

Nous avons cité ci-dessus les principaux facteurs qui structurent la nature et la distribution des habitats. Ces contraintes, souvent fortes, sont relativement constantes. Ainsi le climat, très tamponné par les masses océaniques environnantes, est peu contrasté d'une saison à l'autre. Outre l'impact des espèces introduites, susceptible d'évoluer rapidement « naturellement » (nouvelles introductions, impact de l'augmentation des températures moyennes) ou en lien avec des actions de gestion (éradication de vertébrés par exemple), le déficit hydrique pourrait affecter la fonctionnalité des habitats à une large échelle, notamment dans la partie est des Iles Kerguelen.

L'état de conservation des habitats

L'état de conservation est très variable d'une île à une autre, y compris au sein du même archipel, principalement en fonction de la présence ou non de vertébrés introduits dont l'impact est souvent le plus visible. Plus discrets les effets des plantes et invertébrés introduits peuvent néanmoins constituer une menace importante pour l'intégrité des habitats naturels.

2.2. L'environnement et le patrimoine naturel de Crozet

2.2.1. Climat de l'archipel 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 5.3 °C avec des moyennes mensuelles entre 3.2 °C en hiver et 8.1°C en été (données Météo-France 1970-2006, station Alfred Faure) ; les précipitations annuelles moyennes sont de 2400 mm (mini 1948 mm, maxi 3048 sur la période 1970-1994; des vents forts d'ouest sont fréquents, fréquemment autour de 40 km/h, avec des pointes fréquentes entre 100 et 200 km/h). Il n'y a pas actuellement de glaciers sur Crozet mais de larges vallées glaciaires sur l'Ile de l'Est et l'Ile de la Possession témoignent d'évènements glaciaires par le passé.

Le tableau ci-dessous présente quelques caractéristiques du climat sur la Base Alfred Faure, côte est de l'Ile de La Possession (les séries de données enregistrées par Météo France depuis 1970 comporte quelques interruptions pour la pluviométrie).

Température de l'air (période 1970-2006)	
T annuelle moyenne (min, max)	5.3 °C (4.4 - 6.1)
T moyenne du mois le plus chaud	8.1 °C (février)
T moyenne du mois le plus froid	3.2 °C (août, septembre)
Précipitations (période 1974-1994)	
Total annuel moyen (min, max)	2402 mm (1948 – 3043)
Total moyen du mois le plus sec	152 mm (février)
Total moyen du mois le plus humide	225 mm (août)

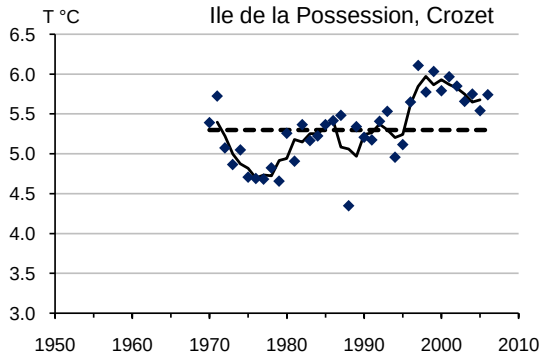
Figure 2 : principale données climatiques de l'île de la Possession (Données Météo-France)

2.2.2. Microclimat de l'archipel de Crozet

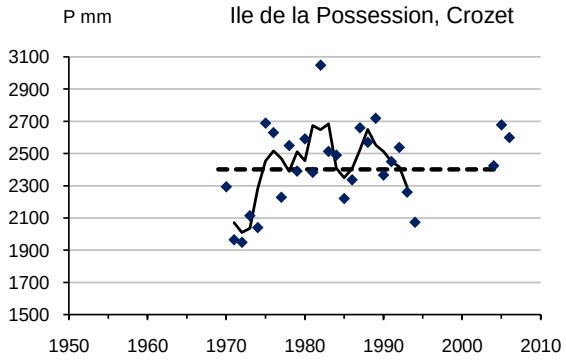
Aucun exemple de micro climat n'a été enregistré pour l'archipel Crozet. Ce constat peut être justifié par un manque de connaissance de la météorologie dans cette zone.

2.2.3. Changement climatique à Crozet

Les enregistrements réalisés par Météo France depuis l'installation des bases scientifiques mettent en évidence des changements notables des températures moyennes et des précipitations. Les températures moyennes annuelles sont, entre le milieu des années 1990 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 mileiu des années 2000.



Evolution des températures moyennes annuelles de l'air (°C)
Point : valeur moyenne annuelle
Trait plein : moyenne mobile sur 3 ans
Trait horizontal tireté : moyenne sur la période



Evolution des précipitations totales annuelles (mm)
Point : somme annuelle
Trait plein : moyenne mobile sur 3 ans
Trait horizontal tireté : moyenne sur la période

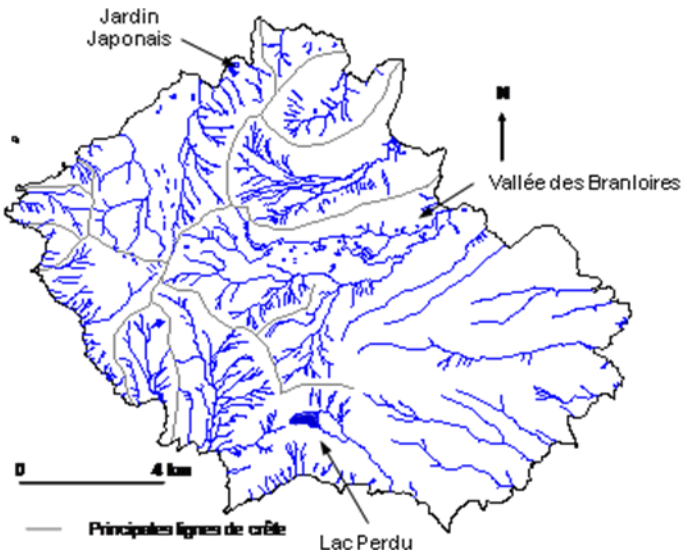
Figure 3 : Evolution des températures annuelles de l'air et des précipitations totales annuelles sur l'île de la Possession (source : IPEV 136 d'après données Météo France, station Alfred Faure)

Les séries de données concernant les précipitations présentent des interruptions, entre le milieu des années 1990 et le milieu des années 2000. Il est donc difficile de statuer sur une éventuelle baisse des précipitations, telle qu'elle est enregistrée à Kerguelen et Amsterdam.

2.2.4. L'eau douce sur l'île de la Possession (Archipel de Crozet)

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 24 p°66) 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)

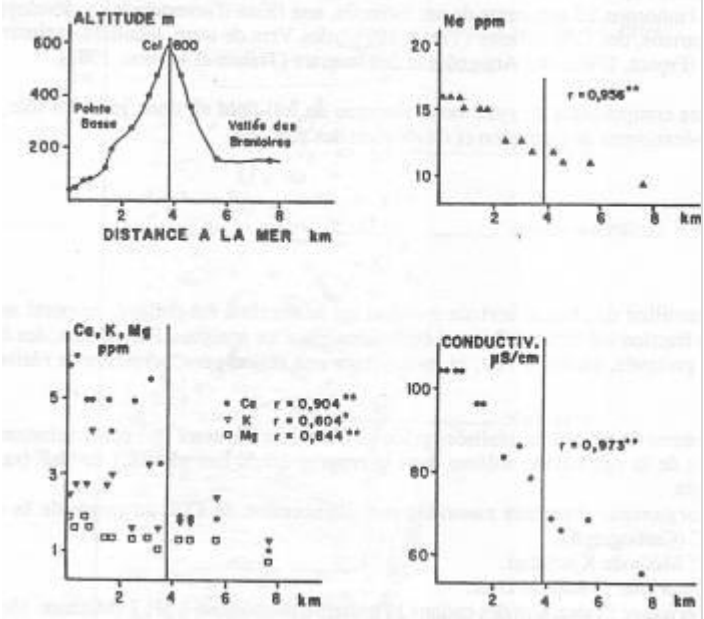
Le réseau hydrographique est plus dense dans la moitié ouest que dans le secteur est. Les plans d'eau sont peu abondants : citons la présence du Lac Perdu, à plus de 450 m d'altitude au sud de l'Arête des Djinns, de nombreuses mares dans la Vallée des Branloires, vaste vallée glaciaire qui traverse le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



Carte 24 : 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 km²) l'île est constamment soumise aux influences salines, et on oberve une décroissance régulière des teneurs en sodium et de la salinité des eaux de rivières en fonction de la distance à la mer.



Ce transect passe par un col situé à 600 m d'altitude et on constate que ce relief ne constitue pas une barrière importante pouvant s'opposer à la dispersion des embruns. Il apparaît que même si les régions côtières sont les plus riches en sel, aucune partie de l'île n'est réellement épargnée par ces apports (source Frenot, 1987)

R coefficient de corrélation avec la distance à la mer : significativité à p<0.05 (*), p<0.01 (**)

Figure 4 : Ile de la Possession, archipel Crozet. Analyse des eaux de rivières le long d'un transect Pointe Basse, Col 600, Vallée des Branloires. Source : Frenot 1987

Tableau 6 ; Quelques valeurs de pH et conductivité des eaux douces relevées à Crozet et Kerguelen lors d'études sur les diatomées par Van de Vijver et coll.

	nombre mesures	pH moy (min-max)	Conductivité (µS) moy (min-max)
Crozet, Ile de la Possession			
rivière	14	7.4 (6.5 - 8.3)	105 (45 - 220)
Ruisseau	9	6.5 (6.0 - 7.0)	122 (80 - 260)

plan d'eau >100 m²	38	6.7 (5.0 - 8.9)	232 (65 - 1410)
petit plan d'eau	45	6.8 (4.9 - 10.0)	286 (57 - 2090)

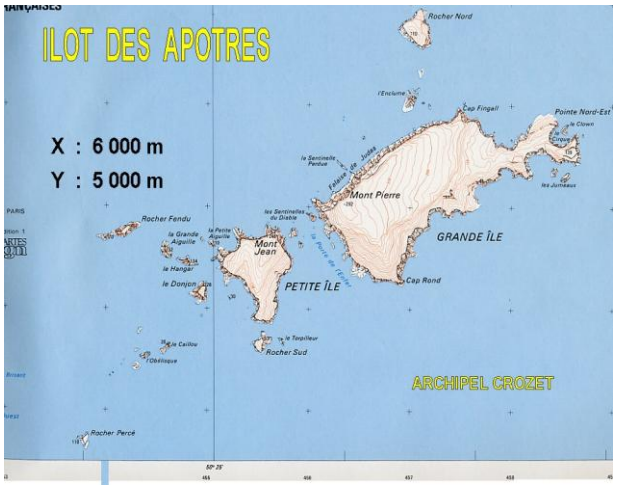
2.2.5. La géologie de L'archipel de Crozet

2.2.5.1. L'état des connaissances et des données disponibles

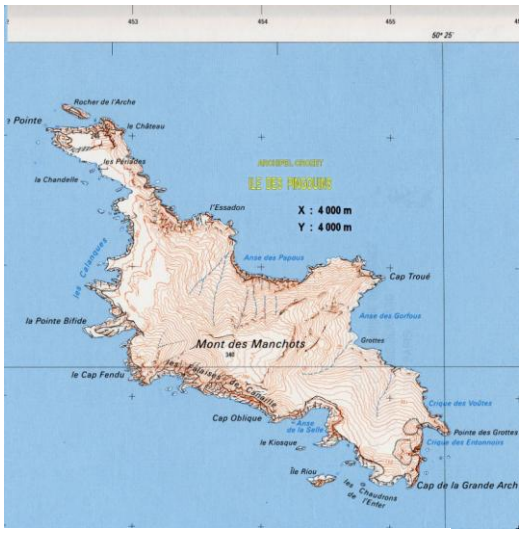
Les îles Crozet constituent la partie émergée d'un vaste plateau volcanique, dénué de sismicité, qui porte également plus à l'Ouest les îles Marion et du Prince Edouard. D'une superficie d'environ 4500 km^2, ce plateau s'étend sous 250 m d'eau au milieu d'une plaine abyssale profonde de 4000 m. Il s'est 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 500km plus au Sud-Est sous l'île de Conrad (53°4 S, 48°4 E) (Giret et al. 2003, Richet et al. 2007).

2.2.5.1.1. 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 km2, **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 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 25 : Croquis topographique IGN des îlots des Apôtres, IGN 4450 C (TAAF : Cochon/apôtres/Pingouins, 1986)



Carte 26 : Croquis topographique IGN de l'île des Pingouins : IGN 4450 C (TAAF : Cochon/apôtres/Pingouins, 1986)



Carte 27 : Carte topographique de l'île aux Cochons : IGN 4450 C (TAAF : Cochon/apôtres/Pingouins, 1986)

2.2.5.1.2. Les îles du groupe Est : L'île de l'Est et la Possession :

L'île de l'Est a 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^2. 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)



Carte 29 : Île de l'est vue du Marion Dufresne (Photo Cottin 1999)



Carte 28 : Modèle Numérique de Terrain de l'île de l'Est montrant les reliefs et les dépressions : La Baie de l'Abondance est ici au Sud (à partir des croquis de H. de Corbiac (1969), amélioré en 1977 à l'aide des photographies aériennes de 1976, Michon 2004)



Carte 30 : Sur la côte Sud de l'Île de l'Est (Archipel Crozet) les entablements de coulées volcaniques sont entaillés par la vallée en Auge qui débouche dans la baie de l'Abondance (Photo Cottin 1999)

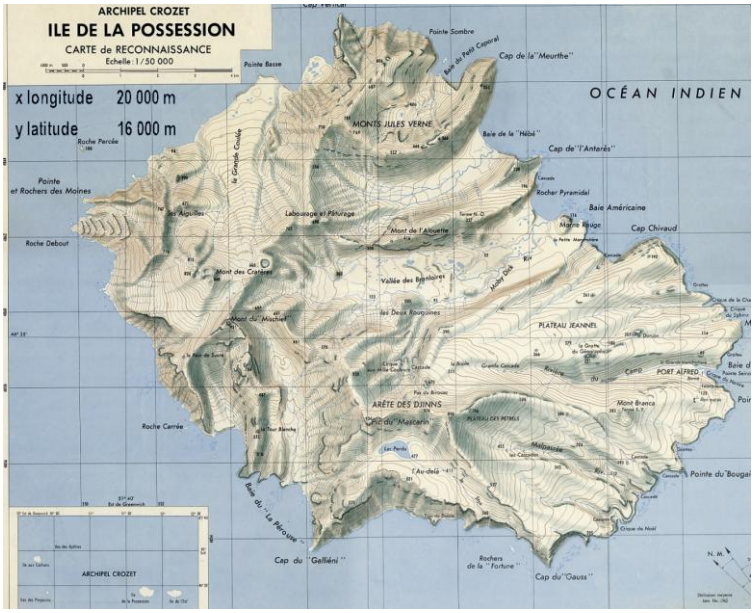


Carte 31 : Île de la Possession vue de l'Est, Base de Port Alfred, localisé sur le plateau volcanique juste derrière la baie du Marin abritant une importante manchotière. (Photo Cottin 2002)

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.

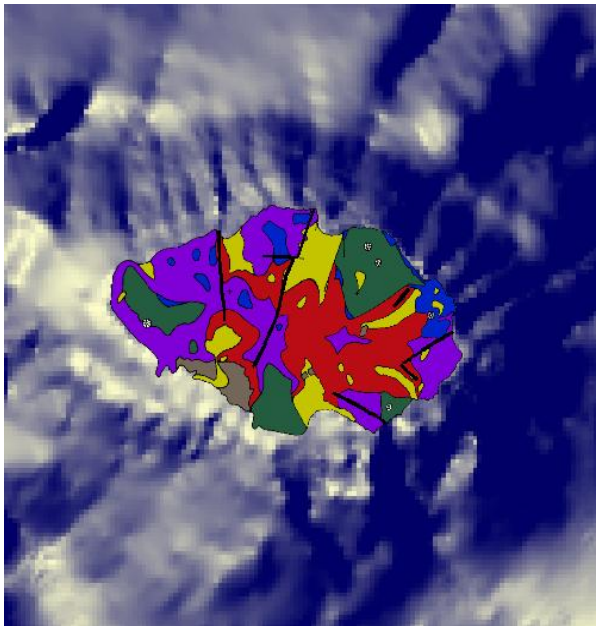


Carte 32 : Extrait de la carte de reconnaissance IGN à 1/50 000 (1964) et MR TAAF 1986 de l'île de La Possession (archipel Crozet)

2.2.5.2. L'histoire et les formations géologiques

Pour les îles du groupe Ouest, **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 2 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 alternances 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^2 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)

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 eu que de très courtes missions géologiques de quelques jours à la faveur du passage du Marion Dufresnes : 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'ensembles 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 vielles et la plus importante en volume et étant aussi l'une des plus originale de l'archipel de Crozet compte tenu de la présence de roches plutoniques différenciés intrusives dans les coulées de laves formant le bouclier, il apparaît donc indispensable de compléter les levers cartographiques qui restent très rudimentaires et d'aller échantillonner en détails cette île qui révèlent 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 33 : 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

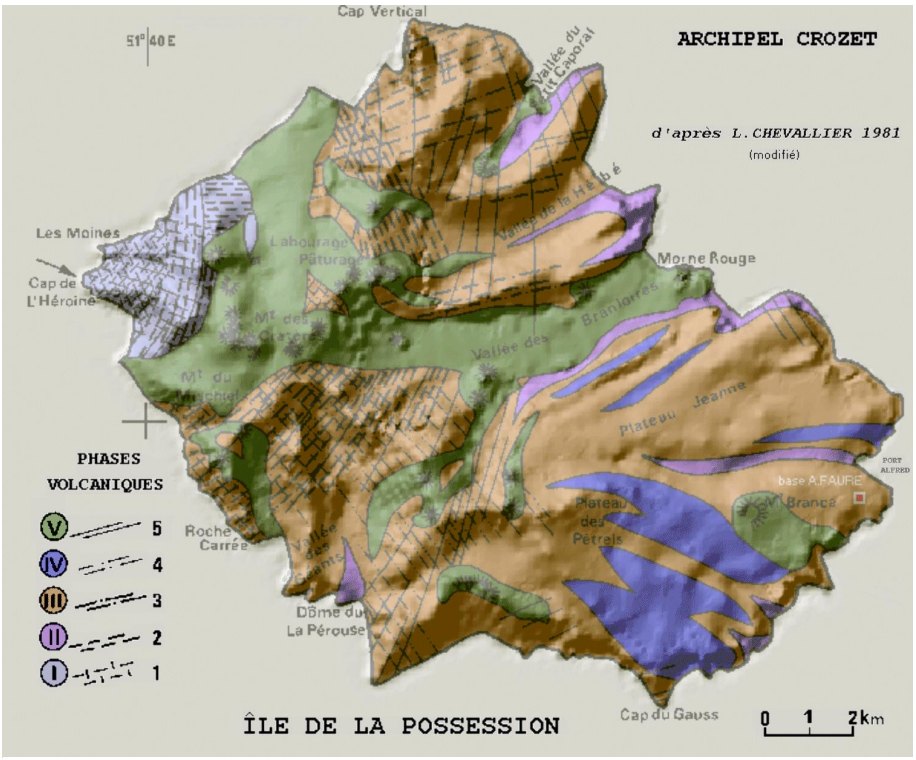
Rouge = Ensemble plutonique litée,
Violet = Conglomérats volcaniques avec interstratication de laves,
Bleu = Unité 3 inférieure avec conglomérats volcaniques coiffées de coulées de Hawaïte,
Vert = Unité 3 supérieure, conglomérats volcaniques avec coulées de basaltes, océanites et ankaramites (objet de 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'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.

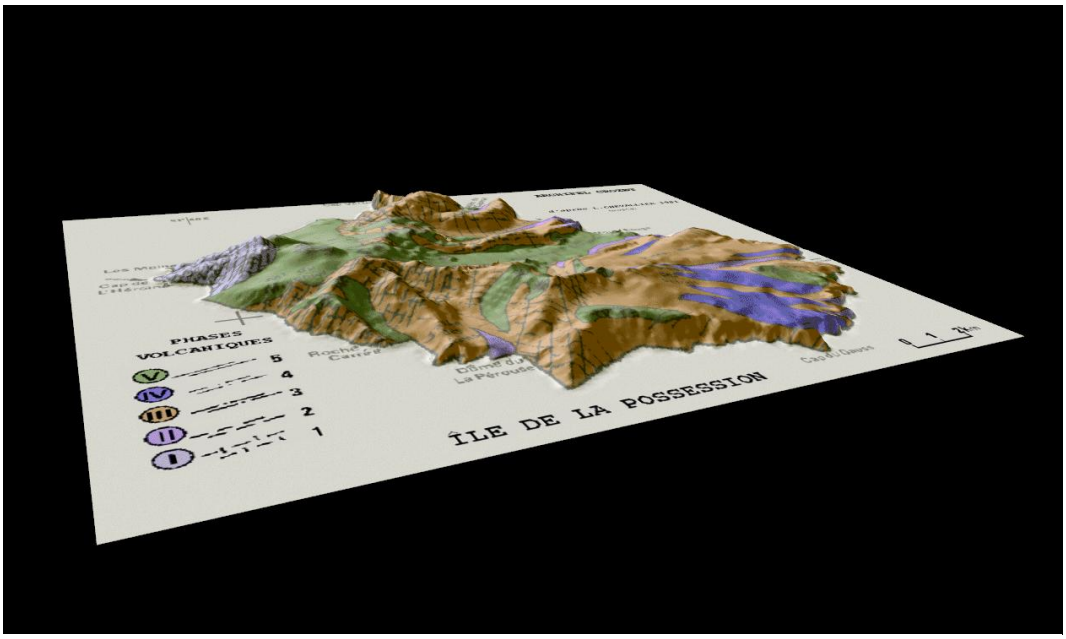
C'est la deuxième période, la plus brève, qui a laissé la plus forte empreinte sur toute l'île. Entre 1 et 0,7 Ma se sont empilées de très nombreuses coulées de basalte (dont beaucoup d'océanites : lave sombre très riche en cristaux d'olivine verte) qui forment les plateaux actuels. Ces coulées ont été 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 différentiation des laves a en fait conduit à la formation de phonolites, qui ont par exemple vu le jour au Dôme du Lapérouse



Carte 34 : Carte géologique simplifiée de La Possession d'après Chevalier et Nougier , 1981, modifiée par Michon (2005) http://www.univ-st-etienne.fr/iaaf/



Carte 35 : 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 34 et Carte 35 : 1 Phase sous marine ; 2 = Coulée du bouclier ancien ; 3 = Coulées d'océanites ; 4 = coulées récentes ; Laves récentes du Mont Branca (vallée des Branloires)

2.2.5.3. Le patrimoine géologique de Crozet et les enjeux de conservation

Evaluation de la valeur du patrimoine géologique de Crozet

L'intérêt d'un objet géologique est défini par son intérêt pour l'histoire de la géologie, sa rareté, son état de conservation et son intérêt à l'éducation. Les sites d'intérêt géologique ou minéralogiques ne représentent que très rarement une valeur marchande proprement dite mais ils sont souvent des jalons uniques de l'histoire géologiques des îles subantarctiques. Ils ne pourront être visités qu'avec l'accompagnement de géologues et de responsables des TAAF ou de l'IPEV connaissant bien le terrain et l'histoire géologique des îles subantarctiques afin d'apprécier le caractère exceptionnel de certains affleurement. D'une manière générale, tout échantillonnage ou prélèvements complémentaires de roches ou de sols, liés à la nécessité d'inventaires géologiques nouveaux devra faire l'objet d'une autorisation du CEP. De plus les échantillons confiés aux laboratoires pour analyses resteront propriétés exclusives des TAAF.

2.2.5.4. Les sols de Crozet

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'Ile 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'Ile 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 km²) l'île est constamment soumise aux influences salines (Cf. p°65). Le climat océanique (Cf. p°64) 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. Il existe un gradient thermique marqué avec l'altitude. En relation avec l'origine volcanique de l'île, la roche est presqu'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 collemboles 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 (Photo 18B et C). 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.

2.2.6. L'état des connaissances et des données disponibles sur les habitats et les espèces de Crozet

2.2.6.1. Etat des connaissances habitats, plantes et invertébrés

Il existe très peu d'études exclusivement consacrées à des descriptions générales d'habitats. Dans une première phase les travaux effectués dans ces îles se plaçaient souvent dans une perspective d'inventaires de la faure et de la flore. Par la suite, parallèlement à la poursuite de ces inventaires et des travaux de systématique, les études ont mobilisé d'autres disciplines - écologie, écophysiologie, génétique des populations, phylogéographie... - en focalisant parfois sur quelques modèles biologiques privilégiés (vers de terre autochtones et introduits, escargot subanatrctique *Notodiscus* , coléoptères, diptères hookeri(*Anatalanta aptera*), Renonculacées, chou de Kerguelen *Pringlea antiscorbutica*...).

Dans le cadre du programme IPEV 136 des bases de données ont été mise en place depuis la fin des années 1970 sur les communautés et les écosystèmes terrestres des îles subantarctiques françaises. Des bases systématiques sur les invertébrés (INVERCKA) et les plantes (BOTACKA) regroupent l'essentiel des informations disponibles dans la littérature ancienne (récits des premiers visiteurs au XVIII^{è} et XIX^{è} siècles, expéditions scientifiques de fin XIX-début XX^{è}), complétées par les observations menées depuis l'installation des bases permanentes, en particulier dans le cadre de programmes de recherche soutenus par la Mission de Recherche des TAAF puis par l'IFRTP et l'IPEV. Ces bases comprennent des informations sur les synonymies et les changements de statut des taxons en fonction des revisions des systématiciens, sur la date de première observation et de première citation de chaque espèce quand elle est connue, sur son aire de répartition (en particulier dans les autres îles subantarctiques), sur son statut biogéographique (endémique, subantarctique, australe, cosmopolite, introduite...). D'autres bases de données (bases « milieu ») recensent des observations de présence-absence (ou abondance) d'espèces animales et végétales, avec description du site d'observation et localisation (dans un repère sur grille depuis les années 1980, avec les coordonnées GPS depuis le début des années 2000). Toutes les données disponibles sur support papier (« fiches terrain ») n'ont pas encore été intégrées dans ces bases « milieu » qui sont en cours d'incrémentation et d'intégration sous Système d'Information Géographique.

Il faut noter que les informations disponibles sur les plantes et les invertébrés de Crozet concernent en grande majorité l'Ile de la Possession alors que les autres îles de l'archipel ont été moins visitées et moins étudiées, avec l'exception notable de la campagne PLURICRO en 1982 qui a concerné l'ensemble de l'archipel.

- Ile aux Cochons : première visite en 1963-64 (Dreux & Milon 1967) suivie de plusieurs autres, notamment en 1974 (Dreux & Voisin 1978), 1982 (Dreux & Voisin 1983, 1985)
- Apôtres et l'Ile des Pingouins : première visite en 1982 pendant la campagne PLURICRO (Dreux & Voisin 1984, 1986) puis séjour sur l'Ile des Pingouins d'un mois en 1986 (Dreux *et al.* 1988a, 1988b ; Dreux & Voisin 1987, 1989, 1992)
- Ile de l'Est : notamment PLURICRO 1982 (Dreux & Voisin 1985, 1986)

2.2.6.2. Etat des connaissances « oiseaux »

Les îles Crozet sont bien connues pour la diversité de sa communauté d'oiseaux marins, la plus variée au monde avec les îles Kerguelen, et également pour la taille gigantesque de certaines populations comme les manchots ou les pétrels. Les connaisances 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. A l'opposé, les îlots des Apôtres n'ont été que brièvement survolés en hélicoptèreou approchés en bateau, et seule la présence des plus grandes espèces a été notée. 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 a donc été bonne, mais les informations sont aujourd'hui anciennes et mériteraient d'être actualisées. L'île aux Cochons a vu une exédition ornithologique de 4 mois en 1976 (Derenne et al. 1976), puis quelques vistes épisodiques de quelques jours en 1982 et quelques heures depuis pour des dénombrements partiels de colonies. On peut considérer que pour cette île l'inventaire est complet, mais mériterait d'être actualisé. Enfin l'île des Pingouins a vu une expédition pluridisciplinaire avec un inventiare partiel de l'avifaune en 1985 (Dreux et al. 1988). L'inventaire des espéces de pétrels y reste à faire.

De manière générale pour toutes les îles, il n'existe pas de dénombrements des populations de pétrels en raison de leur nidification en terriers qui rend l'estimation de la taille de populations très lourde. Les techniques existent, mais n'ont pour le moment pu être appliquée qu'au pétrel à menton blanc sur l'île de la Possession, un dénombrement qui a nécéssité pour cette seule espéce une campagne de un mois de terrain à 3 personnes, ce qui montre la quasi imposibilité logistique de réaliser les estimations de populations de pétrels pour tout l'archipel.

2.2.6.3. Etat des connaissances « mammifères marins »

Les inventaires de phoques et otaries ont été réalisés en même temps que ceux d'oiseaux, et donc notre degré de connaissance est similaire à celui pour les oiseaux pour chacune des îles. Sur l'île de la Possession un suivi à long terme complet des populations des trois espèces est réalisé depuis les années 1970, et montre des changements très rapide, notamment une recolonisation par les otaries après leur éradication par les phoquiers au 19ème siècle. Une dynamique similaire est vraisemblable sur les îles aux Cochons et de l'Est où des noyaux étaient présents pendant les expéditions des années 1970 -1980. Des visites seraient donc nécéssaires sur toutes les îles de l'archipel pour préciser le statut actuel des populations.

2.2.7. Les habitats naturels terrestres de Crozet

En raison de leur contexte géographique, géologique, biologique et climatique particulier il n'est pas aisé d'appliquer aux îles subantarctiques les descriptions ou les classifications détaillées des milieux selon le canevas habituellement retenu dans le cahier des charges des Réserves Naturelles en France (codes Corine). Pour établir la description des habitats nous avons donc procédé à une large revue bibliographique sur les îles subantarctiques françaises et sur d'autres îles subantarctiques soumises à l'application de plans d'aménagement et de conservation depuis plusieurs années : les îles Marion et Prince Edward (Afrique du Sud), Macquarie, Heard et McDonald (Australie). On trouve souvent dans ces îles deux façons de classer les habitats : i) en fonction du type de fréquentation supporté par le milieu (Parks and Wildlife Service, 2006 ; Whinam *et al*., 2006) en vue d'en réglementer les accès, ii) en fonction de la composition en espèces végétales et de la nature du milieu (Huntley, 1971 ; Smith, 1978) la classification dépendant alors de l'utilisation future des informations.

Dans le premier cas, les auteurs distinguent 5 zones, qui sont :

1) les zones de fréquentation principales, ou zones de service (*service zones*),
2) les zones naturelles (*natural zones*),
3) les zones à accès soumis à réglementation (*restricted areas*),
4) les zones touristiques (*tourism zones*) et enfin
5) les réserves marines (*marine reserves*).

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.

La plupart des habitats présents sur Crozet le sont également à Kerguelen. Afin d'éviter de trop fréquentes répétitions les descriptions des habitats de l'Ile de la Possession (archipel Crozet) ne seront pas reprises intégralement pour les Iles Kerguelen ; nous mentionnerons les différences et citerons les habitats particuliers à Kerguelen.

Les habitats de l'Ile de la Possession, archipel Crozet

1 Complexe des habitats côtiers soumis aux embruns
- 1a Habitat herbeux côtier
- 1b Autres habitats côtiers

2 Complexe de fell-field
- 2a Fell-field mésique
- 2b Fell-field xérique

3 Complexe des pentes herbeuses
- 3a Communauté à fougères ouverte
- 3b Communauté à fougères fermée
- 3c Communauté mésique à fougères
- 3d Communauté mixte à Blechnum et Acaena
- 3e Habitat de rives
- 3f Habitat de suintement

4 Complexe des prairies enrichies
- 4a Prairie côtière à tussocks
- 4b Prairie intérieure à tussocks
- 4c Habitat à touradons

5 Complexe des pelouses enrichies
- 5a Pelouse à Leptinella plumosa
- 5b Habitat boueux enrichi (biotic mud)
- 5c Pelouse à Poa annua

6 Complexe des milieux humides et tourbières
- 6a Habitat tourbeux sec (dry mire habitat)
- 6b Habitat tourbeux mésique (mesic mire habitat)
- 6c Habitat tourbeux humide (wet mire habitat)
- 6d Lignes de drainage (mire drainage line)

7 Habitat à graminées introduites dominantes

[1] - Le complexe des habitats côtiers soumis aux embruns

C'est un complexe d'habitats principalement restreints 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 ; Photo 16 : lle de La Possession, Crozet – Illustration de la diversité des habitats côtiers Photo 16).



Photo 16 : Ile de La Possession, Crozet – Illustration de la diversité des habitats côtiers

A. Plage de sable fin, vue du chalet de Baie Américaine, près de l'embouchure de la rivière Moby Dick.

B. Falaises découpées des Moines, dans le nord-ouest de l'île.

C. Littoral discontinu formé de l'alternance de plages de galets où se reposent les otaries, de falaises pentues où nichent les gorfous et de falaises abruptes où nichent des espèces comme l'albatros fuligineux. Baie du « La Pérouse », sud de l'île de La Possession, vue de la Tour Blanche.

D. Le « Jardin Japonais » et ses lacs et mares, au centre de la photographie, vu du bas du Cap Vertical. Au loin, Pointe Basse et le champ des albatros. Côte nord de l'île de la Possession.

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 des complexes 4 (prairies enrichies) et 5 (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).

(1a) l'habitat herbeux côtier

La végétation est dominée par les deux espèces halophiles les plus typiques des zones littorales, *Crassula moschata* (espèce succulente) et *Leptinella (Cotula) 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 (Cf. Photo 17A p°81) 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 (habitat 1b, Photo 17B), et c'est en présence d'animaux que cette espèce atteint son maximum de vitalité (Photo 17C). 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 ou à la Pointe des Pétrels gris, non loin de la base Alfred-Faure. Enfin, en plus de ces deux espèces dominantes, il est possible d'observer la poacée *Poa cookii*, le chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*), le jonc *Juncus scheuchzerioides*, *Montia fontana* et la renoncule *Ranunculus biternatus*.

(1b) autres habitats côtiers : « fell-field », plages, dalles rocheuses

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 (Photo 17D). Les lichens sont fréquents lorsque la roche est à nu. Certaines plages de sable fin (Photo 16A) 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*.

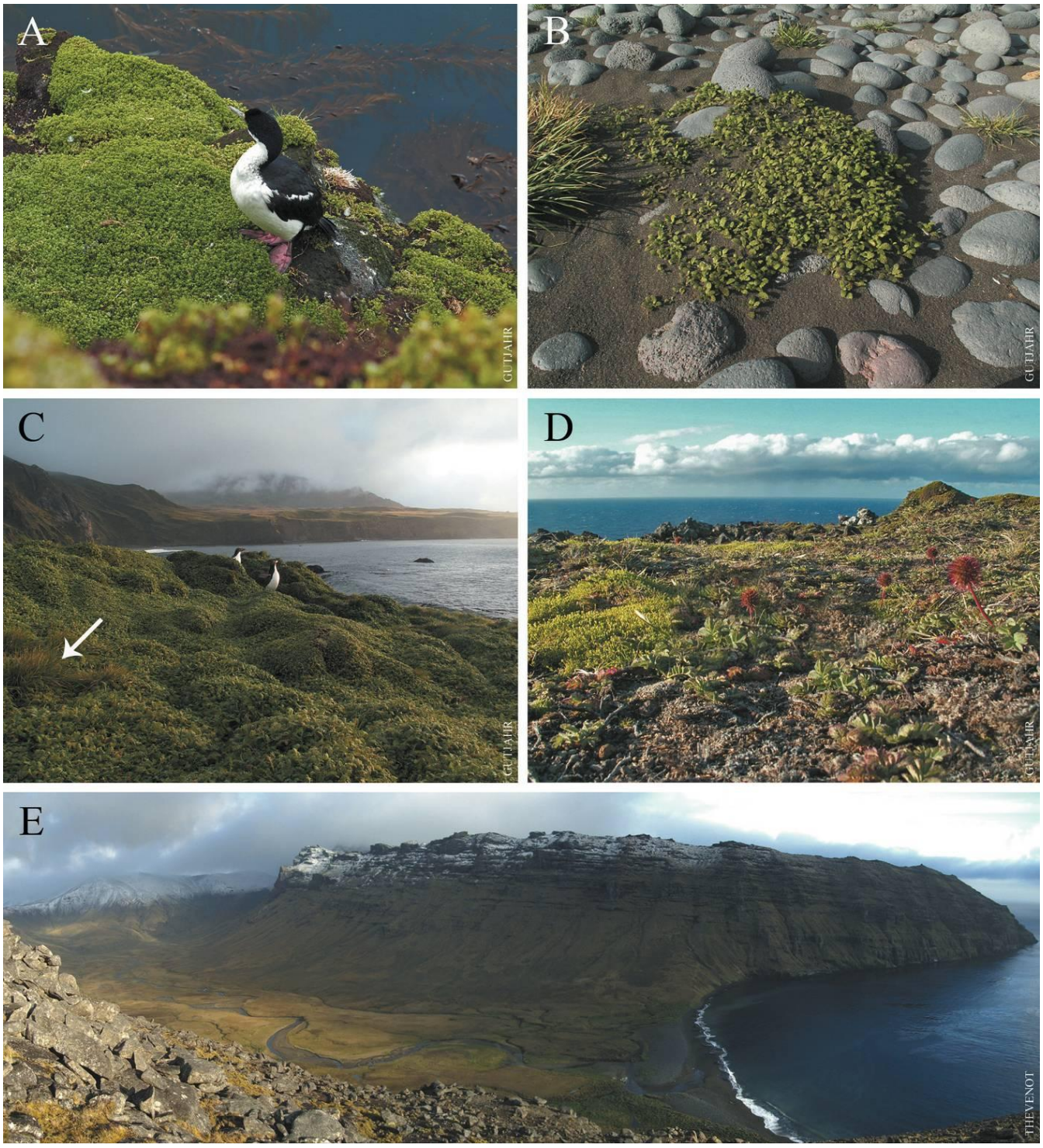


Photo 17 : Ile de La Possession, Crozet - Sites représentatifs des habitats herbeux du complexe des habitats côtiers soumis aux embruns

A. Cormoran sur tapis dense de *Crassula moschata* en bordure d'océan. Pointe du « Bougainville », côte est de l'île.

B. Plage de sable colonisée par *Poa cookii* (à gauche) et *Leptinella plumosa* (au centre) en petites touffes éparses. Baie de la Hébé, côte nord-est.

C. Site à *L. plumosa* en tapis épais et à *P. cookii* (flèche blanche), dans une zone fréquentée par le chionis, les gorfous et les otaries à fourrure. « Jardin Japonais », Pointe Basse.

D. *Acaena magellanica* en fructification, en bordure de falaise. Pointe Basse, côte nord de l'île.

E. Plage de sable colonisée par les manchots royaux, les éléphants de mer et les manchots papous, et dalles rocheuses influencées par les marées (aux extrémités de la plage). Baie de la Hébé, côte est de l'île. En arrière plan, les Monts Jules Verne.

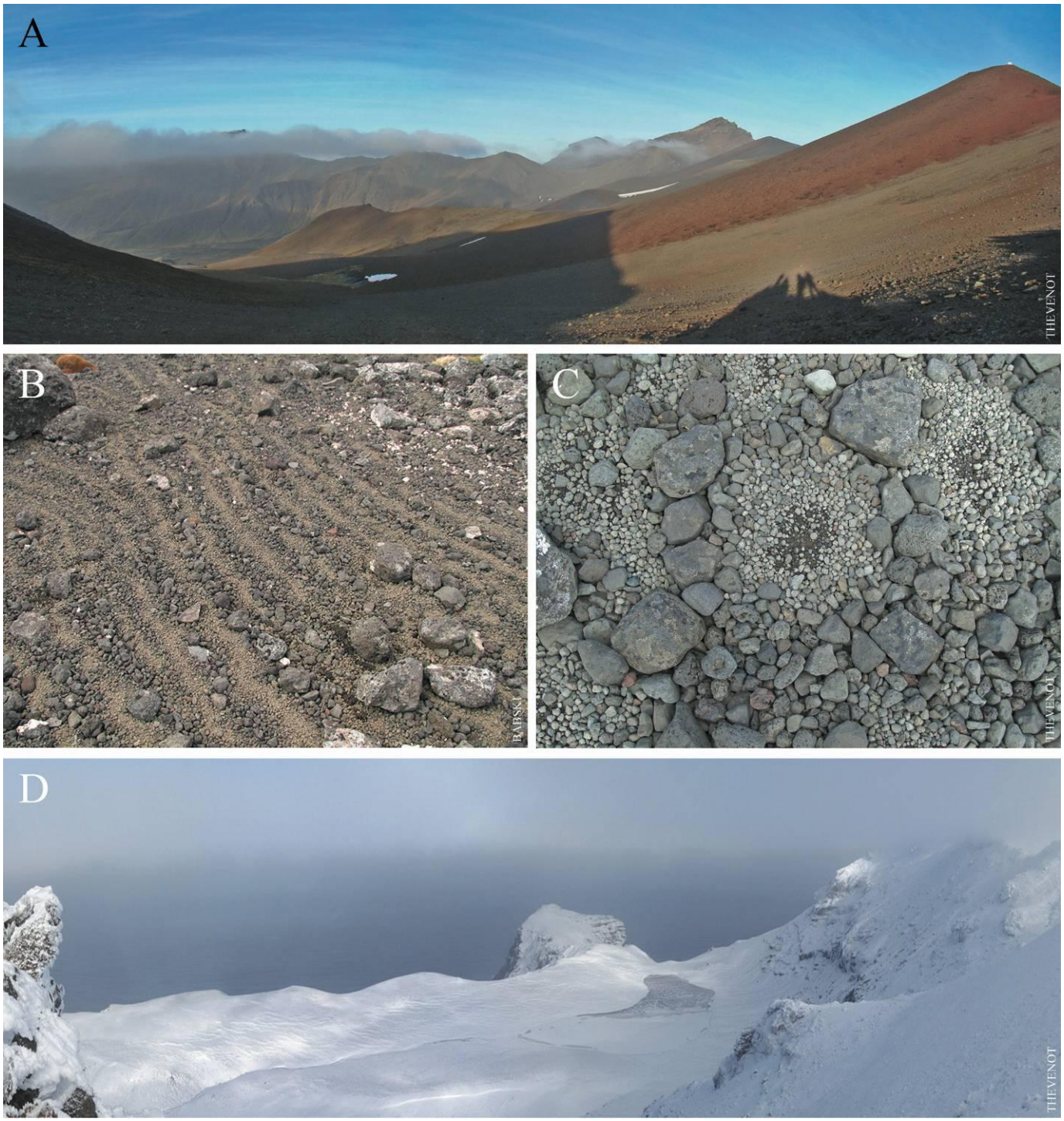


Photo 18 : Ile de La Possession, Crozet - Photographies illustrant les deux types de formations pédologiques qu'il est possible de retrouver sur les sols de fell-field des îles subantarctiques françaises

A. Exemple de paysage où les sols striés sont rencontrés. Mont des Cratères, dans le centre de l'île de la Possession.

B. Sols striés du Plateau des Pétrels.

C. Sols polygonaux du Lac Perdu, dans le sud de l'île.

D. Le Lac Perdu et la vallée de « l'Au-delà » sous la neige, vus de l'Arête des Djinns, au sommet du Plateau des Pétrels.

[2] - Le complexe de fell-field

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 (Photo 18B et C), 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 (Photo 19A). Quelques rares touffes de végétation étaient observées, éparses, 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).

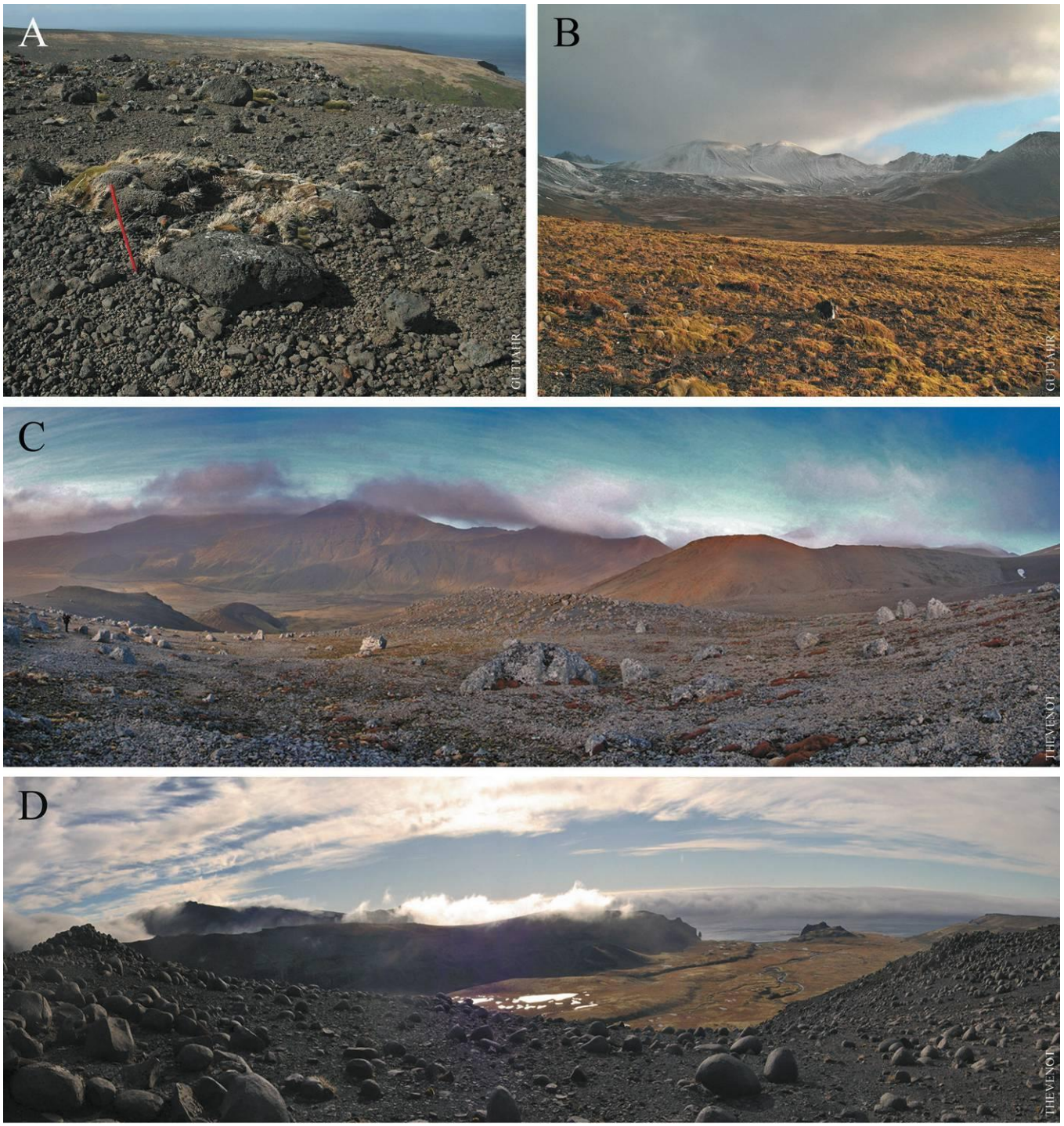


Photo 19 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples d'habitats du complexe de fell-field

A. Fell-field mésique situé à quelques centaines de mètres à l'ouest de la base Alfred-Faure, non loin de la zone étudiée par Frenot (1986).

B. Fell-field mésique, avec coussins d'azorelle bruns (période hivernale), la graminée *Agrostis magellanica*, les mousses *Dicranoloma robustum* et *Racomitrium lanuginosum* (coussins verts) et des lichens sur les rochers. Bordure est de la Grande Coulée, près du Mont Rhinocéros, dans le nord-ouest de l'île.

C. Fell-field xérique aux environs de Labourage et Pâturage, dans le centre de l'île de la Possession, vers 450m d'altitude. La végétation est principalement constituée de lichens, de coussins d'azorelle séchés et de la mousse *Ditrichum strictum* en balles.

D. Fell-field xérique dont le couvert de végétation est quasi-inexistant et se limite à quelques coussins d'azorelle et touffes d'*Agrostis magellanica*. Sommet du « 390 », à l'extrémité ouest du Plateau Jeannel. A l'arrière plan, la Vallée des Branloires, le Morne Rouge et Baie Américaine.

(2a) l'habitat de fell-field mésique

Cet habitat (Photo 19 A et B) 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).

(2b) l'habitat de fell-field xérique

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 (Photo 19C). *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. 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 (Photo 19Photo 19D), 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. Les rares plantes présentes sont les lichens et des mousses formant des coussins ou des balles.

[3] - Le complexe des pentes herbeuses

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 de l'intérieur de l'île, que l'on trouve dès que l'on quitte les zones de tourbières de basse altitude (complexe 6) pour les zones plus sèches de fell-field (complexe 2).

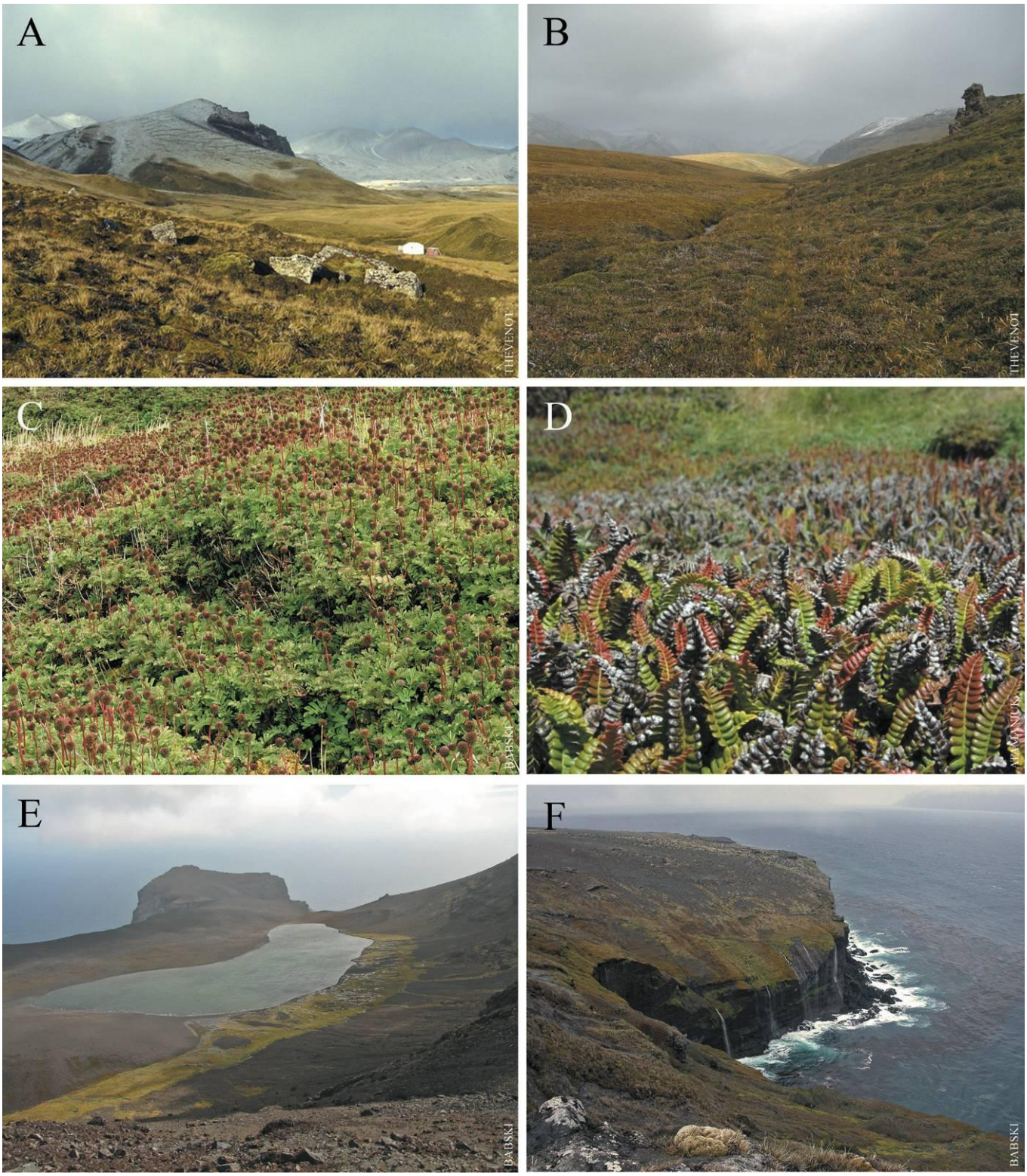


Photo 20 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples de sites appartenant au complexe des pentes herbeuses

A. Communauté à fougères ouverte, au début du transit pour le « Jardin Japonais », à Pointe Basse. A droite, en blanc, l'arbec (chalet) de Pointe Basse.

B. Communauté mixte à Blechnum et Acaena. Transit vers les sources ferrugineuses, dans la Vallée des Branloires. **C.** Site à *Acaena magellanica* monospécifique (appartenant à la communauté à fougères mésophile), à Baie Américaine.

D. Communauté à fougères fermée, à la Pointe Lieutard, non loin de la base.

E. Habitat de rive, en bordure du Lac Perdu et de la rivière du Styx.

F. Habitat de suintement (cascades au loin), colonisé par les mousses et les hépatiques. Pointe du « Bougainville » à quelques kilomètres de la base Alfred Faure.

Le relief très escarpé de l'île de La Possession fait que les habitats de ce complexe des pentes herbeuses représentent une superficie importante de cette île. La caractéristique principale sur Crozet est la dominance de la fougère *Blechnum penna-marina* (habitats 3a et 3b), de la rosacée buissonnante *Acaena magellanica* et de plusieurs espèces de mousses (habitats 3d et 3e) ou des deux (habitats 3c et 3d).

Les analyses statistiques réalisées à partir des milieux sur l'île Marion (Smith and Steenkamp, 2001) ont montré que les habitats de ce complexe de pentes 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'Ile 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 des pentes (groupes 3a, 3d ou 3e) et les sites appartenant à la prairie intérieure à tussock (4b) est donc parfois mince.

Les facteurs climatiques (vent et température) et édaphiques (qualité du drainage) conduisent à distinguer six habitats au sein de ce complexe.

(3a) la communauté à fougères ouverte

D'un point de vue écologique, cet habitat (Photo 20A) serait un stade successionnel entre l'habitat de fell-field mésique (2a) et la communauté à fougères fermée (3b) (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.

(3b) la communauté à fougères fermée

Dans les endroits plus protégés et moins rocailleux que ceux correspondant à la communauté ouverte 3a, 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'Ile 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.

(3c) la communauté mésique à fougères

Cette communauté se trouve sur des sols plus tourbeux et plus humides que ceux des communautés ouverte (3a) ou fermée (3b) 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-fiel 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 3a ou 3b, mais *B. penna-marina* et *Acaena magellanica* sont encore présentes. Cet habitat est généralement situé sur des pentes moins fortes que pour les habitats 3a ou 3b et aussi sur des surfaces presque planes. D'un point de vue écologique, cet habitat représente une transition entre la communauté à fougère fermée (3b) et le milieu tourbeux sec (6a) décrit un peu plus loin. D'autres espèces comme *Ranunculus biternatus* et *Lycopodium magellanicum* peuvent être présentes.

Dans certains secteurs de l'Ile 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, Photo 20C).

(3d) la communauté mixte à *Blechnum* et *Acaena*

Moins commune que les autres communautés à fougères, cette communauté (Photo 20Photo 20B) 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.

(3e) l'habitat de rives

Cet habitat correspond aux bords des rivières, ruisseaux et cascades, dans les pentes et sur terrain plat (Photo 20E). La végétation y est dominée par *Acaena magellanica*, par les mousses *Breutelia integrifolia*, *Bryum laevigatum*, *Racomitrium lanuginosum* et *Philonotis scabrifolia*, et les hépathiques *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'Ile 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.

(3f) l'habitat de suintement

Il correspond à des sites (Photo 20F) 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*.

[4] - Le complexe des prairies enrichies

Les prairies enrichies (Photo 21) sont des milieux qui résultent de perturbations plus ou moins intenses liées à la présence d'animaux (rats, 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.

(4a) la prairie côtière à tussocks

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) 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.

(4b) la prairie intérieure à tussocks

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 *Dycranoloma* 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 4a, ou sur des terrains plats autour des nids de grands albatros et de pétrels géants (Joly *et al*. 1987).

(4c) l'habitat à touradons

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 (Photo 21 B et C), 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).

[5] - Le complexe des pelouses enrichies

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

(5a) la pelouse à *Leptinella plumosa*

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 (Photo 22A). *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.



Photo 21 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples de sites appartenant au complexe des prairies enrichies

A. Prairie côtière à tussocks, sur le Champ des Albatros. Au loin, la manchotière de Pointe Basse et les Monts Jules Vernes.

B. Habitat à touradons, où niche un couple d'albatros fuligineux à dos sombre et leur poussin, à Pointe Basse.

C. Site typique où la prairie côtière à tussock et l'habitat à touradons sont rencontrés. De nombreuses espèces comme les gorfous sauteur et macaroni, les manchots papou et royal et les otaries à fourrure s'y reproduisent. « Jardin Japonais », entre Pointe Basse (à gauche de la photographie) et le Cap Vertical (à droite).

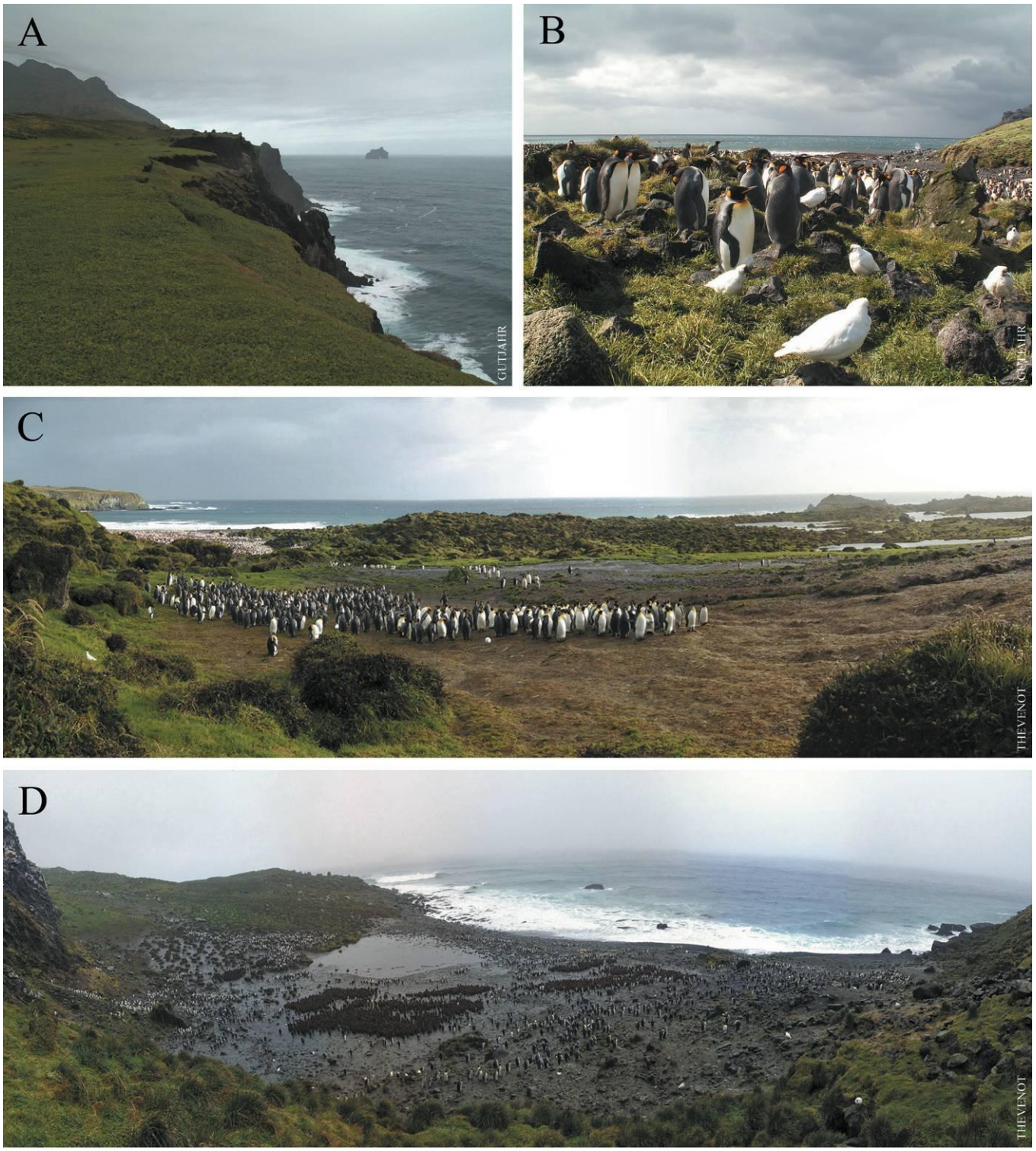


Photo 22 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples de sites appartenant au complexe des pelouses enrichies

A. Pelouse à *Leptinella plumosa*, sur le Champ des Albatros, à Pointe Basse.

B. Pelouse à *Poa annua*, en bordure de la manchotière de Baie Américaine.

C. Pelouse à *Poa annua* piétinnée par les manchots royaux, au « Jardin Japonais ».

D. Habitat boueux enrichi. Les formes brunes sont des crèches de poussins de manchots royaux. Quelques adultes sont présents à leurs côtés. Mare aux Eléphants, entre les Rochers des Moines et la Grande Coulée, dans le nord-ouest de l'île.

(5b) l'habitat boueux enrichi (*biotic mud*)

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 (Photo 22D). 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.

(5c) la pelouse à *Poa annua*

Cet habitat se retrouve dans des zones similaires à l'habitat précédent, dans les sites colonisés par les manchots et les éléphants de mer (Photo 22B et C). 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.

[6] - Le complexe des milieux humides et tourbières

Ce complexe comprend quelques uns des habitats les plus humides, globalement assez similaires (Photo 23). Les principales communautés végétales rencontrées sont constituées de monocotylédones typiques des milieux humides, telles que *Agrostis magellanica*, *Juncus scheuchezerioides* (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.

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.

(6a) l'habitat tourbeux sec (*dry mire habitat*)

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 (Photo 23A). Les bryophytes, notamment *Racomitrium lanuginosum*, sont très abondantes et *Agrostis magellanica*, *Juncus scheuchezerioides* 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, 3c), 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 2a. Enfin, les sols du milieu tourbeux sec sont moins organiques que ceux des autres habitats tourbeux, exceptés ceux des lignes de drainage (6d).

(6b) l'habitat tourbeux mésique (*mesic mire habitat*)

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 (Photo 23A). *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.

(6c) l'habitat tourbeux humide (*wet mire habitat*)

La végétation de cet habitat humide est généralement composée principalement de mousses (Photo 23D), 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 (Photo 23B) 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 (Photo 23C), 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*.

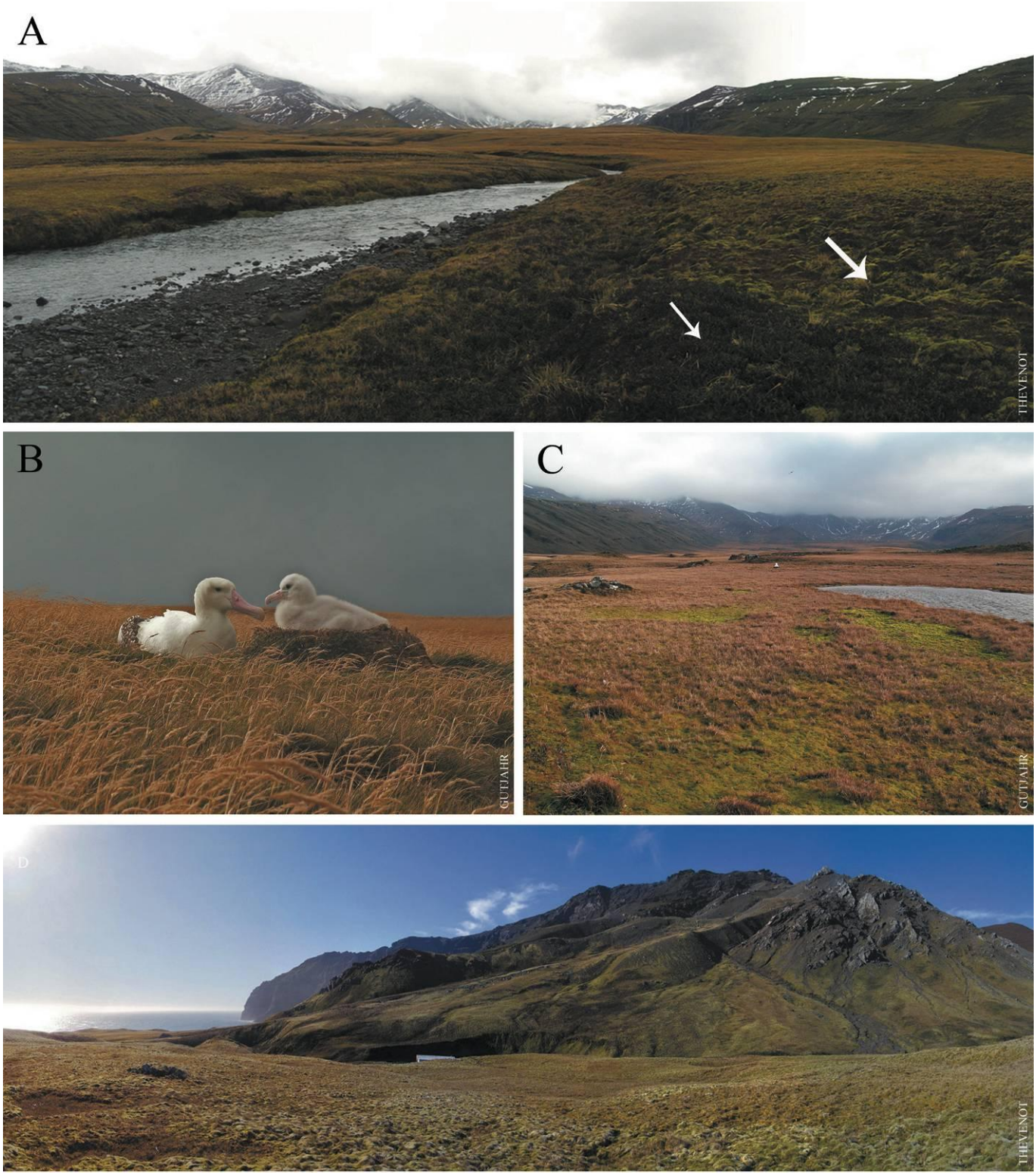


Photo 23 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples de sites du complexe des milieux humides et tourbières

A. Succession d'habitats tourbeux dans la vallée des Branloires, le long de la rivière Moby Dick (en arrière plan, les crêtes entre le Mascarin et le Mischief). Habitat tourbeux sec à *Blechnum penna-marina* (petite flèche blanche), habitat tourbeux mésophile (grande flèche blanche) et habitat tourbeux humide (zone jaunâtre, au second plan).

B. Communauté pionnière de l'habitat tourbeux humide dominée par *Agrostis magellanica* en fin de stade reproductif (les épis sont visibles), à Baie Américaine.

C. Habitat tourbeux humide, à Baie Américaine, dominé par les bryophytes (de couleur verte) et la graminée A. magellanica (de couleur brune). *Uncinia compacta* et quelques hépatiques sont également rencontrées. Sur la droite, une petite mare.

D. Habitat tourbeux humide largement dominé par des bryophytes formant des tapis épais, à Pointe Basse. Cet habitat est extrêmement sensible au piétinement.

(6d) les lignes de drainage (*mire drainage line*)

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 (6c). 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 6c 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 montré par le pH du sol (moyenne 5.8) beaucoup plus élevé pour l'habitat 6d que pour n'importe quel autre habitat humide (moyenne 4.7 à 5.1).

[7] - L'habitat à graminées introduites dominantes

Cet habitat correspond aux « Prairies à *Poa pratensis* » de Davies et Greene (1976). On le trouve uniquement sur la côte Est de l'île de La Possession, 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 (Photo 24 C et D) au sud, jusqu'à la berge nord de la rivière du Camp (Photo 24E) et 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 (Photo 24Photo 24B). Ces prairies à *Poa pratensis* sont très denses et hautes, quasi monospécifiques, mais par endroits on trouve *Acaena magellanica*.

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'Ile 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.

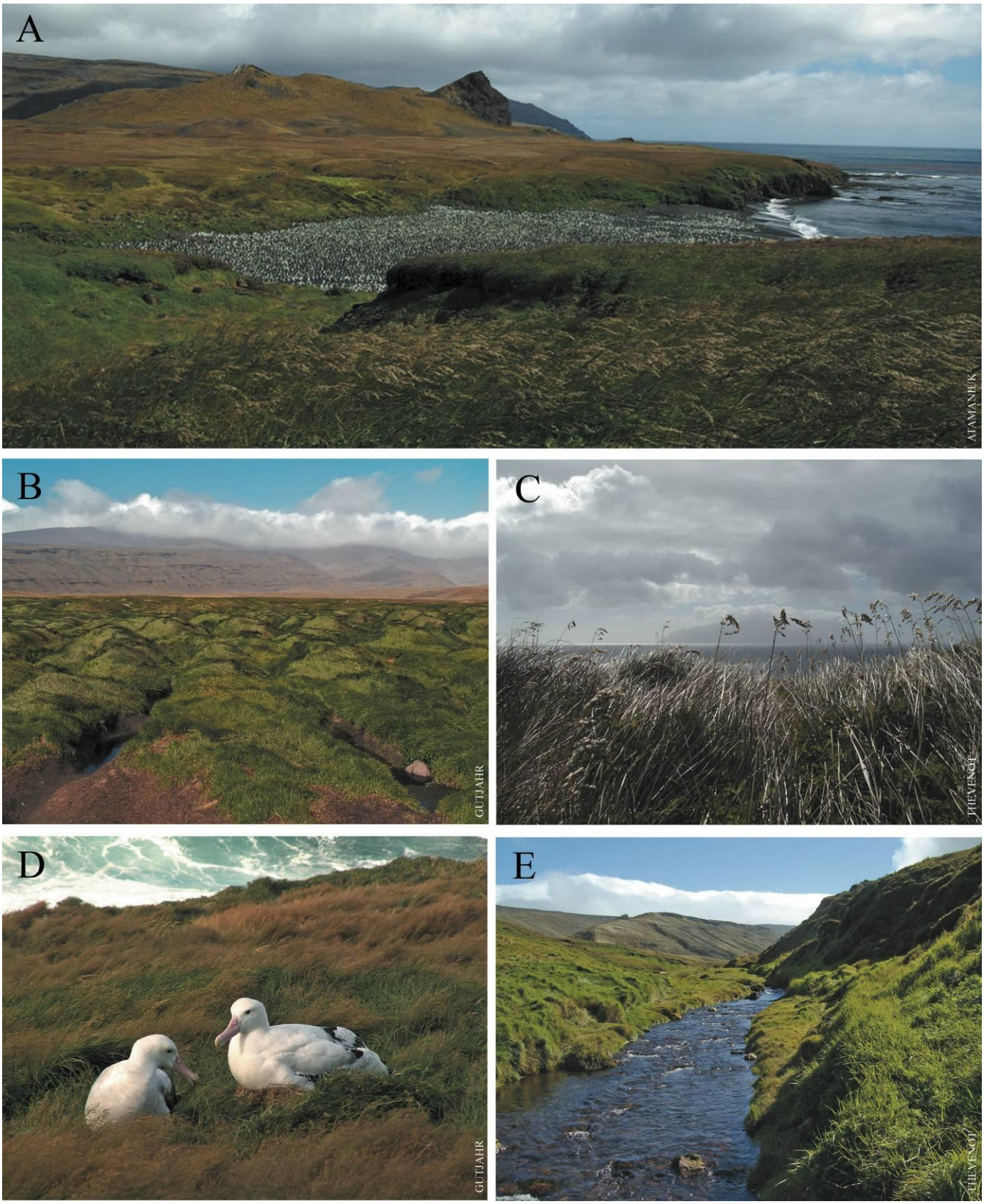


Photo 24 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples de sites illustrant l'habitat à graminées introduites

A. Flan sud-est de la Petite Manchotière de Baie Américaine, avec au premier plan une prairie haute à *Poa pratensis*. Au centre, en blanc, des manchots royaux.

B. Zone à *P. pratensis* dégradée par les éléphants de mer (souilles), à Baie Américaine.

C. *Poa pratensis* en fleur, à quelques centaines de mètres de la base Alfred-Faure, à Pointe Lieutard.

D. Couple de grand Albatros nichant sur *P. pratensis* non loin du « Bollard », à Pointe Lieutard.

E. Étendues de *P. pratensis* le long de la rivière du Camp, à quelques centaines de mètres de la Baie du Marin.

2.2.7.1. Evaluation de la valeur patrimoniale des habitats naturels terrestres de Crozet

Dans les îles subantarctiques, en raison de leur origine océanique, de leur isolement extrême, de leurs caractéristiques géologiques, des contraintes climatiques (notamment vents forts et températures constamment basses), des habitats originaux se sont développés. Ils abritent une flore et une faune terrestres paucispécifiques qui présentent des adaptations originales et un endémisme prononcé dans certains groupes. Par ailleurs refuge essentiel pour des millions d'oiseaux et mammifères marins qui viennent à terre pour muer ou se reproduire, ces îles sont le siège d'interactions étroites entre le milieu marin et les écosystèmes terrestres.

2.2.7.2. Etat de conservation des habitats de Crozet

L'état de conservation est très variable d'une île à une autre, principalement en fonction de la présence ou non de vertébrés introduits (lapin sur l'île de l'Est et l'île aux Cochons) dont l'impact est souvent le plus visible. Plus discrets les effets des plantes et invertébrés introduits peuvent néanmoins constituer une menace importante pour l'intégrité des habitats naturels.

L'état de conservation des plantes et des invertébrés est notamment lié à l'état de conservation des habitats avec deux facteurs essentiels en interaction et en cours d'évolution rapide : l'impact des espèces introduites et l'impact les changements climatiques.

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).

2.2.8. Les plantes et les invertébrés de Crozet

2.2.8.1. Description des plantes et des invertébrés de Crozet

De nombreuses études ont été menées dans les îles subantarctiques françaises lors des grandes expéditions scientifiques de la deuxième moitié du XIXème siècle puis de façon plus intense depuis l'établissement des bases permanentes au milieu du XXème siècle et la mise en oeuvre de programmes scientifiques soutenus par la Mission de Recherche des TAAF puis par l'IFRTP et l'IPEV.

Il en résulte une connaissance approfondie de nombreux groupes taxonomiques, avec pour certains des suivis (populations, aires de répartition…) sur plusieurs décennies qui se prolongent actuellement au sein des programmes de l'IPEV et dans le cadre de la Zone Atelier CNRS de Recherches sur l'Environnement Antarctique et Subantarctique. Cependant certains groupes (lichens, fougères par exemple) mériteraient des observations complémentaires et une révision des listes que nous avons établies et que nous présentons en annexe IV.

En milieu terrestre on peut retenir deux caractéristiques essentielles de la flore et de la faune :

- un nombre peu élevé d'espèces autochtones, présentant des adaptations originales et un taux d'endémisme élevé.

Lorsque ces îles furent découvertes, seules 17 espèces de spermatophytes poussaient à Crozet (Ile de la Possession). Chez les insectes, on dénombrait 11 espèces de diptères à Crozet alors que plus de 6500 espèces appartiennent à cet ordre dans l'hexagone. A Crozet, 90 % des invertébrés autochtones sont propres à la région subantarctique de l'Océan Indien et 55 % ne sont présents que sur cet archipel. 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

Les oiseaux et mammifères marins jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres en les approvisionnant de quantités énormes de matières organiques (plumes, fientes, cadavres…) provenant de la mer. Chez les invertébrés, les décomposeurs sont donc largement dominants, en nombre d'espèces et en abondance, alors que d'autres maillons sont peu représentés : les prédateurs sont quasi absents et les herbivores réduits à quelques charançons. Avant les introductions, volontaires ou involontaires, par l'homme, aucun mammifère terrestre n'était présent sur ces îles.

2.2.8.1.1. Plantes terrestres

Les spermatophytes, autochtones et introduites, sont bien connues (cf. annexe IV) et ont fait l'objet de nombreux travaux de biologie, écologie, écophysiologie, génétique (voir par exemple Davies & Greene, 1976 ; Hennion *et al.* 2006 ; Frenot *et al.* 1989, 1999, 2001 ...). A Crozet, les arbres et arbustes sont absents de la flore d'origine. Le développement des plantes en hauteur est généralement limité et plusieurs espèces (*e.g. Azorella selago*...) présentent un port en coussin, efficace pour résister au vent et pour l'accumulation de l'énergie du soleil.

La connaissance des ptéridophytes et des lichens repose en général sur des études et publications anciennes et une actualisation est nécessaire pour tenir compte des changements survenus dans la systématique et la nomenclature de ces groupes et pour intégrer des observations récentes non publiées.

Les mousses et hépatiques, très nombreuses, jouent un rôle important dans la plupart des habitats. Pour leur étude, le programme 136 du CNRS, collabore depuis 2006 avec R. Ochyra (Pologne), un spécialiste mondialement reconnu pour son expertise sur ces groupes. En annexe IV.12 et IV.13, des listes actualisées en 2008 par R. Ochyra qui mettent en évidence un nombre élevé d'espèces citées pour la première fois de Crozet, et la découverte d'espèces nouvelles pour la science. Ceci laisse augurer des progrès à venir encore dans la connaissance des bryophytes subantarctiques. Des échantillons issus de campagnes récentes (2006, 2007) sont en cours d'analyse

et permettront d'actualiser ces listes d'espèces ainsi que les informations sur leur distribution, leur statut biogéographique et leur écologie.

2.2.8.2. Evaluation de la valeur patrimoniale des plantes et des invertébrés de Crozet

Le fort taux d'endémisme représente la principale valeur patrimoniale des plantes et des invertébrés de Crozet. Se reporter aux tableaux des espèces en annexe IV.10 à IV.18.

2.2.9. Les oiseaux de Crozet

2.2.9.1. Description des oiseaux de Crozet

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).

Espèce	Ile de la Possession	**Ile de l'Est**	**Apôtres**	**Pingouins**	**Cochons**
Manchot royal	√	√			√
Manchot papou	√	√	√		√
Gorfou macaroni	√	√		√	√
Gorfou sauteur subantarctique	√	√			√
Gorfou de Schlegel	√	√			√
Grand albatros	√	√	√		
Albatros de Salvin				√	
Albatros à sourcils noirs		√	√	√	
Albatros à tête grise	√	√	√	√	
Albatros à bec jaune (Océan Indien)			√	√	
Albatros fuligineux à dos sombre	√	√	√	√	√
Albatros fuligineux à dos clair	√	√	√	√	√
Pétrel géant antarctique	√	√	√	√	√
Pétrel géant subantarctique	√	√	√	√	
Damier du Cap	√	√			
Pétrel bleu		√		√	
Prion de Salvin	√	√			√
Prion de Belcher		√			
Prion de la Désolation		√			
Petit Prion		√			√
Pétrel noir	√	√			
Pétrel de Kerguelen	√	√			
Pétrel soyeux	√	√			
Pétrel à tête blanche	√	√			
Pétrel à menton blanc	√	√	√	√	
Pétrel gris	√	√			
Petit puffin					
Puffin à pieds pâles					
Océanite à ventre noir		√			
Océanite à ventre blanc					
Océanite à croupion gris		√			
Océanite de Wilson	√	√			
Pétrel plongeur de Géorgie	√	√			√
Pétrel plongeur commun		√			√
Fou austral					
Corm oran de Crozet	√	√			√
Cormoran de Kerguelen					
Canard d'Eaton	√	√			√
Skua subantarctique	√	√		√	√
Goéland dominicain	√	√			√
Sterne de Kerguelen	√	√			
Sterne antarctique	√	√			
Sterne fuligineuse					
Chionis	√	√			√

Tableau 1 Liste des espèces d'oiseaux se reproduisant dans l'archipel Crozet

2.2.9.2. Localisation des colonies

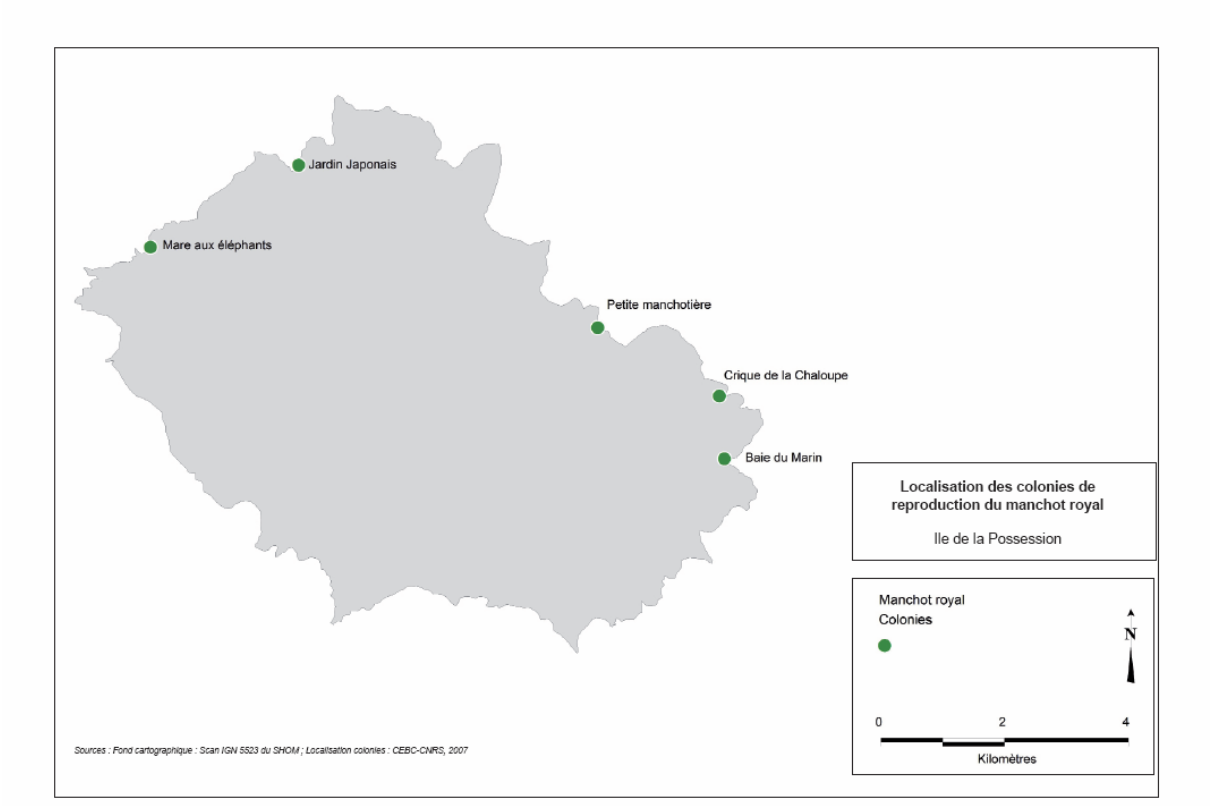
La connaissance sur la localisation des colonies d'oiseaux marins de l'archipel Crozet est inégale entre les différentes îles. Sur les îles Apôtres, Pingouins, Cochons et l'île de l'Est les données sont anciennes, voir inexistantes car les passages sur ces sites sont extrêmement limités.

Pour l'île de la Possession, où des suivis permanents sont menés par le CNRS de Chizé la localisation des colonies est plus détaillée.

Suivant les espèces et leur stratégie de reproduction, la localisation des colonies est enregistrée de la façon suivante :

- pour les espèces côtière et coloniale comme les manchots. La localisation de la colonie est réalisée en entourant l'ensemble des oiseaux reproducteurs, ce qui nous permet d'avoir une surface occupée),
- Pour les espèces à nidification hypogée (en terrier) diffuse et coloniale, comme les pétrels, l'ensemble les agrégats de terriers sont enregistrés,
- Enfin, pour les espèces à nidification en surface, diffuse et coloniale, comme les albatros, chaque nid est géoréférencé.

Pour les espèces comme les sternes, les goélands, les skuas, les chionis, les canards d'eaton, il n'existe aucune carte de répartition.



Carte 36 : Localisations (vert) d'une espèce côtière et coloniale : le manchot royal à l'Ile de le Possession (Crozet). Localisation des colonies de reproduction

Cependant, cet exemple n'est pas représentatif de la majorité des données compilées sur la localisation des colonies des différentes espèces se reproduisant dans les TAAF. Ainsi, de nombreuses données remontent à plus d'une dizaine d'années. Nous pouvons supposer que si peu de changements sont à attendre quant à la localisation des colonies (excepté pour les espèces à colonies mobiles d'année en année ou bien pour des espèces à nidification diffuse), par contre nous suspectons des modifications de répartition notamment pour les espèces menacées par des prédateurs introduits (par exemple, le rat sur l'île de la Possession) ou les changements de structure d'habitat suite au réchauffement climatique. Il est important dans le cadre de ce premier plan de gestion de prévoir la réactualisation des données sur les colonies d'oiseaux.

2.2.9.3. Les différents types de suivis :

L'ensemble des suivis de population d'oiseaux marins est mené par le CNRS de Chizé dans le cadre du programme 109 « oiseaux et mammifères marins des TAAF sentinelles des changements globaux », soutenu par l'IPEV.

Ces suivis sont menés principalement sur les îles où les bases scientifiques sont installées, (île de la Possession pour Crozet).

Les suivis effectués sont de composition différente, en fonction des connaissances que nous souhaitons acquérir, ainsi on distingue 3 grands types de suivis qui ont un lien direct avec la conservation des espèces et la gestion de la Réserve naturelle :

- Dénombrement
- Suivi démographique (tendance de la population),
- Répartition spatiale (zone d'alimentation),

Bien qu'un très grand nombre d'espèces soient suivies, il ressort que pour certaines, les connaissances sont inexistantes.

2.2.9.3.1. Les méthodes de dénombrement

Les méthodes utilisées pour dénombrer les espèces diffèrent selon certaines caractéristiques propres à l'espèce (coloniale/non coloniale, épigée/hypogée, nidicole/nidifuge). Concernant les oiseaux, les individus couveurs sur nid ou bien les terriers sont comptés, afin d'obtenir le nombre de couples reproducteurs.

Deux grands types de méthodes sont employés pour les dénombrements : par comptage complet et par comptage incomplet.

2.2.9.3.1.1. Les comptages complets

Ces comptages consistent en un dénombrement effectué par un observateur soit sur le terrain, soit sur support photographique d'une colonie ou bien d'un secteur délimité. Ce support peut être une photographie prise depuis la terre (voir Encart 1), une photographie aérienne (à partir d'hélicoptère) ou bien encore une image satellite. L'observateur compte un à un le nombre de couveurs sur œufs pour les oiseaux. Il est donc primordial d'effectuer ces dénombrements à une période du cycle bien définie, lorsqu'une une très grande majorité des reproducteurs ont initié leur reproduction (incubation de l'œuf), ceci afin d'avoir une vision la plus exhaustive possible de la population reproductrice.

Les espèces pour lesquelles cette méthode de dénombrement peut être utilisée sont présentées dans le Tableau 7. Il s'agit d'espèces pour lesquelles les individus sont facilement détectables et pour lesquelles on considère qu'une proportion négligeable d'individus est manquée par les observateurs lors des dénombrements.

Tableau 7 : Espèces d'oiseaux et de mammifères marins dénombrées par comptage complet selon leurs caractéristiques de reproduction

Caractéristiques	Espèces
espèce côtière et non coloniale	Chionis
espèces côtières à nidification coloniale et diffuse	Goéland dominicain Skua subantarctique
espèces côtières et coloniales	Manchot royal Manchot papou Gorfous sauteurs subtropical et subantarctique Gorfou macaroni Cormoran de Kerguelen
espèces à nidification en surface, diffuse et coloniale	L'ensemble des espèces d'albatros Pétrel géant antarctique Pétrel géant subantarctique

Les espèces biennales (albatros : grand albatros, albatros d'Amsterdam, albatros fuligineux à dos clair, albatros fuligineux à dos sombre) sont cependant plus délicates à dénombrer dans la mesure où une partie seulement de la population reproductrice globale se reproduit chaque année. Ainsi pour plusieurs espèces chaque couple reproducteur élevant un poussin une année s'abstient le cycle reproducteur suivant (voir fiche ACAP- albatros d'Amsterdam). Pour ces espèces, les dénombrements de population effectués par comptage complet seront complétés par les données des études démographiques à long terme menées sur des colonies démographiques, qui permettent ainsi d'estimer la proportion d'adultes reproducteurs qui ne sont pas présents chaque année.

Tableau 8 : Liste des espèces d'oiseaux suivies annuellement par comptage complet sur l'île de la Possession dans le cadre du programme IPEV n°109 dans les TAAF

		Durée de l'étude		Dénombrements
Espèces	**Site d'étude**	**Dates**	**Années**	**(Fréquence des comptages)**
Manchot royal	Crozet	66/67-08/09	42	annuelle
Manchot papou	Crozet	1980-2009	29	annuelle
Albatros hurleur	Crozet	1966-2009	43	annuelle
Albatros fuli. dos sombre	Crozet	70/71-08/09	38	annuelle
Albatros fuli. dos clair	Crozet	80/81-08/09	28	annuelle
Pétrel géant antarctique	Crozet	80/81-08/09	28	annuelle
Pétrel géant subantarctique	Crozet	80/81-08/09	28	annuelle

Exemple : Dénombrement des manchots royaux à l'île de la Possession, par comptage incomplet.

Les comptages d'individus couveurs ont été effectués à partir de photographies prises à l'oblique depuis des promontoires dominant les colonies de reproduction (ou à partir d'hélicoptère). Ces photographies sont prises avant le 15 janvier (au moment du pic de la période de ponte) sur les cinq colonies de reproduction de l'île de la Possession. Sur les photographies (images ci-dessous ; N.B *l'image de gauche a été prise à partir d'un hélicoptère)*, les individus en incubation, généralement espacés régulièrement, peuvent être aisément distingués d'individus non reproducteurs.

Chaque individu (incubant) est alors identifié (pointé sur une photographie papier ou bien sur une image numérique), ceci permettant leur dénombrement. L'erreur de comptage liée à l'observateur a été estimée par des comptages de mêmes photographies par trois observateurs indépendants, permettant ainsi de calculer la répétabilité et l'erreur de la méthode.

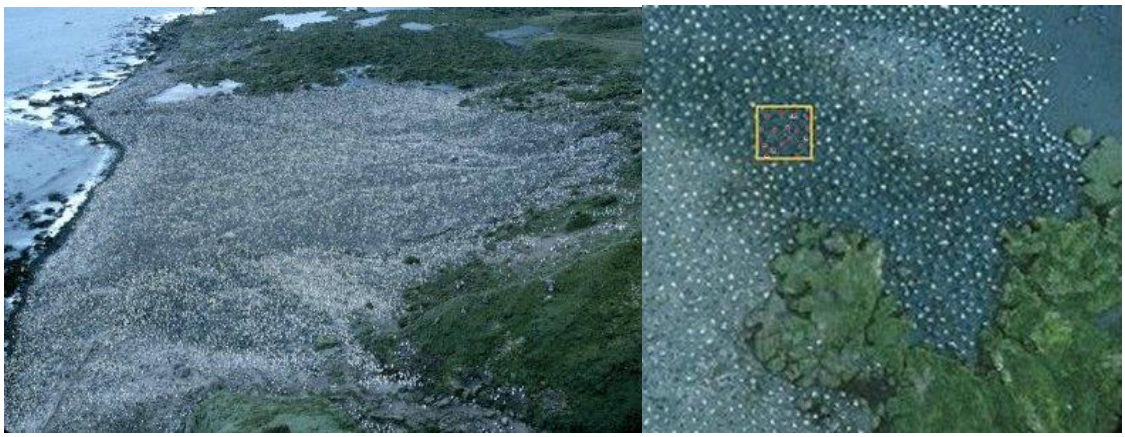


Photo 25 : Dénombrement des manchots royaux

2.2.9.3.1.2. Les comptages incomplets

Les espèces pour lesquelles les individus sont plus difficilement détectables par les observateurs sont dénombrées par comptages incomplets. Chez ces espèces une proportion importante des individus est manquée par les observateurs. Il est alors nécessaire d'estimer la proportion d'individus non dénombrés. Les comptages incomplets sont basés sur un principe d'échantillonnage des sites et sont ensuite extrapolés (selon les caractéristiques propres à chaque espèce, c.à.d. milieux avec présence de végétation, zone côtière, etc.) à l'ensemble d'une île ou d'un secteur, afin d'obtenir une estimation globale de la population reproductrice.

Tableau 9 : Espèces d'oiseaux dénombrées par échantillonnage selon leurs caractéristiques de reproduction

Caractéristiques	Espèces
espèces côtières à nidification coloniale et diffuse	Canard d'Eaton Sterne subantarctique Sterne antarctique
espèces à nidification en terrier, diffuse et coloniale	Pétrel à menton blanc Pétrel gris Pétrel noir Pétrel à tête blanche Pétrel de Kerguelen Ainsi que toutes les espèces de petits pétrels (prions, pétrel de Wilson, pétrels plongeurs...)

Tableau 10 : Liste des espèces d'oiseaux suivies par comptage incomplet sur l'île de la Possession dans le cadre du programme IPEV n°109 dans les TAAF

		Durée de l'étude		Dénombrements
Espèces	**Site d'étude**	**Dates**	**Années**	**(Fréquence des comptages)**
Pétrel à menton blanc	Crozet	86/87-08/09	22	annuelle

2.2.9.3.2. Résultats des principaux dénombrements :

Dans le Tableau 11 sont présentés les principaux résultats des différents dénombrements menés sur les 5 îles qui composent l'archipel Crozet. Les dénombrements menés sur l'île de la Possession sont évidemment plus récents et plus donc plus précis. Pour les autres îles, il s'agit parfois

d'estimation obtenue à partir d'extrapolation de secteur échantillonné. Les rares passages sur ces îles ne permettent pas de présenter des résultats plus précis.

Tableau 11 : estimation de la taille de population des différentes espèces nicheuses dans l'archipel Crozet.

	Nombre annuel de couples reproducteurs				
Espèces	**Ile de la Possession**	**Ile de l'Est**	**Apôtres**	**Pingouins**	**Cochons**
Grand albatros	349	203-290	362		1263
Albatros de Salvin				3	
Albatros à tête grise	15	3750	180	2000	
Albatros à bec jaune (Océan Indien)	/		1230	5800	
Albatros fuligineux à dos sombre	72	1300	20-30	250	400-500
Albatros fuligineux à dos clair	1143	>900	150	30	50-100
Albatros à sourcils noirs	/	350	330	300	
Pétrel géant Antarctique	163	323	10	50	550-600
Pétrel géant subantarctique	413	190	150	165	250-300
Manchot royal	72600				600 000
Manchot papou	>730			>15	2650
Gorfou macaroni	?				272 000
Gorfou sauteur	?				51 000
Pétrel à menton blanc	5783 (5538-6028)	18889 (9284-39423)	735 (361-1534)	1309 (643-2733)	
Pétrel gris	<10				
Prion de Salvin	?				4 000 000*
Petit Prion	?				10 000-100 000*
Pétrel plongeur de Géorgie					1 000 000
Pétrel de Kerguelen	?				
Pétrel soyeux	?				
Pétrel à tête blanche	?				
Pétrel noir	?			?	
Pétrel bleu	?				
Océanite de Wilson	?				
Pétrel plongeur de Géorgie	?				
Cormoran de Crozet	?			30-40	185
Goéland dominicain	?				300-400
Skua subantarctique	?				150-200
Chionis	?				<50
Sterne Antarctique	?				
Damier du cap	59				
Canard d'Eaton	?	?			?

* nombre d'individus. ? estimation non disponible. / espèce absente

2.2.9.3.3. Suivi démographique (tendance de population)

Beaucoup d'espèces longévives d'oiseaux marins sont particulièrement fidèles à leur site de nidification d'une année à l'autre (Jouventin et al., 2003 ; Mougin, 1970). Après un stade juvénile de plusieurs années passées en mer, les adultes viennent chaque année sur les principales îles subantarctiques pour se reproduire, où ils élèvent au mieux un seul poussin.

Cette caractéristique a permis de mettre en place une étude à long terme basée sur un suivi individuel par Capture-Marquage-Recapture (CMR), sur différentes espèces (Tableau 12).

Cette technique est basée sur le marquage individuel,, par une bague métal du Muséum National d'Histoire Naturelle, de chaque oiseau d'une colonie que l'on souhaite suivre. Durant la période de reproduction, plusieurs passages sur la colonie permettent de contrôler la présence des individus marqués et de suivre en fonction de la présence du poussin le succès de la reproduction. Avant son envol, le poussin sera également bagué, afin d'assurer la continuité du suivi.

Pour les espèces à reproduction hypogée (dans les terriers), des colonies de suivis ont été mises en place. Sur une zone définie, les terriers de pétrels sont piquetés et cartographiés. Pour la seule colonie de suivi de pétrels à menton blanc de l'île de la Possession, plus de 200 terriers sont ainsi répertoriés. Les terriers sont ensuite aménagés afin d'accéder à la « chambre d'incubation » de l'oiseau pour le capturer et le baguer.

Les terriers sont ensuite régulièrement contrôlés à l'aide d'un « burrow scope » (caméra pour terrier) durant la période de reproduction de mi-novembre à fin avril avant de vérifier le statut reproducteur de l'oiseau sans le déranger. Ces contrôles permettent également de suivre l'évolution du poussin et de le baguer juste avant l'envol.

Ce Type de suivi permet d'enregistrer des paramètres démographiques essentiels à la compréhension des tendances de populations. Plusieurs paramètres sont ainsi enregistrés :

- survie adulte,
- Succès de reproduction,
    - âge de premiere reproduction
    - taux de recrutement

En associant différentes variables (environnementales, pêches…) à ce type de données, il est possible de mieux appréhender les tendances de populations qui se dégagent.

Ces tendances sont résumées dans le Tableau 14 (Cf. p°115).

La Figure 9 illustre ces données pour 5 espèces d'oiseaux marins de Crozet (Cf. p°116).

Tableau 12 : liste des espèces faisant l'objet d'un suivi démographique sur l'île de la Possession dans le cadre du programme « 109 »

Espèces	Site d'étude	Durée de l'étude		Mesure annuelle de paramètres	Nbre poussins
		Dates	Années	Démographiques	bagués
				oiseaux : nbre couples suivis / an	
Albatros hurleur	Crozet	1966-2009	43	350-400	280-340
Albatros fuli. dos sombre	Crozet	70/71-08/09	38	55-60	20-40
Pétrel géant antarctique	Crozet	80/81-08/09	28		20-50
Pétrel géant subantarctique	Crozet	80/81-08/09	28		50-80
Pétrel à menton blanc	Crozet	86/87-08/09	22	50-80	30-50

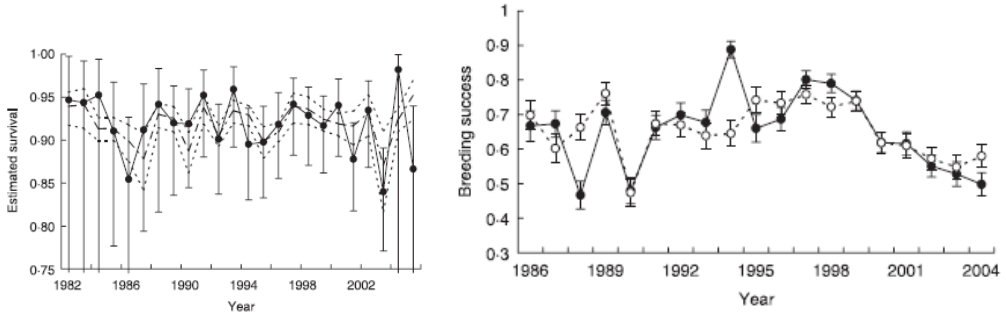


Figure 5 : Evolution de la survie adulte (gauche) et du succès reproducteur (droite) de l'albatros à sourcils noirs de la colonie du Canyon des Sourcils noirs à Kerguelen (à partir de Rolland et al. 2008 J. Applied Ecology)

Nous constatons que la grande majorité des espèces pour lesquelles nous disposons des informations nous permettant de calculer des tendances à long terme ont un statut de conservation préoccupant (14/14), que ce sont toutes des oiseaux marins, et que la plupart d'entre elles sont en déclin (9/14). Ainsi, les mammifères marins, bien que présentant des tendances contrastées, ont un statut de conservation peu préoccupant.

Les informations fournies par ces tendances à long terme sont primordiales et complémentaires des estimations de populations elles-mêmes pour avoir la vision la plus pertinente de l'état de conservation de ces populations, et, plus largement, de ces espèces à différentes échelles. Il y a donc un effort considérable à fournir afin de pouvoir compléter ces données, au vu du nombre important d'espèces se reproduisant sur ces sites et la difficulté de dénombrement que représentent certaines d'entre elles.

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. Il est donc indispensable pour ces espèces de suivre à long terme plusieurs colonies afin d'avoir une bonne représentativité de la tendance globale à l'échelle des archipels.

2.2.9.3.4. Les zones d'alimentation

La connaissance des zones d'alimentation des espèces océaniques n'est accessible que depuis récemment grâce aux développements technologiques en matière de télémétrie satellitaire. Depuis 1989, date du premier suivi par balise Argos de grands albatros (Jouventin & Weimerskirch 1990), nos connaissances ont fait des progrès spectaculaires, mais sont restées limitées à un nombre réduit d'espèces (les plus grandes) et à la période de reproduction, quand les animaux font des allers-retours entre les îles et les zones d'alimentation. La miniaturisation encore plus poussée des émetteurs satellitaires et le développement de nouvelles technologies (géolocalisation basée sur des mesures de lumière, peu précises mais technologie minuscule (1-2 g) et avec enregistrement sur plusieurs années) permettent aujourd'hui d'élargir la palette des espèces étudiées, et d'étendre le suivi à la période de non-reproduction. Deux projets à large échelle (actuellement en cours) sur la distribution en mer des prédateurs marins de la Réserve Naturelle vont permettre d'élargir nos connaissances :

> Conservation des espèces menacées d'albatros et de pétrels de l'Océan Indien Sud, financé par la 'Fondation Prince Albert 2 de Monaco' (2007-2010)

> Conservation et gestion de la biodiversité marine en milieu polaire austral, financé par 'l'Agence Nationale de la Recherche' (ANR *GLIDES*, 2007-2011)

2.2.9.3.5. Exemples de suivis

Nous présentons dans cette section l'état actuel de nos connaissances concernant 3 espèces : l'albatros d'Amsterdam, le grand albatros et le pétrel à menton blanc, espèces dont la distribution globale commence à être bien connue.

2.2.9.3.5.1. Exemple du grand albatros

Le grand albatros a été la première espèce marine suivie par des techniques télémétriques satellitaires (Jouventin & Weimerskirch 1989). Plus récemment, elle est également suivie par la technique de géolocalisation (Weimerskirch and Wilson 2000) ou GPS. Ainsi, c'est l'espèce pour laquelle nous possédons le plus d'informations sur la distribution en mer (adultes reproducteurs/non reproducteurs, immatures, juvéniles).

Nous présentons ici une partie de ces données uniquement afin d'illustrer les différences qui existent selon le stade, le statut ou le site de reproduction, et les implications qui en découlent en matière de conservation en mer. Nous ne présenterons pas de données concernant l'hivernage de cette espèce.

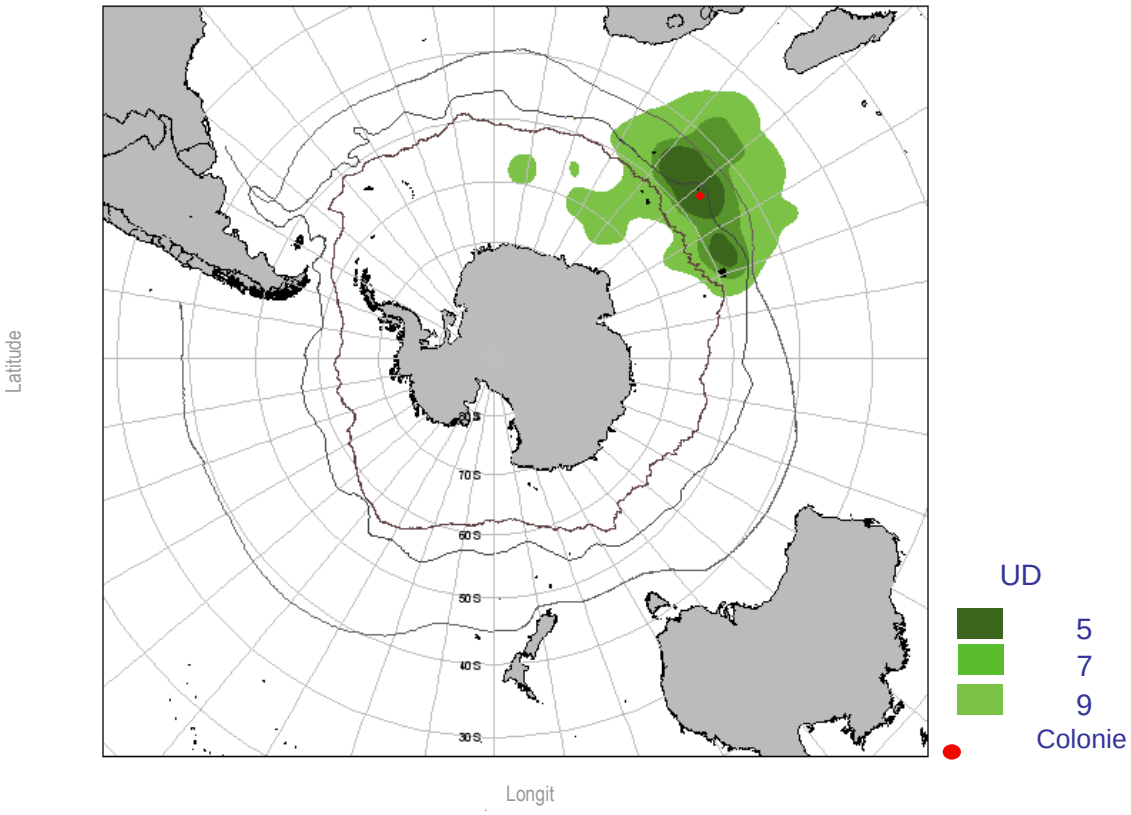


Figure 6 : Distributions d'utilisation (UDs) de grand albatros reproducteurs à Crozet, île de la Possession (de 1989 à 2003 ; 124 mâles & 77 femelles). Etablie à partir de données CEBC-CNRS non publiées.

Les adultes reproducteurs à Crozet ont tendance à exploiter les eaux subantarctiques et subtropicales et plus rarement les eaux antarctiques pour s'alimenter. Le secteur utilisé est centré sur Crozet et s'étend jusqu'à Kerguelen et Marion/Prince Edward, représentant une zone relativement restreinte de l'Océan Indien.

Cette tendance se retrouve chez les immatures de Crozet (oiseaux âgés de 3-7 ans qui ne se sont pas encore reproduits), qui ont tendance à demeurer dans ce secteur tout au long de l'année. Au cours de la période de reproduction des adultes pendant laquelle ils reviennent régulièrement sur la colonie pour parader longuement afin de trouver un partenaire, ils alternent séjours à terre pour

parader et séjours en mer pour s'alimenter, effectuant ainsi des boucles autour de Crozet. Au cours de l'hiver, ils restent en mer. Seuls quelques individus effectuent un tour du monde circumpolaire (Figure 7) avant de revenir sur Crozet.

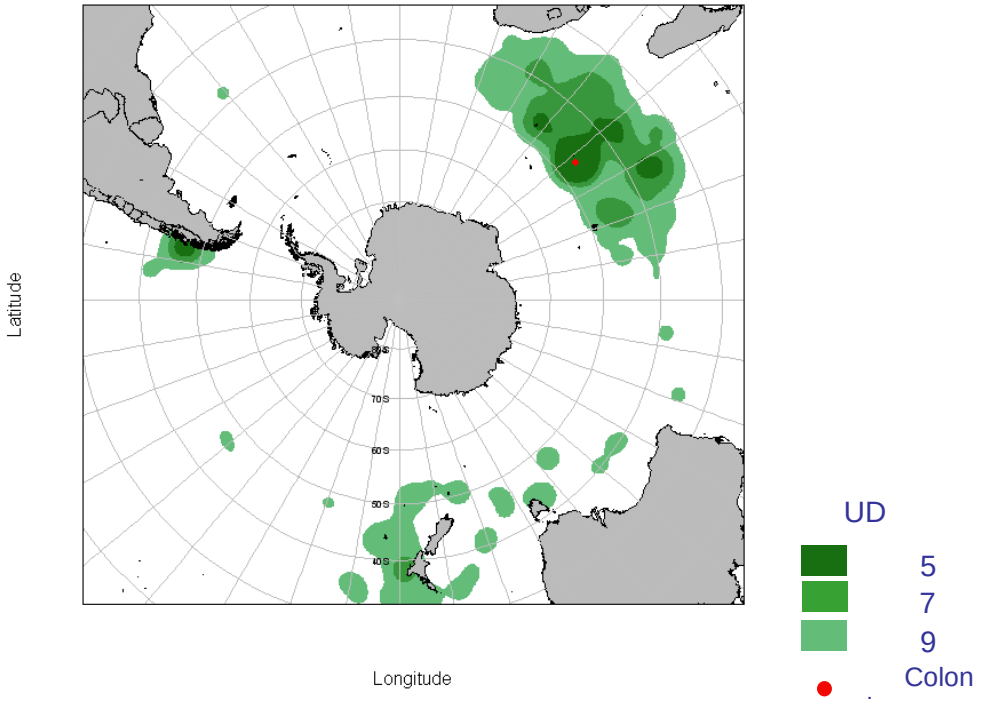


Figure 7 : Distributions d'utilisation (UDs ; de février à juillet 2008) d'immatures de grands albatros de Crozet, île de la Possession (2 mâles & 3 femelles). Carte établie à partir de données CEBC-CNRS non publiées.

2.2.9.3.5.2. L'exemple du pétrel à menton banc

Aux îles Crozet, pendant l'incubation et l'élevage du poussin les oiseaux s'alimentent depuis les zones sub-tropicales jusqu'aux eaux antarctiques en bordure de banquise. Le régime alimentaire se compose principalement de krill Antarctique *Euphausia superba*, l'amphipode *Themisto gaudichaudii* et de petits poissons pélagiques. Tuniciers et rejets de pêches représentent une part mineure de l'alimentation. Les poussins sont également nourris avec des aliments provenant probablement des hameçons appâtés de palangriers. Au cours de la reproduction, des oiseaux en reproduction rallient également le courant du Benguela pour s'alimenter. Le courant du Benguela est aussi important pour les non reproducteurs, et les rejets des chaluts représentent une part importante de l'alimentation de *P. aequinoctialis* se nourrissant dans cette région.

Les informations fournies par les récupérations de bagues ainsi que des données de géolocalisation indiquent que les adultes et les immatures de Crozet et Kerguelen hivernent dans la zone du courant du Benguela.

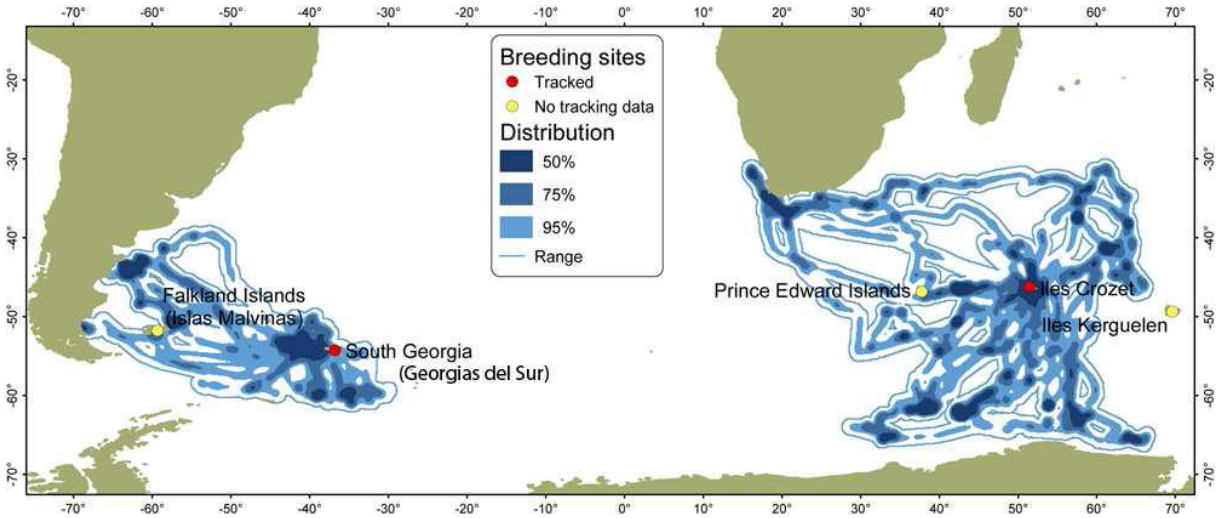


Figure 8 : Données de suivi par satellite d'adultes reproducteurs P. aequinoctialis (Nombre de suivi= 39). Carte basée sur les données fournies par la base de données de suivi Procellariiform Tracking de BirdLife International [57]

source (Accord sur la Conservation des Albatros et des Pétrels. 2009. *Evaluation des espèces: Pétrel à menton blanc.* Téléchargé à partir de http://www.acap.aq)

2.2.9.4. Evaluation de la valeur patrimoniale des oiseaux de Crozet

Nous avons retenus 5 grands critères pour définir la valeur patrimoniale des espèces d'oiseaux :

1. Les espèces endémiques à certaines îles (qui abritent ainsi 100% de la population mondiale pour l'espèce) et les espèces pour lesquelles les sites hébergent une très grande proportion de la population mondiale -ou régionale-:

L'enjeu est majeur pour ces espèces dont le statut de conservation est fortement lié à leur distribution très localisée, les rendant vulnérables à certaines perturbations, surtout locales (mis à part l'albatros d'Amsterdam qui est le seul migrateur).

2. Les espèces représentant une biomasse importante de l'écosystème

Ce sont principalement les espèces de manchots et de gorfous dont plusieurs sont des espèces -prédatrices- clés pour les écosystèmes du fait de l'importance de leurs populations :

3. Les espèces affectées par les changements globaux (climat & anthropique)

Les espèces concernées sont les espèces listées dans l'ACAP - Accord sur la conservation des albatros et des pétrels : tous les albatros ainsi que quatre espèces de pétrels (pétrels géants subantarctique & antarctique, pétrel à menton blanc et pétrel gris) comme espèces à protéger, étant potentiellement exposées à des menaces. Nous rajouterons à ces espèces, des espèces pour lesquelles nos suivis (notamment démographiques) ont démontré un impact des changements globaux sur la population (pétrel bleu).

Cependant, cette liste (Cf. tableau 13 p°114) a été établie en fonction de nos connaissances actuelles et pour l'environnement actuel et elle ne reste valable que dans ce contexte. Elle ne peut donc pas être considérée comme fixe et exhaustive.

4. Les espèces anciennement exploitées

Les espèces concernées sont les manchots (royaux surtout), dont les populations ont été quasiment éteintes suite à leur exploitation par l'homme, puis ont récupéré une partie de leurs effectifs historiques.

5. Les espèces difficiles à dénombrer et/ou non dénombrées

Il ne faut pas non plus négliger les d'espèces pour lesquelles nos connaissances sont très limitées (ou nulles), qui sont en nombre important, et pour lesquelles il est donc très difficile de brosser un bilan et d'établir des priorités.

Sous ce critère sont rassemblées quasiment toutes les espèces déjà citées comme espèce côtière et non coloniale, espèce côtière à nidification coloniale et diffuse ou espèce à nidification en terrier diffuse et coloniale. La difficulté pour ce groupe d'espèces réside dans l'important effort de prospection à déployer sur le terrain nécessaire pour acquérir ces informations. Ceci est lié en partie à l'aspect logistique à mettre en place pour effectuer ces dénombrements, aussi bien en moyens matériels qu'humains.

Tableau 13 : Espèces d'oiseaux de Crozet dont les suivis sont à maintenir et/ou actualiser de façon prioritaire

Espèces	patrimonial	UICN	biomasse	Affectées	Anciennement exploitées
Manchot royal		LC	√		√
Manchot papou		NT	√		
Gorfou macaroni		Vu	√		
Gorfou sauteur subantarctique		Vu	√		
Grand albatros		Vu		√	
Albatros à sourcils noirs		EN		√	
Albatros à tête grise		Vu		√	
Albatros à bec jaune de l'Océan Indien		EN		√	
Albatros fuligineux à dos sombre		EN		√	
Albatros fuligineux à dos clair		NT		√	
Pétrel géant antarctique		NT		√	
Pétrel géant subantarctique		NT		√	
Pétrel à menton blanc		Vu		√	
Pétrel gris		NT		√	
Pétrel bleu		LC		√	
Canard d'Eaton	√	Vu			
Cormoran de Crozet	√	LC			
Sterne subantarctique	√	NT			
Chionis	√	LC			

Statut de conservation Liste Rouge - UICN : LC – Préoccupation mineure, NT - Quasi menacé, Vu - Vulnérable, EN - En danger, CR - En danger critique d'extinction

IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **28 May 2009**.

Les suivis (notamment les dénombrements) sont à réaliser selon quatre critères : statut patrimonial, importante biomasse, affectées par différentes menaces, anciennement exploitées.

2.2.9.5. Etat de conservation des oiseaux de Crozet

Nous présenterons dans cette section les espèces pour lesquelles nous avons des dénombrements à long terme qui nous permettent d'analyser leurs tendances. Ces tendances sont résumées dans le Tableau 14. La Figure 9, illustre ces données pour 5 espèces d'oiseaux marins de Crozet.

Tableau 14 : Tendances des populations de 8 espèces d'oiseaux se reproduisant sur l'île de la Possession de l'archipel Crozet

Espèces	Statut UICN	Sites	Tendance
Manchot papou	Quasi menacée	Crozet*,	↘
Gorfou macaroni	Vulnérable	Crozet,	↘
Gorfou sauteur subantarctique	Vulnérable	Crozet,	↘
Grand albatros	Vulnérable	Crozet*,	↘
Albatros fuligineux à dos clair	Quasi menacée	Crozet*,	↗
Albatros fuligineux à dos sombre	En Danger	Crozet*,	↘
Pétrel géant antarctique	Quasi menacée	Crozet*	↗
Pétrel à menton blanc	Vulnérable	Crozet*,	↘

Sur l'ensemble des espèces de l'île de la Possession, nous constatons que la grande majorité des espèces pour lesquelles nous disposons des informations nous permettant de calculer des tendances à long terme ont un statut de conservation préoccupant (8/8), que ce sont toutes des oiseaux marins, et que la plupart d'entre elles sont en déclin (6/8).

Pour les autres espèces, aucun suivi démographie n'est mis en place à ce jour.

D'après les données du programme « oiseaux et mammifères marins » (programme 109), on constate que la population d'albatros fuligineux à dos sombre, ainsi que la population de pétrels géants subantarctiques sont en forte diminution. Pour les populations d'albatros fuligineux à dos clair, et les pétrels géants Antarctique la tendance est inversée et marque une légère augmentation depuis quelques années. Pour les populations de grands albatros après plusieurs années de stabilisation, les populations semblent depuis quelques années diminuer à nouveau.

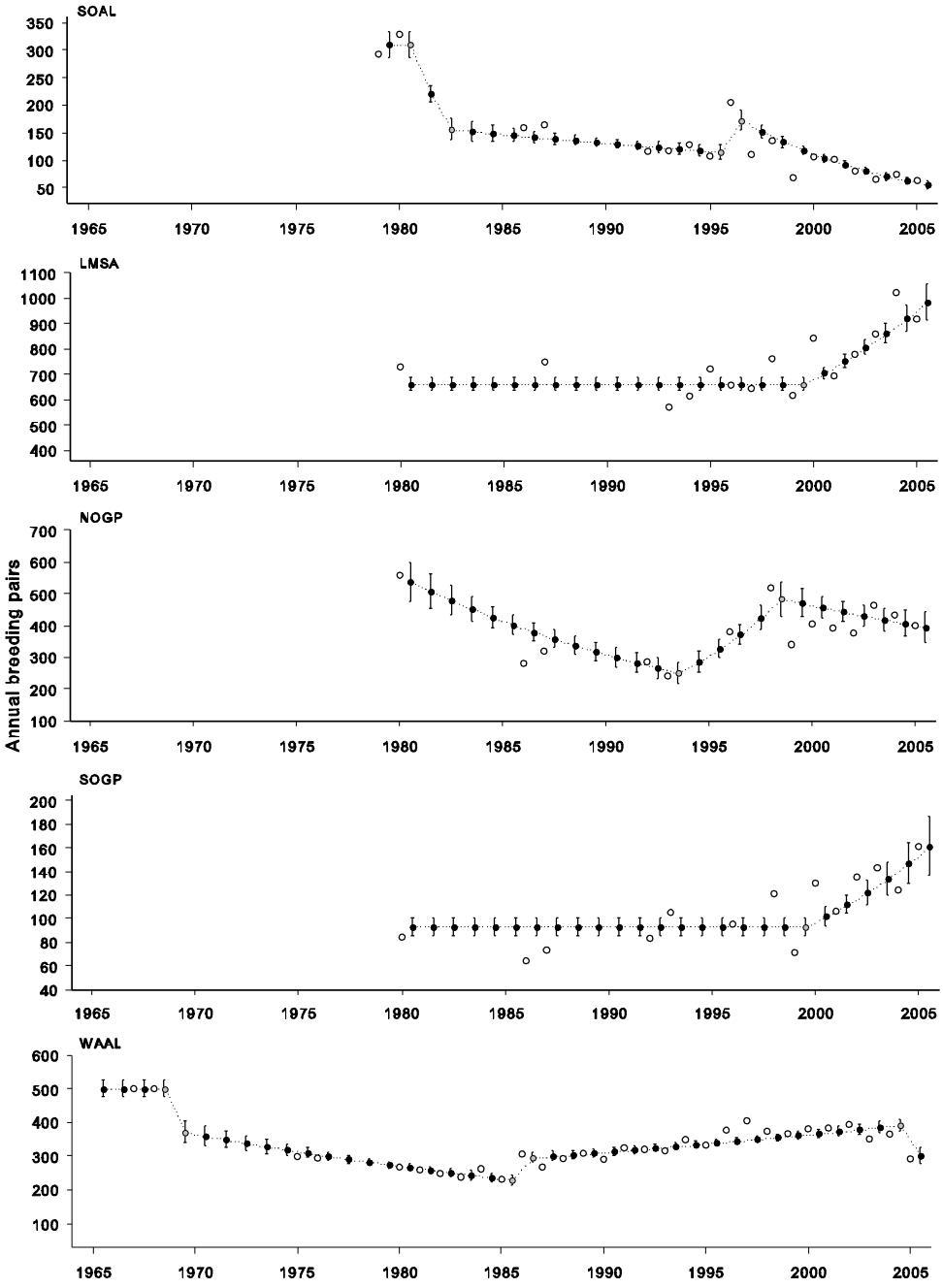


Figure 9 : Estimation du nombre annuel de couples reproducteurs de cinq espèces de pétrels et albatros

Estimation du nombre annuel de couples reproducteurs d'albatros fuligineux à dos sombre (SOAL), d'albatros fuligineux à dos clair (LMSA), de pétrels géants subantarctiques (NOGP), de pétrels géants antarctiques (SOGP) et de grands albatros (WAAL) sur l'île de la Possession (Crozet) de 1979 à 2005. Les ronds noirs représentent le nombre annuel de couples reproducteurs estimé en utilisant le logiciel TRIM (Delord et al. 2008). Les ronds gris indiquent les changements significatifs de tendance. Les ronds blancs représentent le nombre annuel de couples reproducteurs dénombré chaque année.

2.2.9.5.1. Etat de conservation : l'exemple du pétrel à menton blanc

A partir du dénombrement des terriers de pétrels à menton blanc sur l'ensemble de l'île de la Possession en 2005/2006, la population de pétrel à menton a pu être estimée et comparée aux dénombrements effectués en 1984/1985.

Il ressort sur les 4 principaux sites de reproduction de l'espèce, à savoir Pointe Basse, Petit Caporal, Nord et Sud de la base, la population a diminué de 41 %, avec une diminution de 50% sur la

zone de Pointe Basse (Figure 9, Cf. ci-dessus). Seul le secteur Sud de la base montre une légère augmentation de 7%, ne représentant toutefois que 62 terriers.

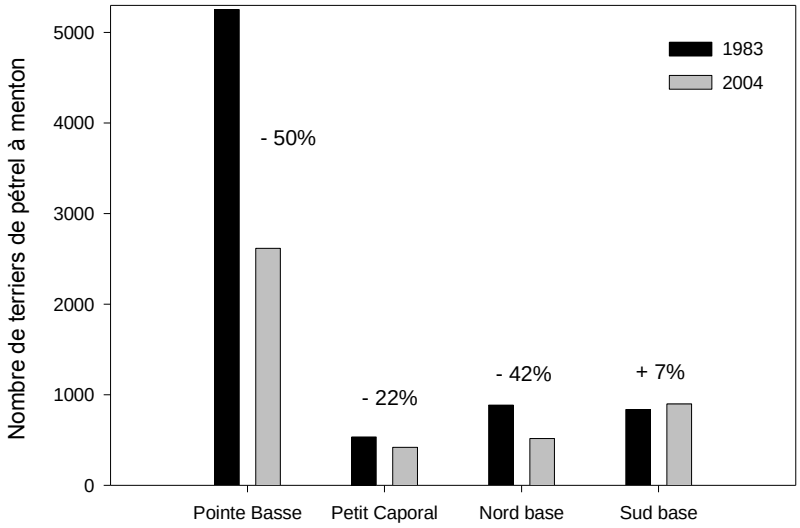


Figure 10 : Evolution du nombre de terriers de pétrels à menton blanc sur l'île de la Possession entre 1983 et 2004

Outre la diminution du nombre de terriers, cette étude fait également ressortir que les densités terriers ont très largement diminué en vingt ans. Cette diminution est principalement due aux changements globaux et à l'impact de la pêche (Cf p°302 ; facteur limitant).

A partir de ce dénombrement, et par extrapolation des densités trouvées sur l'île de la Possession, il a estima la population totale de l'archipel Crozet. L'essentiel de la population de pétrels à menton blanc de l'archipel Crozet se trouve sur l'île de la Possession et sur l'île de l'Est. Elle a été estimée entre 35 400 et 51 200 couples reproducteurs. Ce chiffre global qui représente une des estimations les plus fiables qui existent aujourd'hui pour des populations à reproduction hypogée n'a pas pu être comparé à d'autre recensement, faute de données.

2.3. L'environnement et le patrimoine naturel de Kerguelen

2.3.1. Le climat de Kerguelen

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 4.6 °C avec des moyennes mensuelles entre 2.0 °C en juillet et 7.7°C en février (données Météo-France 1951-2006, station Port-aux-Français dans le secteur est de l'archipel, 19 m alt) ; le nombre de jours avec gel sous abri et le nombre de jours avec neige (Port aux Français) varient entre 60 et 150. Les précipitations totales annuelles sont en moyenne de 760 mm, réparties sur environ 200 jours. Des vents forts d'ouest sont fréquents (en moyenne plus de 300 jours avec rafales ≥ 16m/s. Dans l'ouest les précipitations sont nettement plus élevées, atteignant 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).

Tableau 15 : Températures et précipitations sur Kerguelen

Température de l'air (période 1951-2005)	
T annuelle moyenne (min, max)	4.6 °C (3.3 – 5.5)
T moyenne du mois le plus chaud	7.7 °C (février)
T moyenne du mois le plus froid	2.0 °C (juillet)
Précipitations (période **1951-2005**)	
Total annuel moyen (min, max)	769 mm (350 – 1479)
Total moyen du mois le plus sec	45 mm (février)
Total moyen du mois le plus humide	78 mm (août)

Les extrêmes absolus de température enregistrés à la base de Port-aux-Français sont de - 9.4°C pour les températures minimales et 23.1°C pour les températures maximales.

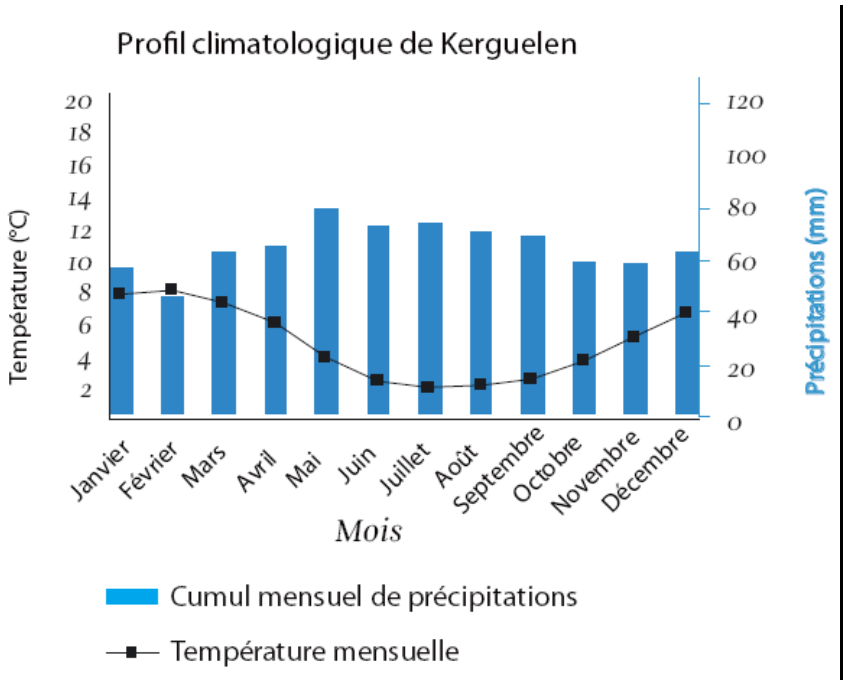


Figure 11 : Profil climatologique de Kerguelen –
Source : Rapport Technique N°2 de l'ONERC (2009)

Les vents d'ouest soufflent très fréquemment avec des rafales à plus de 150 km/h pendant l'hiver et au début du printemps. En revanche, les brouillards sont très rares à Kerguelen avec seulement quatre jours par an en moyenne (Météo France).

2.3.2. Microclimat de l'archipel de Kerguelen

De fortes différences de températures et de précipitations sont enregistrées selon l'altitude et la position par rapport aux vents dominants qui accompagnent les dépressions venant de l'ouest. Ces différences sont illustrées par des séries plus ou moins longues d'enregistrements microclimatiques réalisés dans le cadre du programme IPEV 136 dans différents secteurs des îles Crozet, Kerguelen et Amsterdam. Nous en donnons ici quelques exemples (Cf. Tableau 16 et Tableau 17 ci-dessous).

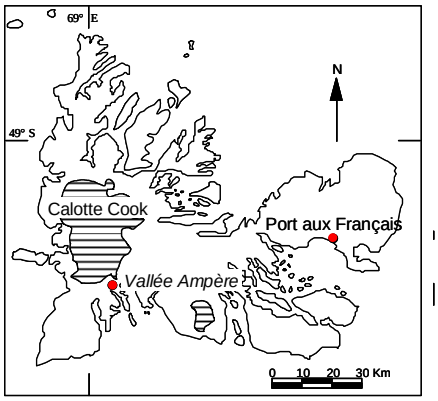
2.3.2.1. Différences de températures selon l'altitude

Tableau 16 : Iles Kerguelen - Val Studer (fin décembre 2003 – fin janvier 2004) : température de l'air en surface. (+10 cm sous abri) et dans le sol (-2.5, -5, -10 cm) - (source : programme IPEV 136)

90 m alt	Air +10cm	-2.5cm	-5cm	-10cm
moyenne	7.5	7.9	8.0	7.7
minimum	-0.4	4.3	4.7	5.2
maximum	21.0	11.9	11.2	9.9
371 m alt	Air +10cm	-2.5cm	-5cm	-10cm
moyenne	5.3	7.8	7.6	7.2
minimum	-1.1	0.7	1.3	1.6
maximum	17.7	23.5	19.4	14.1
500 m alt	Air+10cm	-2.5cm	-5cm	-10cm
moyenne	4.1	5.6		4.9
minimum	-1.9	0.6		1.3
maximum	15.8	17.9		9.9

2.3.2.2. Différences de températures et de précipitations : contraste Est-Ouest à Kerguelen

Tableau 17 : Comparaison des températures moyenne de l'air et des précipitations à basse altitude entre Port aux Français (PAF, données Météo France) et la Plaine Ampère (données programme IPEV 136). Contrairement aux températures, les précipitations sont très différentes avec des valeurs trois fois supérieures dans l'ouest par comparaison avec le secteur est.

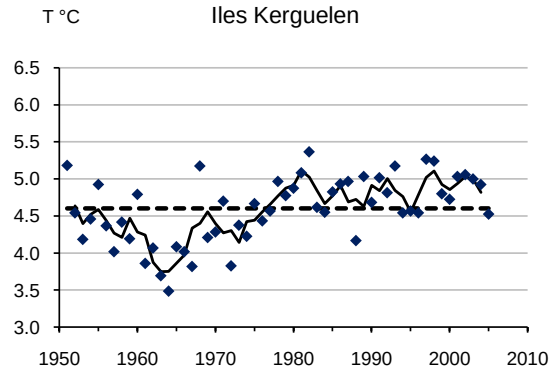


Année	Température de l'air moyenne annuelle (°C)		Précipitations annuelles (mm)	
	Ampère	PAF	Ampère	PAF
1995	4.29	4.57	3570.1	921.1
1996	4.47	4.54	2688.3	533.9
1997	5.22	5.13	3440.0	639.6
1998	5.03	5.24	3316.7	879.8
1999	4.76	4.80	2931.0	701.2
2000	4.73	4.73	3157.4	496.8
2001	4.86	5.03	2985.9	672.8

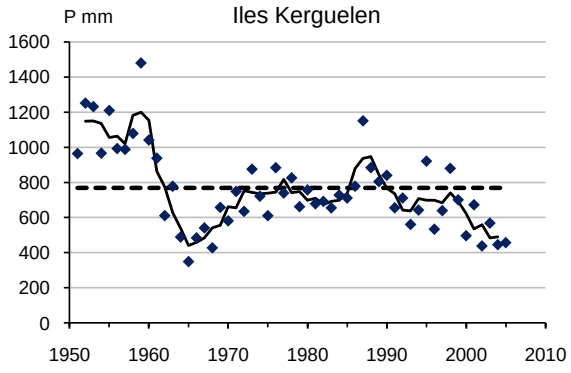
2.3.3. Changement climatique à Kerguelen

2.3.3.1. Températures et précipitations

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 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 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.



Evolution des températures annuelles de l'air (°C)
Point : valeur moyenne annuelle
Trait plein : moyenne mobile sur 3 ans
Trait horizontal tireté : moyenne sur la période



Evolution des précipitations annuelles (mm)
Point : somme annuelle
Trait plein : moyenne mobile sur 3 ans
Trait horizontal tireté : moyenne sur la période

Figure 12 : évolutions des températures et des précipitations sur Kerguelen depuis 1950 (source : IPEV 136 d'après données Météo France, Port aux Français)

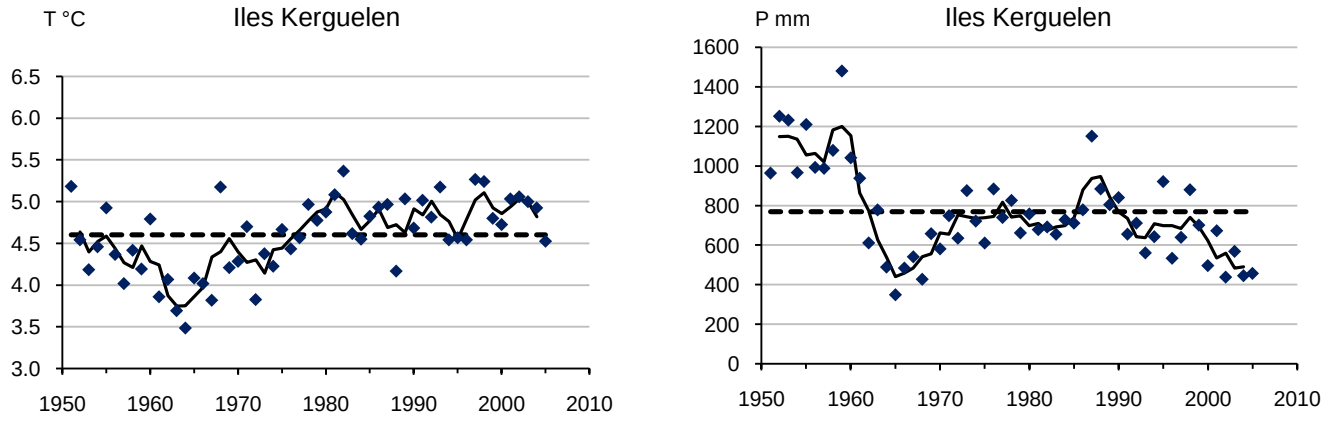


Figure 13 : évolutions des températures et des précipitations sur Kerguelen depuis 1950 (source : IPEV 136 d'après données Météo France, Port aux Français)

Evolution des températures annuelles de l'air (°C)

Point : valeur moyenne annuelle

Trait plein : moyenne mobile sur 3 ans

Trait horizontal tireté : moyenne sur la période

Evolutions des précipitations totales annuelles (mm)

Point : somme annuelle

Trait plein : moyenne mobile sur 3 ans

Trait horizontal tireté : moyenne sur la période

2.3.3.2. Impact du changement climatique sur les glaciers de Kerguelen

(Berthier et al, 2009)

La perte de masse séculière des glaciers est un phénomène planétaire depuis 1850 (Hoelze et al. 2003). Malgré l'apparente homogénéité du signal à l'échelle séculaire, des contrastes régionaux apparaissent sur de courtes périodes de temps (de quelques années à une décennie). Ceci est du à une forte variabilité régionale (ONERC 2008). De plus, tous les types de glaciers ne réagissent pas de la même façon et, d'une manière générale, plus le volume du glacier est réduit et plus celui-ci est sensible au réchauffement. La diminution du volume d'un glacier peut être due soit à une diminution de l'accumulation (liée plus spécialement à une diminution des précipitations solides) soit à une augmentation de l'ablation (liée quant à elle à une augmentation des températures ou du bilan énergétique).

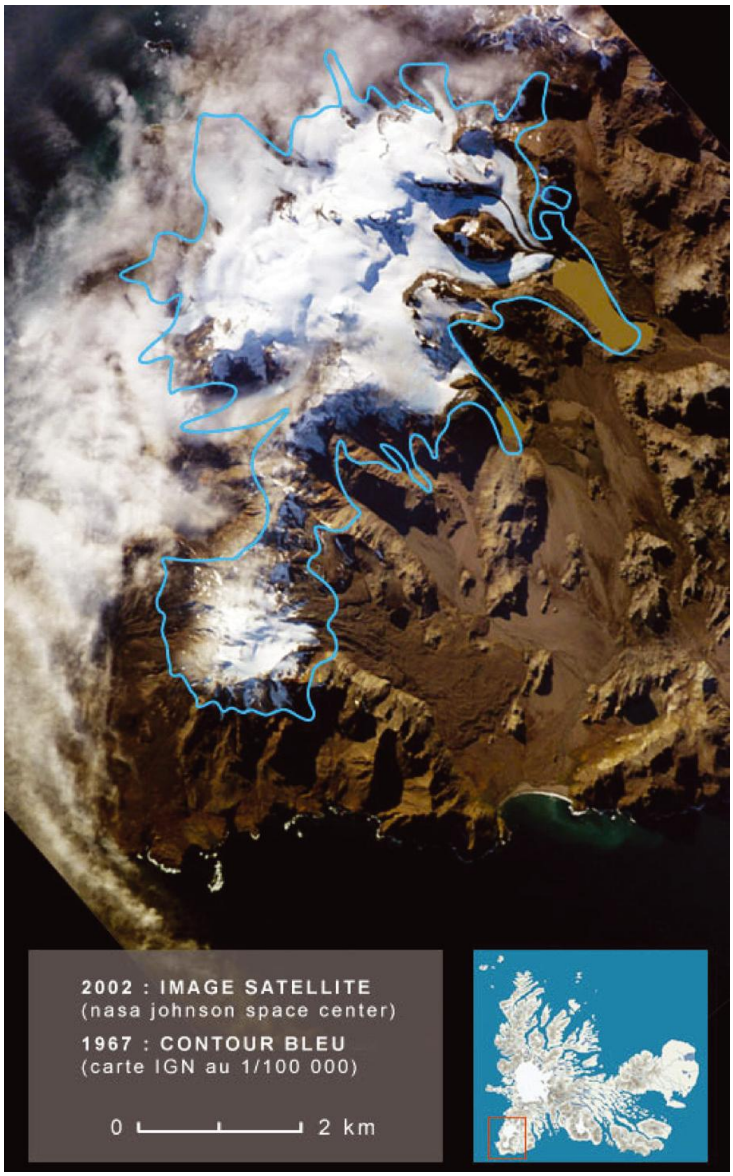


Figure 14 : Image satellite des glaciers de la péninsule Rallier du Baty

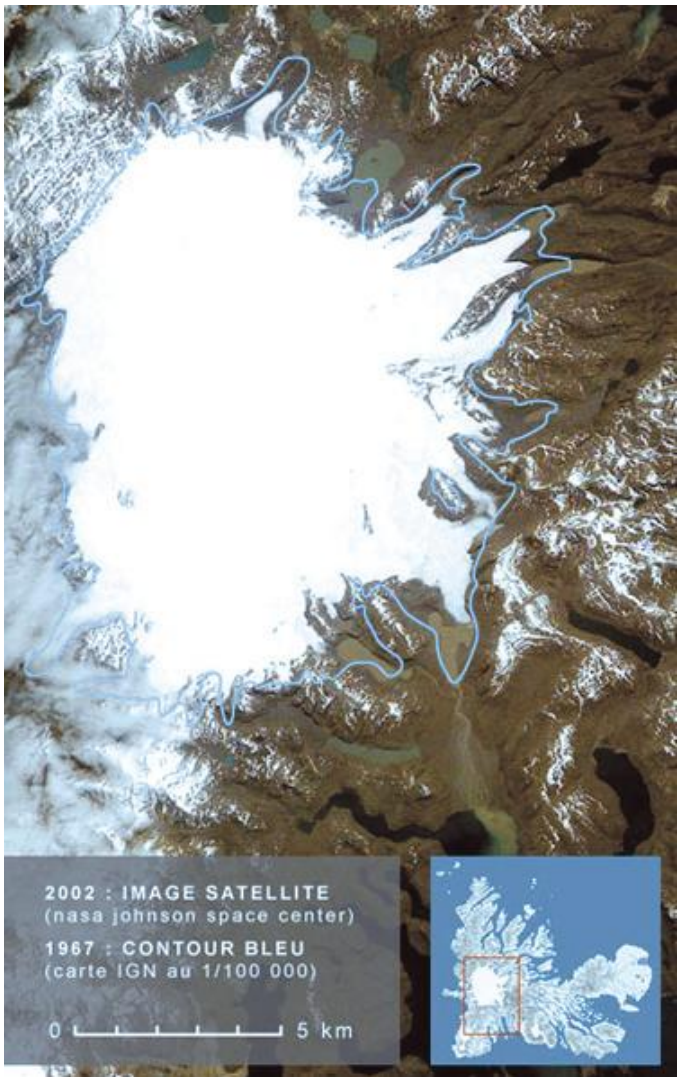
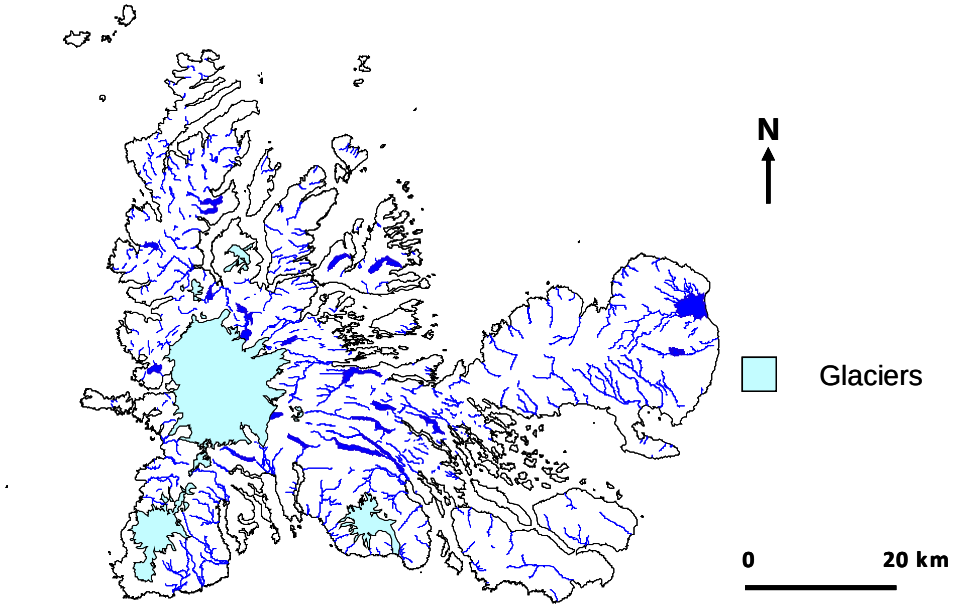


Figure 15 : Image satellite de la calotte polaire COOK

2.3.4. L'eau douce sur Kerguelen

Le réseau hydrographique est indiqué, avec quelques imprécisions, sur les cartes de reconnaissance IGN des Iles subantarctiques Françaises (Cf.Carte 37). 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 et bien oxygénées.

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 37 : Iles Kerguelen ; réseau hydrographique et principaux lacs.
IPEV 136 d'après la carte de reconnaissance IGN au 1/200 000 (2ème édition, 1972)

Tableau 18 : Quelques valeurs de pH et conductivité des eaux douces relevées à Kerguelen relevées lors d'études sur les diatomées par Van de Vijver et coll.

Iles Kerguelen secteur est	**nombre mesures**	**pH** moy (min-max)	**Conductivité (µS)** moy (min-max)
Rivière	7	7.3 (7.0 -7.7)	71 (30 - 160)
Ruisseau	7	7.1 (6.7 - 7.4)	129 (60 - 350)
plan d'eau >100 m²	23	7.3 (6.6 - 8.3)	147 (40 - 740)
petit plan d'eau	13	7.0 (5.2 - 9.3)	217 (60 - 470)

2.3.5. La géologie de L'archipel des Kerguelen

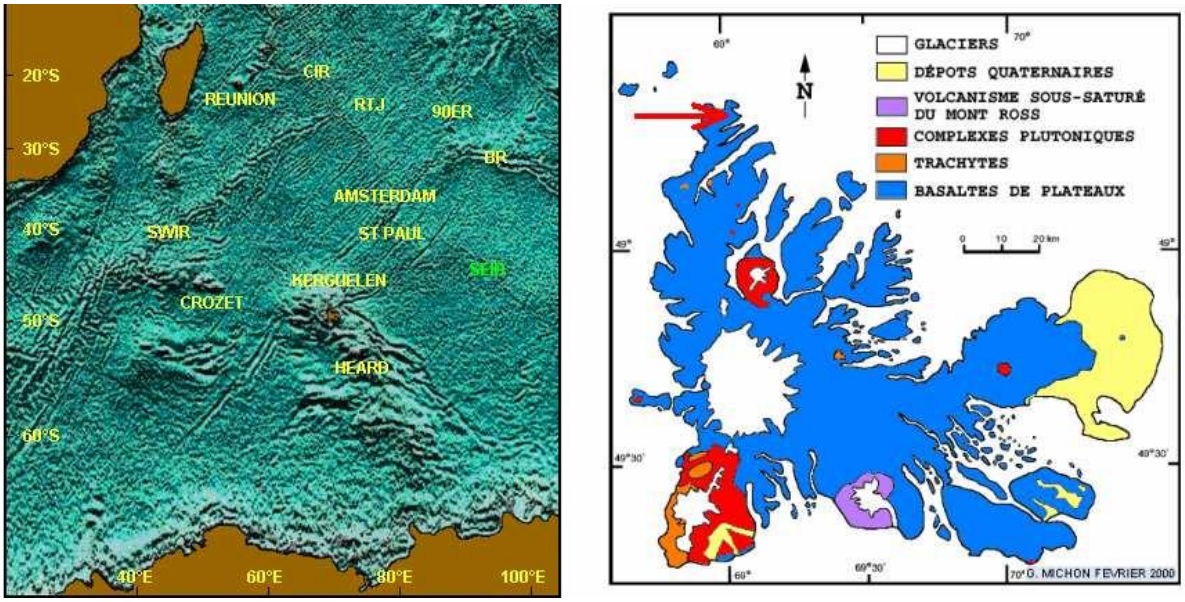
2.3.5.1. L'état des connaissances et des données disponibles

2.3.5.1.1. Investigations géologiques aux îles Kerguelen

Depuis leur découverte en 1772 par Y. de Kerguelen, 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 distinguent 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 Tharp, 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 grandes 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 soixante dix, 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 3eme 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 de toutes les 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 38 : (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 IFRTP) 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 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.

Depuis 2006 le programme IPEV DYLIOKER –MoineB- (Dynamique de la Lithosphère océanique de Kerguelen) se focalise sur les aspects volcano-tectoniques à différentes échelles en relation avec les données géophysiques (sismiques) et géodynamiques recueillies sur l'ensemble de l'océan Indien (Bascou *et al.* 2008).

2.3.5.1.2. Histoire géologique de la mise en place du plateau de Kerguelen

Les investigations géochimiques se sont développés tant dans les îles Kerguelen que sur le vaste plateau océanique qui est considéré comme une des grandes provinces ignées de la Terre (LIP= Large Igneous Province). 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).

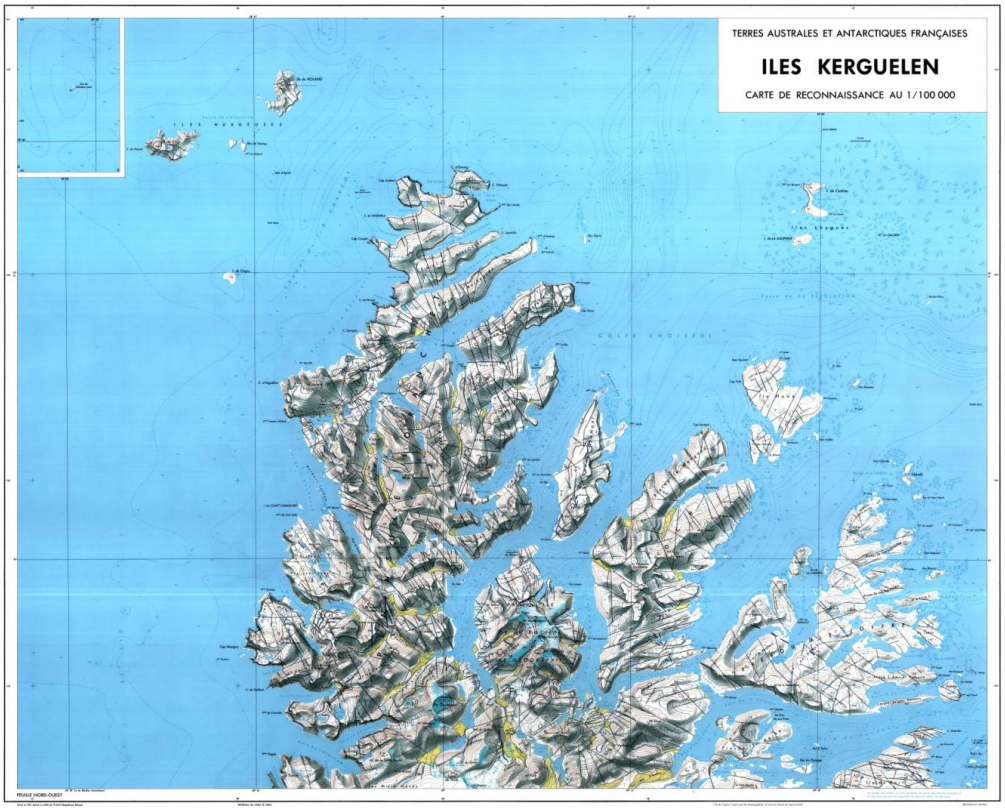
40-25 Ma : individualisation de la dorsale Est indienne entre Broken Ridge et la partie Nord du plateau de Kerguelen qui dorénavant n'appartient plus à la même plaque. A la même période le panache produit le plateau Nord de Kerguelen ainsi que les îles Kerguelen proprement dites. A ce stade on à un ensemble hybride avec un magmatisme tholéiitique-transitionnel typique de ride océanique indienne et un magmatisme alcalin caractéristique d'un contexte géodynamique intraplaque océanique; cette hybridation aboutit à des suites tholéiitiques 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).

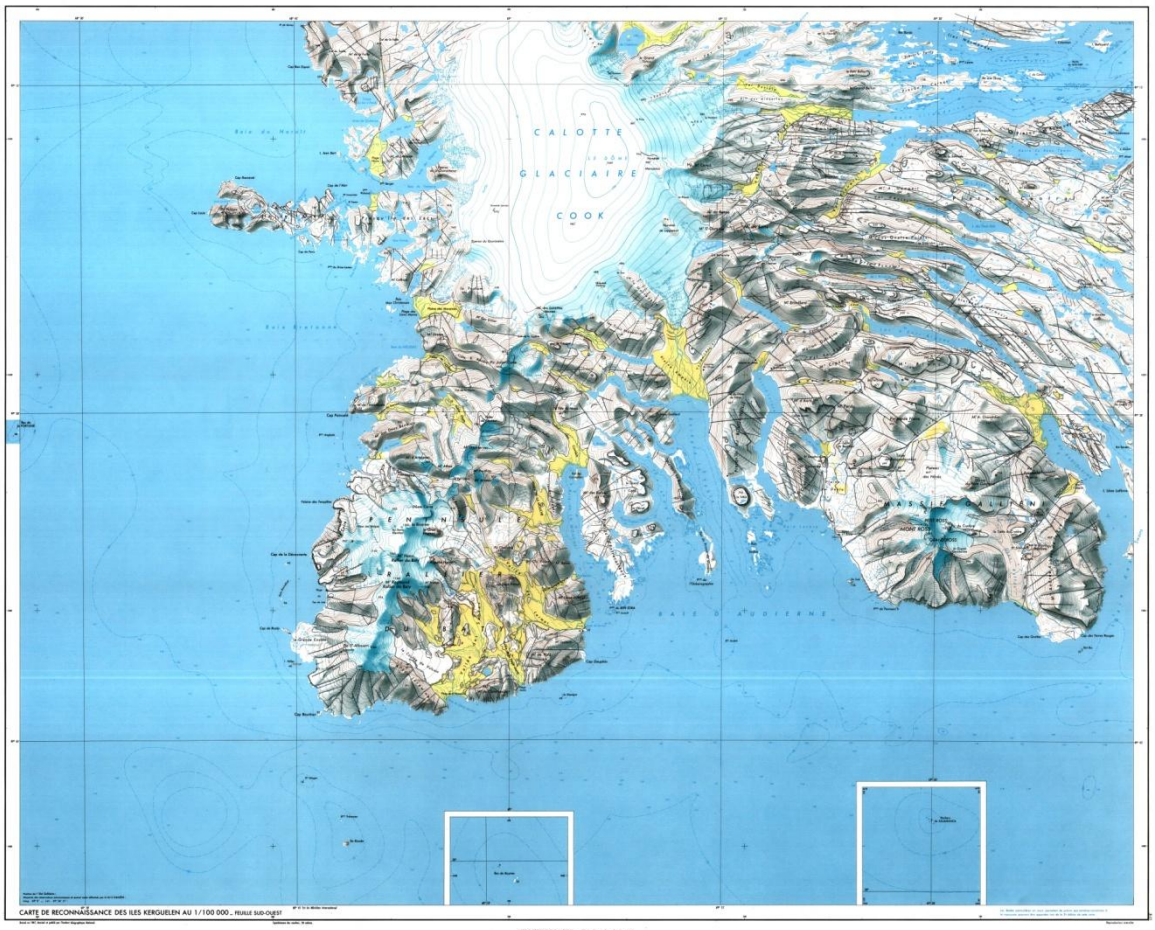
2.3.5.2. L'histoire et les formations géologiques

L'archipel Kerguelen est constitué par une île majeure représentant neuf dixième de la surface totale, la Grande Terre (environ 6 675 km2) étendue sur 130 km d'est en ouest et sur 120 km du nord au sud, par l'île Foch (220 km2), par huit grandes îles dont les surfaces vont de 8,5 à 45 km2, et par trente cinq îles allant de 1 à 5 km2, 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).

Après les tous premiers travaux de cartographie liés aux différentes expéditions maritimes ou astronomiques du XVIII au Début du XXème, c'est à partir des travaux de Rallier du Baty (1910) puis d'Aubert de la Rue (1932) qu'ont pu apparaître les premiers éléments de cartographie rudimentaires. Le début des années soixante dix a permis la livraison de cartes géographiques produites par l'IGN à partir de missions héliportées. Le document initial (1 feuille) est au 1/200 000. Agrandi, il a permis la publication de 3 feuilles au 1/100 000 qui bénéficient d'une toponymie plus riche (Durand de Corbiac, 1970). La première carte géologique au 1/200 000 issue de cette carte topographique a été produite par l'IGN (Nougier 1970). En 1995, l'IGN a également produit deux prototypes (diffusion restreinte) de spatiocartes à partir des photos satellites SPOT (cartes topographiques très détaillées de la zone de Port aux Français -édition spéciale, série orange n°10 et 3615-) à 1/50 000 et à 1 /25 000. Les programmes IPEV (EX-IFRTP) CARTOKER (1990-2000), GEOCHRONOKER(2001), CARBONATOKER (2002) ont permis la réalisation d'une nouvelle carte géologique au 1/100 000 encore inédite (Michon, Cottin & Giret,) dont la version schématique présentée ici est parue dans le guide des volcans d'outre mer (Richet *et al.* 2007)



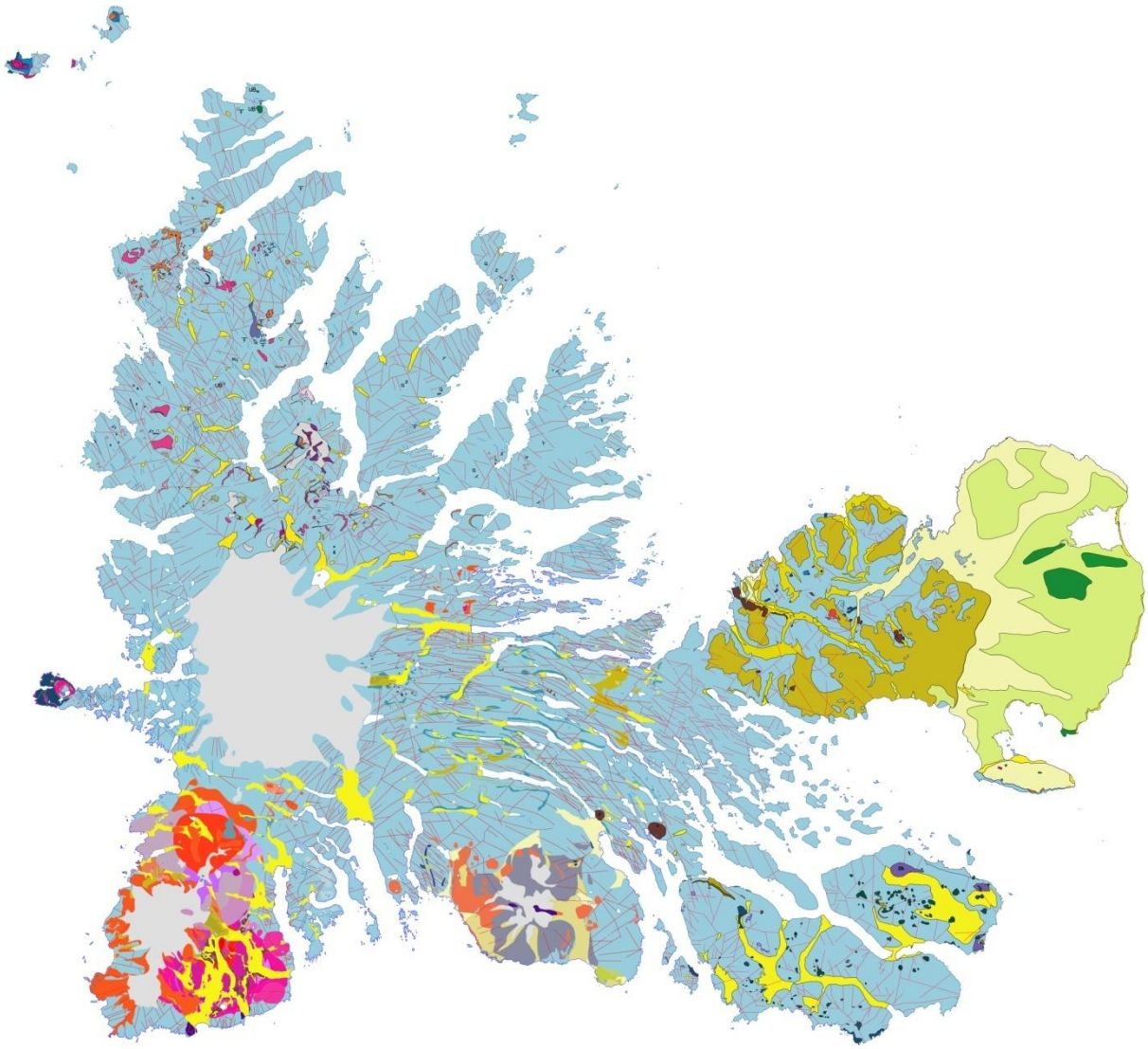
Carte 39 : NORD OUEST KERGUELEN (à partir de la carte topographique au 1/100 000 IGN, modifiée avec tracés géologiques et failles –Michon 2000-)



Carte 40 : SUD OUEST KERGUELEN (à partir de la carte topographique au 1/100 000 IGN modifiée avec tracés géologiques et failles – Michon 2000-)



Carte 41 : EST KERGUELEN (à partir de la carte topographique au 1/100 000 IGN, modifiée avec tracés géologiques et failles –Michon 2000-)



Carte 42 : 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) (voir légendes ci-dessous)



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

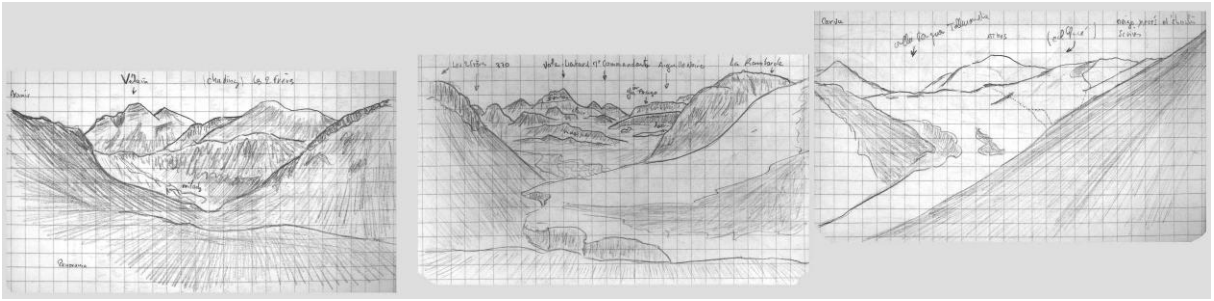


Figure 16 : Col Glacé (Péninsule Rallier du Baty, Vue sur la vallée de LARMOR et sur les reliefs arrondis de la Péninsule Rallier du Baty qui sont caractérisés par des roches plutoniques du type syénite, particulièrement érodés par les glaciers) dessins originaux de Michon G, (2001)

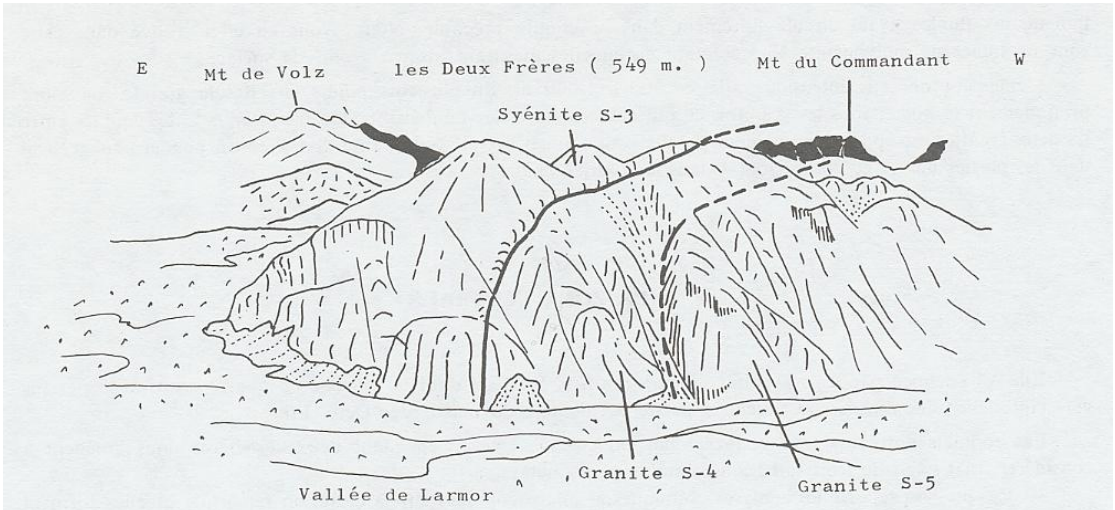


FIG. 13. — Contacts syénite S-3/granite S-4 et granite S-4/granite S-5 sur le flanc Nord du massif des Deux Frères. Ces deux contacts sont parallèles, et subhorizontaux au sommet du massif. A gauche, au deuxième plan, le filon annulaire de la vallée de Larmor.

Figure 17 : Péninsule Rallier Du Baty : Massif des 2 Frères (détails du complexe annulaire de Rallier du Baty Sud, Marot et Zimine 1976, Lameyre et al.1981)

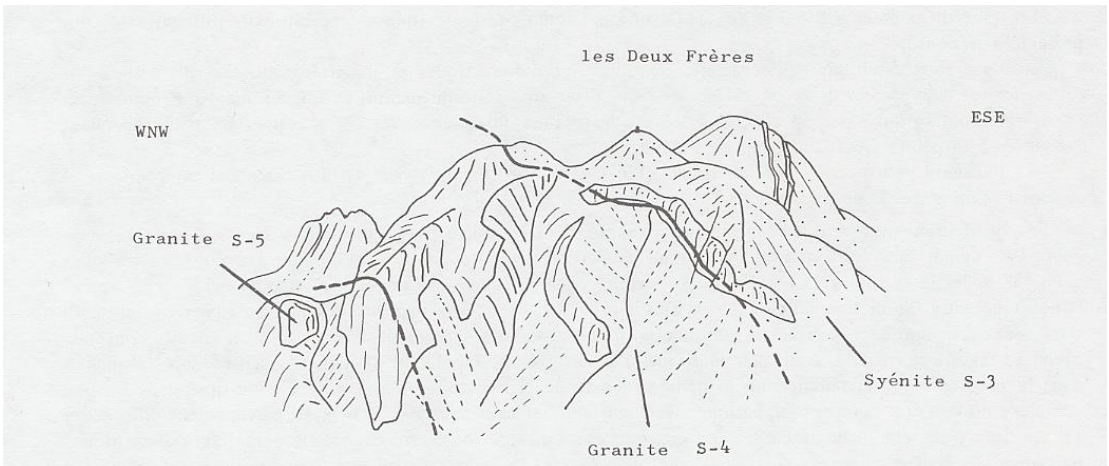


FIG. 11. — Contacts syénite S-3/granite S-4 et granite S-4/granite S-5 sur le flanc Sud du Mont des Deux Frères.

Figure 18 : Péninsule Rallier Du Baty : Massif des 2 frères (détails du complexe annulaire de Rallier du Baty Sud, Marot et Zimine 1976, Lameyre et al.1981)

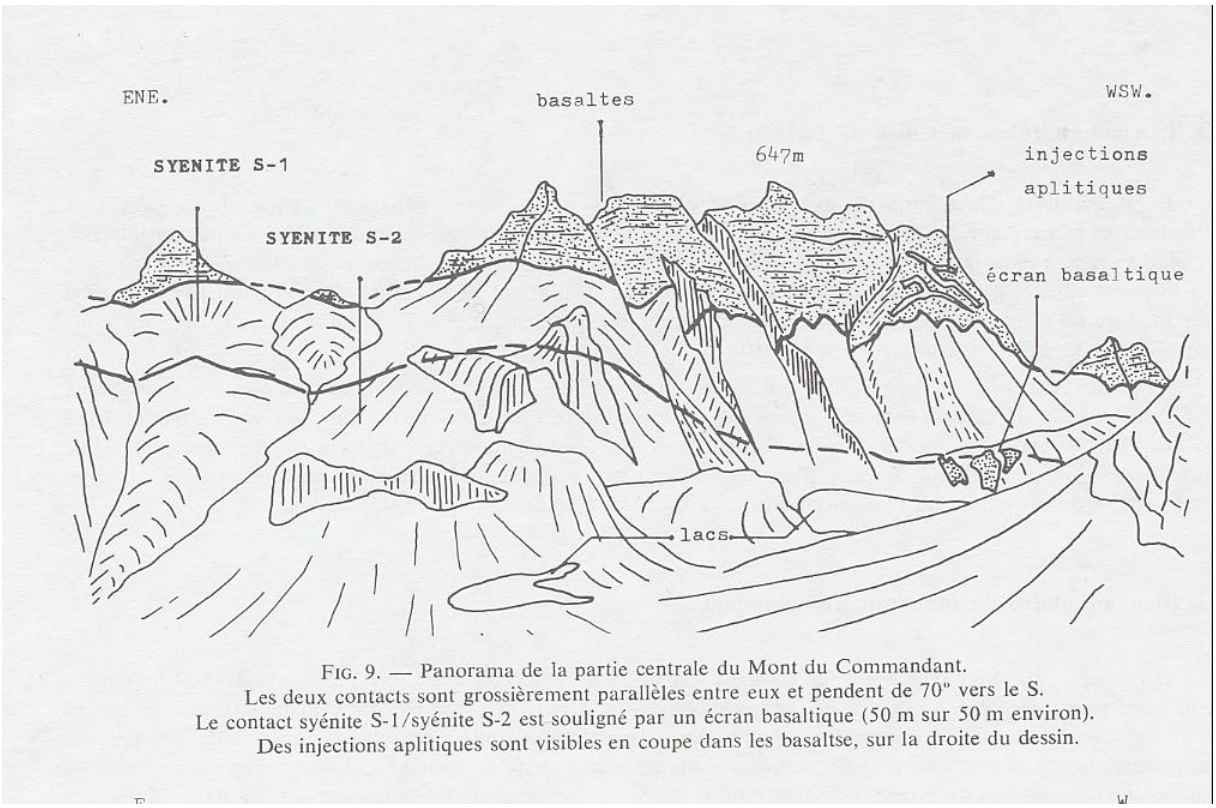


FIG. 9. — Panorama de la partie centrale du Mont du Commandant.
Les deux contacts sont grossièrement parallèles entre eux et pendent de 70° vers le S.
Le contact syénite S-1/syénite S-2 est souligné par un écran basaltique (50 m sur 50 m environ).
Des injections aplitiques sont visibles en coupe dans les basaltse, sur la droite du dessin.

Figure 19 : Péninsule Rallier Du Baty : Mont du Commandant, contact entre le complexe plutonique et les basaltes de plateaux (détails du complexe annulaire de Rallier du Baty Sud, Marot et Zimine 1976, Lameyre et al.1981)



Photo 26 : Monts du Commandant, Péninsule Rallier du Baty montrant l'intrusion de syénite (roches claires) dans les basaltes de plateaux plus anciens (roches sombres)
(photo B. Moine, Prog. CARTOKER, 1998)

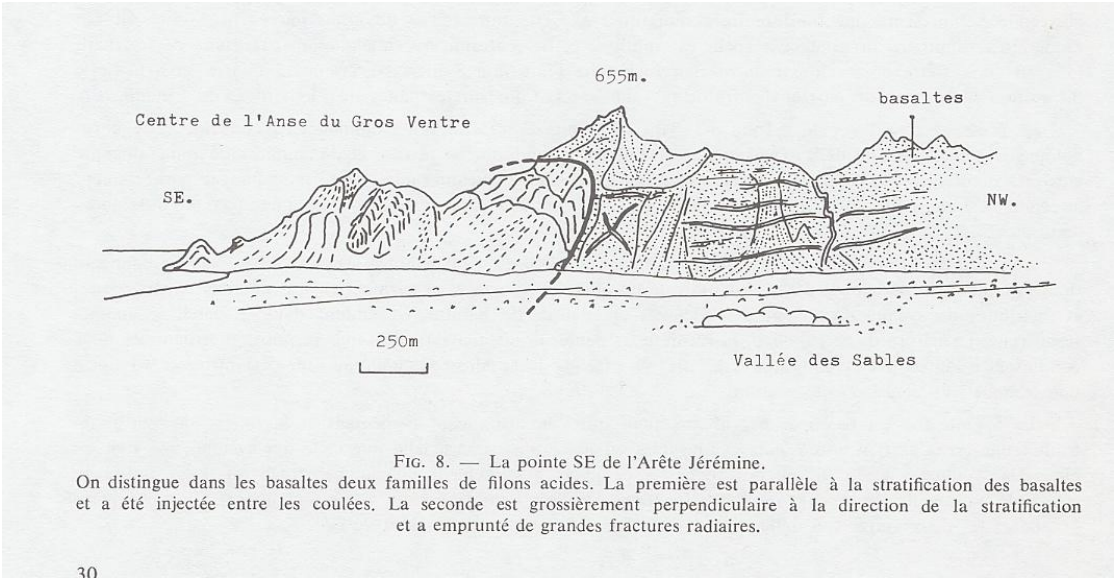


FIG. 8. — La pointe SE de l'Arête Jérémine.
On distingue dans les basaltes deux familles de filons acides. La première est parallèle à la stratification des basaltes et a été injectée entre les coulées. La seconde est grossièrement perpendiculaire à la direction de la stratification et a emprunté de grandes fractures radiaires.

30

Figure 20: Péninsule Rallier du Baty : Anse du Gros Ventre, aboutissement en mer, vers le sud de la vallée des Sables (Péninsule Rallier du Baty Sud) (Marot et Zimine 1976 ; Lameyre et al.1981)

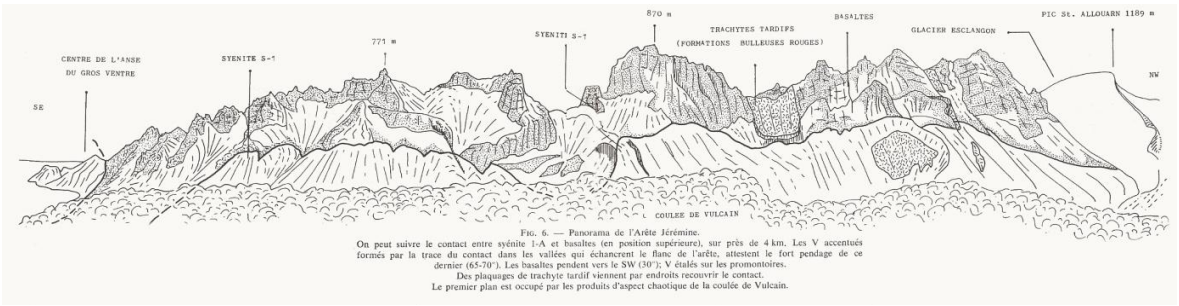
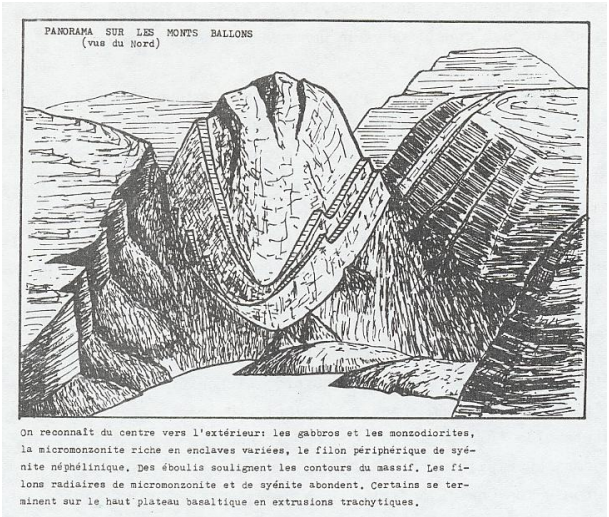


FIG. 6. — Panorama de l'Arête Jérémine.
On peut suivre le contact entre syénite 1-A et basaltes (en position supérieure), sur près de 4 km. Les V accentués formés par la trace du contact dans les vallées qui échancrent le flanc de l'arête, attestent le fort pendage de ce dernier (65-70°). Les basaltes pendent vers le SW (30°); V étalés sur les promontoires.
Des plaquages de trachyte tardif viennent par endroits recouvrir le contact.
Le premier plan est occupé par les produits d'aspect chaotique de la coulée de Vulcain.

Figure 21 : Péninsule Rallier Du Baty : Panorama de l'Arête Jérémine (détails du complexe annulaire de Rallier du Baty Sud et de ses relations avec les coulées très récentes (historiques), nappant les sommets (Marot et Zimine 1976, Lameyre et al.1981, Gagnevin *et al*. 2003)



On reconnaît du centre vers l'extérieur: les gabbros et les monzodiorites, la micromonzonite riche en enclaves variées, le filon périphérique de syénite néphélinique. Des éboulis soulignent les contours du massif. Les filons radiaires de micromonzonite et de syénite abondent. Certains se terminent sur le haut plateau basaltique en extrusions trachytiques.

Figure 22 : Plateau Central, région du centre Nord : (détails des Monts Ballons, intrusion de syénite néphélinique mise en place au sein des basaltes de plateau montrant une stratification horizontale) (Giret 1983)

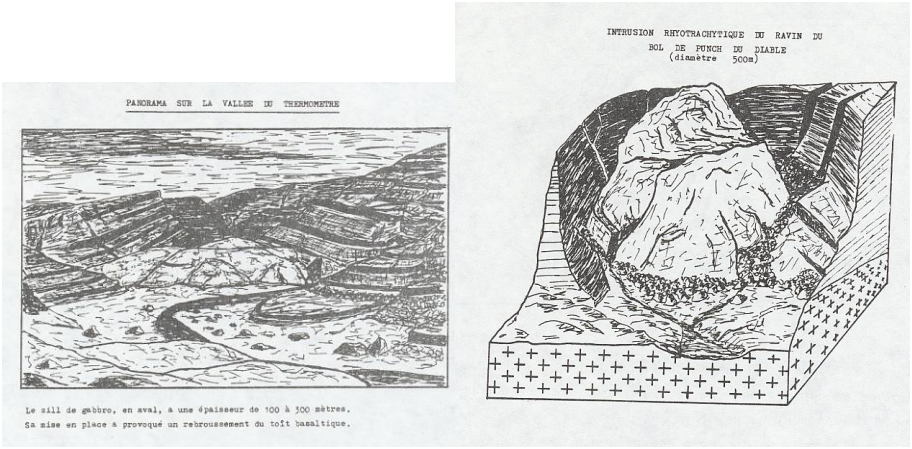


Figure 23 : Relation basaltes de plateaux et sill intrusif de gabbros (bombement des coulées de basaltes) : Vallée du Thermomètre, Péninsule Loranchet (Giret 1983)

Complexe rhyo-dacitique du Ravin du Bol de Punch du Diable faisant intrusion dans les basaltes de plateaux agencés en niveaux horizontaux (Péninsule Loranchet -Giret 1983-)

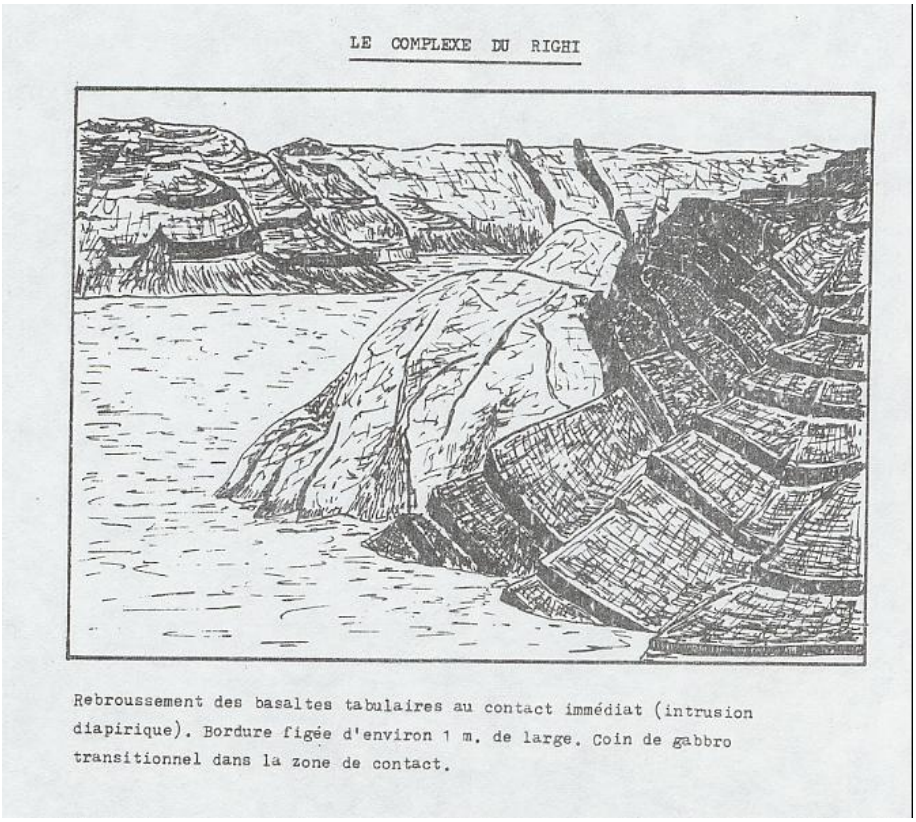


Figure 24: Rebroussement des basaltes de plateaux (en sombre et stratifiés) au contact avec l'intrusion de gabbros différenciés du Righi (en clair) (Peninsule Loranchet - Giret ,1983-)

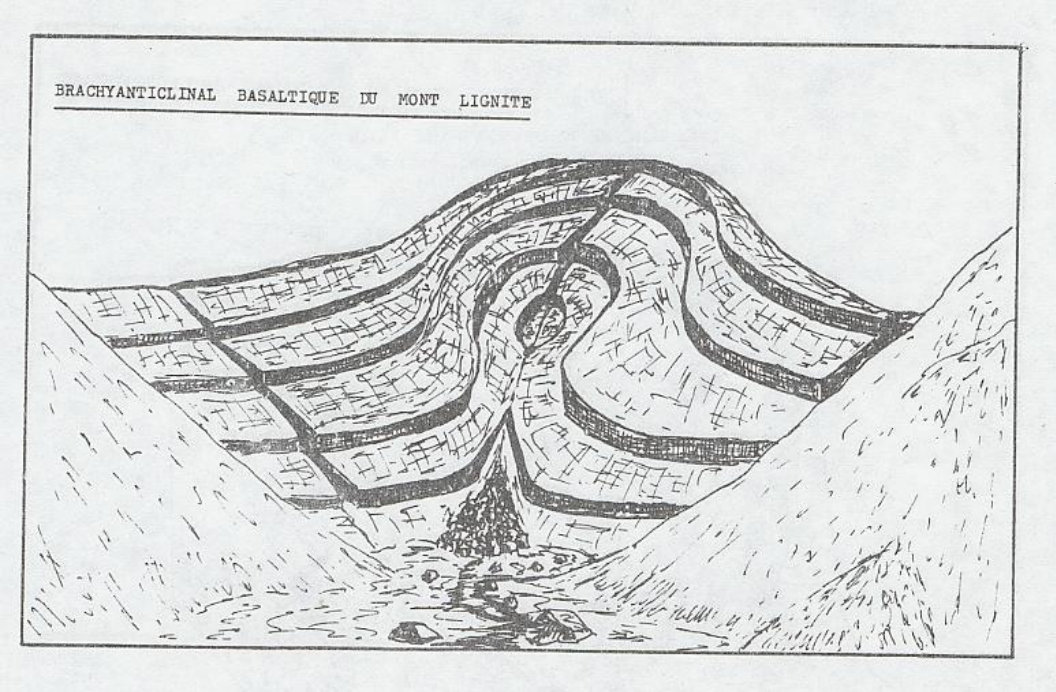


Figure 25 : Coulées de basaltes de plateaux, bombée par une intrusion sous jacente (invisible à l'affleurement), dessinant un pli (brachyanticlinal) (Mont Lignite, Péninsule Loranchet – Giret, 1983-)

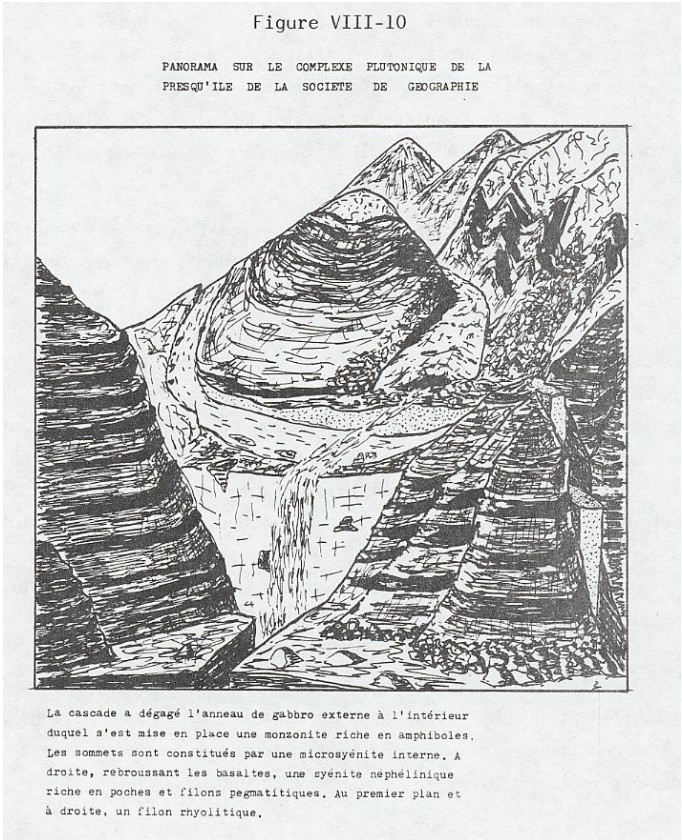
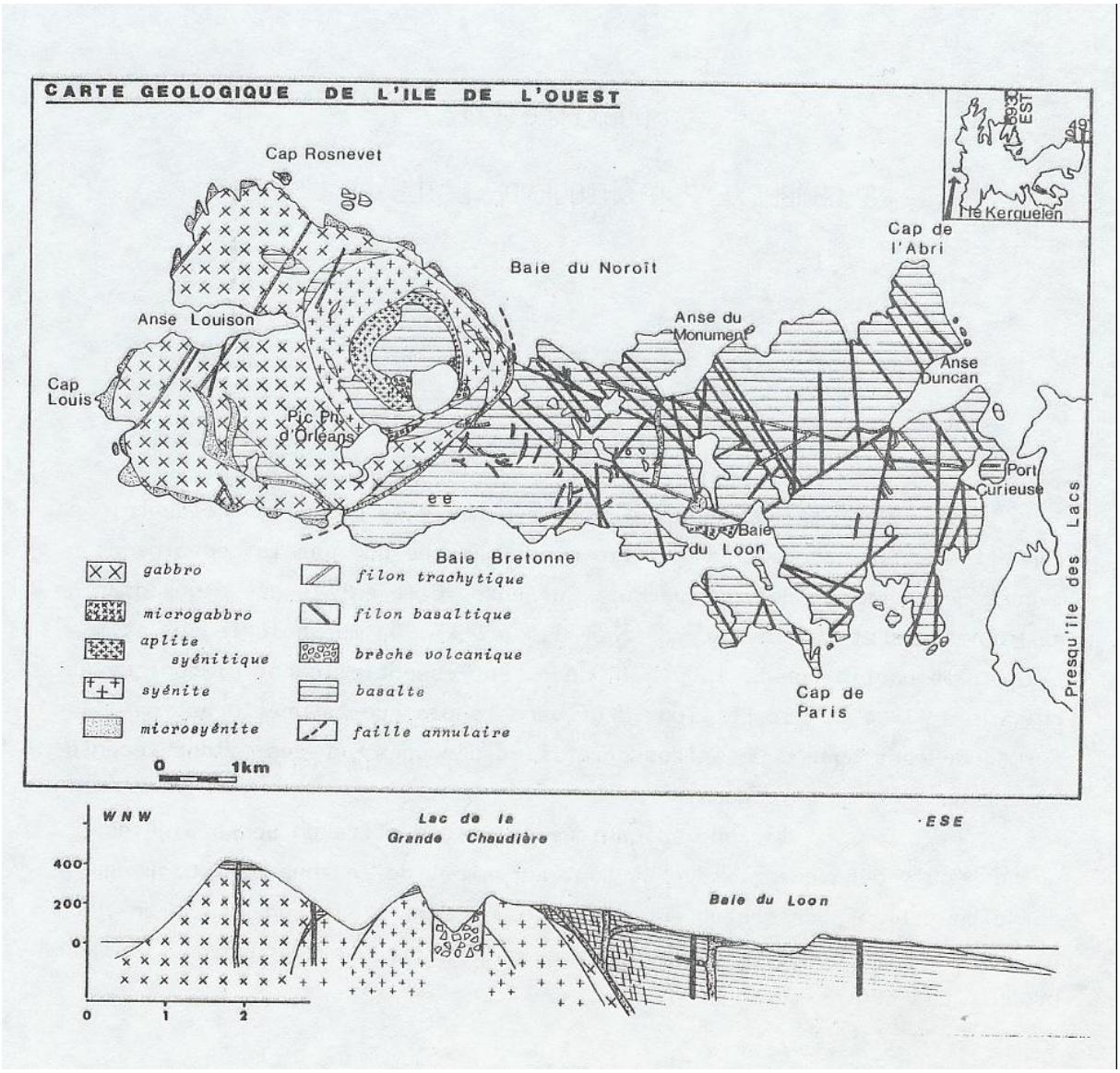
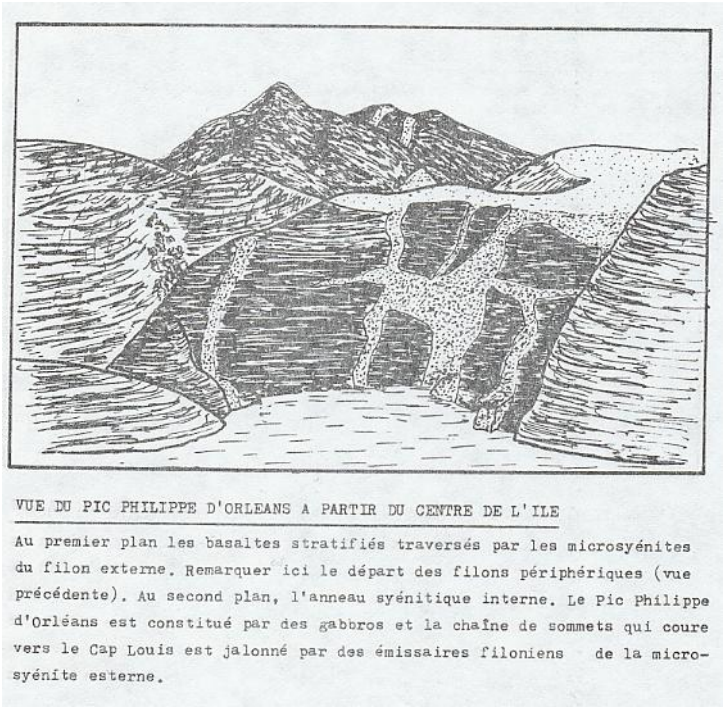


Figure 26 : Intrusion de syénite néphélinique à structure concentrique (anneau externe de gabbro) de la Presqu'île de la Société de Géographie (Giret 1983)



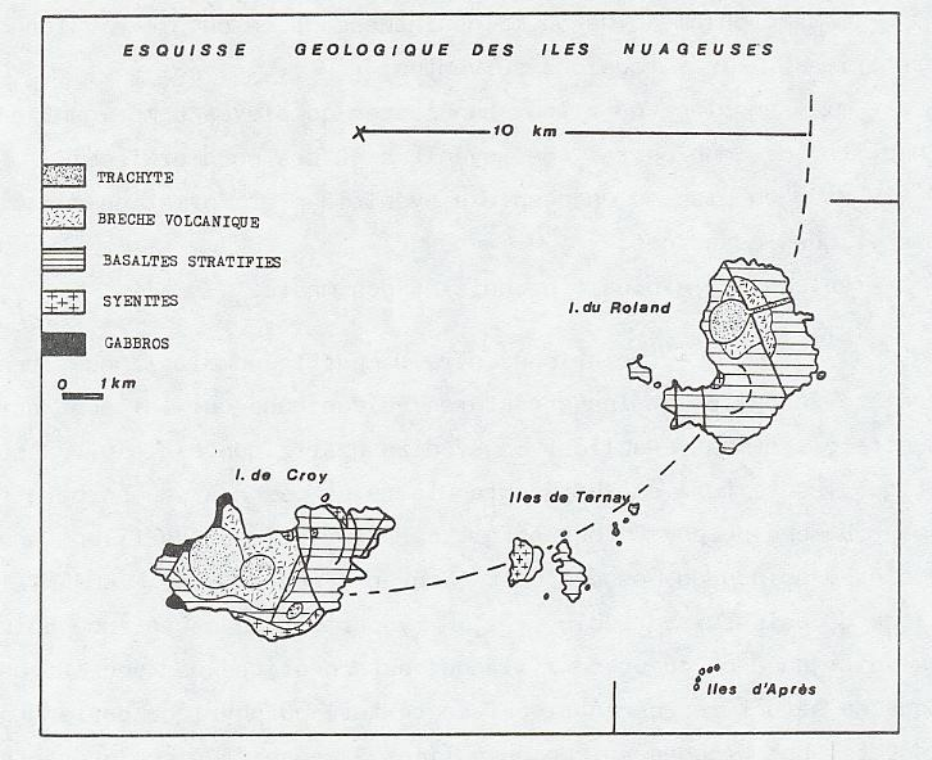
Carte 43 : Carte et coupe géologiques schématiques du complexe plutonique de l'île de l'Ouest (Giret 1983)



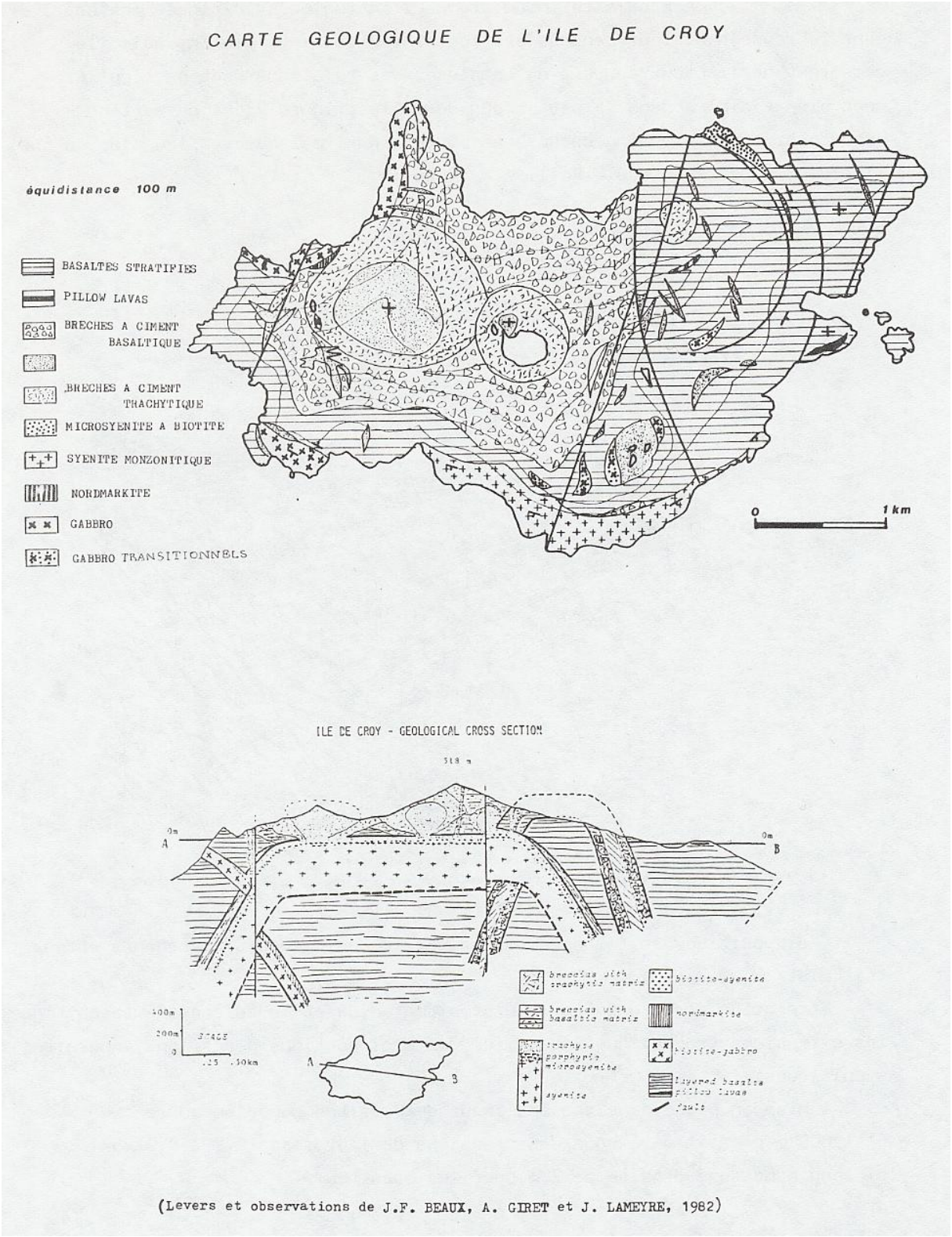
VUE DU PIC PHILIPPE D'ORLEANS A PARTIR DU CENTRE DE L'ILE

Au premier plan les basaltes stratifiés traversés par les microsyénites du filon externe. Remarquer ici le départ des filons périphériques (vue précédente). Au second plan, l'anneau syénitique interne. Le Pic Philippe d'Orléans est constitué par des gabbros et la chaîne de sommets qui coure vers le Cap Louis est jalonné par des émissaires filoniens de la microsyénite esterne.

Figure 27 : Ile de l'Ouest : complexe de bordure de l'intrusion avec mise en place de filons de microsyénite dans l'encaissant basaltique (Giret 1983)



Carte 44 : Carte Schématique des îles Nuageuses montrant les rapports entre complexe plutonique et basaltes. (Giret 1983)



Carte 45 : Carte et coupe géologiques schématiques de l'île de Croy montrant les relations entre une intrusion de syénite différenciée (microsyénite, syénite monzonitique, gabbro, norrmakite) mise en place au sein des basaltes de plateaux

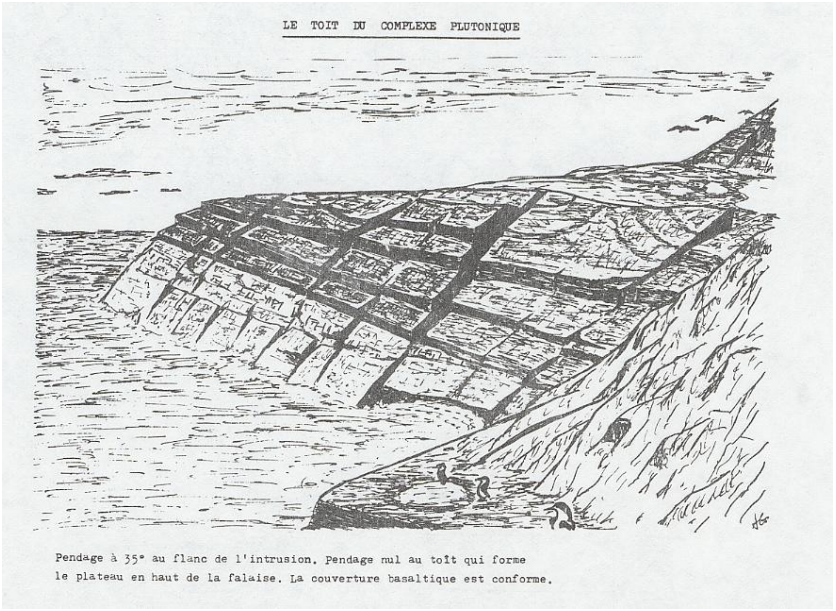


Figure 28 : Contact entre une intrusion syénitique et son toit de basaltes de plateaux (île de CROY) : les fracturations orthogonales de la syénite se sont transmises à l'encaissant basaltique au moment de la solidification du pluton (Giret, 1983)

2.3.5.3. Les formes du relief et leur dynamique à Kerguelen

2.3.5.3.1. 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 arrondies 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 ça et là des reliques volcaniques.



Photo 27 : Vue de Kerguelen depuis les Monts Aubert de la Rue

Photo 27 : Le Golfe du Morbihan vu des Monts Aubert de la Rue (premier plan) : au deuxième plan, l'anse de Radioleine sépare le massif Gallieni de l'île Léon Lefèvre ; au troisième plan l'isthme bas reliant le plateau Central à la presqu'île Jeanne d'Arc est le plateau des Lacs, le relief arrondi et foncé qui apparaît sur Jeanne d'Arc est le Dôme Rouge, l'un des gisements célèbres d'enclaves de roches du manteau (Grégoire 1994) ; au dernier plan la Péninsule Courbet avec les sommets encore enneigés du Mont Crozier et au dernier plan la vaste plaine littorale.

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 km2. 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^{ème} 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.



Photo 28 : 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 km2 de superficie et 8 de 5 à 10 km2. C'est sur la plaine littorale de la péninsule Courbet que se trouve le plus grand lac (Marville) qui occupe une surface de 23 km2 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 km2, 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 hectareL'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 30), 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 29 : 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 (feldpath 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 île, 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 témoigne 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 (prog IPEV DyLIOKER 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 XVIIème 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 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 complexe d'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 constitue la principale cause. Les granites sont généralement issus de magmas dont la source est continentale, le plus souvent. Leur présence, inexpliquée 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 groupe 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).



Photo 30 : Gisement d'enclaves de péridotites, de pyroxénites et de métagabbros provenant du manteau et de la croûte inférieure de Kerguelen et ramené par un dyke de basalte alcalin associé à l'appareil volcanique du Dôme Rouge (Ouest de la Presqu'île Jeanne d'Arc) (photo Cottin 1993)

2.3.5.3.2. Cas particulier de la Péninsule Rallier du Baty.

La Péninsule Rallier du Baty caractérisée à la fois par des complexes plutoniques érodé (3 à 15 Millions d'années) et par une activité volcanique extrêmement récente constitue un bon exemple de déchiffrage des paysages et des affleurements géologiques, façonnés par le climat très dures 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 Alloarn 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 fluviatiles 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 la plus protégée puisqu'il faut depuis plus de 10 ans, une autorisation spéciale du comité d'environnement polaire des TAAF pour pouvoir y pénétrer, car elle contient notamment de nombreuses espèces animales et végétales 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.

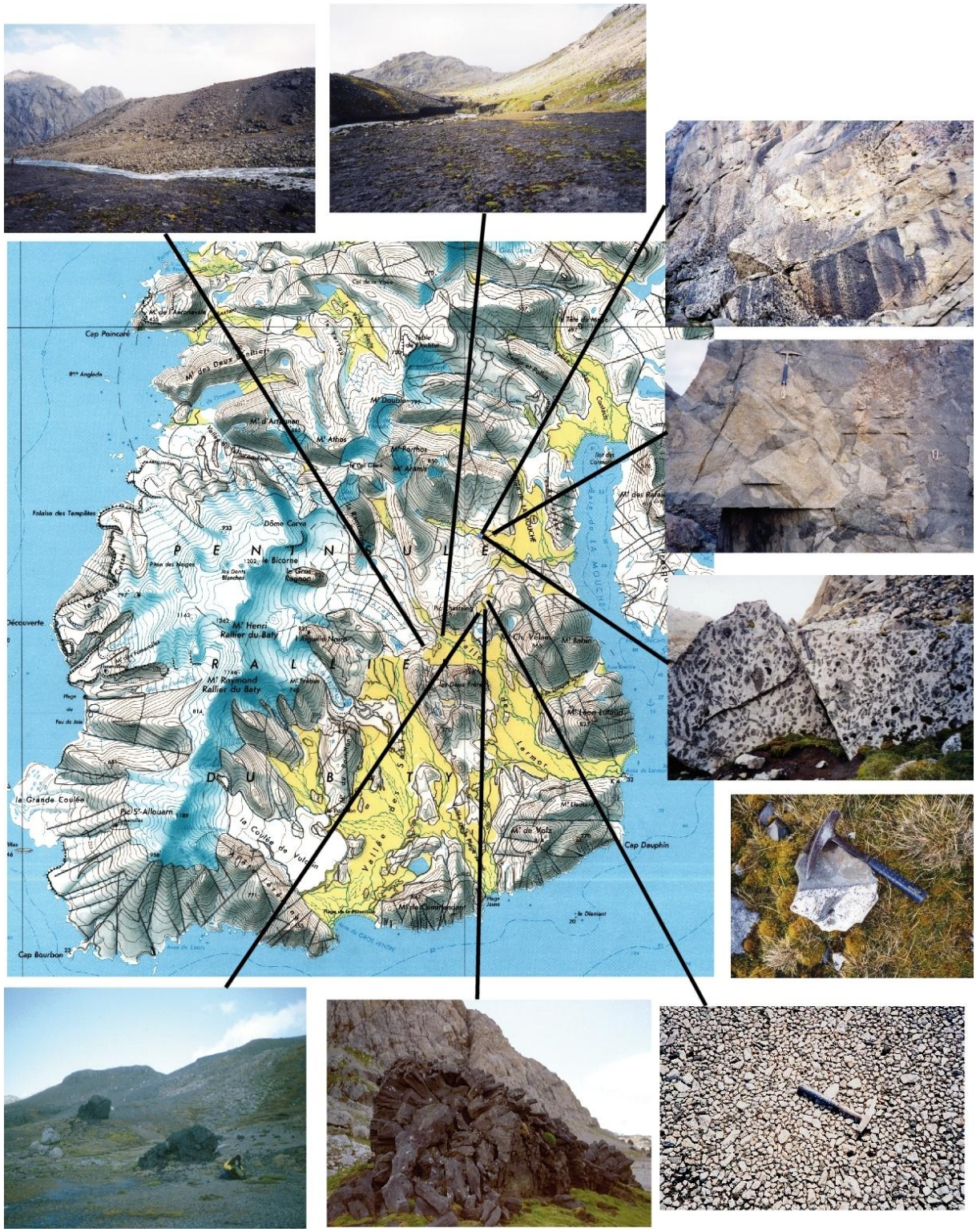


Figure 29 : Péninsule Rallier du Baty (photos G. Michon 2001)

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 a 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

2.3.5.3.3. 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^2 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 et n'a été vaincu que 2 fois dans le passé. 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 en direction du SW 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 SE, 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 31 : Mont Ross (Grand Ross et Petit Ross) et le glacier Buffon vus du Point Sublime (Péninsule Aubert de la Rue) (Photo B. Moine, Prog IPEV CARBONATOKER, 2002)

Au premier plan apparaissent les cheminée phonolitique érodée, 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)

2.3.5.3.4. Altimétrie

Le relief est vigoureux au NW de l'archipel (Loranchet) avec des falaises peu accessibles, des vallées en U et la la calotte glaciaire d'inlandsis : Cook (zone W). 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 NE nourrissant le val des Entrelacs et au Nord le glacier Agassiz.



Photo 32 : La calotte Cook et sa langue glaciaire du Naumann au niveau du Plateau des Alouettes (photo A. Giret 1994)

La zone E 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 champs de neiges (dôme Carva, Monts Raymond et Henri (-point culminant de la Péninsule à 1262m-) avec des pentes 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 et 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 vaste lac 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 34), juste avant l'arrivée à la base de Port aux Français.



Photo 33 : Plateau des Drumlins (péninsule Courbet) avec vue au Sud sur la presqu'île Ronarc'h
(Photo Cottin 1999)

La presqu'île Jeanne d'Arc rattachée à la Grande Terre par un isthme bas (le halage des Swains est elle même rattachée à la presqu'île de Ronarc'h par un autre isthme (le halage des Naufragés–photo 37-)). L'ensemble de ces provinces Sud Est, est dominée par des empilements basaltiques tabulaires ne dépassant pas 700m au Sud de Jeanne d'Arc et 250m au Nord de Ronarc'h, donnant ainsi a 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 célèbre car il porte bien son nom (photo 35).



Photo 34 : Photo du pointement phonolitique de la Tête de l'Homme (presqu'île Ronarc'h) (Photo J.Y. Cottin 1999)



Photo 35 : Sols polygonaux dus à l'érosion glaciaire (Massif du mont Ross) (Photo G. Michon 1991)
Il existe un tri sélectif par granulométrie les éléments grossiers forment les contours des polygones et les éléments les plus fins (argiles) sont au centre des structures géométriques en apparaissant pus foncé car les argiles conservent l'humidité.



Photo 36 : Le halage des Naufragés (Photo J.Y. Cottin 2002, prise depuis Ronarc'h)

Banc de sable d'une centaine de mètres de large séparant la baie Greenland (océan) du Bras Bolinders (Golfe du Morbihan) et joignant les presqu'îles de Jeanne d'Arc au Sud et de Ronarc'h au Nord. Ce halage témoigne par ses vestiges de charpenterie de marine de l'important va et vient que les phoquiers ou baleniers pratiquaient entre la pleine mer et le bras Bolinders permettant de rejoindre aisément le Port Jeanne d'Arc, protégé au sein du Golfe du Morbihan.



Carte 46 : Modèle Numérique de Terrain de la Péninsule Rallier du Baty
Montrant le détail des reliefs et des coulées volcaniques très récentes (G. Michon 2005)

2.3.5.3.5. Hydrogéologie

Le réseau hydrographique d'altitude est guidé par la fracturation, en revanche les fleuves de plaines alluviales sont méandriformes 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 dans la zone W.

Les sols sont gorgés d'eau et très peu épais en altitude (Au dela de 500m d'altitude la sécheresse s'installe rapidement après chaque pluie du fait du ruissellement rapide dans les basaltes de plateau: les zones d'altitude sont rapidement arides, il n'y a pas de retard à l'écoulement ce qui provoque fréquemment des crues rapides avec changement de lit dans les zones d'épandages.. En conséquence le couvert végétal est peu abondant et ras. Les torrents glaciaires limoneux sont à débits rapidement variables selon la température et/ou l'ensoleillement.

Les risques évidents firectement lié au climat très variable, concernent les crues et inondations torrentiels, la débâcle glaciaire, les glissements de versants, la formation de tourbières spongieuses, de sols thyxotropes et très localement de sables mouvants.

Les eaux des sources et les torrents sont polluées en zones côtières par les oiseaux (manchotières) et les pinnipèdes.

Les couvertures morainiques de la péninsule Courbet peuvent atteindre 80m d'épaisseur et dans certains endroits, le niveau de base des moraines peut être en dessous du niveau de la mer. Les études de résistivité (Nougier 1970) ont montré que la nappe phréatique était située entre 2 et 20m. Les analyses chimiques du C, N, K_2O, P_2O_5 et Cl dans les moraines de Courbet ont mis en évidence le lessivage de la potasse, ce qui a favorisé la formation des sols tourbeux (Nougier 1970).



Carte 47 : Carte hydrogéologique de Kerguelen EST (masque bleu de la Carte topographique IGN à 1/100 000, traitement G. Michon 2009)
Péninsule Courbet, Plateau central, Presqu'îles Ronarc'h, Jeanne d'Arc



Carte 48 : Carte hydrogéologique Kerguelen Sud (masque bleu de la Carte topographique IGN à 1/100 000, traitement G. Michon 2009)

D'Ouest en Est île de l'Ouest, Péninsule Rallier du Baty, Baie d'Audierne, Massif Gallieni puis plus au Nord Calotte Cook nourrissant les glacier et le Plateau central dont la fracturation majeure courbe et parallèle au contour du Mont Ross permet l'établissement au fond de vallées glaciaires, de lacs très longs et minces (comme le las d'Entr'Aigues) et guide le drainage vers le Golfe du Morbihan des eaux de l'ensemble du Plateau central centrale et du Mont Ross.



Carte 49 : Carte hydrogéologique de Kerguelen Nord (masque bleu de la Carte topographique IGN à 1/100 000, traitement G. Michon 2009)

Côte particulièrement découpée par les grand fjords de la Péninsule Loranchet , de la presqu'île de la société de géographie et l'île Foch et de la presqu'île Joffre

2.3.5.3.6. Réseau karstique ou fossile

Les formations calcaires sont quasiment absentes dans les îles Kerguelen (Nougier 1970) : peu ou pas de formations calcaires à l'exception de quelques plaquages fossilifères (d'âge Miocène) constituant des anciennes plages (lumachelles) sur les falaises volcaniques de la côte Sud-Est (Philippe *et al.* 1998).

2.3.5.3.7. Hydrothermalisme

Sources chaudes avec dégazage de CO2 (H2S) :
Zone W (Rallier du Baty) fumerollien (photo 38 et 39)
Zone centre N (Val Travers, Bouquet de la Grye) sources chaudes (70°C, à la sortie) (photo 42)





Photo 37 : Fumerolles de la Péninsule Rallier du Baty : Nord du Pic Saint Allouarn (photos A Giret 1986

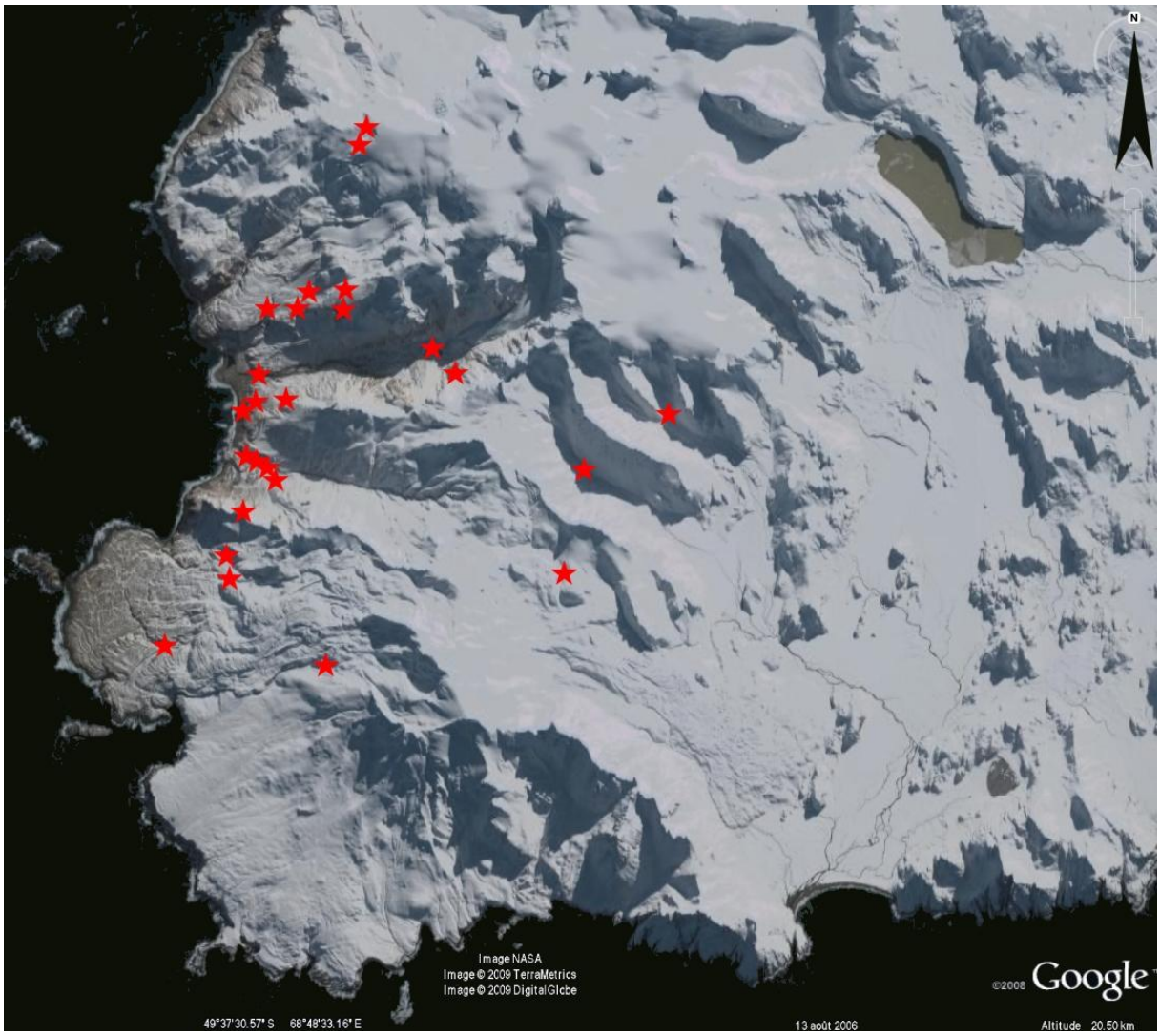


Photo 38 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du Sud de la Péninsule Rallier du Baty Montrant les différents gisements de fumerolles et solfatares, principalement autour de la vallée de l'Infermet, Ouest du Mont Raymond (1166m)

Sources Chaudes : fumerolles de la Péninsule de Rallier du Baty : au Nord de la photo : Mont des fumeroles

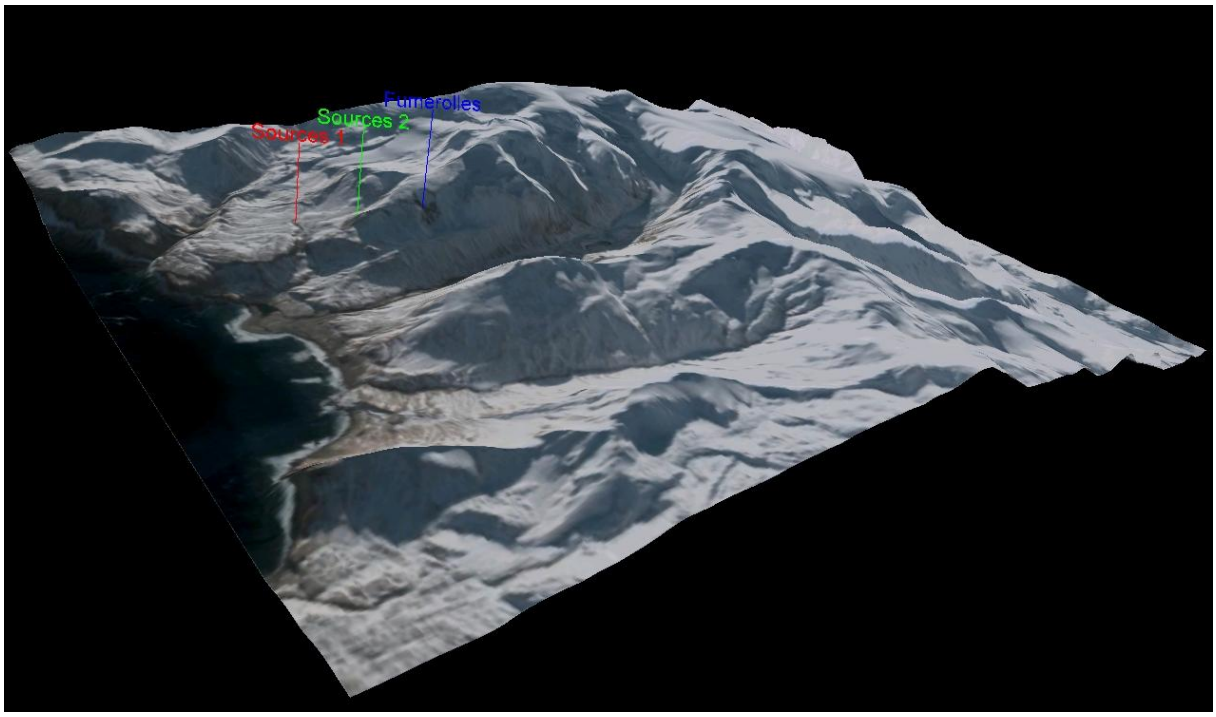


Photo 39 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du Sud de la Péninsule Rallier du Baty

Modèle 3D avec visualisation des pentes dans la zones des fumerolles (Sud de la péninsule de Rallier du Baty) Vallée de l'Infernet avec repérage des altitudes des sources chaudes et des fumerolles (Michon 2007).

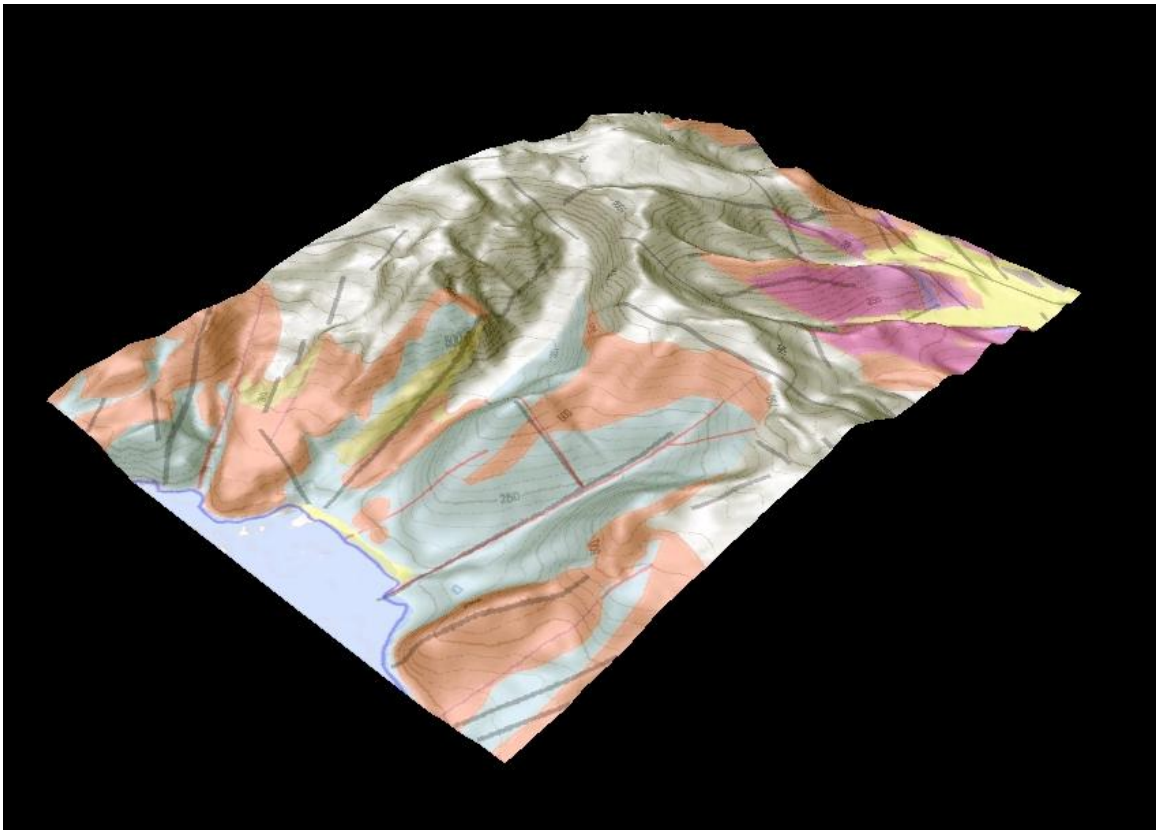


Photo 40 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du Sud de la Péninsule Rallier du Baty

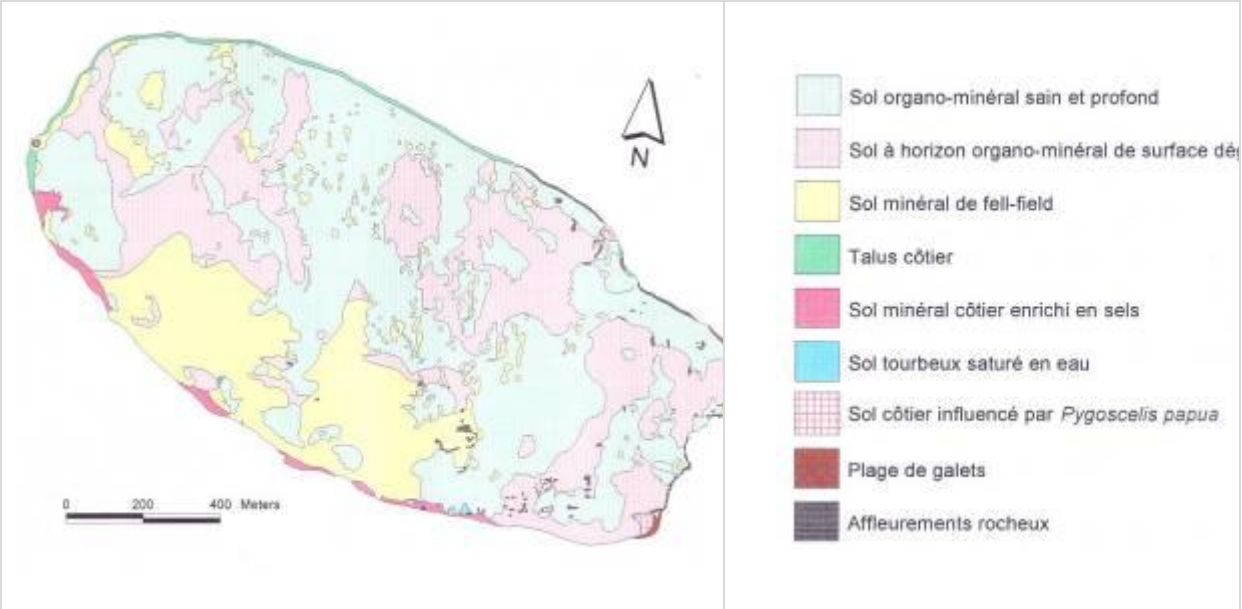
Pentes dans la zones des fumerolles (Sud de la péninsule de Rallier du Baty) Vallée de l'Infernet avec repérage des courbes de niveaux sur la zones des fumerolles (Michon 2007).



Photo 41 : Sources chaudes de Val Travers (Plateau central)(Photo G. Michon 1992)
« Découvertes tardivement en 1978, ces sources offrent des eaux à 70°. Sourdant sur les pentes douce du Mont de la Tourmente, celles ci ont creusé plusieurs petites vasques dont la température diminue progressivement par dilutions des eaux de ruissellement » (Richet *et al* 2007)

2.3.5.4. Les sols de la réserve

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 Ile Verte (Carte 49), Ile Guillou (Carte 51), Ile aux Cochons, Ile du Chateau). Nous en présentons ici deux exemples, sur îles Verte (Carte 50) et Guillou (Carte 51) 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).



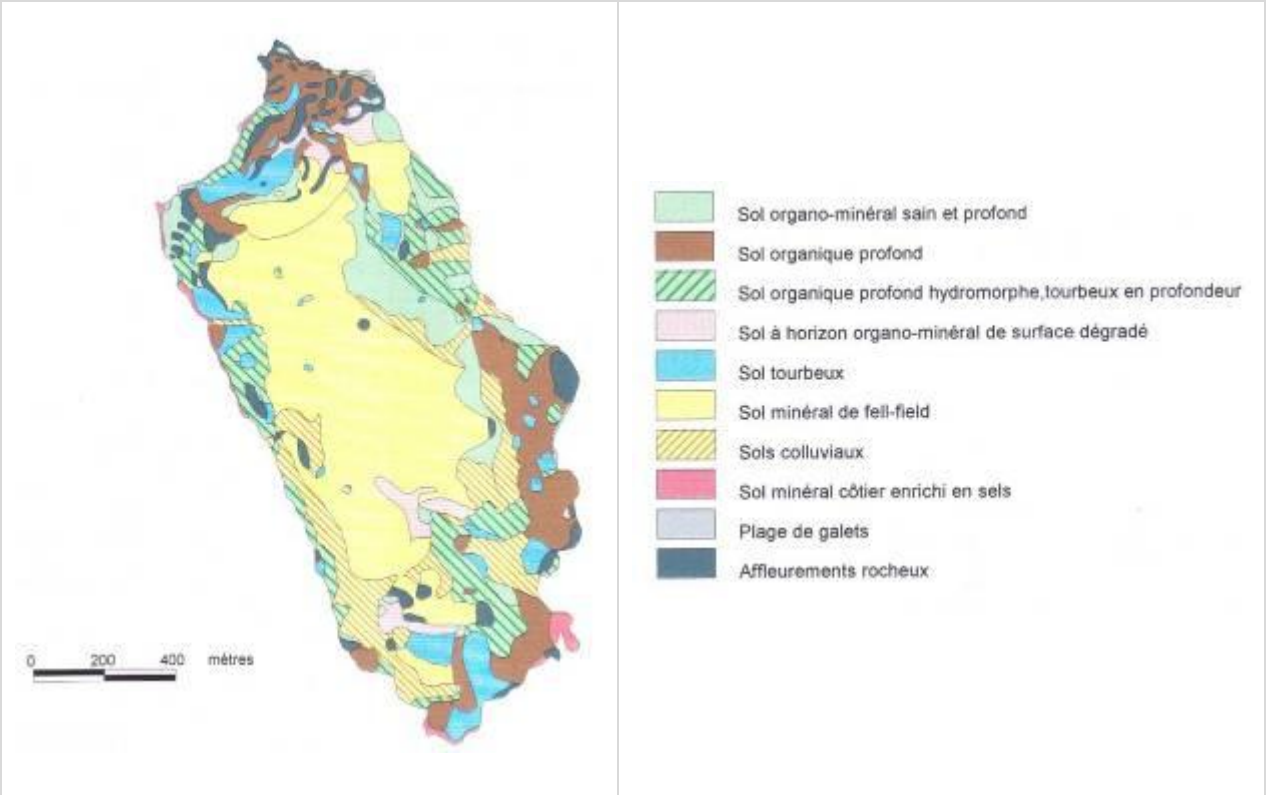
Carte 50 : Carte des sols de l'Ile Verte. Source : Chapuis *et al*. 2000a

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'Ile Verte dont l'ambiance générale peut être considérée comme particulièrement sèche.



Carte 51 : Carte des sols de l'Ile Guillou. Source : Chapuis *et al*. 2000a

Sur l'Ile 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'Ile 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'Ile 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'Ile Guillou, alors que ceux-ci sont très répandus sur l'Ile Verte.

2.3.5.5. Le patrimoine géologique de Kerguelen et les enjeux de conservation

L'intérêt d'un objet géologique est défini par son intérêt pour l'histoire de la Terre, sa rareté qui peut faire l'objetd 'un classement particulier ou son prix dans le cas de pierres précieuses ou de minerais, son état de conservation et son intérêt à l'éducation.

2.3.5.5.1. Parmi les particularités géologiques de l'archipel de Kerguelen citons :

- Basalte de plateau (Port Kirk, Golfe du Morbihan, Loranchet, Plateau central,…)
- Lac de lave figé (Plateau des Sept Laux)
- Volcanisme tabulaire - sous-glaciaire, inversion de relief- (La Table)
- Obsidiennes trachytique et rhyolitique (le Grand Couloir –Péninsule Loranchet, Nord Rallier du Baty, Mont Ross)
- Ignimbrites (Péninsule Rallier du Baty : Vallée de la Mouche-Chastaing, Vallée de Larmor, Vallée du Telluromètre)
- Coulées trachy-rhyolitiques (Péninsules Loranchet : Les Rois Mages – Righi-, Mont Lacroix, Grand Couloir)
- Syenite quartzifère et granite (Péninsule Rallier du Baty : Les Deux Frères)
- Mélanges magmatiques « acide-basiques » (Péninsule Rallier du Baty : Vallée Milady)
- Orgues basaltiques (Table de Beaulieu et Aubert de La Rue)) et trachytiques (Monts du Baromètre)
- Neck (Mont Rouge,…)
- Enclaves ultrabasiques voir carte d'affleurements sur l'ensemble de l'archipel
- Sables à sanidine (anse sablonneuse, Port Kirk)
- Bombes volcaniques (Volcan du Diable et Puy Saint Théodule)



Photo 42 : Bombes volcaniques en fuseau

Recueillie sur les pentes du Puy Saint Théodule (collection échantillon A. Giret)

- Chambre magmatique –pluton syenitique- (Péninsule Rallier du Baty : Mont du Commandant, Presuq'île de la Société de Géographie, Monts ballons et Monts Mamelles, Val Gabbro)
- Déformation des basaltes de plateau par intrusion plutonique (Vallée du Thermomètre)(photo 27, fig 16 à 26)
- filons (Les Ruches)

- Paléontologie flore et faune faunes fossiles témoignant de l'émersion de l'archipel depuis le miocène :

1- Lignites et bois fossiles : (Péninsule Loranchet : Port Christmas, Mont Havergal, Baie de Recques, Anse du Charbon, Le Grand Couloir , Anse du Jardin , Mont lignite et Monts des Névés, Port Matha ; Plateau Central : Port Kirk ; Péninsule Jeanne d'Arc –ravin du charbon –photo 46), Péninsule Ronarch : vallée des Macaronies) (Arbres et arbustes fossiles :*Cuporessoxylon antarcticum* et *C. kerguelense*, *Auraucarioxylon*, *Dadoxylon (Araucarioxylonà kerguelense* du genre Araucaria ou Agathis ; mousses : *Dicranites australis, Muscites thuilioides* et *Muscites sp*. ; Fougères rappelant le genre *Gleichenia* et divers Graminées (pollen) dont l'âge est estimée entre 10 et 30 Ma –Miocène à Oligocène (Nougier 1970, Philippe *et al*. 1998, Giret *et al*. 2003). Les arbres fossiles, non silicifiés de la vallée des Macaronies remaniés dans des alluvions très récentes sont quaternaires (photo 45).

2- Gisements fossilifères marins (SE Kerguelen –presqu'îles Ronarch et Jeanne d'Arc) (Tate, 1900, Fletcher 1938, Nougier 1970, Carriol *et al*. 1992, Giret *et al.* 1994, Lauriat Rage *et al*. 2002, Giret et al. 2003) : Cap million (presqu'île du prince de Galles, et Oreilles de Chat et Mond Rond (presqu'île Ronarch) : lamellibranches, dents de requins, bryozoaires, gastéropodes, crustacés, et des traces d'annélides. Ces faunes marines du miocène indique un climat beaucoup plus chaud qu'actuellement. Leur position nettement au dessus du niveau de la mer (entre 10 et 150m) témoigne d'une dimininution génral du niveau marin depuis le miocène sans exclure cependant une légère élévation de l'archipel ce qui est une evolution originale par rapport aux autres îles océaniques qui ont tendance à s'enfoncer dans la mer avec le temps.

- Sources chaudes (Monts des Fumerolles, Val Travers)
- Polis glaciaires (Mont d'Auris)
- Sols polygonaux (Tables de Vergennes,…)
- Gélifraction (Plateau du Tussok et Vallée Ring)
- Vallées en auges (Val du Retour, Val Studer,…)
- Vallée en V (Val du Levant)
- Reg (Plateau des Drumlins)



Photo 43 : Plateau des Drumlins (Péninsule Courbet Sud) (Photo J.Y. Cottin 1999)

Drumlins est un mot irlandais désignant un relief de dépôt laissé par la moraine de fond d'un glacier disparu : Ici les glaciers responsables descendaient de la partie haute de la péninsule Courbet (Mont Crozier) et il est fréquent d'observer sur ce plateau des petites dépressions constituants des lacs permanents ou temporaires et correspondant aux derniers morceaux de glace enracinés dans la moraine avant le retrait définitif des glaciers (kettle)

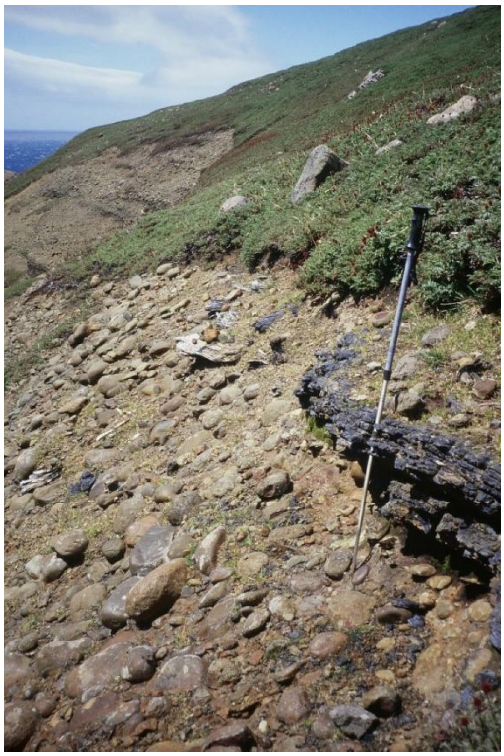


Photo 44 : Moraine glaciaire de la rivière des Macaronis (Nord du Cap Mac Lear, Presqu'île Ronarc'h) (phot J.Y. Cottin 2002)

Avec des troncs et des branches d'arbres (variétés *Araucarias* et de *cupressacés*). Conservés sans silicification, ils ont gardé la propriété de brûler et leur âge est d'environ 40 000 ans



Photo 45 : Port Jeanne d'Arc, Ravin du Charbon montant au plateau du Vent (Photo Cottin 2002)

Juste derrière les maisons restaurées de l'ancien village norvégien. Des niveaux de lignites et de microconglomérats alternent avec les niveaux volcaniques constitués de coulées et de cendres: ces niveaux de « charbon » correspondent à des anciennes forêts brûlées par les venues volcaniques successives. Ils ont fait l'objet d'études géologiques avancées car les phoquiers du début de XXème siècle, installés à port Jeanne d'Arc pensait en vain pouvoir trouver sur place une source de charbon pour les bateaux à vapeur

2.3.5.5.2. Patrimoine en termes de minéraux

Minéraux de la famille du **quartz** :

Il existe différentes variétés avec des jaspes (calcédoines, agates) vert, jaune, rouge (Val Studer) parfois en galet naturellement poli (Courbet)

Les espèces cristallines liées au quartz (silice cristallisée) apparaissent également en géodes (Vallée des Merveilles (plateau central), mont des Restanques (péninsule Rallier du Baty) de qualité moyenne (pleines pour les grandes taille décimétriques : plateau des géodes (île de Foch) et rarement améthyste parfois associé à de la calcite : opaque ou limpide (scalénoèdre, Port Kirk).

Zéolites : elles sont abondantes zone NE : scolécite fibreuse (Val Danièle), stilbite en placages (Saint-Lanne-Gramont) (Thèse O. Verdier 1988)

Leucite automorphe opaque à limpide (Howe)

sanidine automorphes et limpides en sables (Vallée Castor et Pollux –Rallier du Baty, Filon Port Kirk –Plateau central-

Biotite (phlogopite) en grands cristaux automorphes dans filons lamprophyriques (lac Marioz, la Tête de l'Homme, Vallée des cristaux –Nord Gallieni)



Photo 46 : Pipe de lamprophyres (photo Cottin 2007)
Riche en micas pluricentimétriques recoupant les phonolites de la Tête de l'Homme (Presqu'île Ronarc'h)

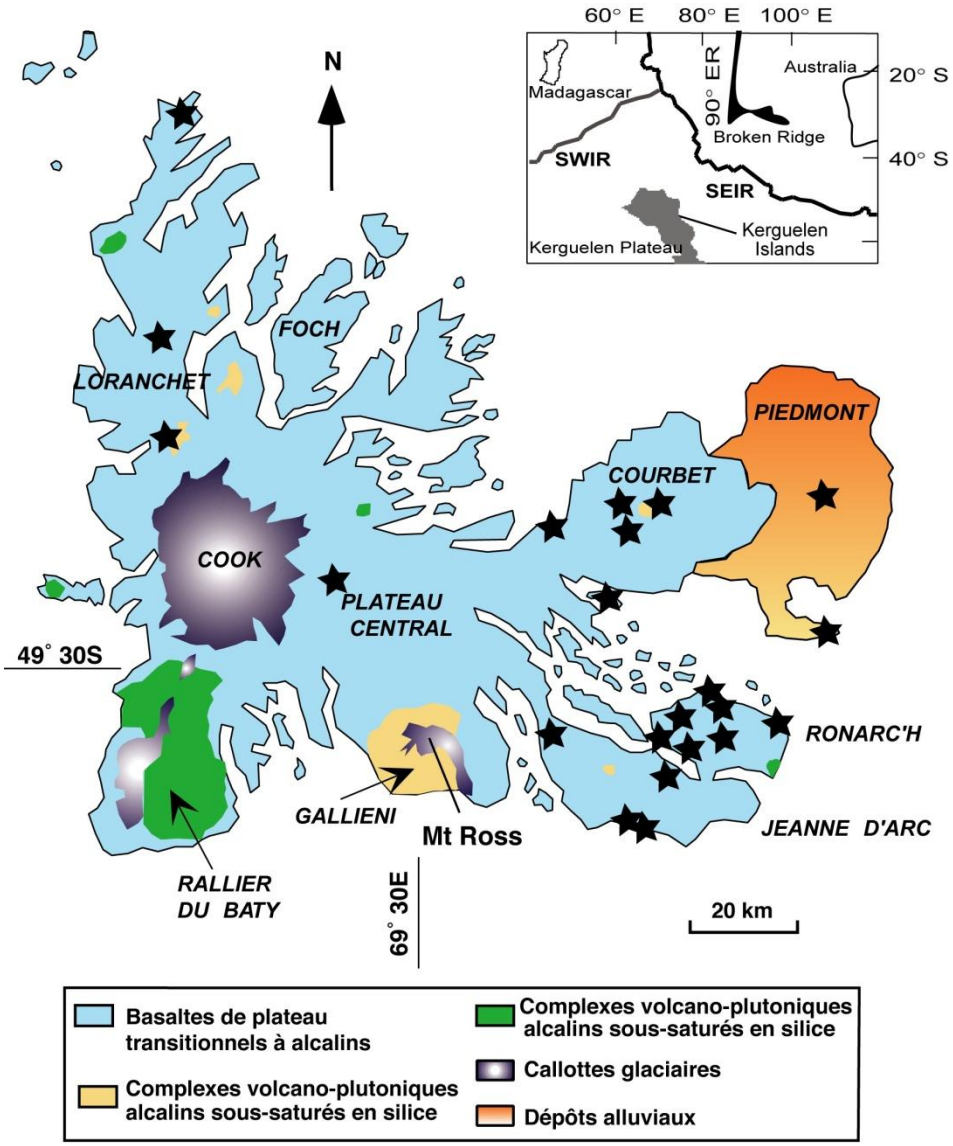
Amphibole automorphe dans filons (Ravin du Mica, Monts du Château –Péninsule Courbet, pointe de l'Espérance –Presqu'île Ronarch)

Pyroxène automorphe (en montant vers le Mont Wyville-Thomson –Ronarc'h-, au col entre le Toit et Le Mont Wyville Thompson).

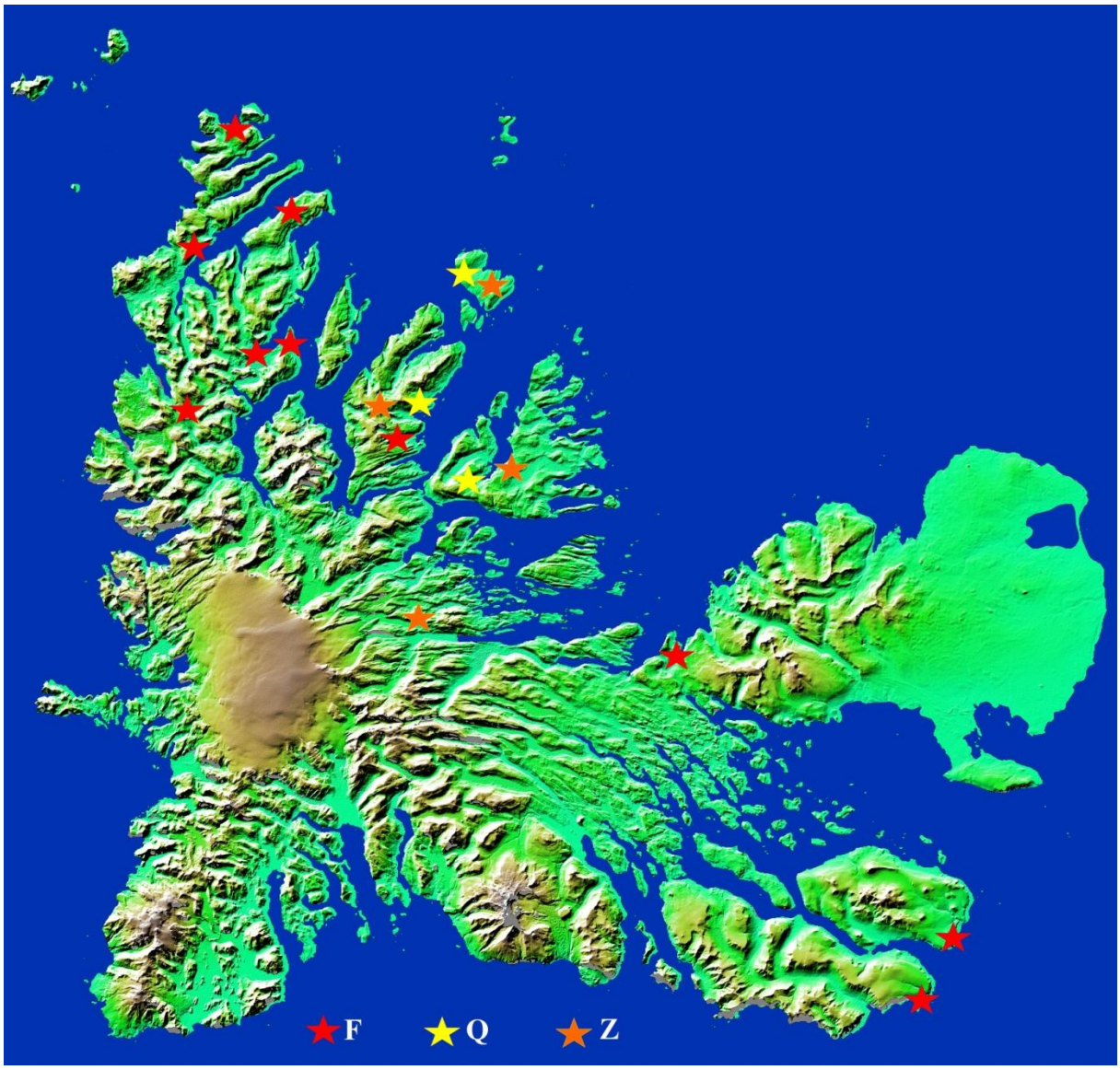


Photo 47 : Clinopyroxène de type augite automorphe (photo J.Y. Cottin 2007)
Recueillis dans les tufs sur les pentes du mont Wyville Thompson (Presqu'île Ronarch)

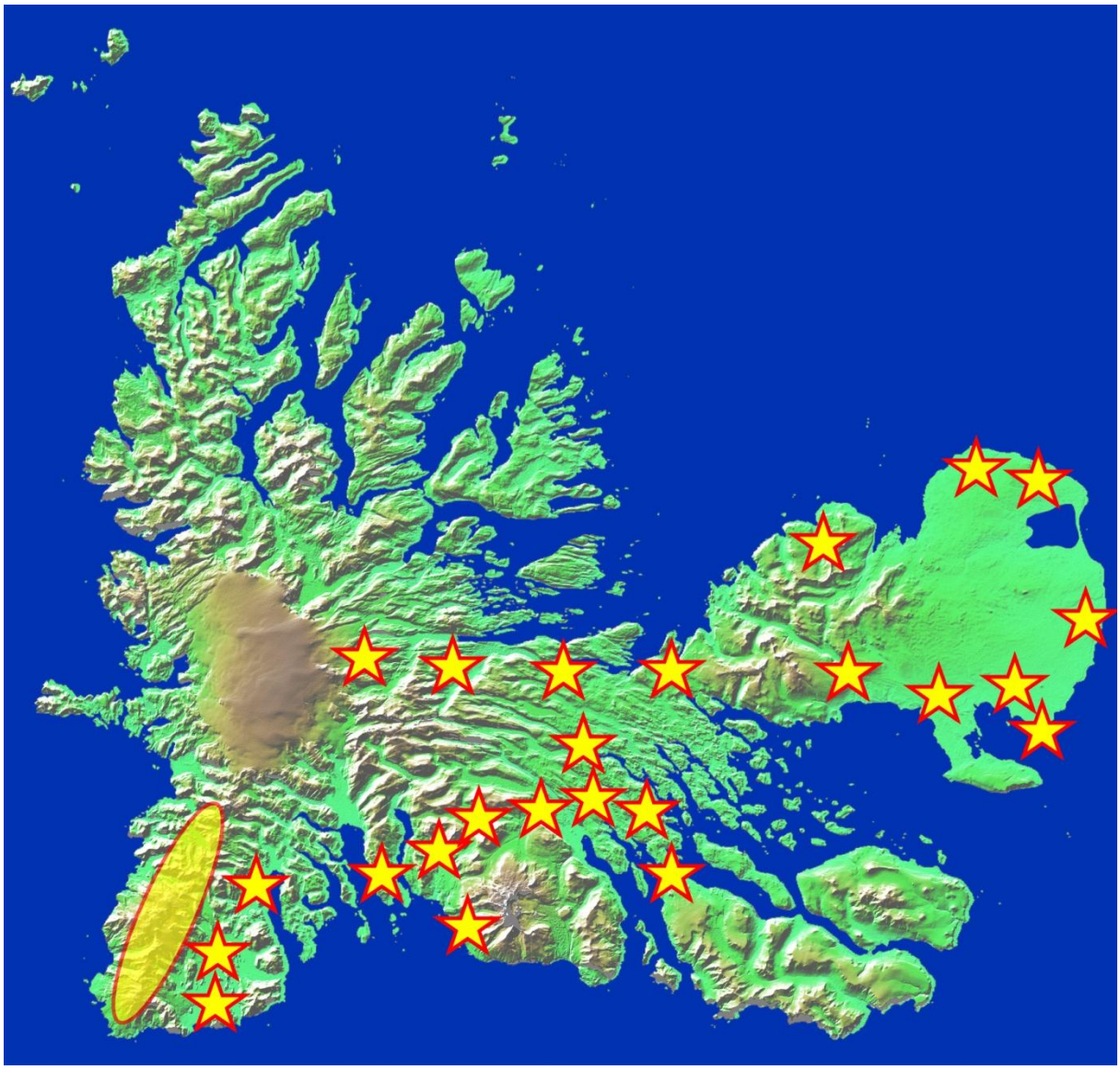
Olivine dans enclaves du manteau supérieur (péridotites) dans filons (Dôme Rouge –Jeanne d'Arc-, Ravin du Mica et Monts du Château, Mont du Trapèze –Courbet-, Le Trièdre –Ronarc'h- ; Plateau Noir, Vallée Ring ; île Haute, Port Kirk, Lac Michèle et Table de l'Oiseau –Loranchet-)



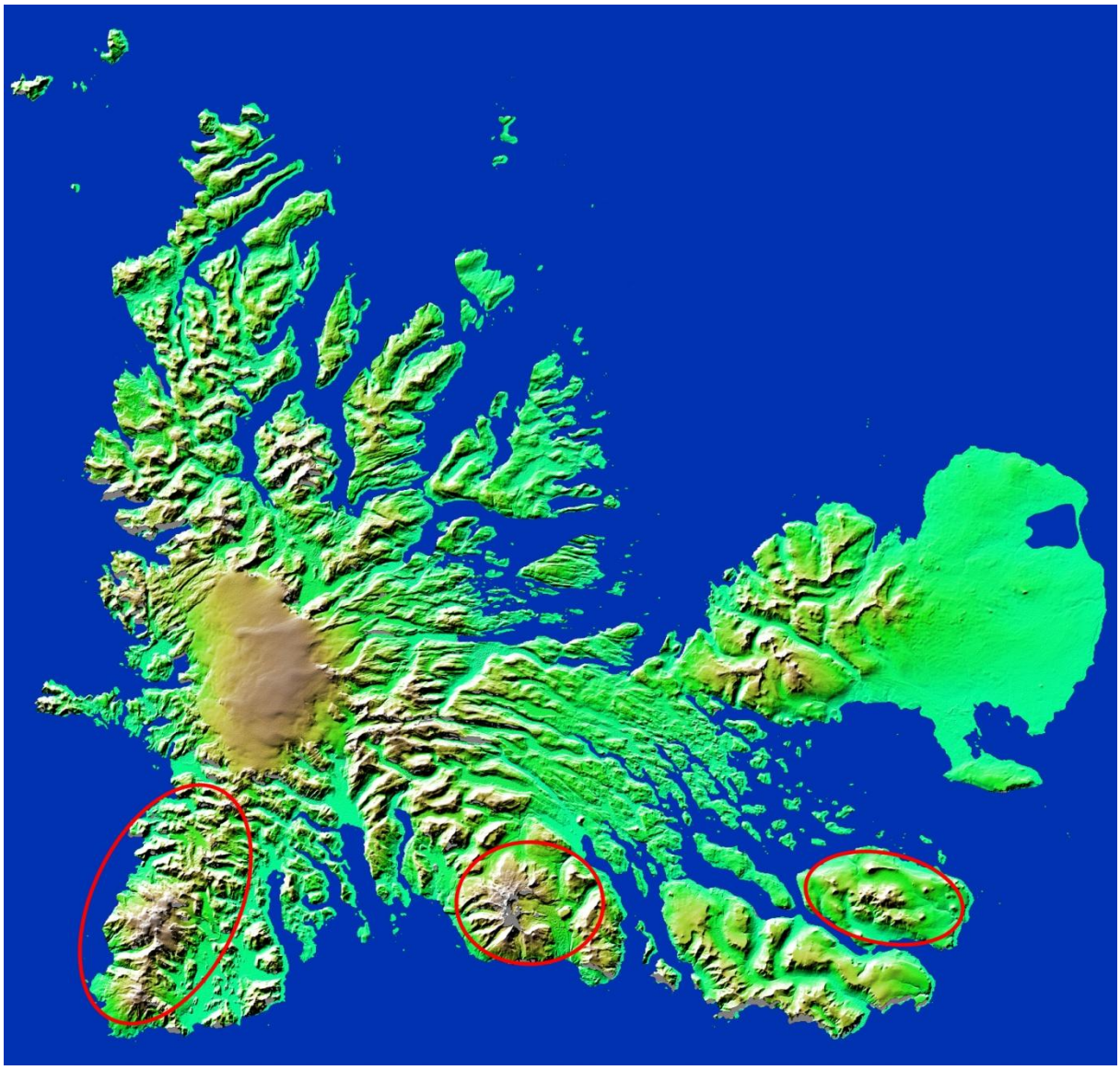
Carte 52 : Carte schématique de la géologie des îles Kerguelen avec les gisements d'enclaves de péridotites (Grégoire 1994, Moine 2000, Delpech 2004)



Carte 53 : Localisations des gisements à Kerguelen (G. Michon 2009)
Gisements de Fossiles (Bois fossiles) ou faunes marines du Miocène (F), Géodes de quartz et de calcédoine (Q) et de zéolites (Z)



Carte 54 : Zones de dispersions des ponces trachytiques suite aux éruptions très explosives du volcanisme très récent de l'archipel de Kerguelen (Péninsule Rallier du Baty et Mont Ross) (G. Michon 2009)



Carte 55 : Zones de volcanisme considérées comme éteintes (G. Michon 2009)
(Dernières éruptions d'âge inférieur à 10 000 ans) et susceptible de se réveiller ou de provoquer des effondrements de flancs de volcans en mer.



Photo 48 : Photo satellite (Google Earth) montrant la base de Port aux Français et la piste reliant la station CNES

2.3.5.5.3. Risques géologiques (type catastrophique)

2.3.5.5.3.1. Glissements gravitaires

- localisés aux falaises et liés aux cycles gel/dégel - (volumes de blocs à parois) ou aux fortes pentes gorgées d'eau (loupes d'arrachement de toutes tailles)

- généraux : effondrement du Ross (structure actuelle hémicirculaire) dans l'océan Indien: risque de tsunamis sur l'ensemble de l'archipel, variable selon les zones (volume, éloignement et type de relief côtier)

2.3.5.5.3.2. Rupture de cordon morainique de lac glaciaire

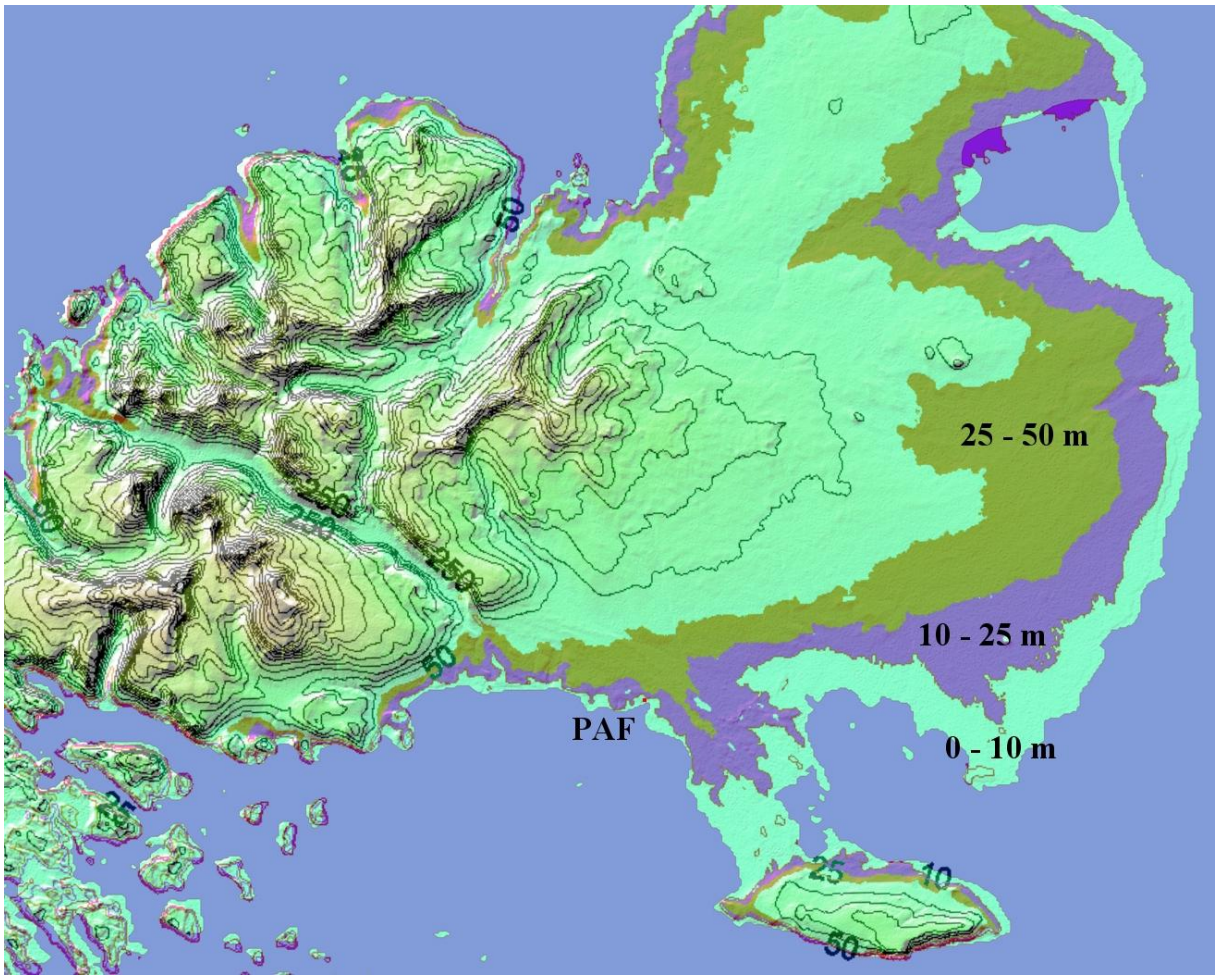
(Diozaz, Descartes)

2.3.5.5.3.3. Vents catabatiques

Zone Est Cook

2.3.5.5.3.4. Eruptions volcaniques

Rallier du Baty : ignimbrites et volcanisme sous glaciaire (jökulhlaup) : dernières éruptions historiques (Gagnevin *et al*.2003), Mont Ross : Dernière éruption plinienne datée à 100 000 ans, et celles de Ronarch les plus récentes ont été de type strombolien à plinien (Wyville Thompson)



Carte 56 : Modélisation d'une carte de risque de type Tsunamis après l'effondrement en mer du Mont Ross (G. Michon 2009)

Les différentes zones colorées sont fonction du volume d'effondrement du Mont Ross et donc de l'amplitude de la vague susceptible d'être associé

2.3.6. L'état des connaissances et des données disponibles sur les habitats terrestres et les espèces de Kerguelen

2.3.6.1. Etat des connaissances habitats, plantes et Invertébrés

Il existe très peu d'études exclusivement consacrées à des descriptions générales d'habitats. Dans une première phase les travaux effectués dans ces îles se plaçaient souvent dans une perspective d'inventaires de la faune et de la flore. Par la suite, parallèlement à la poursuite de ces inventaires et des travaux de systématique, les études ont mobilisé d'autres disciplines - écologie, écophysiologie, génétique des populations, phylogéographie... - en focalisant parfois sur quelques modèles biologiques privilégiés (diptères tels *Limnophyes minimus* ou *Anatalanta aptera*, vers de terre, Renonculacées, chou de Kerguelen *Pringlea antiscorbutica, Lyallia kerguelensis*...).

Dans le cadre du programme IPEV 136 des bases de données ont été mise en place depuis la fin des années 1970 sur les communautés et les écosystèmes terrestres des îles subantarctiques françaises. Des bases systématiques sur les invertébrés (INVERCKA) et les plantes (BOTACKA) regroupent l'essentiel des informations disponibles dans la littérature ancienne (récits des premiers visiteurs au XVIII^{è} et XIX^{è} siècles, expéditions scientifiques de fin XIX-début XX^{è}), complétées par les observations menées depuis l'installation des bases permanentes, en particulier dans le cadre de programmes de recherche soutenus par la Mission de Recherche des TAAF puis par l'IFRTP et l'IPEV. Ces bases comprennent des informations sur les synonymies et les changements de statut des taxons en fonction des révisions des systématiciens, sur la date de première observation et de première citation de chaque espèce quand elle est connue, sur son aire de répartition (en particulier dans les autres îles subantarctiques), sur son statut biogéographique (endémique, subantarctique, australe, cosmopolite, introduite...). D'autres de bases de données (bases « milieu ») recensent des observations de présence-absence (ou abondance) d'espèces animales et végétales, avec description du site d'observation et localisation (dans un repère sur grille depuis les années 1980, avec les coordonnées GPS depuis le début des années 2000). Toutes les données disponibles sur support papier (« fiches terrain ») n'ont pas encore été intégrées dans ces bases « milieu » qui sont en cours d'incrémentation et d'intégration sous Système d'Information Géographique.

2.3.7. Les habitats naturels de Kerguelen

Comme pour l'archipel Crozet, il n'a pas été possible d'appliquer à l'archipel Kerguelen les descriptions ou les classifications détaillées du code Corine. La description des habitats s'est donc effectuée comme pour Crozet à partir d'une large revue bibliographique

La plupart des habitats présentés sur Crozet le sont également à Kerguelen. Afin d'éviter de trop fréquentes répétitions les descriptions des habitats de l'Ile de la Possession (archipel Crozet) ne seront pas reprises intégralement pour les Iles Kerguelen ; nous mentionnerons les différences et citerons les habitats particuliers à Kerguelen.

Les habitats des Iles Kerguelen

1 Complexe des habitats côtiers soumis aux embruns
- 1a Habitat herbeux côtier
- 1b Autres habitats côtiers

2 Complexe de fell-field
- 2a Fell-field mésique
- 2b Fell-field xérique

3 Complexe des pentes herbeuses
- 3a Communauté fermée en absence de lapin
- 3b Communauté ouverte à *Acaena*
- 3c Communauté fermée à *Acaena*
- 3d Communauté à *Azorella*
- 3e Habitat de rives
- 3f Habitat de suintement

4 Complexe des prairies enrichies
- 4a Prairie côtière à tussocks
- 4c Habitat à touradons

5 Complexe des pelouses enrichies
- 5a Pelouse à Leptinella plumosa
- 5b Habitat boueux enrichi (*biotic mud*)
- 5c Pelouse à *Poa annua*

6 Complexe des milieux humides et tourbières
- 6a Habitat tourbeux sec (*dry mire habitat*)
- 6b Habitat tourbeux mésique (*mesic mire habitat*)
- 6c Habitat tourbeux humide (*wet mire habitat*)
- 6d Lignes de drainage (*mire drainage line*)

7 Habitat à graminées introduites dominantes

8 Le complexe des zones enneigées, glacées, libérées des glaces

[1] - Le complexe des habitats côtiers soumis aux embruns

Ce complexe d'habitats est en grande partie similaire à celui rencontré dans l'archipel Crozet sur l'Ile de la Possession. Ces habitats sont fréquemment influencés par la présence d'oiseaux comme les gorfous (sauteur et macaroni), les sternes, les albatros fuligineux (dos sombre et dos clair) et les cormorans, et sur certains sites (Canyon des Sourcils Noirs sur la Presqu'île Jeanne d'Arc) par l'albatros à sourcil noir, espèce absente de l'île de la Possession, le petit bec-en-fourreau et le goéland dominicain, et enfin par des mammifères marins comme les otaries. Sur certaines îles, comme Mayes et Verte, plusieurs espèces d'oiseaux de petite taille nichant dans des terriers sont aussi rencontrées.

(1a) l'habitat herbeux côtier

Cet habitat est très semblable à celui décrit sur Crozet. Les espèces végétales dominantes sont *Crassula moschata* et *Leptinella (Cotula) plumosa,* les deux espèces typiques des zones littorales (Photo 49A et C). La plus grande diversité de milieux à Kerguelen permet toutefois à d'autres espèces telles que *Poa cookii*, *Pringlea antiscorbutica* (chou de Kerguelen) et *Montia fontana* de trouver les conditions nécessaires à leur développement. En absence de lapin le chou de Kerguelen est par exemple très fréquent sur les côtes (Photo 49C), 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 (Photo 49C et E) arrivées là par flottaison (Chapuis *et al.* 2000). Les renoncules *Ranunculus biternatus* et *R. pseudotrullifolius*, espèce absente de l'archipel Crozet, peuvent aussi être observées dans cet habitat.

(1b) l'habitat de « fell-field » côtier (*Coastal Fellfield habitat*)

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* (Photo 49D et F). Dans les sites plus secs, la rosacée *Acaena magellanica* et la graminée *Festuca contracta* (espèce absente de Crozet) peuvent également être observées.

[2] - Le complexe de fell-field

Tel que décrit dans la section sur l'archipel Crozet, ce complexe se retrouve au niveau des plateaux exposés (d'altitude ou non) et des crêtes, dans des sites où l'action du vent et de certains caractères pédologiques comme la rétention en eau, l'instabilité du sol et l'érosion active de la surface du sol limitent le développement de la plupart des plantes vasculaires (Huntley, 1971). Comme sur l'île de la Possession, cet habitat est dominé par quelques rares plantes supérieures et des bryophytes en coussins et des lichens. Les roches nues, les blocs et cailloux, et les scories représentent une part importante du couvert des deux habitats qui composent ce complexe dans lequel les animaux et les embruns n'ont pas d'influence majeure, bien que certaines espèces d'oiseaux (pétrels) établissent des galeries dans l'habitat de fell-field xérique (2b).

(2a) l'habitat de fell-field mésique

Cet habitat ne présente pas de différences majeures avec celui décrit à Crozet. La végétation est 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 (Photo 50A), 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).

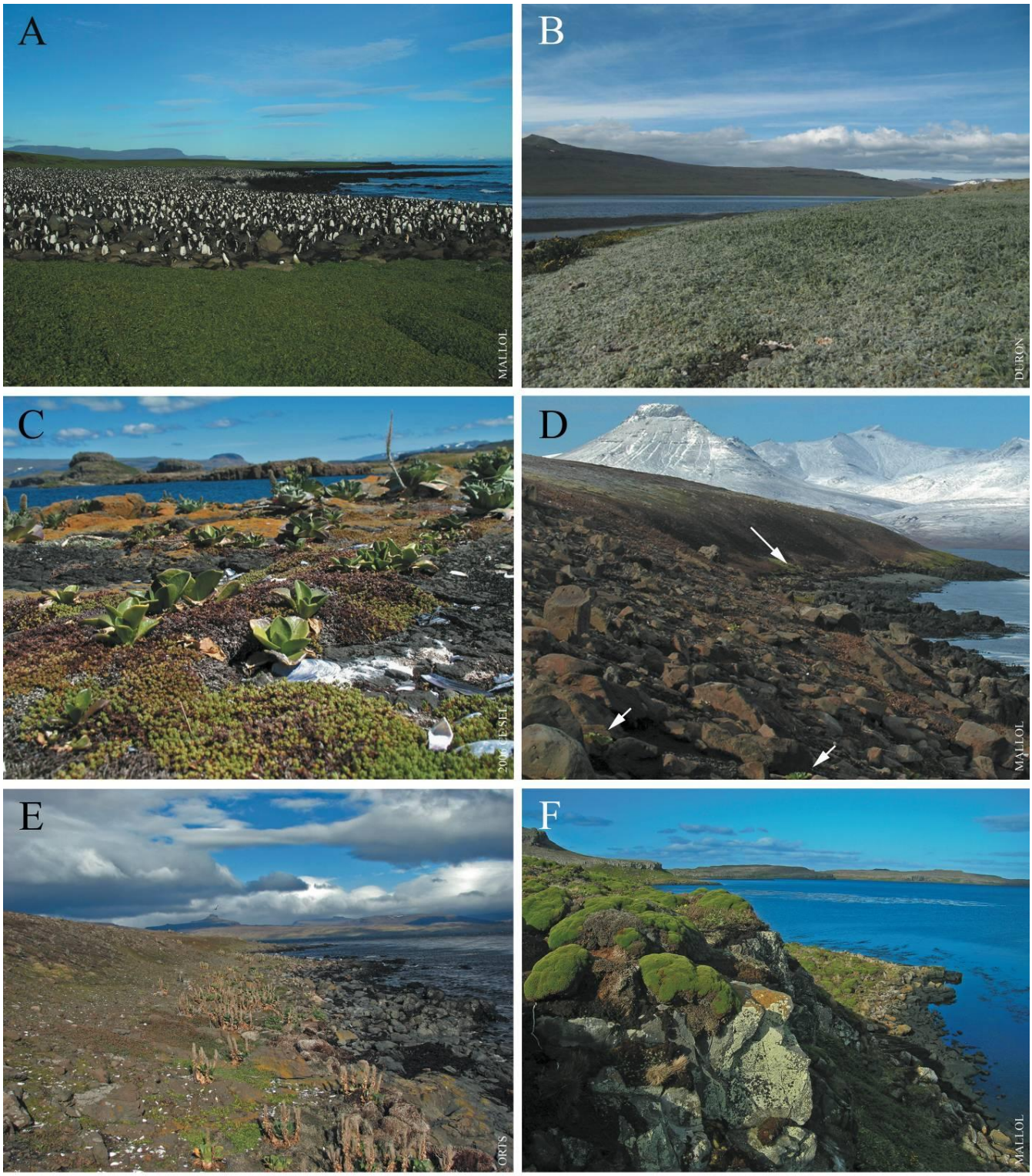


Photo 49 : Iles Kerguelen - Habitats côtiers soumis aux embruns

A-B. Habitat herbeux à *Leptinella plumosa* entourant une colonie de gorfous macaronis à Cap Cotter, au nord de la Péninsule Courbet (A) et sur l'île Verte (B).

C. Zone rocheuse colonisée par *Crassula moschata* en couvert dense, par des choux de Kerguelen *Pringlea antiscorbutica* et quelques lichens (couleur orangée en arrière plan), Île Guillou, Golfe du Morbihan.

D. Habitat côtier sec colonisé par quelques choux de Kerguelen (petites flèches blanche)s et des touffes d'azorelle (grande flèche blanche), Île aux cochons, Golfe du Morbihan.

E, Plage rocheuse de l'île Verte, dans le Golfe du Morbihan. Les choux de Kerguelen proviennent de la germination de graines arrivées par flottaison.

F. Littoral colonisé par les lichens et l'azorelle, sur l'île Australia, Golfe du Morbihan.

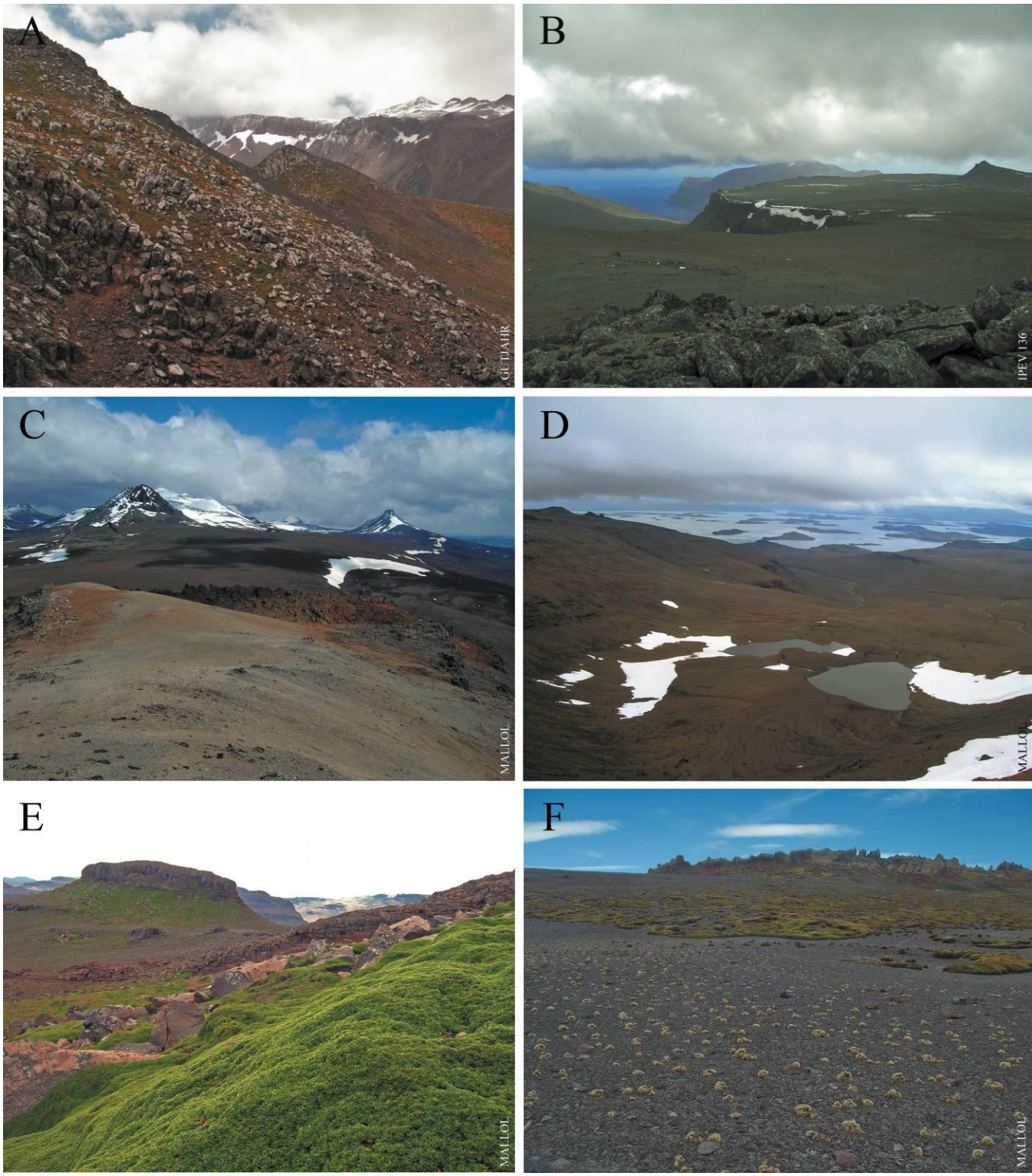


Photo 50 : Iles Kerguelen - Exemples de sites avec habitats appartenant au complexe de fell-field

A. Fell-field mésique composé de mousses, lichens et coussins d'azorelle, situé à quelques centaines de mètres des fumerolles de la côte ouest de la péninsule Rallier du Baty.

B-D. Fell-fields xériques colonisés principalement par des lichens et mousses (**B**) sur le Plateau du Vent, presqu'île Jeanne d'Arc, (**C**) au Mont des Fées, presqu'île Ronarch, et (**D**) sur le Mont Crozier ; au loin, les îles du Golfe du Morbihan.

E. Tapis d'azorelle (*Azorella selago*), île Haute, dans le Golfe du Morbihan.

F. *Poa kerguelensis* en petites touffes denses, au premier plan, et tapis d'azorelle, au second plan su le Mont des Fées.

(2b) l'habitat de fell-field xérique

C'est l'habitat typique des hautes altitudes et des milieux très exposés aux vents (Photo 50). C'est l'habitat possédant la plus faible richesse en plantes vasculaires et ses caractéristiques en font également le milieu où les plantes ont le plus de mal à se développer et se reproduire (cf. section Crozet). La végétation est dominée principalement par des lichens et des bryophytes en coussins. *Azorella selago* est présente sous forme de coussins de différentes tailles, mais aussi parfois en tapis continu (comme à Rallier du Baty par exemple, sur la côte ouest de la Grande Terre ou sur l'Ile Haute, Photo 50E), une formation très peu retrouvée de nos jours sur l'île de la Possession à Crozet mais fréquente dans les Iles Kerguelen. *Lyallia kerguelensis*, *Colobanthus kerguelensis* sont aussi parfois observées ainsi que la graminée *Poa kerguelensis* (absente de Crozet) sous forme de petites touffes isolées (Photo 50F). A basse altitude le chou de Kerguelen est mangé par les lapins dans la plupart des sites et il est de nos jours de plus en plus rare dans les zones où ces mammifères introduits sont présents. On le trouve toutefois sur la Grande Terre dans les zones d'altitude peu ou pas fréquentées par les lapins (au-dessus de 300-400 m, par exemple vers le Mont Crozier) et dans quelques rares localités de basse altitude (Pointe Guite) où, pour des raisons non encore élucidées, des peuplements se développent malgré la présence de lapins. Au niveau de la côte ouest de la péninsule Rallier du Baty, probablement colonisée récemment par les lapins (première observation par S. Gutjahr en 2007), les jeunes choux ont très souvent les feuilles broutées, mais comme le « cœur » n'est pas attaqué, les plantes peuvent malgré tout continuer leur croissance.

[3] - Le complexe des communautés herbeuses

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.

(3a) la communauté fermée en absence de lapin

En absence de lapin, par exemple sur l'Ile 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 antisorbutica, Acaena magellanica, Azorella selago* et *Festuca contracta* (Photo 52A-E). 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 19^{e} 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.

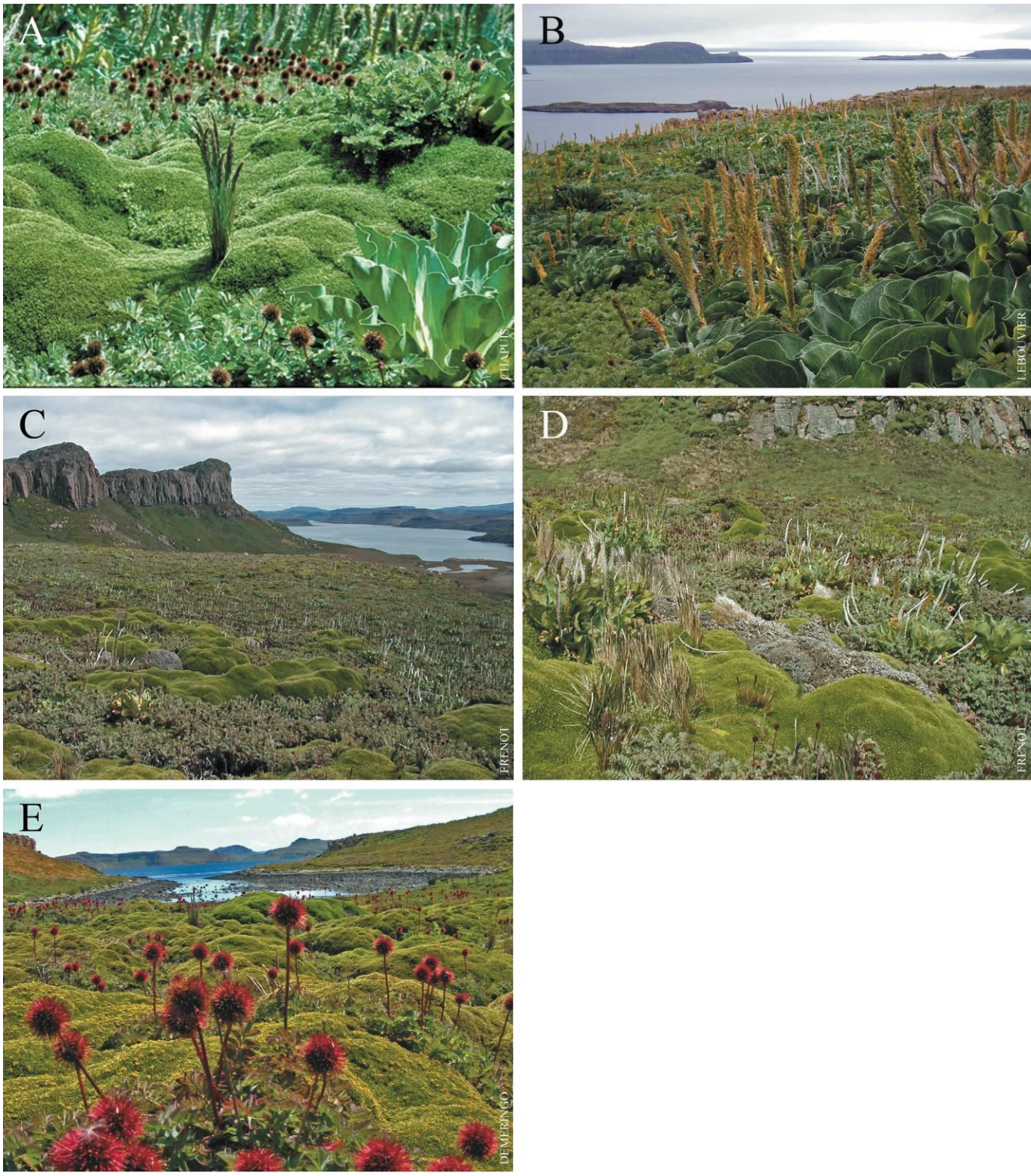


Photo 51 : Iles Kerguelen - Habitats appartenant à la communauté fermée en absence de lapins, ou « groupement primitif » (complexe des communautés herbeuses)

Cette communauté est caractérisée par la présence des espèces végétales subantarctiques typiques : le chou de Kerguelen *Pringlea antiscorbutica* (avec hampes florales sur la photographie **B**), la graminée *Festuca contracta* (en fleur au centre de la photographie **A**), *Acaena magellanica* (en fleur sur la photographie **E**) et *Azorella selago* en tapis (photographies **A** et **E**) ou en coussin (photographies **C** et **D**).

(3b) la communauté à *Acaena* ouverte

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* (Photo 52 A et B). 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'historique 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.

(3c) la communauté à *Acaena* fermée

Dans cette lande, l'*Acaena* est l'espèce dominante (Photo 52C), 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* 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*. »

(3d) la communauté à *Azorella*

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 - Photo 52D). Dans ce cas, c'est un milieu où le lapin peut trouver refuge en y creusant des galeries.

(3e) l'habitat de rives : *idem* habitat 3e décrit à Crozet

(3f) l'habitat de suintement : *idem* habitat 3f décrit pour Crozet



Photo 52 : Iles Kerguelen - Sites caractéristiques des autres communautés du complexe des communautés herbeuses

A-B. Communauté à *Acaena* ouverte, sur l'île Australia. Les deux photographies illustrent les différences de couverts des différentes espèces majoritaires en fonction du secteur.

C. Communauté à *Acaena* fermée, au Val Studer, dans l'ouest de la péninsule Courbet.

D. Communauté à *Azorella*. Plage du Feu de Joie, ouest de la péninsule Rallier du Baty.

E-F. Habitat de rives colonisé (E) par l'azorelle, le chou de Kerguelen et quelques lichens, au Val Studer, et (F) par des mousses et des algues sur les rochers émergeants au milieu de la rivière, sur le plateau du Crozier (Val Studer).

[4] Le complexe des prairies enrichies

Ce complexe (Photo 53) occupe majoritairement les rivages colonisés par les animaux. Il était autrefois très caractéristique du littoral des îles de l'archipel de Kerguelen, 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.

(4a) la prairie côtière à tussocks

Cet habitat presque exclusivement côtier et caractérisé par ses formes en grosses touffes (les tussocks) de *Poa cookii* est un des habitats les plus influencés par la présence d'animaux (cf. section sur Crozet). Les espèces principalement concernées sont les pétrels à terriers, les manchots, l'Albatros fuligineux mais aussi l'Albatros à sourcils noirs (qui est absent de Crozet), et parfois les mammifères marins.

(4b) la prairie intérieure à tussocks décrite pour Crozet n'a pas d'équivalent à Kerguelen

(4c) l'habitat à touradons

Similaire à l'habitat 4c décrit à Crozet, 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 exemplesà la Pointe du Morne (Photo 53B) et à la manchotière du Cap Ratmanoff, sur la côte Est (Photo 53D). 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 (Photo 53E).

[5] - Le complexe des pelouses enrichies

Les trois habitats de ce complexe, décrits pour Crozet sont également présents à Kerguelen.

(5a) pelouse à *Leptinella plumosa* (Photo 54A)

(5b) habitat boueux enrichi (Photo 54D et Photo 54E)

(5c) pelouse à *Poa annua* (Photo 54B et Photo 54C)

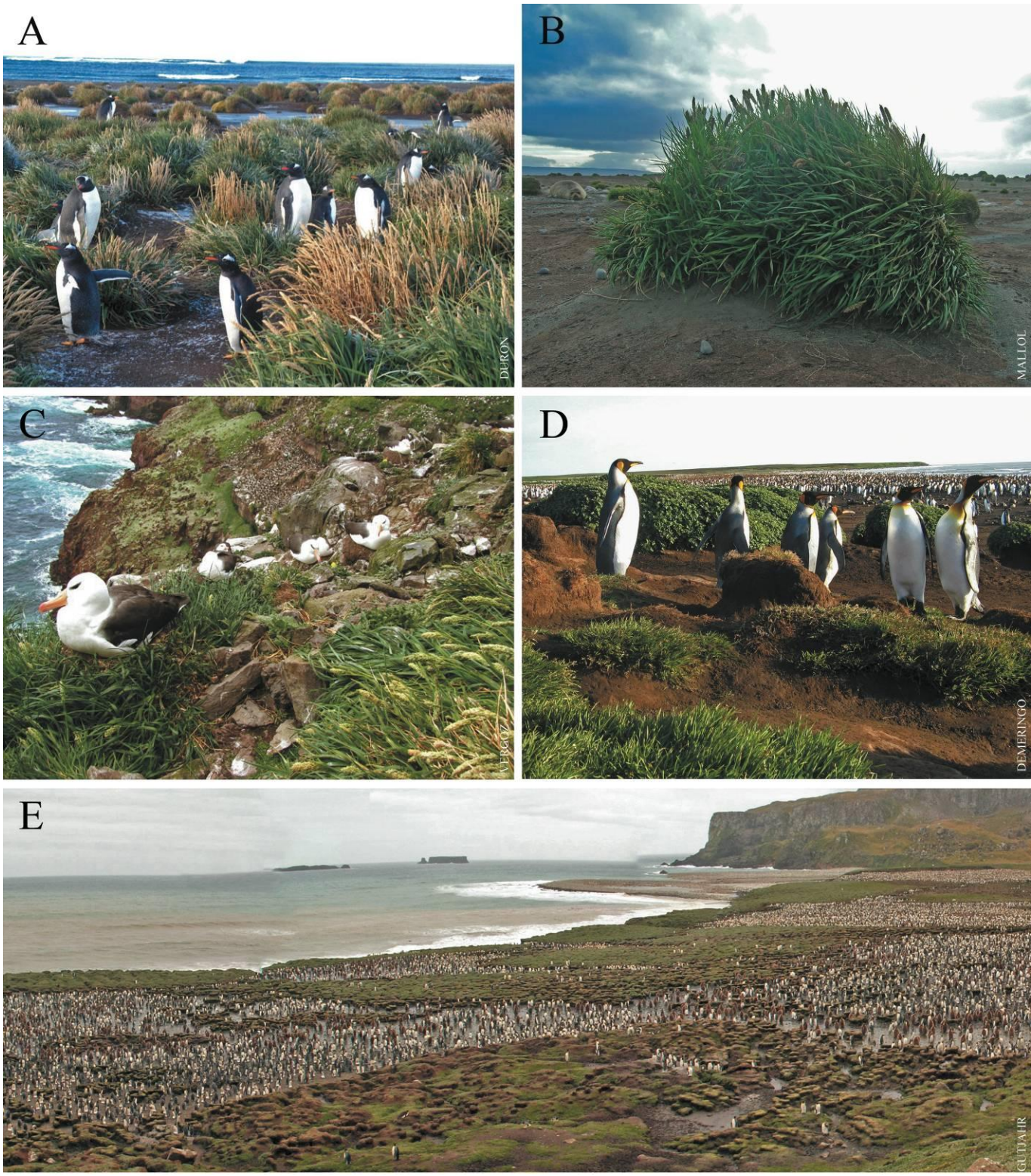


Photo 53 : Iles Kerguelen - Exemples de sites appartenant au complexe des prairies enrichies

A. Prairie côtière à tussocks habitée par des manchots papous, Pointe du Morne, au sud-est de la péninsule Courbet.

B. Habitat à touradons de *Poa cookii*, à la Pointe du Morne.

C. Habitat à tussocks colonisés par des nichées d'albatros à sourcils noirs, Cañon des Sourcils noirs.

D. Habitat à touradons de *Poa annua*, en bordure de la manchotière de Ratmanoff, sur la côte est de la péninsule Courbet.

E. Habitat à touradons de *Leptinella plumosa* (au premier plan) en bordure de la manchotière de la Plage du Feu de Joie, sur la côte ouest de la péninsule Rallier du Baty.

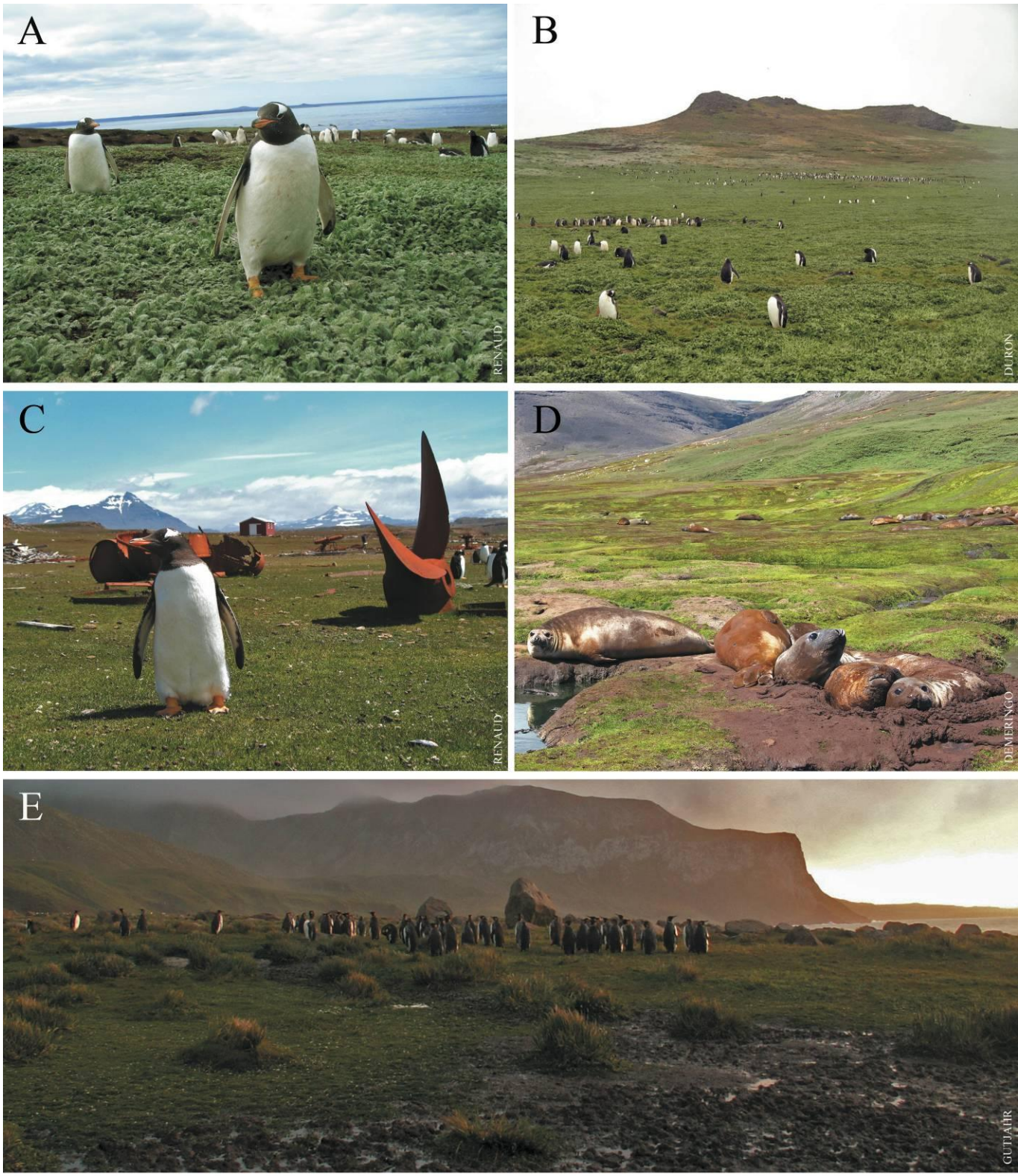


Photo 54 : Iles Kerguelen - Exemples de sites appartenant au complexe des pelouses enrichies

A-B. Pelouse à *Leptinella plumosa* colonisée par les manchots papous, Pointe Suzanne, sur la presqu'île du Prince de Galles.

B. Pelouse à *Poa annua*, en bordure de manchotière de Baie Américaine, sur la côte est de l'île.

C. Pelouse rase à *Poa annua* piétinnée par les manchots papous, site de l'ancienne station baleinière de Port-Jeanne d'Arc, au nord-ouest de la presqu'île Jeanne d'Arc.

D. Habitat boueux enrichi à *Poa annua*. Au premier plan, de jeunes éléphants de mer pendant la période de mue. Baie Charrier, au nord-ouest de la péninsule Courbet.

E. Habitat boueux enrichi colonisé par le manchot royal, non loin de la Plage du Feu de Joie, Péninsule Rallier du Baty.

[6] - Le complexe des milieux humides (tourbières)

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 »). Les quatres habitats du complexe des milieux humides décrits pour Crozet sont également présents à Kerguelen.

(**6a) milieu tourbeux sec**
(6b) milieu tourbeux mésique
(6c) milieu tourbeux humide
(6d) lignes de drainage

[7] - L'habitat à graminées introduites dominantes

Poa annua est parfois très abondant à proximité des installations humaines anciennes (Anse Betsy, Port Jeanne d'Arc, Port Couvreux, 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) ou actuellement (Longue) pour l'élevage du mouton, les graminées introduites (parfois semées volontairement pour améliorer les pâtures) sont nombreuses et abondantes. Quelques illustrations en sont données sur la Photo 55.

[8] - Le complexe des zones enneigées, englacées, et des bordures de glaciers

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 (Photo 56A). 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^2, 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^e siècle) font toutefois exception. Ces zones ne représentent de nos jours plus que 750 km^2, 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 (accéléré 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.



Photo 55 : Iles Kerguelen - Illustration de quelques sites appartenant à l'habitat à graminées introduites

A-B. Site de Port Couvreux, sur la presqu'île Bouquet de la Grye (nord du Plateau Central), où un élevage de moutons était présent au début du XXè siècle. Ce site est colonisé par de nombreuses graminées introduites (*Aira praecox*, *Festuca rubra* subsp. cf *commutata*, *Holcus mollis*, *Trisetum spicatum*).

C. Ile Australia. Cette île est indemne de lapins et moutons. Une prairie d'*Arrhenaterum elatius* est présente dans le sud de l'île, à proximité de la cabane utilisée par les scientifiques. Cette graminée a pu être introduite lors des visites depuis la base de Port aux Français où elle est présente, ou amenée par le vent depuis les îles voisines, Chateau et Longue, sites ancien et actuel d'élevage du mouton.

D. Troupeau de moutons sur l'île Longue, unique site d'élevage de moutons en 2009.

E. Île Longue. Cabane du berger et clôtures. Les graminées introduites sont abondantes dans ce secteur.

F. Ancienne station baleinière de Port-Jeanne d'Arc. L'importante activité des baleiniers au début du XX^{e} siècle s'est soldée par l'introduction de plusieurs plantes (eg *Agrostis capillaris*, *Poa annua*, *Poa pratensis*).

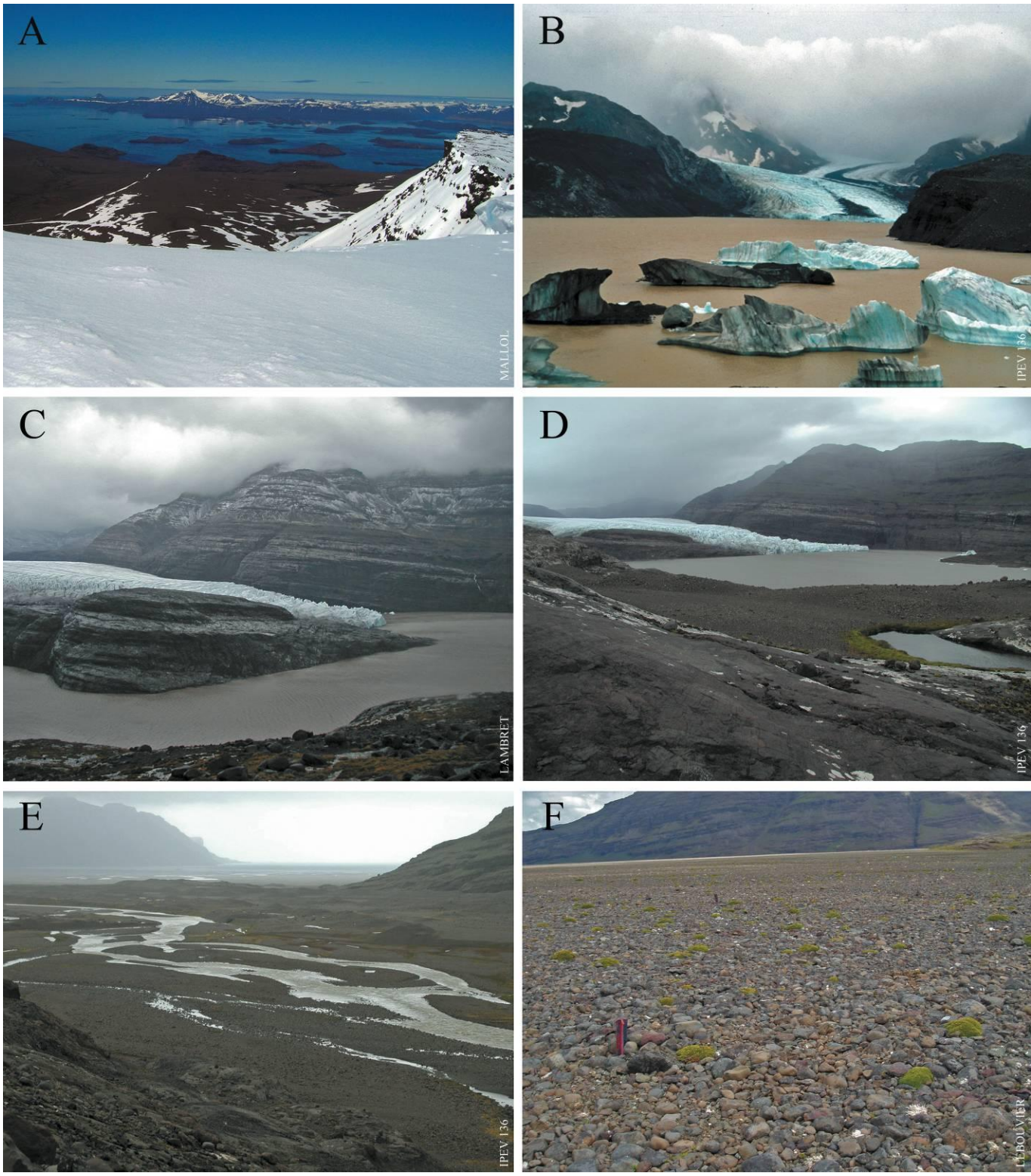


Photo 56 : Iles Kerguelen - Sites appartenant aux habitats enneigées, englacées et désenglacées

A. Golfe du Morbihan vu du Mont Werth. Au loin, les sommets enneigés du Mont Ross.
B. Glacier Arago, Péninsule Rallier du Baty.
C-D. Glacier Ampère, au sud de la calotte glacière Cook. Comme on peut le voir sur la photographie D, la végétation recolonise certaines zones depuis le retrait du glacier.
E. Plaine avec moraines en aval du glacier de la Diosaz, au nord de la plaine Ampère.
F*. Sandur de la plaine Ampère avec* Azorella selago.

2.3.7.1. Evaluation de la valeur patrimoniale des habitats naturels terrestres de Kerguelen

2.3.7.1.1. Evaluation de la valeur patrimoniale des habitats naturels terrestres

A Kerguelen, comme à Crozet et dans l'ensemble des îles subantarctiques en raison de leur origine océanique, de leur isolement extrême, de leurs caractéristiques géologiques, des contraintes climatiques (notamment vents forts et températures constamment basses), des habitats originaux se sont développés. Ils abritent une flore et une faune terrestres paucispécifiques qui présentent des adaptations originales et un endémisme prononcé dans certains groupes. Par ailleurs refuge essentiel pour des millions d'oiseaux et mammifères marins qui viennent à terre pour muer ou se reproduire, ces îles sont le siège d'interactions étroites entre le milieu marin et les écosystèmes terrestres.

2.3.7.2. Etat de conservation des habitats de Kerguelen

L'état de conservation des habitats est très variable d'un secteur à l'autre et d'une île à l'autre dans l'archipel Kerguelen, principalement en fonction de la présence ou non de vertébrés introduits (voir plus loin le chapitre sur les espèces introduites).

Une modification profonde des écosystèmes sur une large partie de l'archipel est lié à la présence du lapin, introduit en 1874. L'impact des rennes, présents dans toute la partie centrale de l'île principale, est également important. D'autres vertébrés introduits, par leur impact sur les peuplements d'oiseaux (chat, rat), sur les plantes et les invertébrés (souris) affectent aussi indirectement les habitats. Plus discrets les effets des plantes et invertébrés introduits peuvent néanmoins constituer une menace importante pour l'intégrité des habitats naturels (modifications du couvert végétal par les plantes introduites envahissantes, prédation sur les invertébrés autochtones avec conséquences sur le fonctionnement de l'écosystème,...). Comme sur l'Ile de la Possession à Crozet l'état de conservation des plantes et des invertébrés est lié à l'état de conservation des habitats avec deux facteurs essentiels en interaction et en cours d'évolution rapide : l'impact des espèces introduites (plus nombreuses et plus largement distribuées à Kerguelen qu'à Crozet) et l'impact les changements climatiques (en particulier les déficits hydriques enregistrés dans l'est de Kerguelen depuis le début des années 1990).

2.3.8. Les plantes et les invertébrés de Kerguelen

2.3.8.1. Description ddes plantes et des invertébrés de Kerguelen

Ainsi que nous l'avons déjà signalé dans la partie sur l'archipel Crozet, de nombreuses études ont été menées dans les îles subantarctiques françaises lors des grandes expéditions scientifiques de la deuxième moitié du XIXème siècle puis de façon plus intense depuis l'établissement des bases permanentes au milieu du XXème siècle et la mise en oeuvre de programmes scientifiques soutenus par la Mission de Recherche des TAAF puis par l'IFRTP et l'IPEV.

Il en résulte une connaissance approfondie de nombreux groupes taxonomiques, avec pour certains des suivis (populations, aires de répartition…) sur plusieurs décennies qui se prolongent actuellement au sein des programmes de l'IPEV et dans le cadre de la Zone Atelier CNRS de Recherches sur l'Environnement Antarctique et Subantarctique. Cependant, à Kerguelen comme à Crozet, certains groupes (lichens, fougères par exemple) mériteraient des observations complémentaires et une révision des listes que nous avons établies et que nous présentons en annexe IV.

En milieu terrestre on peut retenir deux caractéristiques essentielles de la flore et de la faune :

- un nombre peu élevé d'espèces autochtones, présentant des adaptations originales et un taux d'endémisme élevé (moindre à Kerguelen qu'à Crozet).

Lorsque ces îles furent découvertes, seules 22 espèces de spermaphytes poussaient à Kerguelen. Chez les insectes, on dénombrait seulement 6 espèces de diptères à Kerguelen alors que plus de 6500 espèces appartiennent à cet ordre dans l'hexagone. 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. Le lyallia (*Lyallia kerguelensis*), par exemple, est la seule plante supérieure strictement endémique de Kerguelen.

- un lien terre-mer très fort et des chaînes alimentaires simplifiées

Comme à Crozet les oiseaux et mammifères marins jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres de Kerguelen en les approvisionnant de quantités énormes de matières organiques (plumes, fientes, cadavres…) provenant de la mer. Chez les invertébrés, les décomposeurs sont donc largement dominants, en nombre d'espèces et en abondance, alors que d'autres maillons sont peu représentés : les prédateurs sont quasi absents et les herbivores réduits à quelques charançons (moins nombreux qu'à Crozet). Avant les introductions, volontaires ou involontaires, par l'homme, aucun mammifère terrestre n'était présent à Kerguelen.

2.3.8.1.1. Plantes terrestres

Les spermatophytes de Kerguelen, autochtones et introduites, sont bien connues (cf.annexe IV.20 et IV.21) et ont fait l'objet de nombreux travaux de biologie, écologie, écophysiologie, génétique (*e.g.* Hennion 1992, Hennion & Coudert 1993, Hennion *et al.* 1994 2006, Hennion & Walton 1997a 1997b, Frenot *et al.* 1999, Aubert *et al.* 1999a, 1999b, Hummel *et al.* 2002 2004a 2004b, Barillari *et al.* 2005, Schermann-Legionnet *et al.* 2007, Wagstaff & Hennion 2007...). A Kerguelen comme à Crozet, les arbres et arbustes sont absents de la flore d'origine. Le développement des plantes en hauteur est généralement limité et plusieurs espèces (*e.g. Azorella selago, Lyallia kerguelensis*...) présentent un port en coussin, efficace pour résister au vent et pour l'accumulation de l'énergie du soleil.

De même qu'à Crozet la connaissance des ptéridophytes et des lichens repose sur des études et publications anciennes et une actualisation est nécessaire pour tenir compte des changements survenus dans la systématique et la nomenclature de ces groupes et pour intégrer des observations récentes non publiées.

Comme pour l'île de la Possession, les mousses et hépatiques, très nombreuses, jouent un rôle important dans la plupart des habitats. Pour leur étude, le programme 136 du CNRS, collabore depuis 2006 avec R. Ochyra (Pologne). Nous présentons en annexe IV.23 et IV.24 des listes actualisées en 2008 par R. Ochyra qui mettent en évidence un nombre élevé d'espèces citées pour la première fois de Kerguelen, et la découverte d'espèces nouvelles pour la science. Ceci laisse augurer des progrès à venir encore dans la connaissance des bryophytes subantarctiques. Des échantillons issus de campagnes récentes sont en cours d'analyse et permettront d'actualiser ces listes d'espèces ainsi que les informations sur leur distribution, leur statut biogéographique et leur écologie.

2.3.8.1.2. Plantes et invertébrés 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. La faune aquatique est relativement pauvre et de faible taille. On y trouve (Thomas *et al.* 1981) surtout des entomostracés (copépodes, cladocères, ostra-codes benthiques et planctoniques) (Gay 1981, 1982), des annélides oligochètes, des vers nématodes, des rotifères (De Smet 2001), des tardigrades et les larves d'un petit diptère chironomide. D'autres organismes terrestres (coléoptères, lépidoptères, arachnides, gastéropodes) peuvent se trouver piégés dans les étendues d'eau

lors des variations de niveau ou entraînés dans les rivières par le vent ou par le ruissellement lors des pluies torrentielles. Ce réseau était originellement vide de toute population de poissons autochtones car certainement trop jeune et l'absence de communication proche n'a pas rendu possible un enrichissement naturel. Ces caractéristiques ont permis d'envisager l'introduction de salmonidés dont l'acclimatation a été réussie pour certaines des espèces (cf. partie « espèces introduites »).

2.3.8.2. Evaluation de la valeur patrimoniale des plantes et des invertébrés de Kerguelen

La valeur patrimoniale des plantes et invertébrés de Kerguelen est liée, pour de nombreuses espèces à leur endémisme strict (exemple ,*Lyallia kerguelensis*) ou à leur répartition biogéographique limitée (îles subantarctiques du sud de l'océan indien pour certaines, îles subantarctiques en général pour d'autres). Se reporter au tableau des espèces en annexe IV.20 à IV.27.

2.3.9. Les oiseaux de Kerguelen

2.3.9.1. Description des oiseaux de Kerguelen

Les oiseaux (36 espèces) se reproduisant à Kerguelen 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) (Weimerskirch et al. 1989).

Tableau 19 : Liste des espèces d'oiseaux se reproduisant à Kerguelen

Espèce	Kerguelen
Manchot royal	√
Manchot papou	√
Gorfou macaroni	√
Gorfou sauteur subantarctique	√
Gorfou de Schlegel	√
Grand albatros	√
Albatros à sourcils noirs	√
Albatros à tête grise	√
Albatros à bec jaune (Océan Indien)	√
Albatros fuligineux à dos sombre	√
Albatros fuligineux à dos clair	√
Pétrel géant antarctique	√
Pétrel géant subantarctique	√
Damier du Cap	√
Pétrel bleu	√
Prion de Belcher	√
Prion de la Désolation	√
Prion colombe	√
Pétrel noir	√
Pétrel de Kerguelen	√
Pétrel soyeux	√
Pétrel à tête blanche	√
Pétrel à menton blanc	√
Pétrel gris	√
Océanite à ventre noir	√
Océanite à croupion gris	√
Océanite de Wilson	√
Pétrel plongeur de Géorgie	√
Pétrel plongeur commun	√
Cormoran de Kerguelen	√
Canard d'Eaton	√
Skua subantarctique	√
Goéland dominicain	√
Sterne de Kerguelen	√
Sterne antarctique	√

2.3.9.2. Localisation des colonies

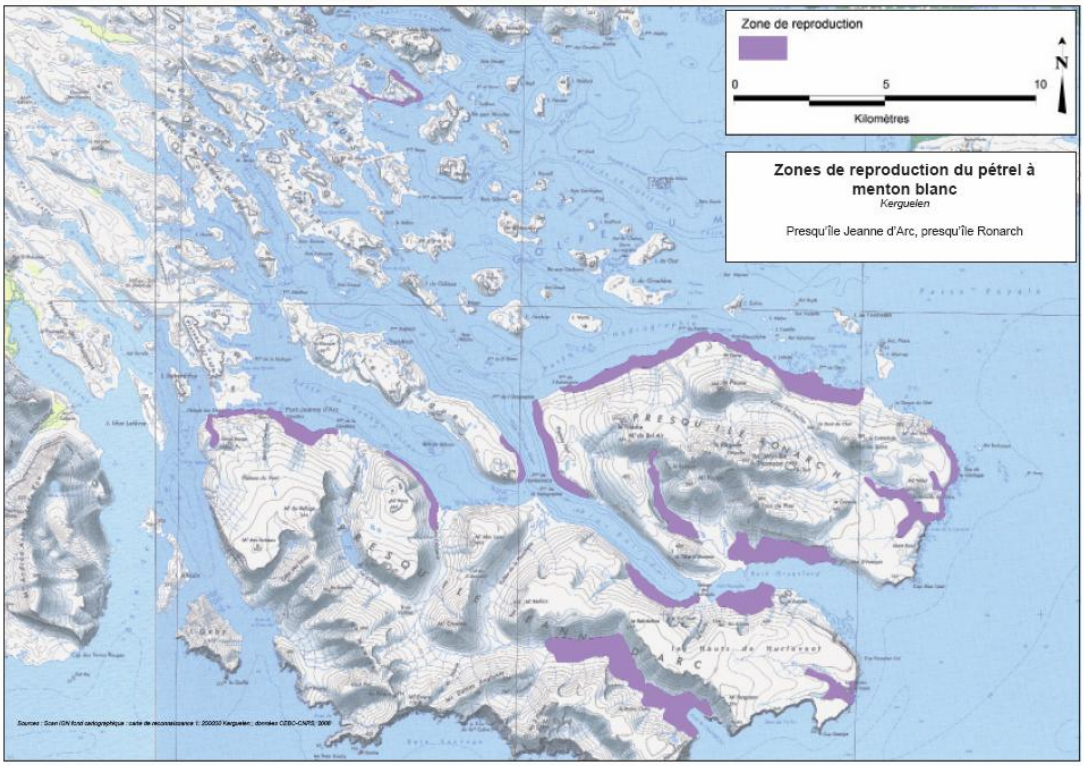
Comme pour l'archipel Crozet, la connaissance sur la localisation exacte des colonies d'oiseaux sur l'ensemble de l'archipel Kerguelen est inégale. Le secteur Nord Est et le Golfe du Morbihan sont prospectés régulièrement, la localisation y est donc plus précise que sur le reste de l'archipel. De la même manière que pour l'île de la Possession, l'enregistrement de la localisation des colonies dépend du type de reproduction des espèces d'oiseaux suivies (Cf. p°102 *Les oiseaux de Crozet*).

Actuellement, il n'existe aucune localisation précise de colonies sur les parties classées en réserve intégrale (Presqu'île de Rallier du Baty, l'île de l'Ouest, les îles nuageuses, Ile Foch….), si ce n'est pour les grandes espèces nichant en colonie, albatros et manchots (Weimerskirch et al. 1989).

Pour la partie prospectée régulièrement, les données sont disponibles pour quelques espèces uniquement (grand Albatros, albatros à sourcils noirs, manchot royal, manchot papou, Gorfous macaroni, pétrel à menton blanc, pétrel gris).

Pour les autres espèces aucune localisation n'est disponible. Il sera important dans les objectifs de conservation de combler cette lacune, pour les espèces où la localisation est réalisable.

2.3.9.2.1. Exemple de localisation de colonie d'une espèce à reproduction Hypogée : le pétrel à menton blanc.



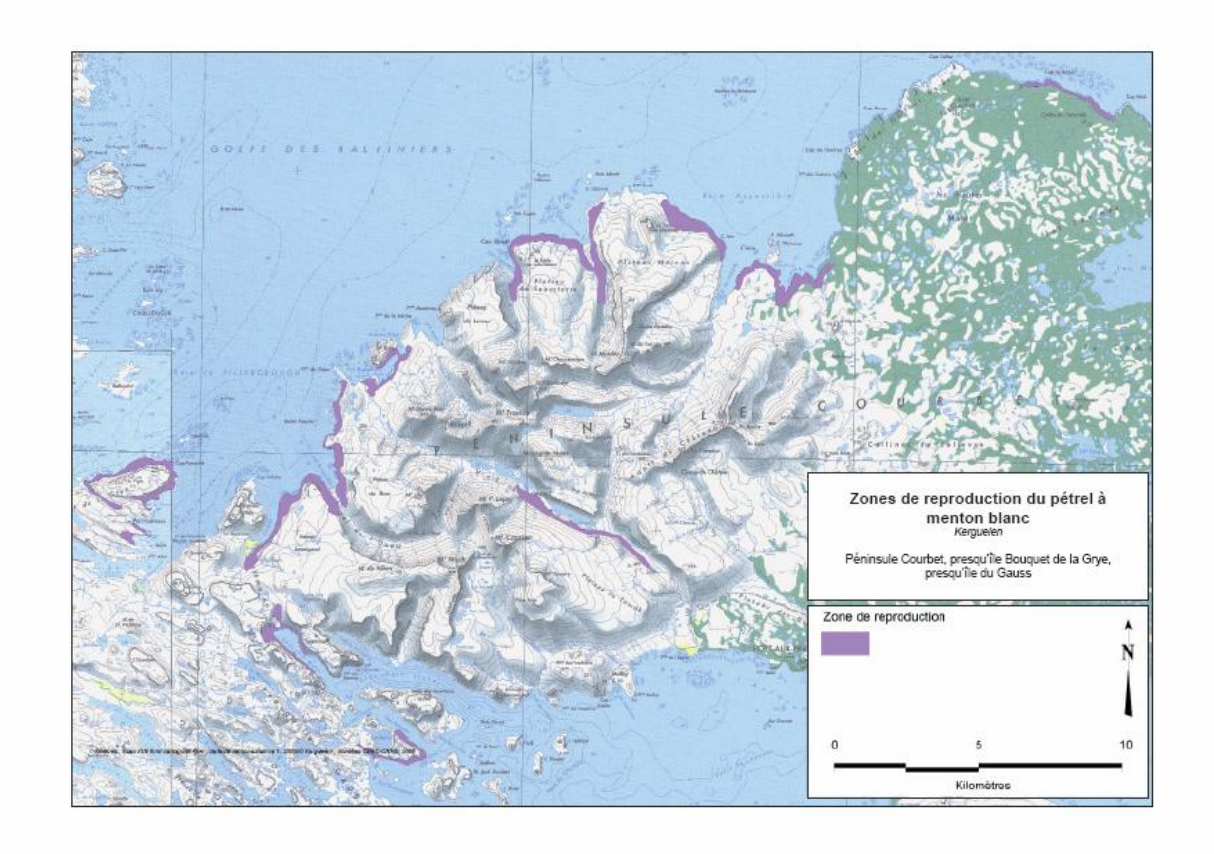


Figure 30 : Localisation du pétrel à menton blanc à Kerguelen

Secteurs en violet : localisation d'une espèce à nidification en terrier, diffuse et coloniale : le pétrel à menton blanc à Kerguelen

Vu la taille de l'archipel Kerguelen, la répartition des colonies de pétrels est quasi inexistante. La carte de répartition de pétrels à menton blanc présentée ci dessus provient d'une étude spécifique menée dans le cadre des programmes de conservation demandée par à la France par la CCAMLR. Cette étude fait suite au fort impact de la pêche sur cette espèce (Cf. p° 331, *La mortalité aviaire*).

2.3.9.3. Les différents types de suivis :

Les mêmes types de suivis menés sur l'ile de la Possession sont menés sur Kerguelen, à savoir :

- Dénombrement (Cf.p°105)
- Suivi démographique (tendance de la population) (Cf.p°108),
- Répartition spatiale (zone d'alimentation) (Cf. p110)

2.3.9.3.1. Les comptages complets et incomplets

Vu la taille de Kerguelen, seules quelques colonies sont dénombrées chaque année. Contrairement à l'île de la Possession, nous ne disposons pas pour Kerguelen, d'estimation de la taille de la population, exceptée pour le pétrel à menton blanc et pour le pétrel gris.

Tableau 20 : Liste des espèces d'oiseaux suivies annuellement par comptage complet sur Kerguelen dans le cadre du programme IPEV n°109 dans les TAAF

Espèces	Durée de l'étude	Années	Dénombrements

	Période		(Fréquence des comptages)
Manchot royal	62/63-08/09	46	5 ans
Gorfou macaroni	62/63-08/09	46	5 ans
Albatros hurleur	85/86-08/09	23	Annuelle
Albatros à sourcils noirs	78/79-08/09	30	Annuelle
Pétrel géant subantarctique	85/86-08/09	23	Annuelle
Cormoran de Kerguelen	94/95-08/09	14	Annuelle

Pour illustrer les dénombrements par technique « comptage incomplet » effectués sur l'archipel Kerguelen, nous avons pris l'exemple du pétrel à menton blanc, qui a été mené sur la période 2005/2006.

Le dénombrement de pétrels à menton blanc à Kerguelen par comptage incomplet a été mis en place en associant l'échantillonnage par distance de détection et par double observateur.

Ces deux approches d'échantillonnage peuvent être réalisées en complémentarité. L'échantillonnage consiste en un dénombrement de terriers détectés -entrées de terrier- depuis le transect (ou ligne) réalisé. L'échantillonnage par distance de détection (sur transects linéaires) est une méthode qui utilise la distance qui sépare un terrier du transect -corrigé par la visibilité (biais)- et permet d'estimer la probabilité de détection des terriers, ainsi qu'une densité corrigée.

Les quatre hypothèses de départ à l'utilisation de l'échantillonnage par distance de détection sont :

(1) les terriers présents sur le transect sont tous détectés,

(2) les terriers sont détectés à leur emplacement initial,

(3) les distances mesurées sont exactes,

(4) les détections successives sont des évènements indépendants.

Afin de vérifier l'hypothèse (1), tous les transects ont été effectués simultanément par deux observateurs marchant l'un derrière l'autre. Le premier observateur détecte les terriers depuis le transect en les indiquant au deuxième observateur. Celui-ci comptabilisant systématiquement tous les terriers présents dans une bande de 1m de part et d'autre du transect, manqués (non détectés) par le premier observateur. Aucun terrier n'a été détecté par le deuxième observateur, nous avons donc considéré l'hypothèse (1) comme respectée. Les terriers étant par définition immobiles, l'hypothèse (2) est vérifiée. Les distances mesurées ayant une précision de ± 1m. et les terriers étant détectés jusqu'à plusieurs dizaines de mètres, nous avons considéré l'hypothèse (3) vérifiée. Afin de satisfaire à l'hypothèse (4), lorsque les distances étaient mesurées en nombre de pas, les terriers supplémentaires détectés lors de la mesure des terriers initialement détectés depuis le transect (et non directement depuis le transect) n'ont pas été pris en compte.

Dans le Golfe du Morbihan, les transects linéaires réalisés consistaient en lignes parallèles espacées d'environ 200 m ainsi que des transects côtiers. Sur la Grande Terre, les transects linéaires consistaient en transects (plus ou moins en zigzag) espacés d'environ 200 m. Pour chaque transect réalisé, la distance horizontale perpendiculaire entre chaque entrée de terrier détectée et le transect a été mesurée (± 1 m). Les terriers de chaque côté du transect ont été considérés. Les tracés des transects ont été enregistrés à l'aide d'un GPS.

Pour estimer le nombre de couples reproducteurs, les terriers dénombrés ont été catégorisés comme suit:

1. vieux terrier n'accueillant plus de couple reproducteur depuis plusieurs années,

2. terrier détruit ou effondré,
3. terrier fréquenté, des indices de présences indiquant que des oiseaux sont venus prospecter,
4. terrier occupé : au moins un des partenaires a répondu à la « repasse » (voir ci-dessous),
5. terrier potentiellement favorable pour accueillir un couple reproducteur, mais sans indice de présence.

Nous avons distingué deux types de terriers : ceux utilisables par un couple reproducteur (catégories 3, 4, 5) et ceux anciennement utilisés (catégories 1, 2).

Les densités ont ensuite été calculées à l'aide du logiciel Distance 5.0 (Thomas et al. 2005).

Afin d'évaluer la fiabilité de l'échantillonnage par distance de détection pour estimer la densité de terriers, nous avons effectué sur une zone restreinte de 1.05 ha un dénombrement exhaustif du nombre de terriers par 4 observateurs espacés de 2 m, en parallèle d'un transect de 206 m.

D'autre part, ceci a été complété par l'estimation du taux d'occupation des terriers. La taille de l'entrée des terriers ainsi que la présence fréquente de flaques d'eau à l'entrée rendent les terriers de pétrels à menton blanc très identifiables (le risque de mauvaise identification étant négligeable).

Pour estimer l'occupation d'un terrier nous avons utilisé la technique de «repasse». Cette technique consiste à diffuser à l'entrée du terrier, à l'aide d'un magnétophone, l'enregistrement d'un chant de parade de pétrel à menton blanc (chant du mâle et chant de la femelle). Le(s) oiseau(x) présent(s) dans le terrier ainsi stimulé(s) réponde(nt) par des vocalisations qui confirment l'occupation du terrier. Pour des raisons de temps, lorsque les terriers étaient en forte concentration, la technique de repasse n'a pas été utilisée sur l'ensemble des terriers. Un taux moyen a alors été calculé à partir d'un échantillon, puis extrapolé à l'ensemble.

Afin de vérifier la présence -ou l'absence- des oiseaux dans les terriers, un burrow-scope (caméra infrarouge) a été utilisé. Cette caméra permet de valider l'occupation du terrier, mais apporte également des informations sur le statut reproducteur (oiseaux sur œuf, présence du couple…). Ce contrôle a été fait sur un échantillon de terriers sur différents secteurs afin d'obtenir un taux de réponse à la repasse par rapport à un taux réel d'occupation des terriers.

Sur la base des estimations de la probabilité de détection estimée avec les méthodes du double observateur et d'échantillonnage par distances de détection, nous avons estimé l'abondance de pétrels à menton blanc (en corrigeant par le taux d'occupation des terriers) en considérant les habitats potentiels (pentes avec de la végétation).

La population de l'archipel Kerguelen est estimée entre 175 000 et 226 000 couples. La population de pétrels à menton blanc est localisée de manière très hétérogène avec les densités les plus élevées observées dans la zone Nord-Ouest de la Péninsule Courbet, sur une étroite bande côtière. L'installation des colonies de pétrels à menton blanc suit la répartition de la végétation et notamment de la présence de *Cotula plumosa* et d'*Acaena magellanica*.

Tableau 21 : Résultat des principaux dénombrements sur Kerguelen

	Nombre annuel de couples reproducteurs
Espèces	**Ensemble de l'archipel (estimation)**
Pétrel à menton blanc	234 000 (186 000 – 297 000)
Pétrel gris	3 400 (1 900 – 5 600)

On niveau mondial, très peu d'estimations fiables sont disponibles sur cette espèce, cependant la population de pétrels à menton blanc de Kerguelen représente probablement une proportion importante des effectifs reproducteurs au niveau de l'Océan Indien (Del Hoyo et al. 1992, Cf. Figure 31 p°197).

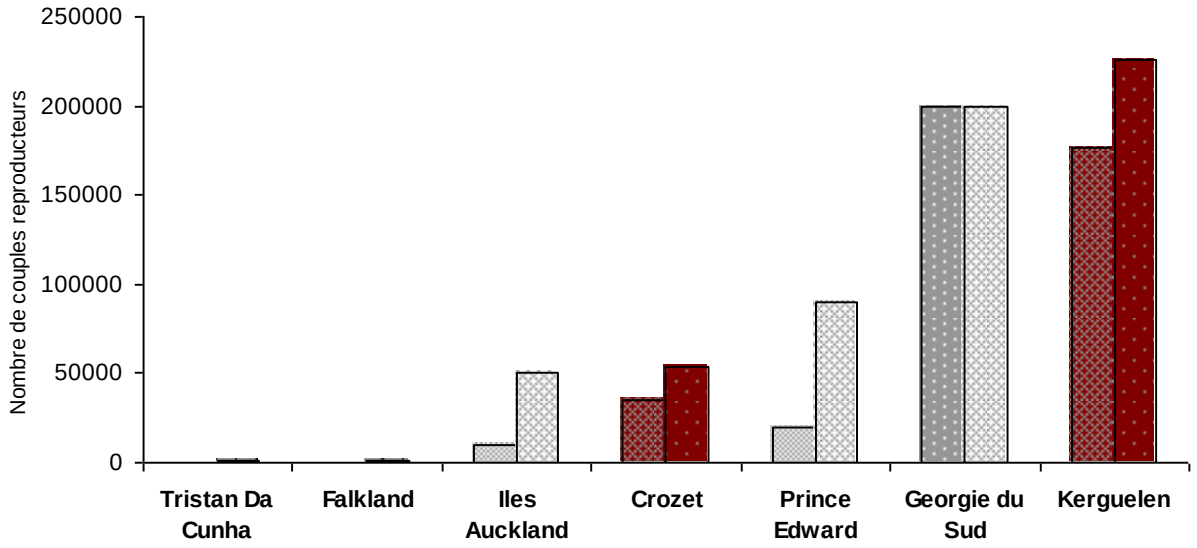


Figure 31 : Estimation des couples reproducteurs de pétrels à menton blanc dans l'ensemble de son aire de répartition

Pour chaque site, les estimations basses apparaissent dans la colonne de gauche, et les estimations hautes dans la colonne de droite. Les colonnes en marrons représentent les populations de Crozet et de Kerguelen d'après l'estimation de cette étude. Pour la Géorgie du Sud, il existe une grande part de variabilité dans cette estimation.

2.3.9.3.2. Suivi démographique (tendance des populations)

Comme pour Crozet les mêmes types de suivi démographiques par la technique du CMR sont mis en place sur Kerguelen.

Tableau 22 : liste des espèces faisant l'objet d'un suivi démographique à Kerguelen, dans le cadre du programme « 109 »

Espèces	Durée de l'étude Dates	Années	Mesure annuelle de paramètres démographiques oiseaux : nbre couples suivis / an	Nbre poussins bagués
Albatros hurleur	85/86-08/09	23		35-60
Albatros à sourcils noirs	78/79-08/09	30	180-240	120-190
Albatros fuli. dos clair	94/95-08/09	14	30-50	20-40
Pétrel géant subantarctique	85/86-08/09	23		20-30
Pétrel gris	1986-2009	23	30-35	10 à 25
Pétrel à tête blanche	85/86-08/09	23	30-35	10 à 25
Pétrel bleu	85/86-08/09	23	120-130	50-100
Prion de Belcher	85/86-08/09	23	140-150	60-120
Pétrel plongeur commun	85/86-08/09	23	30-35	15-30
Cormoran de Kerguelen	94/95-08/09	14	30-50	20-40
Skua subantarctique	90/91-08/09	18	50-55	30-50
Chionis	86/87-08/09	22	25-30	20-30

2.3.9.3.3. Zones d'alimentation

De la même manière que pour connaître les zones d'alimentation des oiseaux de l'île de la Possession, des suivis télémétriques sont pratiquées depuis plusieurs années sur un grand nombre d'espèces d'albatros et de pétrels nichant à Kerguelen.

Nous présentons dans cette section l'état actuel de nos connaissances concernant le grand albatros et le pétrel à menton blanc, espèces dont la distribution globale commence à être bien connue.

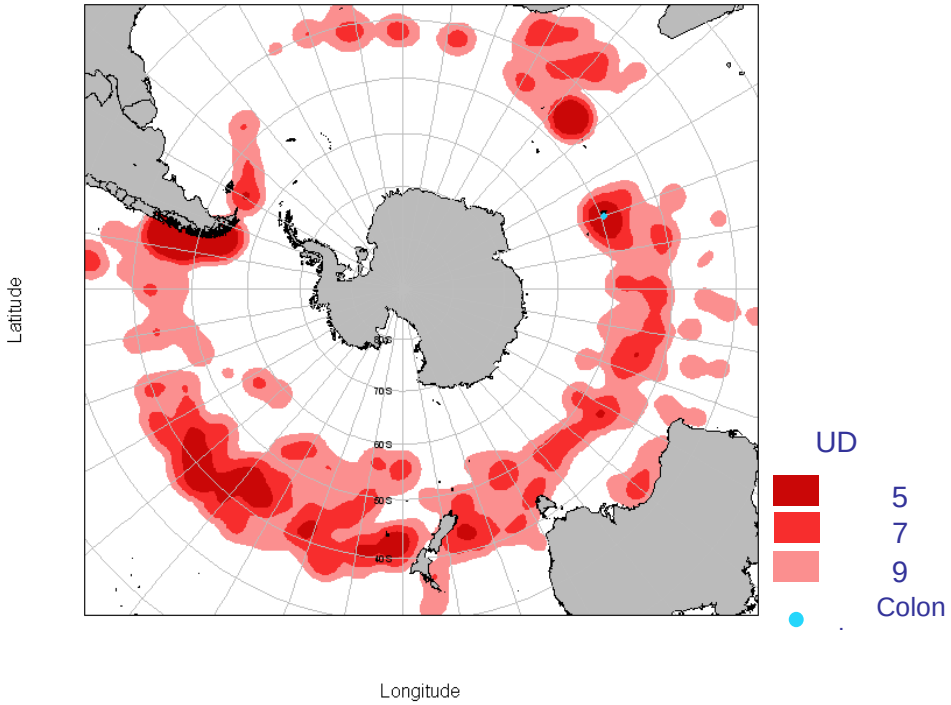
2.3.9.3.3.1. Exemple du suivi du grand albatros

Le grand albatros a été la première espèce marine suivie par des techniques télémétriques satellitaires (Jouventin & Weimerskirch 1989). Plus récemment, elle est également suivie par la technique de géolocalisation (Weimerskirch and Wilson 2000). Ainsi, c'est l'espèce pour laquelle nous possédons le plus d'informations sur la distribution en mer (adultes reproducteurs/non reproducteurs, immatures, juvéniles).

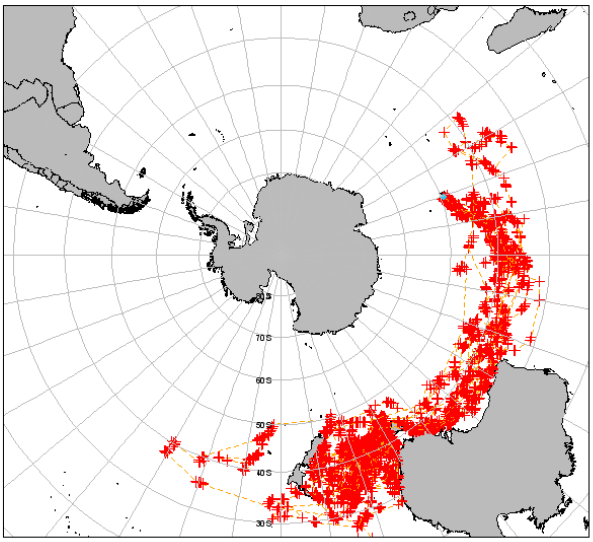
Nous présentons ici une partie de ces données uniquement afin d'illustrer les différences qui existent selon le stade, le statut ou le site de reproduction, et les implications qui en découlent en matière de conservation en mer. Nous ne présenterons pas de données concernant l'hivernage de cette espèce.

Les immatures de grand albatros de Kerguelen montrent un comportement radicalement différent. De manière inattendue, s'ils effectuent également une alternance de voyage en mer/séjour à terre pendant la période de reproduction, ils partent tous par la suite en migration circumpolaire (vers l'est) avant de revenir à Kerguelen (Cf. Carte 57 p°199). Au cours de cette migration les oiseaux vont exploiter différentes zones sur lesquelles ils vont séjourner plus ou moins longtemps : le Pacifique sud et plus particulièrement au large du Chili, mais également en mer de Tasman ou bien dans l'Atlantique sud.

Pour la première fois, nous avons pu montrer que les juvéniles (poussins de l'année) de grand albatros effectuent une migration circumpolaire complète dès leur première année après l'envol. Les poussins de grands albatros de Kerguelen semblent utiliser de façon plus intense que les immatures de Kerguelen (Cf. Carte 58 p°199) la mer de Tasman où ils séjournent en grande partie pendant leur première année en mer.



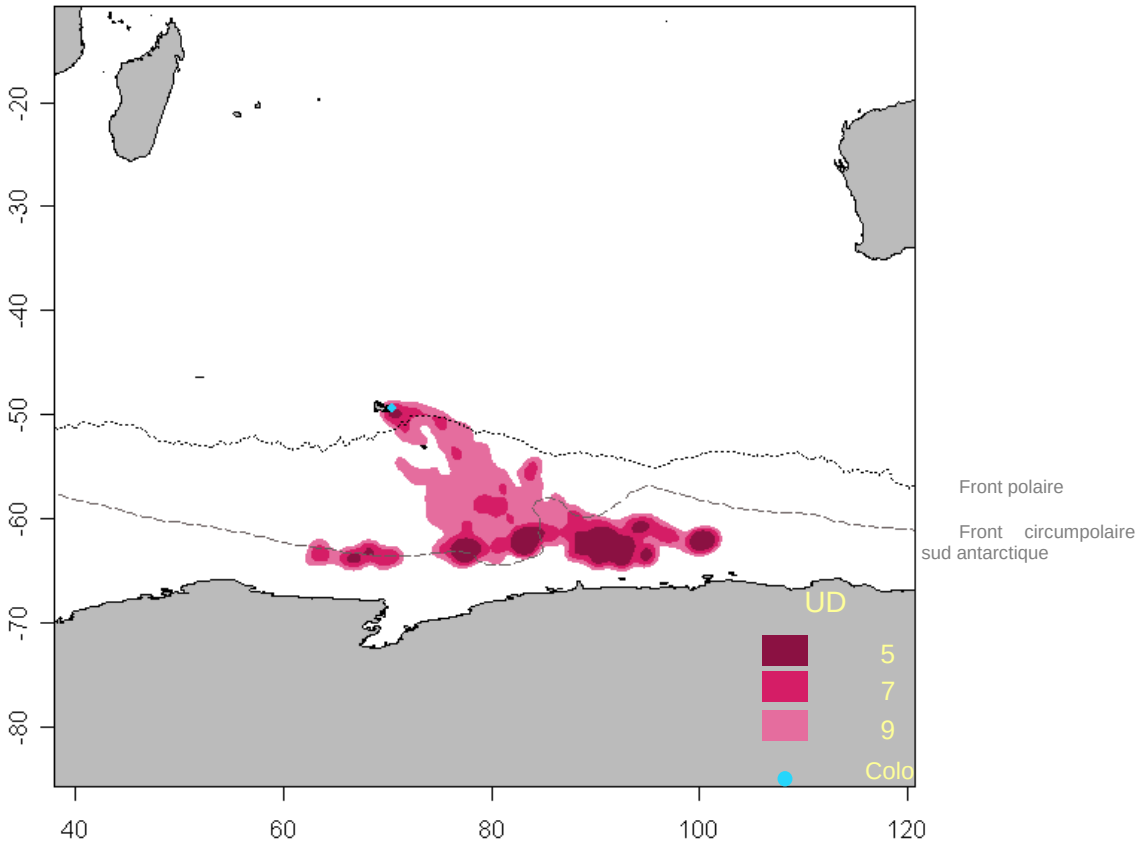
Carte 57 : Carte des distributions d'utilisation (UDs ; de janvier à juillet 2008) d'immatures de grands albatros de Kerguelen, Péninsule Courbet (2 mâles & 2 femelles)
Carte établie à partir de données CEBC-CNRS non publiées.



Carte 58 : Carte des localisations (de novembre 2007 à juillet 2008) de poussins de grands albatros de Kerguelen, Péninsule Courbet (10 individus)
Carte établie à partir de données CEBC-CNRS non publiées.

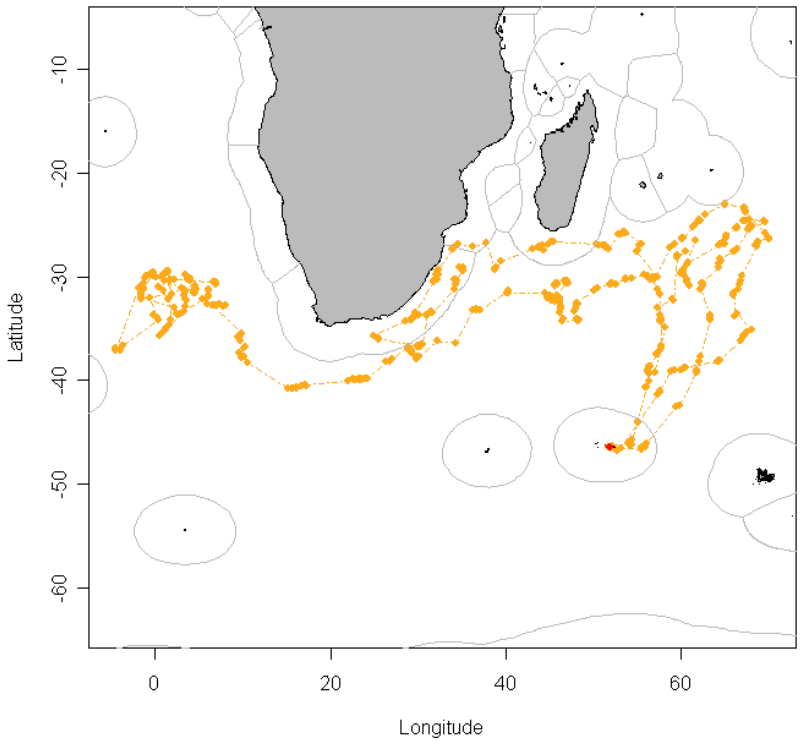
2.3.9.3.3.2. Exemple du suivi du pétrel à menton blanc

Les pétrels à menton se reproduisant à Kerguelen utilisent pendant la reproduction (ici l'incubation) principalement des eaux antarctiques, très distantes de la colonie, au sud de l'île (Cf. Carte 59 p°200 ; voir fiche ACAP – pétrel à menton blanc).



Carte 59 : Carte des distributions d'utilisation (UDs ; de janvier à juillet 2008) de pétrels à menton blanc reproducteurs de Kerguelen, Canyon des Sourcils Noirs (7 individus ; de décembre 2008 à janvier 2008)
Carte établie à partir de données CEBC-CNRS non publiées.

D'autre part, nous avons suivi la migration post-envol des poussins de pétrels à menton blanc de Crozet (île de la Possession) à partir de balises Argos. Ceci nous a permis de mettre en évidence que les juvéniles, lors de leur première année, prennent la même direction que les adultes vers leurs zones d'hivernage dans le courant du Benguela ; les juvéniles cependant restent au large de cette zone, dans l'Atlantique.



Carte 60 : Carte des localisations (d'avril à juin 2008) de poussins de pétrels à menton blanc de Crozet, île de la Possession (4 individus)
Carte établie à partir de données CEBC-CNRS non publiées.

Cette espèce paraît donc utiliser une large zone pélagique tout au cours de son cycle annuel (reproduction-hivernage), que ce soit pour les populations de Crozet ou de Kerguelen, allant de l'Antarctique au système du courant du Benguela. Ce résultat montre combien il est complexe de conserver efficacement de telles espèces, victimes d'une mortalité accidentelle importante par les multiples pêcheries rencontrées sur les différentes zones pélagiques utilisées.

2.3.9.4. Evaluation de la valeur patrimoniale des oiseaux de Kerguelen

Comme pour les oiseaux de l'archipel Crozet, la valeur patrimoniale des oiseaux de Kerguelen est définit à partir de 5 grands critères (Cf. 113).

1. Les espèces endémiques à certaines îles (qui abritent ainsi 100% de la population mondiale pour l'espèce) et les espèces pour lesquelles les sites hébergent une très grande proportion de la population mondiale -ou régionale-:
2. Les espèces représentant une biomasse importante de l'écosystème
3. Les espèces affectées par les changements globaux (climat & anthropique)
4. Les espèces anciennement exploitées
5. Les espèces difficiles à dénombrer et/ou non dénombrées

Tableau 23 : Espèces d'oiseaux de Kerguelen dont les suivis (notamment les dénombrements) sont à maintenir et/ou actualiser

espèces	patrimonial	UICN	biomasse	affectées	anciennement exploitées
Manchot royal		LC	√		√
Manchot		NT	√		

papou					
Gorfou macaroni		Vu	√		
Gorfou sauteur subantarctique		Vu	√		
Grand albatros		Vu		√	
Albatros à sourcils noirs		EN		√	
Albatros à tête grise		Vu		√	
Albatros à bec jaune de l'Océan Indien		EN		√	
Albatros fuligineux à dos sombre		EN		√	
Albatros fuligineux à dos clair		NT		√	
Pétrel géant antarctique		NT		√	
Pétrel géant subantarctique		NT		√	
Pétrel à menton blanc		Vu		√	
Pétrel gris		NT		√	
Pétrel bleu		LC		√	
Canard d'Eaton	√	Vu			
Cormoran de Kerguelen	√	LC			
Sterne subantarctique	√	NT			
Chionis	√	LC			

Statut de conservation Liste Rouge - UICN : LC – Préoccupation mineure, NT - Quasi menacé, Vu - Vulnérable, EN - En danger, CR - En danger critique d'extinction

IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **28 May 2009**.

Les suivis, notamment les dénombrements sont à actualiser de façon prioritaire selon quatre critères : statut patrimonial, importante biomasse, affectées par différentes menaces, anciennement exploitées

2.3.9.5. Etat de conservation des oiseaux de Kerguelen

Nous présenterons dans cette section les espèces pour lesquelles nous avons des dénombrements à long terme qui nous permettent d'analyser leurs tendances. Ces tendances sont résumées dans le Tableau 24.

Tableau 24 : Tendances des populations de 9 espèces d'oiseaux se reproduisant à Kerguelen

Espèces	Statut UICN	Sites	Tendance
Manchot papou	Quasi menacée	Kerguelen*	
Gorfou macaroni	Vulnérable	Kerguelen*	
Gorfou sauteur subantarctique	Vulnérable	Kerguelen*	
Grand albatros	Vulnérable	Kerguelen*	
Albatros fuligineux à dos clair	Quasi menacée	Kerguelen	
Albatros à sourcils noirs	En Danger	Kerguelen*	
Pétrel géant subantarctique	Quasi menacée	Kerguelen	
Pétrel à menton blanc	Vulnérable	Kerguelen	
Pétrel gris	Quasi menacée	Kerguelen*	

* sites pour lesquels les tendances de population sont mentionnées

Sur l'ensemble des espèces de Kerguelen, nous constatons que la grande majorité des espèces pour lesquelles nous disposons des informations (nbre d'espèces par rapport au nombre d'espèces totales présentes sur l'archipel) nous permettant de calculer des tendances à long terme ont un statut de conservation préoccupant (9/9), que ce sont toutes des oiseaux marins, et que la plupart d'entre elles sont en déclin (6/9).

Pour les autres espèces, aucun suivi démographie n'est mis en place à ce jour.

2.4. Réserve marine de Crozet et Kerguelen

2.4.1. Présentation du contexte globale de la réserve marine

2.4.1.1. Caractéristiques physiques de la réserve marine

Tableau 25 : Surfaces des ZEE et réserve marine à Crozet et Kerguelen

	Surface de la ZEE (km²) (source www.extraplac.fr)	Surface de la Réserve marine (km²)	% ZEE en réserve
Kerguelen	575000	4971	0,86%
Crozet	560000	6757	1,21%
Total	**1135000**	**11728**	1,03%

2.4.1.2. Les zones marines péri-insulaires

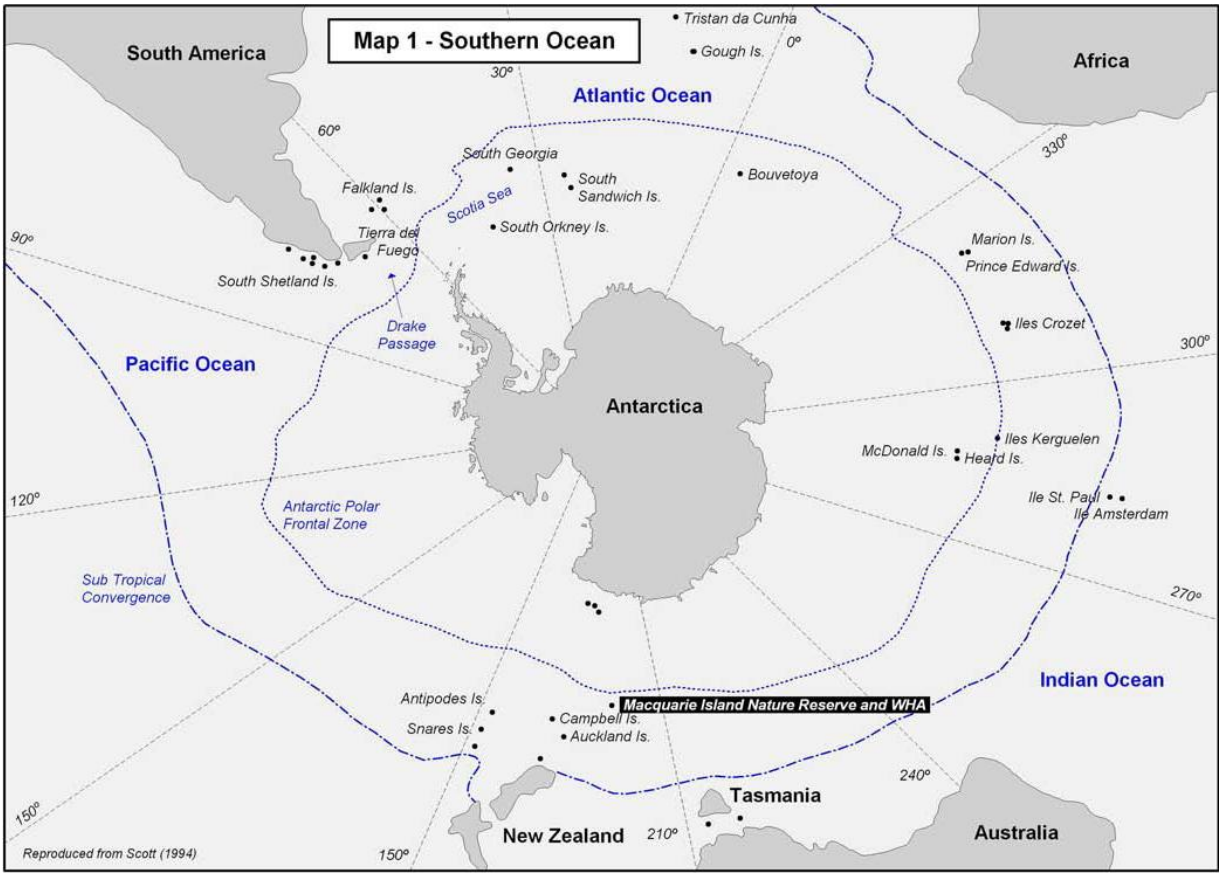
(Source: DUHAMEL et al. 2005 « poissons des îles Kerguelen et Crozet »)

La ligne de côte est le plus souvent rocheuse et peu accessible (toutes les îles Crozet) avec des falaises parfois impressionnantes, hautes de 600 voire 800 m (cap Marigny, baie de l'A Pic... à

Kerguelen), mais il peut exister de longues plages de sable noir basaltique (plage de Ratmanoff à Kerguelen) ou, le plus souvent, de petites plages de galets. À Kerguelen des îles s'en détachent très nettement: îles Nuageuses et îlot du Rendez-vous au nord; îles Leygues (avec ses très dangereux récifs environnants) au nord-ouest; îles Boynes, rocher du Salamanca au sud et surtout l'îlot Solitaire situé au sud-ouest à plus de 35 milles (65 km) de la côte, sous forme d'un guyot émergeant de fonds de 500 m. À Kerguelen la zone littorale des îles est très découpée et présente de longs fjords protégés sur la façade est (fjords Bossière, baie du Laissez-Porter, baie du Français...) et au sud (fjord des Portes-Noires, fjord Larose) ainsi qu'un bassin à seuil (golfe du Morbihan).

L'étendue des plateaux péri-insulaires (de la côte à l'isobathe des 500 m) représente environ 14 960 km^2 autour de Crozet et 100495 km^2 pour Kerguelen (Duhamel 1987). C'est ainsi presque un facteur sept qui différencie ces deux secteurs. Le plateau de Crozet est isolé au sein de l'océan Austral avec les îles Marion et Prince-Edward (Afrique du Sud), les plus proches à l'ouest (environ 505 milles soit 940 km) mais qui ne possèdent pas de plateau péri-insulaire. Avec ses prolongements et ses bancs adjacents, le plateau entourant les îles Kerguelen forme, quant à lui, un ensemble avec celui des îles Heard et Mac Donald (Australie), situées au sud-est à environ 225 milles (415km), constituant ce qu'on appelle le plateau de Kerguelen orienté nord-ouest-sud-est sur plus de 1000 km (600milles). 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 ainsi le plus vaste plateau péri-antarctique. Il est important de retenir que le plateau de Kerguelen, 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.

Ainsi les deux plateaux péri-insulaires, s'ils diffèrent par leur étendue, délimitent une vaste zone sous-marine descendant doucement jusque vers 250m avant que n'apparaissent les pentes accores qui mènent à des profondeurs d'environ 1500m. Par la suite les plaines abyssales s'étendent sur de grandes superficies. Des profondeurs de plus de 4500m sont notées à l'extrême sud-ouest de la zone économique exclusive (ZEE) de Kerguelen et des profondeurs de plus de 4000m ceinturent la zone de Crozet du nord-est au sud-ouest par l'ouest. Quelques bancs, isolés de ces plateaux par des profondeurs de plus de 1000 m, se trouvent situés au sud de l'île de l'Est à Crozet et à l'ouest des îles Kerguelen (bancs nommé "Skif" par les russes mais aussi "Leclaire Rise" sur la carte française du SHOM n°7604 publiée en 2001). Enfin, il est noté au sein du plateau de Kerguelen, une fosse entre les îles Kerguelen et Heard de profondeur moyenne de 500m. La partie septentrionale du plateau de Heard est bordée par une série de bancs portant les noms suivants, d'ouest en est: "Pike" ("Chiuchia" pour les russes), "Discovery" ("Zapadnaia" pour les russes) et "Aurora" d'après la carte australienne de l'AUSLIG publiée en 1995.



2.4.1.3. Définition des étagements sous marins

Selon l'intervalle bathymétrique qu'ils fréquentent, les organismes marins sont soumis à des conditions de vie différentes (lumière, pression, etc...). Les poissons n'échappent pas à cette règle, suivant qu'ils se trouvent sur le fond (benthiques), au-dessus (démersaux) ou encore en pleine eau (pélagiques). Par souci de standardisation les domaines fréquentés répondent à des dénominations largement admises et se décomposent comme suit :

Domaine océanique :

-épipélagique: surface à 100/200m de profondeur,
-mésopélagique: 100/200 à 1000m,
-bathypélagique: 1000 à 4000 m (au-delà abysso-pélagique).

Domaine benthique et démersal:

-littoral avec ses étagements (supra-, médio-, infra- et circa-littoral) et côtier (frange s'étendant de la côte au début du plateau),
-du large ou hauturier:
·plateau jusqu'à 200m,
·pente 200 à 2000m,
·bathyal 2000 à 4 000m et au-delà abyssal.
(Duhamel 2005)

Au niveau de la réserve ne sont concernés que les domaines littoraux et côtiers, voire celui épipélagique.

2.4.1.4. Situation hydrologique : masses d'eau, fronts verticaux et horizontaux

L'océan Austral est le quatrième océan mondial, il représente quelque 20% de la superficie océanique totale. De la forme annulaire, c'est le seul océan ouvert. Ses limites sont définies au nord par la convergence subtropicale et au sud par le continent antarctique lui-même. Cet océan est soumis à un régime continu de vents violents d'ouest (dépressions circum-antarctiques), particulièrement au niveau de Kerguelen et Crozet situés entre les 40emes rugissants et les 50emes mugissants.

Le schéma hydrologique de cette région océanique peut être représenté par un bloc diagramme figurant en trois dimensions les grandes masses d'eau, leurs composantes directionnelles latitudinales et longitudinales ainsi que les divers fronts hydrologiques reconnus (Cf. Tableau 26 p°207)

Les principales masses d'eau rencontrées sont, du fond vers la surface :

-Eau antarctique de fond (EAF) très froide (0°C) à salinité forte (34,7‰ environ) à composante sud-nord à des profondeurs supérieures à 3 000m.

-Eau circumpolaire profonde (ECP), la plus importante en épaisseur donc en volume et à teneur en O2 minimum (4 à 4,1 ml/1), à température légèrement supérieure à 2°C et à composante nord-sud.

-Eau antarctique intermédiaire (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 superficielle (34,3 à 34,4‰).

-Eau subantarctique superficielle (ESAS) au nord du front polaire qui occupe l'intervalle bathymétrique 0-200 m jusqu'au front subtropical où elle est alors remplacée par l'eau centrale de l'océan Indien (ECOI) de salinité et température plus élevées.

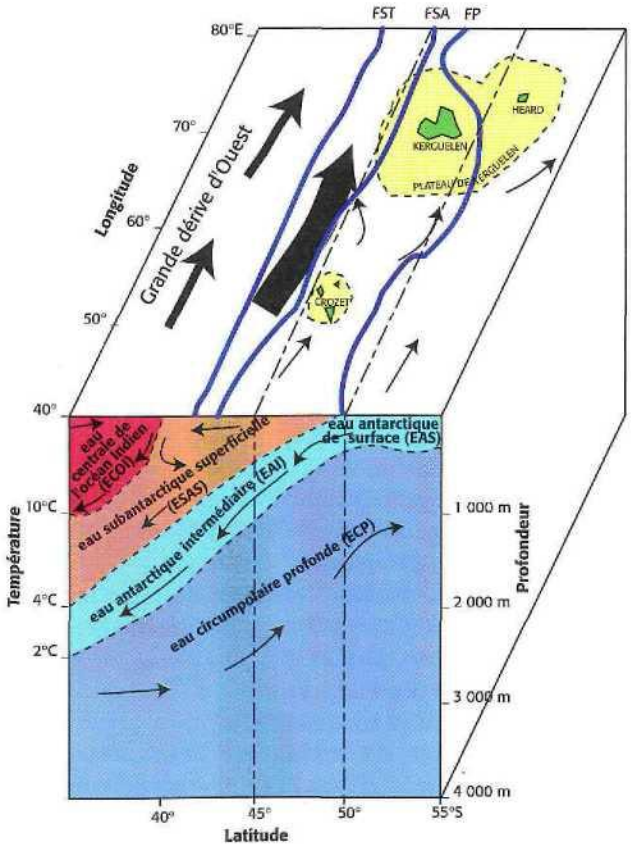


Tableau 26 : bloc diagramme des masses d'eaux et fronts hydrologiques présents au niveau des îles Crozet et Kerguelen

(FST front subtropical, FSA front subantarctique, FP front polaire). (FST subtropical front, FSA subantarctic front, FP polar front).

À ce schéma d'ensemble il ne faut pas oublier l'importance de la grande dérive des vents d'ouest, 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 du plateau au nord de Kerguelen. Des mélanges très importants entre différentes masses d'eau, dus à des tourbillons cycloniques, sont à noter en zone subantarctique.

Enfin une série de fronts bien marqués est recensée latitudinalement (Park et al 1991, 1993) (Cf. Tableau 27 p°208). Ils sont individualisés, pour la plupart, par des variations importantes de température de l'eau superficielle.

On reconnaît ainsi (Lutjeharms & Valentine 1984) :

-Le front subtropical (FST) qui est situé vers 42°S au nord du plateau des îles Crozet pour descendre vers 43°S au nord du plateau de Kerguelen. Il se caractérise par une température moyenne de 14,2°C et fait chuter les températures superficielles de 17,9 à 10,6 °C.

-Le front subantarctique (FSA) lui fait suite et borde littéralement les deux plateaux vers 44°S à Crozet et 46°S à Kerguelen. Les températures baissent alors de 9,0 à 5,1 °C (moyenne du front 7°C).

-Le front polaire (FP) qui est bien au sud de Crozet. Il passe vers 50° S et longe le plateau péri-insulaire des îles Kerguelen clans sa partie sud pour s'infléchir vers le nord sur son flanc est (vers 72° E en remontant jusque 48° S) et reprend un trajet latitudinal plus à l'est. La température de surface moyenne de ce front est de 3,4°C et se reconnaît entre 4,1 et 2,5 °C. Sa définition géographique, moins évidente que celle des deux précédents, se définit par la présence la plus septentrionale de l'isotherme 2°C à 200m de profondeur. 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.

On doit noter un resserrement très marqué des FST et FSA au niveau de Crozet et Kerguelen, conduisant à l'individualisation d'une "zone frontale", siège de 98% du flux circumpolaire dans cette

région, ne permettant pas d'individualiser la région subantarctique. Son origine serait liée à la topographie en amont des îles Crozet (Gamberoni et al. 1982). La partie indienne de l'océan Austral est donc une région particulièrement complexe où il y a le plus d'interactions et la séparation la moins claire entre les eaux antarctiques et subantarctiques (Deacon 1983).

Enfin, l'influence saisonnière n'est pas négligeable pour les eaux superficielles. En été, une thermocline bien marquée en sub-surface est mise en place, cette structure se désagrège en hiver (Duhamel 2005).

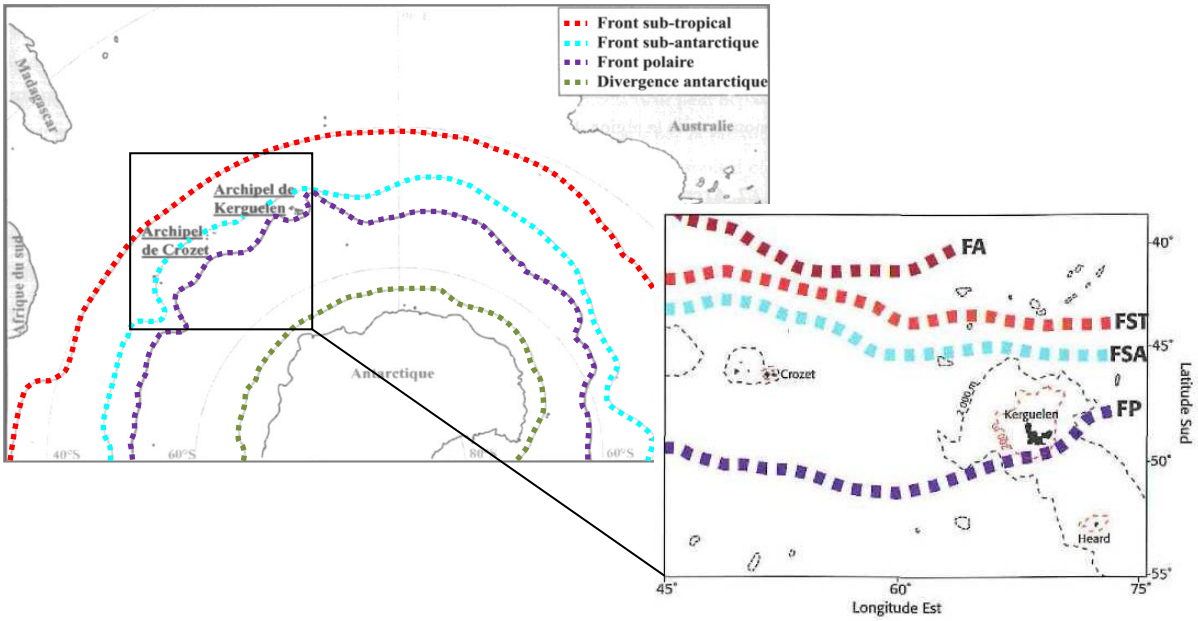


Tableau 27 : position géographique des fronts hydrologiques au large des îles Crozet et Kerguelen

2.4.1.5. L'écosystème marin antarctique et subantarctique

2.4.1.5.1. La production primaire

L'Océan Austral apparaît potentiellement comme un océan à forte productivité primaire en raison de ses importantes teneurs en sels nutritifs. Mais le premier paradoxe de cet océan par rapport aux autres mers riches en sels nutritifs est sa très nette pauvreté en phytoplancton, avec une productivité primaire qui ne dépasse pas celle des mers les plus oligotrophes (Holm-Hansen et al, 1977). Les raisons d'une faible productivité dans un contexte de relative richesse en éléments nutritifs sont multiples et ne peuvent être résumées à l'action d'un seul facteur limitant. Les divers facteurs responsables de cette faible production primaire peuvent être notamment la température de l'eau (< à 4°C, ralentissant le métabolisme des organismes), l'éclairement (peu de lumière en hiver, fortes variations en été), le déséquilibre de la balance en sels nutritifs, l'insuffisance d'éléments ou de composés à l'état de traces (rareté des terres émergées et peut être un déficit en fer), la forte turbulence engendrée par les vents ou encore le broutage intensif par le macro-zooplancton. Cette faible productivité primaire ne s'applique pas à certaines zones frontales et littorales qui restent relativement productives (Jacques et Treguer, 1986). Les zones de front sont riches en phytoplancton, comme l'indiquent les pics de *chlorophylle a* mesurés au niveau des fronts subtropical et polaire (Verlencar et Dhargalkar, 1992). Les domaines néritiques des quelques rares îles subantarctiques peuvent également montrer de fortes productivités biologiques liées aux apports nutritifs terrestres et à la dynamique des masses d'eau, elle-même liée aux topographies modifiées des plateaux péri-insulaires (Perissinotto et Duncombe Rae, 1990).

2.4.1.5.2. La production secondaire et les prédateurs supérieurs

L'autre grand paradoxe de l'Océan Austral est sa forte production secondaire contrastant avec la faible productivité primaire mesurée (Jacques et Treguer, 1986). Les fortes concentrations de krill antarctique *Euphausia superba* dans la partie Sud de l'océan crée de fortes valeurs de biomasses zooplanctoniques et micronectoniques (Pakhomov et al., 2000a). Les Euphausiacés et les amphipodes constituent la part prédominante du macro-zooplancton (Pakhomov et Froneman, 2000b), les chaetognathes et les salpes peuvent être également 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.

Parmi les premiers prédateurs du zooplancton, se trouvent les poissons et les céphalopodes. Si la diversité des espèces de poissons de l'Océan Austral est importante, en revanche, 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. 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) très abondants (Hulley, 1990) 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). Les céphalopodes apparaissent comme un groupe très important par sa diversité et la taille de ses populations. Ils constituent les proies privilégiées des prédateurs supérieurs tels que les oiseaux et les mammifères marins (Cherel et al., 1996 ; Cherel et Weimerskirch, 1999). Bien que les effectifs des mammifères marins (cétacés et pinnipèdes) des domaines sub-antarctiques et antarctiques aient été considérablement réduits sous la pression de la chasse au cours des deux derniers siècles, ils représentent encore une part non négligeable des prédateurs supérieurs dans la chaîne alimentaire (cf partie Mammifères marins).

2.4.2. Etat des connaissances marines de Crozet et Kerguelen

Les connaissances de la partie marine de la réserve naturelle des Terres Australes Françaises sont principalement issues des données acquisent lors des campagnes océanographiques réalisées au cours des 50 dernières années. Cependant la connaissance accumulée est très disparate et peu publiée. Par ailleurs, il est important de souligner le déséquilibre dans les niveaux de connaissance des différentes zones maritimes, certaines ayant bénéficiés d'investigation plus importante que d'autre. Ces aspects doivent être considérés dans ce premier plan de gestion.

Le facteur limitant de la connaissance a été la résultante de plusieurs contraintes :

- la taille des îles au regard des espaces maritimes permettant une protection,
- les moyens disponibles d'investigation à la mer,
- la situation géographique particulière de chacune des zones pour l'aspect distance, météorologie et zone océanographique.

Les connaissances marines de l'archipel de Crozet proviennent principalement des prospections effectuées lors des campagnes océanographiques du N.O. *Marion-Dufresne*. Ce furent les campagnes MD03 (1974), MD08 (1976) et surtout MD30 (1982). Quelques données sont aussi à retenir de campagnes de prospections halieutiques soviétiques et japonaises des années 1970 ainsi que celles plus récentes de l'*Austral* (Océano-Austral 1983) et de l'*Anyo-Maru 22* en 1997. L'absence de station de biologie marine à Crozet a toujours limité les études marines d'autant

qu'aucun moyen à la mer (temporaire ou permanent) n'a été disponible depuis la création de la base Alfred Faure sur l'île de la Possession en raison de l'absence d'abri dans l'archipel.

A la différence de Crozet, des campagnes scientifiques anciennes (fin 19ème début 20ème) ont fait escale à Kerguelen *(«Challenger» 1873-74, «Gauss»…),* c'est de là que proviennent les premières connaissances du monde marin propre à cette grande île. Beaucoup de descriptions originales sont issues de ces voyages. Le relais a été pris ensuite lors de la création de la station scientifique de Port aux Français équipée d'un laboratoire de biologie marine « BIOMAR » et de moyens à la mer appréciables d'abord limités au seul golfe du Morbihan avec la vedette « *La Japonaise* » puis au reste de l'archipel avec le navire océanographique «*La Curieuse* » (Cf. Photo 11). La possibilité d'abris côtiers pour ces moyens à la mer a permis ce développement. Même la plongée sous-marine a été rendue possible dans des conditions de sécurité acceptable pour réaliser des programmes (soutenus par IPEV) qui vont de la bactériologie à la biologie moléculaire, la physiologie, l'écologie marine... Ces études ont été complétées par des campagnes pluridisciplinaires du N.O. « *Marion-Dufresne* » en bionomie benthique (MD03, 1974 et surtout MD04, 1975), plus d'autres liées à l'océanographie régionale et la productivité planctonique. A ces études se sont rajoutées les résultats des campagnes halieutiques plus orientées sur les évaluations de biomasses d'espèces exploitables ou non (campagnes SKALP, POKER et autres). Un ensemble de séries de données, de collections est ainsi disponible qui a un rapport direct avec la réserve marine.

En bilan, les fonds marins des plateaux péri-insulaires de Kerguelen et Crozet ont été explorés au cours de nombreuses campagnes océanographiques et ont permis d'importantes prospections biologiques au delà de la zone des 50 mètres. Mais, à l'exception de quelques baies des îles Kerguelen, les domaines côtiers de ces deux districts restent peu connus, par manque de moyens à la mer adaptés aux zones côtières très exposées au mauvais temps.

Après un arrêt du fonctionnement du navire la « Curieuse » pendant plusieurs années et donc l'arrêt de nombreux programmes, la remise à l'eau sur Kerguelen de ce navire grâce à un financement du Plan d'Action Biodiversité des TAAF permet d'envisager la reprise de ces programmes indispensables à la connaissance et à la gestion de la Réserve.

Pour ce premier plan de gestion, il a été difficile de rassembler la totalité de la bibliographie (identification, accessibilité…). L'ensemble des thématiques identifiées n'ont ainsi pas pu être développé comme il se doit pour dresser un état des lieux complet des habitats et des espèces. Les données inaccessibles à l'heure actuelle, devront être rassemblées et analysées afin de compléter cette première approche lors du second plan (cf. volet B).

2.4.3. Les habitats naturels marins de Crozet et Kerguelen

2.4.3.1. Description des habitats naturels marins

Comme pour la description des habitats terrestres, en raison de leur contexte géographique, géologique, biologique et climatique particulier, il n'est pas aisé d'appliquer aux îles subantarctiques les descriptions ou les classifications détaillées des milieux selon le canevas habituellement retenu dans le cahier des charges des Réserves Naturelles en France (codes Corine). De plus les données existantes sont éparses et demanderont plus de temps pour être réunies. Une description des habitats plus précise et complète nécessitera de procédé à une large revue bibliographique incluant d'autres îles subantarctiques soumises à l'application de plans d'aménagement et de conservation depuis plusieurs années : les îles Marion et Prince Edward (Afrique du Sud), Macquarie, Heard et McDonald (Australie).

La présentation des habitats littoraux a été décrite suivant l'étagement vertical des organismes benthiques (faune et flore) en fonction des divers facteurs écologiques (salinité, vent, nature de la côte, etc.). Globalement il a été mis en évidence une succession de bandes végétales

qui s'étendent de manière horizontales et parallèles et indiquent la succession étagée des algues caractéristiques des niveaux bionomiques. L'humectation et le facteur éclairement constituent les principaux facteurs de cette répartition verticale.

Schématiquement, quatres étages sont distingués sur les côtes baignées par les eaux marines superficielles suivant un gradient d'éloignement et de profondeur:

- l'étage supra-littoral seulement battu par les embruns, au-dessus du niveau des hautes mers. (A Kerguelen, les vents forts et fréquents créent souvent une mer agitée qui rend moins précises les limites des hautes et basses mers) ;
- l'étage médio-littoral compris entre le niveau moyen des hautes mers de vive eau et le niveau moyen des basses mers de vive eau, zone intertidale (c'est la zone de balancement des marées);
- l'étage infra-littoral, zone toujours immergée et bien éclairée (limite inférieure des herbiers)
- l'étage circa-littoral, zone profonde à faible éclairement (limité par les pentes accores du plateau)

La description suivante tirée en partie d'une étude de R.Delepine (1962), reprend en grande partie les récoltes et observations faites a Kerguelen (Pointe Molloy, Port Jeanne d'Arc, îlot Channer dans le Golfe du Morbihan ; Baie Norvégienne et Île de l'Ouest) pour une faible proportion effectuée à Crozet (seulement en Baie du Navire). La description des milieux est par conséquent beaucoup plus représentative des milieux propres à Kerguelen. Cependant R.Delepine met en avant la ressemblance très marquée entre la végétation marine des îles Crozet et celle des Kerguelen, soulignée entre autre par la présence, dans les deux cas, de la ceinture fondamentale de *Durvillea*.

L'ETAGE SUPRA-LITTORAL

L'étage supra littoral est essentiellement caractérisé par des Lichens, qui se rapportent aux genres *Verrucaria*, *Lichina*, et *Calloplaca*, dont les bandes de couleurs différentes sont bien visibles au-dessus du niveau de la mer. Parfois le genre *Hildenbrandia* s'observe aussi dans cette zone. On peut considérer qu'il correspond à la limite des étages littoral (Cf. partie habitat terrestre **« autres habitats côtiers : « fell-field », plages, dalles rocheuses »)** et supra-littoral. En outre, le genre *Prasiola* (Chlorophycée) a été identifié, en particulier, dans les zones de ruissellement d'eau douce ainsi qu'aux endroits riches en guano.

L'ETAGE MEDIO-LITTORAL

L'étagement vertical marin commence véritablement par cette zone de balancement des marées (intertidale) découvrant parfois des platiers avec des mares où se développent des algues calcaires encroûtantes, refuge d'une faune vagile variée (poissons, crustacés...).

Cet étage se caractérise à Kerguelen par deux aspects :

-sa faible amplitude de répartition : il est en effet conditionné par un faible marnage des marées de seulement 1 à 2 m. Cependant la présence de multiples flaques et cuvettes dans le faciès rocheux multiplie le nombre de refuge pour la faune et la flore.

-l'influence d'écoulement d'eau douce. En effet, la forte pluviosité et la présence fréquente de terrains plus ou moins marécageux en bordure des côtes entraînent de nombreux suintements et écoulements naturels ce qui modifie localement les conditions de salinité.

En termes de composition botanique, c'est dans cet étage que se trouvent la plupart des espèces d'algues décrites à Kerguelen (cf. annexe V) parmi lesquelles nous citerons comme exemple :

Le genre *Hildenbrandia* (Rhodophycée). Cette algue, d'un rouge foncé, forme un tapis de quelques mm d'épaisseur assez étroitement appliqué au substrat ; elle est présente au sommet de l'étage littoral, mais s'observe aussi dans la zone immédiatement supérieure et peut descendre jusqu'aux *Durvillea*.

Le genre *Bostrychia* (Rhodophycée). De couleur brun rougeâtre, les thalles filamenteux de *Bostrychia* forment des coussinets d'arbustules très enchevêtrés abritant souvent une micro-faune abondante et sont d'ailleurs parfois mêlés à la partie inférieure de la ceinture d'*Hildenbrandia*. De nombreuses Chlorophycées filamenteuses, parmi lesquelles prédominent les genres *Cladophora* et *Acrosiphonia* sont mêlées à cette ceinture, et peuvent occuper des niveaux inférieurs.

Le genre *Porphyra* (Rhodophycée). Ces algues forment une bande plus ou moins développée, localisée dans la partie supérieure de l'étage. D'une texture très délicate, elles présentent une coloration rouge franc en début de végétation ; par suite de l'insolation, elles deviennent rapidement brunâtres et finalement plus ou moins décolorées, blanchâtres, donc très nettement visibles sur les rochers.

Le genre *Iridea* (Rhodophycée). Composés de plusieurs espèces, certaines formes présentent le phénomène d'iridescence. Ces algues, souvent associées à celles du genre *Adenocystis* (Phaeophycées), occupent souvent les flaques littorales, et, d'une manière générale, se situent sous le niveau des *Porphyra*. L'espèce *A.utricularis (Bory) H. & H*. a la forme d'une outre allongée, de quelques cm à 10 cm de longueur, renflée à son extrémité supérieure, fixée sur un petit disque basal. Les individus croissent souvent en colonies.

L'ÉTAGE INFRA-LITTORAL

L'étage infralittoral est caractérisé par la ceinture des grandes algues laminaires à crampons *Durvillea antarctica* (Chamisso in Choris) Hariot, 1892 puis plus en profondeur par les "herbiers" d'algues géantes *Macrocystis pyrifera* (Linnaeus) C. Agardh, 1820.

- **Ceinture à laminaire *Durvillea antarctica* :**

Cette ceinture forme une zone très nette et bien visible, du fait de la grande taille et de la couleur brune et jaune des individus. Sa partie supérieure est visible à basse mer, toute la ceinture découvre généralement en vive eau. Les stipes, solidement fixés au rocher, supportent à marée basse tout le poids de la fronde, et au lieu de se dresser verticalement, sont souvent horizontaux pendant que les extrémités des lanières flottent à la surface de l'eau. Cette zone constitue un refuge pour la petite faune de ces régions, ce qui confère une grande importance biologique à ce niveau bionomique. Les bases des individus abritent, entre autres, de nombreux annélides et crustacés. Les frondes sont souvent déchirées, broutées, mutilées par les animaux, y compris les grands vertébrés marins. Ces algues amortissent les vagues et leur force d'érosion : elles jouent un rôle protecteur important.

- **« Herbiers » à *Macrocystis***

A Kerguelen comme à Crozet, le genre *Macrocystis* n'est représenté que par une espèce : *Macrocystis pyrifera (L.) C. Agardh, 1820* .Les thalles de *Macrocystis*, parmi les plus longs connus, mesurent couramment de 20 à 40 m, il est possible que les plus grands spécimens atteignent 80 m.

Ces algues forment à la surface des mers, où elles abondent dans les zones abritées, des « herbiers » (ou plutôt des forêts algales) de grande étendue, et dans lesquels les vertébrés marins

viennent chasser la faune qui y trouve protection et nourriture. En outre, les attaches elles-mêmes sont utilisées pour la fixation de nombreux autres végétaux. Cette flore et cette faune confèrent à ces herbiers une importance biologique fondamentale.

Ces « herbiers » se développent jusque dans la partie la moins profonde du plateau péri-insulaire (fonds inférieurs à 40-50m). Cette espèce peut se fixer à des profondeurs moindres dans des endroits calmes, assez vaseux, comme par exemple dans certaines anses abritées de la Baie du Morbihan, et peut alors n'être fixée qu'à quelques mètres de la surface.

Autres espèces :

Dans cette zone, on trouve classiquement des espèces du genre *Lessonia*. Dans la sous-strate des *Macrocystis*, et vivant souvent plus près qu'elles de la surface, existent plusieurs espèces du genre *Desmarestia*.

La luxuriance algale marine compense la pauvreté végétale terrestre. Les macro-algues marines (des pieds à *Durvillea* en limite de basse-mer à ceux de l'"herbier" profond de *Macrocystis,* dénommé souvent forêt sous-marine) représentent à elles-seules des biomasses considérables (1 106 000 tonnes estimées pour *M.pyrifera* sur une surface de 186 km^2 dans le seul Golfe du Morbihan à Kerguelen (Belscher & Mouchot 1992)). Ces zones vont, sans conteste, constituer des habitats privilégiés tant des poissons typiquement côtiers que des poissons du plateau qui vont effectuer une partie de leur croissance juvénile dans ce milieu. Il représente un patrimoine naturel marin indéniable pour cette zone sub antarctique.

L'ETAGE CIRCA-LITTORAL

Au-delà de l'infra-littoral les algues disparaissent et sur le plateau, s'interrompant aux pentes accores parfois situées très au large, ce sont des faciès vaseux qui prédominent, domaine de prédilection des éponges siliceuses (formant des tapis de leurs spicules) et échinodermes variés. Plus profondément les couches sédimentaires de surface sont essentiellement des boues à diatomées (à structure également siliceuse) (Guille 1977b).

UN BIOTOPE REMARQUABLE : LE FJORD. UNE PARTICULARITE DES ILES KERGUELEN, UNE SINGULARITE EN FRANCE

A la différence des zones côtières classiques, les fjords présentent des conditions abiotiques particulières. L'eau de surface des fjords est très peu salée : elle est en grande partie issue de torrents et de la fonte des neiges. Il s'agit d'une eau froide mais douce. Moins dense que l'eau salée de la mer, cette eau ne s'y mélange que lentement et la surface de la mer reste donc assez douce. La zone littorale des Kerguelen, comme cité précédemment est très découpée et abrite de longs fjords protégées sur la façade est et au sud ainsi que des bassins à seuil (golf du Morbihan…).

Le fond des fjords, surcreusé, joue le rôle de piège à sédiments très fins, anoxiques. Là, se sont développés des milieux particuliers : **les vases euxiniques** et leur « matelas » de spicules d'éponges. De tels dépôts sont aussi observés dans les fosses du Golfe du Morbihan. D'autres fjords (Portes Noires, Baie de Laissez Porter, Baie de la Table) sont d'importantes zones d'accumulation de plancton et d'ichtyoplanton. Au fond de la baie de la Table, par exemple, se cantonne une espèce de copépode planctonique carnivore de grande taille (premier échelon tertiaire), *Paraeuchaeta antarctica.*

Certaines zones de ce biotope : les seuils, sont caractérisés par la présence de deux espèces de moules : *Mytilus desolationis* et *Aulacomya ater*.

M.desolationis, endémique de Kerguelen se développe de façon remarquable, formant de véritables récifs (moulières de seuil) dans certains fjords (Portes noires, Henri Bossière, Larose). Ces récifs abritent toute une faune associée.

Il est important de préciser que les données présentées ci-dessus sont incomplètes voire peuvent être obsolètes du fait de leur ancienneté. D'autres publications et données plus récentes existent mais demandent un travail d'investigation et de synthèse afin de parfaire cette description. Nous considérons que la description des habitats marins sera réalisée dans le cadre du second plan de gestion (cf.volet b).

2.4.3.2. Evaluation de la valeur patrimoniale des habitats naturels marins

Le peu de données disponibles sur les habitats naturels de la réserve marine laissent néanmoins ressortir leur forte valeur patrimoniale et l'importance de leurs rôles au sein de l'écosystème marin côtier mais également pélagique:

A Kerguelen et Crozet :

- les peuplements d'algues *Macrocystis* et *Durvillea*

Les îles sont entourées d'une large ceinture d'algues *Durvillea antarctica*, suivie de peuplements denses de *Macrocystis pyrifera* dont le rôle écologique est primordial : entre 5 et 25 mètres de profondeur, cette espèce clé, structurante d'habitats, rassemble 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.

A 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 100m et se réfugie dans les champs de *Macrocystis* des nombreuses baies et fjords où il est à l'abri des orques. Il se nourrit principalement de poissons, notamment de juvéniles de *C. gunnari* et *N. rossii*.

A Kerguelen :

- Les fjords :

Les fjords sont très rares dans l'océan Austral, Kerguelen est la seule île du secteur Indien à en présenter. D'une manière générale**,** tous les fjords sont des abris privilégiés où se concentrent un grand nombre d'espèces. Certains sont, de plus, réputés pour être des zones de regroupements sensibles plus ou moins permanentes (crèches/nourriceries), pour nombre d'espèces marines essentielles. Leur confinement les rend très sensibles à une pollution éventuelle. 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.

- Les moulières de seuil :

Au sein des fjords, les moulières sont des milieux uniques à l'échelle du secteur Indien de l'Océan Austral. Les deux espèces de moules *Mytilus desolationis* et *Aulacomya ater* présente un grand intérêt de part leur statut.

Aulacomya ater (s'il s'agit bien d'une espèce unique étant donné sa répartition particulière) est connue seulement dans la zone magellanique et en Afrique du Sud. Cette espèce a pu atteindre Kerguelen par « rafting » (radeau d'algues). Dans ce cas, elle peut servir à l'évaluation de ce type de colonisation, phénomène rare. Quant à *Mytilus desolationis*, endémique de Kerguelen, elle se développe de façon remarquable, formant de véritables récifs (moulières de seuil) dans certains fjords (Portes noires, Henri Bossière, Larose). Ces récifs sont des écosystèmes tout à fait remarquables. Leur construction provoque des conditions trophiques particulières (augmentation considérable de la nourriture planctonique par décalage de l'onde des marées) qui, en retour, favorise la prolifération des moules. Bien que ce biotope soit en dehors des limites de la réserve, **les moulières de seuil constituent un modèle écologique et biologique unique**.

L'étude en vue de développer la connaissance du rôle écologique de ces habitats et de leur biocénose est une voie primordiale à développer dans la conduite de la gestion de la réserve marine (cf volet b)

2.4.4. Les espèces animales marines de Crozet et Kerguelen

2.4.4.1. Les organismes benthiques

Un premier travail d'inventaire concernant ces organismes a été réalisé lors de la rédaction du projet de classement en réserve naturelle des îles Australes (Jouventin et al. 1997). Ce travail avait déjà souligné la richesse des données existantes et la difficulté de les rassembler toutes. L'inventaire partiel ainsi établi, réunis près de 1000 espèces d'invertébrés dont 230 endémiques sur l'ensemble des milieux marins explorés, dont une grande majorité sur le plateau continental. Dans le cadre du plan de gestion, il est essentiel d'identifier les données propres au périmètre de la réserve marine afin de visualiser les lacunes, les enjeux qui en découle et les réponses à y apporter.

De nombreux organismes animaux marins benthiques (zoobenthos) sont présent tout autour des îles Kerguelen et Crozet.

Il existe une grande diversité de forme au sein des ces organismes, certains sont seulement visibles sous microscope (micro- et méiofaune), d'autres à l'œil nu (macrobenthos). La faune situés en surface (épifaune), qui peut être sous forme libre (vagile) tel que les crustacés, échinodermes, annélides ;ou fixe (sessile) tel que les éponges ; se différencie de celle qui vit à l'intérieur du sédiment (endofaune) comme par exemple les annélides.

L'inventaire, bien que partiel, décrit 8 groupes (embranchements) d'invertébrés benthiques dans les Archipels de Kerguelen et Crozet: les Spongiaires, Annélides, Brachiopodes, Mollusques, Chélicerates (Arthropodes), Crustacé, Echinodermes, et enfin les Tuniciés. Les listes d'inventaires déjà établie sont présentées en annexe V. L'embranchement des poissons est traité dans la section organisme pélagique de même que la classe des céphalopodes (mollusques).

741 espèces d'invertébrés benthiques ont été recensés dans cet inventaire dont :

…Crustacé

262 espèces recensées au total dont 225 à Kerguelen et 86 à Crozet.

Cet embranchement est le plus représenté.

…Mollusques

174 espèces recensées au total dont 156 à Kerguelen et 79 à Crozet.

…Spongiaires

99 espèces recensées au total dont 99 à Kerguelen et 2 à Crozet.

…Annélides

122 espèces recensées au total dont 118 à Kerguelen et 6 à Crozet

…Brachiopodes

5 espèces recensées au total dont 4 à Kerguelen et 1 à Crozet

…Chélicérates (Arthropodes)

9 espèces recensées au total dont 9 à Kerguelen et aucune à Crozet

…Tuniciés

70 espèces au total recensées dont 67 à Kerguelen et 21 à Crozet

Ces données d'inventaires sont à considérer avec précaution, elles ne sont pas spécifiquement dédié à la réserve et sont incomplètes à l'heure actuelle. Un travail d'identification des métadonnés est d'ailleurs actuellement en cours de réalisation par le MNHN afin de rassembler l'ensemble des sources de données existantes (papier, collections, informatique….) et permettra d'établir un point précis des connaissances dans la réserve marine.

LES BIOCENOSES BENTHIQUES DE KERGUELEN

Le macrofaune benthique se répartie au même titre que la phytocénose, verticalement suivant l'étagement marin en fonction des divers facteurs écologiques (nature du substrat, lumière, salinité…). Ainsi, les conditions d'environnement, conjuguées aux relations de dépendance entre les organismes benthiques (nourriture, abris, ...), déterminent des associations caractéristiques : les biocénoses.

La plupart des études menées en milieux côtiers l'ont été dans le Golfe du Morbihan, principalement pour sa facilité d'accès (Port au Français) et de navigation (abrités des fortes mers et vent violents). Ce Golfe, même s'il se trouve hors périmètre de la réserve marine n'en reste pas moins très caractéristique et représentatif du littoral de Kerguelen avec la présence de véritable mers intérieurs plus ou moins isolées de la mer libre, de multitudes d'îlôts séparés par des détroits profonds, et de fjords s'enfonçant très loin à l'intérieur des terres. Le Golfe des Baleiniers, dans le périmètre de la réserve à également été en partie prospecté (Baie de Hillsborough et la Baie Irlandaise) mais les résultats de cette étude n'ont pu être rassemblés pour ce premier plan.

Arnaud (1974) suivi de Guille (1976), distingue 8 biocénoses caractéristiques dans cette zone littorale :

1. Le peuplement des laisses supralittorales, (débris d'algues rejetés à la côte) et formant parfois de véritable « banquette »dans lesquelles dominent les Insectes, Diptères et Collemboles.

2. Le peuplement de la roche médiolittorale remarquable par sa pauvreté spécifique au niveau duquel abonde le pulmoné *Kerguenella lateralis.*

3. Les Moulières à *Mytilus* et *Aulacomya.*

4. les peuplements d'algues photophyles avec en particulier ceux des grandes algues *Durvillea antarctica* et *Macrocystis pyrifera.*

Comme décrit précedemment, ces deux espèces jouent un rôle clé en zone côtière, structurantes d'habitats, elles rassemblent le tier des espèces marines benthiques de la faune péri-insulaire concernée

La ceinture à *Durvillea* abrite à sa base entre autres de nombreux annélides et crustacés. L'étude des champs de *Macrocystis* à déjà mis en évidence la richesse de la communauté faunistique associées avec près de 200 espèces d'invertébrés identifiés

5. Plus profondément, les écotones entre l'herbier à Macrocystis et les substrats envasés. La limite bathymétrique inférieure de cet herbier est marquée par la présence de sédimants hétérogènes et de nombreuses algues rouges. La faune est composée en grande partie de limnivores

et de détritivores mais aussi de quelques brouteurs, Mollusques Polyplacophores et Patellidae, Echinides.

6. Les vases sableuses à *Aulacomya ater regia*. Entre 20 et 50m de profondeur, à proximité des caps et aux débouchés des Fjords, une moulière à *Aulacomya ater regia* colonise des vases sableuses. Fréquent dans les substrats meubles, ce Mytilidae est associé à un autre filtreur, le Sabellidae *Euchone pallida,* à des suspensivores telle l'ophiure *Amphiura eugeniae* mais aussi à des limnivores comme le Terebellidae *Thelepus setosus*. Un hydrodynamisme important, marqué par une faible teneur en spicules d'éponges dans le sédiment, favorise la présence de filtreur.

7. Les vases à *Amphicteis gunneri*. Assez fréquente, elles sont caractérisées par le polychète Ampharetidae *Amphicteis gunneri* et d'une manière générale par les tubicoles détritivores.

8 .Les vases à *yoldia isonata*. Ces vases noires des fonds des fjords ou de fosses et baies protégées présentent une faune à faible densité mais forte biomasse. Elle est constituée en grande partie fouisseurs détritivores ou limnivores.

D'après l'inventaire établie en 1997, prenant en compte l'ensemble des données sur un large périmètre autour des îles (de la côte au plateau péri insulaire), la diversité du benthos (bien que partiellement décrite) est élevée. Ces organismes benthiques ont une haute valeur patrimoniale, il présente un taux d'endémisme de 23% en moyenne sur l'ensemble des groupes inventoriés. La diversité spécifique de Kerguelen est peut être la plus importante de toute la région subantarctique. Elle est bien supérieure à celle de Crozet, à cause de la taille et de l'ancienneté du plateau de Kerguelen ainsi que de la grande variété de ses biotopes.

Si nous considérons le périmètre de la réserve à Kerguelen, les zoocénoses benthiques ont déjà été identifiés, les peuplements d'invertébrés associés aux milieux à *Macrocystis* et *Durvillea* témoignent de la forte diversité spécifique présente en milieu côtier. Par extension nous pouvons supposer que la présence de ces mêmes milieux dans l'étagement côtier à Crozet, lui confère la même importance.

Cependant, les études menées sur la faune benthique et les milieux benthiques en général n'ont pas bénéficié du même effort de recherche au cours du temps, une identification des groupes les plus ou les moins étudiés parait être opportun pour la suite.

La connaissance des zoocénoses côtières est primordiale dans la gestion de la réserve marine, les espèces benthiques littorales constituent des témoins permanents de l'environnement car elles intègrent les caractéristiques écologiques locales, soumises à des fluctuations naturelles ou générées par les activités humaines. Dans les 5 années premières années du plan de gestion, un travail d'identification des données propres à la réserve marine sera mené afin de parfaire ce premier état des lieux et permettre de suivre à long terme l'évolution du milieu côtier.

2.4.4.2. Les organismes pélagiques

Comme décrit précédemment dans le fonctionnement de l'écosystème marin (cf.p°208), les deux composantes initiales (phyto- et zooplancton) des organismes marins pélagiques sont à la base d'un réseau trophique dont font partie 4 grands groupes de prédateurs supérieurs prenant place au sommet de cette chaîne biologique :

-les poissons,
-les céphalopodes (calmars),
-les oiseaux marins,
-les mammifères marins,

Les poissons, céphalopodes et mammifères marins sont traités dans cette partie. Les oiseaux sont traités dans la partie terrestre.

2.4.4.2.1. Les poissons des eaux de Kerguelen et Crozet

2.4.4.2.1.1. Etat des connaissances et des données disponibles

Un peu d'histoire : première description des poissons marins, des voyages de découverte aux campagnes océanographiques et de pêche.

L'ichtyofaune actuelle des îles Crozet et Kerguelen s'insère, chronologiquement, au croisement de la dispersion d'espèces propres, résultant de la création hydrodynamique de l'océan Austral (conduisant à une radiation adaptative en raison d'un nombre important de niches vacantes, particulièrement en eaux côtières) et de l'enrichissement, certainement par les eaux profondes, d'autres familles qui ont trouvé, en son sein, un second foyer de spéciation. L'isolement et l'environnement non favorable empêchent d'autres familles communes ailleurs (Scombridae, Clupeidae, Gadidae...) de s'y implanter. Cette ichtyofaune a été découverte et décrite récemment.

Pour retracer l'historique de ces découvertes, les premières signalisations et descriptions ont été cherché et synthétisé.

Îles Crozet

- ***"Challenger" 1873***

L'expédition du "Challenger" effectua en 1873 une station profonde (1375 fathoms soit 2515 m) au nord-ouest des îles Crozet ce qui permit à Günther de décrire plusieurs espèces dont *Melamphaes microps* (Günther, 1878) (BMNH 1887.12.7.5), *Halosauropsis macrochir* (Günther, 1878) (BMNH 1887.12.7.38-40) et *Histiobranchus bathybius* (Günther, 1877) (BMNH 1887.12.7.251 à 255). Ces espèces profondes et pélagiques ne se rencontrent pas dans la réserve marine.

- ***"Discovery II" 1931***

L'expédition anglo-australo-néo-zélandaise "BANZARE" à bord du "Discovery II", réalisée entre 1929 et 1931 et qui passa aux abords de l'archipel Crozet, ramena les premiers poissons côtiers de Crozet étudiés par Norman (1937). Deux espèces (*Notothenia coriiceps* et *Harpagifer* sp.) seulement y sont signalées.

- ***Campagnes océanographiques et de pêche de la seconde moitié du XX^{e} siècle***

Les campagnes d'exploration pour la pêche de l'URSS qui débutèrent à Crozet en 1967 (Anonyme 1984a) avec le navire "Aelita" contribuèrent nettement à la connaissance des espèces commerciales du plateau environnant les îles. Ce furent quelque 11 campagnes de cinq navires différents qui réalisèrent ainsi une prospection au chalut de fond jusqu'en 1973 Permitin & Sazonov (1974), Balushkin (1976a), Meissner & Kratkii (1978) et Meissner (1987) ajoutèrent ainsi cinq nouveaux signalements *(Zandorhynchus spinifer, D. eleginoides, Lepidonotothen squamifrons, L. larseni, Mancopsetta maculata)* et une nouvelle raie Raja *(Amblyraja) taaf* Meissner, 1987. Les campagnes japonaises de 1976 et 1977 ont apporté d'autres espèces mais qui n'ont pas été identifiées avec précision (JAMARC 1977a, b).

Plusieurs campagnes océanographiques du N.O."Marion-Dufresne" se sont intéressées aux abords des îles Crozet. La première MD03 eut lieu en mars/avril 1974 (Hureau 1976), la seconde MD08 pendant les mêmes mois de 1976 (Arnaud & Hureau 1979) et enfin la dernière MD30, de loin la plus complète, en février 1982 (Arnaud 1984). Elles utilisèrent toutes le même engin de pêche: le

chalut à perche. Au total 38 espèces, dont deux nouvelles (*Harpagifer spinosus* Hureau, Louis, Tomo & Ozouf, 1980 (MNHN 1977-571) et *Paraliparis duhameli* Andriashev, 1994 (MNHN 1988-70)), résultent de ces campagnes (Hureau 1979 ; Hureau *et al.* 1980 ; Duhamel 1986, 1987c, 1992a; Hulley *et al.* 1989; Iwamoto 1990 ; Andriashev 1994). Les espèces pélagiques sont peu représentées en raison de l'inadéquation des engins de prélèvements utilisés, les objectifs des campagnes étant essentiellement orientés vers les espèces benthiques.

Deux autres signalements (S. *microcephalus* et *Electrona carlsbergi)* proviennent de captures accessoires de campagnes de pêche exploratoire (1983 et 1995) du chalutier français "Austral" (Duhamel 1984; Hulley *et ai.* 1989 ; Duhamel 1997). Plus récemment les captures accessoires de la campagne exploratoire franco-japonaise à la palangre de fond du palangrier "Anyo-Maru n°22", début 1997,et celles de palangriers français opérant régulièrement à Crozet depuis cette date ont permis de compléter l'ichtyofaune essentiellement profonde. Beaucoup d'espèces pélagiques précédemment indiquées ont été retrouvées presque intactes dans des contenus stomacaux de poissons de profondeur ce qui atteste définitivement leur présence, d'autres s'y ajoutent. L'apport de ces campagnes est, par cet aspect, intéressant. Ce sont ainsi 15 espèces qui se trouvent identifiées dont une nouvelle de Liparidae, *Paraliparis obliquosus* Chernova & Duhamel, 2003 (MNHN 2002-1089).

Autres origines

L'installation (1964) d'une station scientifique permanente sur l'île de la Possession permit à Hureau (1968) de signaler l'échouage d'un grand pélagique *(Alepisaurus brevirostris),* puis les pêches de Mougin en 1971 et de Segonzac en 1974 (collections MNHN) ajoutèrent une nouvelle espèce *(Paranotothenia magellanica).* L'analyse des régimes alimentaires des prédateurs aviens, en particulier les manchots royaux dont les colonies sont très importantes sur les îles Crozet, a permis de combler quelque peu le vide parmi les espèces pélagiques. Quelque 11 nouvelles espèces *(Maurolicus muelleri, Arctozenus risso, Magnisudis prionosa, Electrona subaspera, Gymnoscopelus piabilis, Lampichthys procerus, Metelectrona ventralis, Protomyctophum choriodon, P. gemmatum, P. normani, P.tenisoni)* peuvent être ainsi retenues (Koymann *et al.* 1992; Cherel & Ridoux 1992; Cherel *et al.*1993 ; Ridoux 1994 ; Cherel *et al* 1996), en excluant les espèces typiquement subtropicales, même s'il n'a pas été possible de vérifier le matériel (otolithes, pièces squelettiques) qui a servi à la détermination. Pour l'essentiel, en dehors des trois premières espèces, ces poissons sont des poissons-lanternes à vaste distribution géographique. La présence probable d'une grande espèce pélagique plutôt subtropicale *(Thunnus maccoyi)* selon Nakamura (1990), également signalée géographiquement proche de Crozet dans l'atlas d'Ardill (1995), pose le problème de la répartition d'espèces à large distribution géographique plutôt tempérée pouvant tangenter les eaux subantarctiques. L'annexe V des espèces de Crozet (néritique/profond/pélagique), résume notre connaissance actuelle. La réserve marine est essentiellement concernée par les espèces néritiques.

Îles Kerguelen

- **"Erebus" et "Terror" 1840-1841**

L'expédition anglaise de l'"Erebus" et du "Terror" menée de 1839 à 1843 s'arrêta aux îles Kerguelen du 7 mai 1840 au 20 janvier 1841 en baie de l'Oiseau et collecta quelques spécimens de poissons dans les eaux côtières. C'est à Richardson (1844) que revient le mérite d'avoir décrit les quatre premières et nouvelles espèces dont les types sont conservés en collection à Londres au Natural History Muséum: *Notothenia cyanobrancha* Richardson, 1844 (BMNH 1965.7.3.2), *Notothenia coriiceps* Richardson, 1844 (BMNH 1965.7.3.1), *Notothenia rossii* Richardson, 1844 (holotype perdu), *Channichthys rhinoceratus* Richardson, 1844 (BMNH non catalogué).

- **"Challenger" 1873-1874**

La grande expédition britannique du "Challenger" fut présente à Kerguelen du 7 décembre 1873 au 31 janvier 1874, ce qui permit à Günther (1880) de décrire six nouvelles espèces: *Bathyraja murrayi* (Günther, 1880) (BMNH 1953.8.10.2-5); *Muraenolepis marmoratus* Günther, 1880 (BMNH 1879.5.14.640); *Zandorhynchus* spinifer Günther, 1880 (BMNH 1879,5.14.197); *Gobionotothen acuta* (Günther, 1880) (BMNH 1879.5.14.360); *Lepidonotothen squamifrons* (Günther, 1880) (BMNH 1879.5.14.357); *Lepidonotothen mizops* (Günther, 1880) (syntypes BMNH 1879.14.351 à 355).

- **"Volage", "Supply" et "Gazelle" 1874-1875**

L'observation du passage de Vénus sur le soleil, à partir des îles Kerguelen, amena une nouvelle expédition anglaise avec le "Volage" et le "Supply" entre le 5 novembre 1874 et le 27 février 1875 en baie de l'Observatoire. Gill (1876) et Günther (1879) étudièrent les poissons rapportés qui comportaient deux nouvelles signalisations dont une espèce nouvelle: *Bathyraja eatonii* (Günther, 1879) (BMNH 1876.3.23.21) et un Harpagiferidae qui s'est avéré être une nouvelle espèce décrite ultérieurement *(Harpagifer kerguelensis* Nybelin, 1947, pas de type désigné). À cette même occasion la mission allemande de la "Gazelle" relâcha aux îles Kerguelen à l'anse Betsy du 26 octobre 1874 au mois de février 1875 et Studer (1879) ajouta un nouveau signalement *(Paranotothenia magellanica).* Toutes les espèces de ces expéditons sont essentiellement côtières.

- **Campagnes océanographiques et de pêche de la seconde moitié du XX^{e} siècle**

L'établissement d'une mission scientifique permanente en 1950 dans le golfe du Morbihan permit, dans les années qui suivirent, de retrouver toutes les espèces précédemment citées (Blanc 1951, 1954, 1958), cependant sans apport nouveau. Il en fut de même en 1963-1964 et 1965-1966 lors des travaux de Hureau (1970) et plus récemment lors des programmes ichtyologiques HYDROPECHE (menés dans ce golfe de 1987 à 1990 avec la "Japonaise") et ICOKER (conduit dans les golfes des Baleiniers et Choiseul ainsi qu'en baie d'Audierne de fin 1989 à 1992 avec "La Curieuse").

Il fallut attendre la deuxième partie du XX^{e} siècle pour que l'ichtyologie descriptive reprenne son élan avec des captures réalisées sur le plateau et ses pentes. Le passage du "Discovery II" (expédition BANZARE de 1929-1931) n'avait, en effet, collecté que des espèces connues. C'est le passage du navire soviétique "Ob" (19 mai 1956), lors de sa première campagne de 1955-1956, qui permit à Andriashev (1958) et Andriashev & Tokarev (1958) de signaler la présence de *Champsocephalus gunnari.* Un effort particulier dû aux campagnes d'exploration pour la pêche de l'URSS, comparable à celles qui seront décrites pour Crozet à la même période, est ensuite à noter (Anonyme 1984a, b) avec la présence de l'"Aelita" et plus de 50 chalutiers qui se succédèrent sur la zone. Des navires japonais et polonais, ayant le même but de recherche pour l'exploitation, s'y sont adjoints temporairement (JAMARC 1977a, b, Slosarczyck & Wysokinski 1980). Les captures accessoires de cette pêche réalisée au chalut de fond ont ainsi permis d'ajouter 21 espèces essentiellement rencontrées sur le plateau (Meissner & Kratkii 1978; Andriashev 1979, 1982a; Slosarczyck & Wysokinski 1980; Duhamel & Ozouf-Costaz 1982; Duhamel & Hureau 1982; Duhamel 1987; Duhamel & Hulley 1993; Duhamel 1997) mais aussi de décrire *Channichthys velifer* Meissner, 1974 (ZISP P:1/1) et trois espèces de profondeur: *Paraliparis operculosus* Andriashev, 1979 (ZISP 44933), *Paraliparis copei kerguelensis* Andriashev, 1982 (ZISP 45825) et *Lycenchelys hureaui* Andriashev, 1979 (ZISP 44333). Enfin, une signalisation intéressante de *Pseudocyttus maculatus* est notée par James *et al.* (1988) sans précision sur l'origine de la capture (probablement capture japonaise). À ce stade l'ichtyofaune néritique était connue.

Les campagnes océanographiques du N.O. "Marion-Dufresne" ont le mérite de ne pas s'être intéressées uniquement aux zones de pêche et ont permis d'étendre la prospection à l'ensemble de la zone de Kerguelen. On note trois campagnes : MD03 (mars/avril 1974) (Hureau 1976), MD04 (février/mars 1975) (Guille 1977a) et MD42 (janvier/février 1985) (Mayzaud 1990) et un nombre tout aussi important de nouveaux signalements (24 espèces) résultant des collectes essentiellement réalisées avec un petit engin de chalutage, le chalut à perche, surtout dans le domaine profond

(Hureau 1979; Hureau & Ozouf-Costaz 1980; Duhamel 1987; Hulley *et al.* 1989). Une nouvelle raie, *Bathyraja irrasa* Hureau & Ozouf-Costaz, 1980 (MNHN 1980-1092) fut découverte à cette occasion.

Les captures accessoires des campagnes de pêche françaises au chalut de fond des deux navires du même nom "Austral" (1983-1992 pour le premier, 1993-2001 pour le second) et du "Kerguelen de Tremarec" (1994-2001) apportèrent d'autres signalisations. La campagne exploratoire franco-japonaise de l'"Anyo-Maru n°22" (1996) à la palangre sur le rebord du plateau jusqu'à environ 2000m, ajouta aussi d'autres espèces. L'inventaire ichtyofaunistique s'enrichit ainsi de 18 nouvelles signalisations (Hulley *et al.* 1989 ; Duhamel 1997). Le développement résultant de la pêche à la palangre profonde a également contribué à apporter quelques nouvelles signalisations rares *(Centroscymnus coelolepis, Notacanthus chemnitzii, Ebinania macquariensis, Spectrunculus grandis)*.

La liste des espèces n'était cependant pas exhaustive puisque le domaine pélagique n'avait pratiquement pas été prospecté. Les premiers essais dans ce domaine eurent lieu lors des campagnes scientifiques franco-soviétiques "Skalp" en 1987 et 1988 à bord du chalutier scientifique "Skif" (Duhamel 1993b) et concernent essentiellement l'ichtyoplancton (Koubbi 1992) collecté au double filet "Bongo" et quelques adultes récoltés lors d'essais au chalut pélagique RMT (*Rectangular Midwater Trawl*) (Duhamel & Hulley 1993). Ce sont surtout les campagnes de "La Curieuse" (programmes IPEKER mars 1995 et ICHTYOKER 1998-2000) pourtant consacrées uniquement aux poissons mésopélagiques au niveau du front polaire sur la façade est de l'archipel, à l'aide d'un chalut pélagique IYGPT (*International Young Gadoid Pelagic Trawl)*, qui ont permis de combler cette importante lacune. Cette contribution est loin d'être négligeable puisque 17 nouveaux signalements résultent des campagnes.

En conclusion, on soulignera que les zones profondes (tant démersales que pélagiques) sont encore imparfaitement prospectées mais c'est un domaine où les lacunes ne sont pas propres au secteur des îles Kerguelen. L'annexe V des espèces de Kerguelen (néritique/profond/pélagique), résume notre connaissance actuelle. Comme pour Crozet les espèces profondes et pélagiques ne se rencontrent pas dans dans la réserve marine.

2.4.4.2.1.2. Description des poissons de Kerguelen et Crozet et de leurs populations

Le nombre total d'espèces de poissons marins identifiés à ce jour autour des îles Australes françaises s'élève à 111 pour Kerguelen (24 néritiques, 35 de profondeur et 60 pélagiques) et 84 pour Crozet (17 néritiques, 29 de profondeur et 44 pélagiques) (annexe V). Si les premières descriptions et signalements de l'ichtyofaune néritique sont à mettre à l'actif des grandes expéditions du siècle dernier, un apport considérable est dû aux campagnes océanographiques récentes du N.O. "Marion-Dufresne" réalisées de 1974 à 1986 puis de "La Curieuse" de 1989 à 2000. Les campagnes d'exploration pour la pêche et les campagnes de pêche proprement dites, réalisées dès la fin des années soixante à Crozet et Kerguelen, ont contribué également à la connaissance des ichtyofaunes par la collecte des captures accessoires. Enfin les prédateurs marins utilisés comme échantillonneurs de l'ichtyofaune, essentiellement mésopélagique, offrent un développement inattendu dans ce domaine descriptif.

Dans le domaine profond, beaucoup de travail systématique reste à faire et des inventaires complémentaires doivent être réalisés pour enrichir les données pour les deux secteurs. L'étendue géographique et bathymétrique du domaine ne permettra pas cependant d'atteindre l'exhaustivité. Le domaine pélagique, où existe une ichtyofaune diversifiée, l'inventaire semble partout pratiquement achevé pour les poissons-lanternes du domaine mésopélagique mais il restera toujours des signalisations possibles pour les espèces plus profondes et dans les autres familles. Les situations hydrologiques locales (variation saisonnière de la position des fronts, tourbillons cycloniques...) peuvent enfin apporter des signalements exceptionnels.

Enfin, pour le domaine néritique qui nous intéresse particulièrement, la connaissance de l'ichtyofaune pour Crozet et Kerguelen peut être considérée comme acquise même si certaines espèces nécessitent une révision de leur statut précis.

2.4.4.2.1.2.1. Aspect biogéographique actuel

Il est intéressant de placer ces connaissances dans le cadre d'une comparaison avec les ichtyofaunes d'aires géographiques voisines et d'envisager les affinités biogéographiques (similitudes de faunes).

Beaucoup de travaux concernant l'ichtyobiogéographie marine antarctique et subantarctique des espèces actuelles existent dans la littérature et l'enrichissement progressif des collections ichtyologiques a contribué à affiner la définition des provinces biogéographiques considérées.

Pour envisager l'aspect biogéographique à partir des listes ichtyofaunistiques, il doit être tenu compte du domaine qu'elles concernent en distinguant les espèces néritiques (en séparant le domaine profond considéré comme distinct et particulier) des espèces pélagiques. Il ne sera fait ici référence qu'au domaine concernant la réserve marine. Pour l'exaustivité (domaine pélagique et profond) la synthèse effectuée par Duhamel et al. (2005) reste toujours d'actualité.

Domaine néritique

Pour l'ichtyofaune démersale peu profonde (en particulier les notothenioids) le secteur qui nous intéresse appartient à une région intermédiaire regroupant les provinces géorgienne et kerguelénienne à fortes similitudes (Cf. Tableau 28 p°222). La seule province kerguelénienne, qui a déjà été bien étudiée (Regan 1914; Norman 1937; Andriashev 1965; Hureau 1973; Duhamel 1987; Duhamel *et al.* 1993), regroupe, d'ouest en est, les ichtyofaunes des îles Marion/Prince-Edward, Crozet, Kerguelen, Heard et Macquarie, mais aussi celles des bancs "Ob" et "Léna" au sud des îles Crozet et Marion, "Kara-Dag" (nommé aussi "Africana II rise") situé entre Crozet et Marion, "Skif" (nommé aussi "Leclaire rise") au sud-ouest de Kerguelen (Duhamel 1987). Trois districts se distinguent dans cette province :

-Le district indien occidental (Tableau 28A) :
îles Marion/Prince-Edward, Crozet,
bancs "Ob", "Lena" et "Kara-Dag".
-Le district indien oriental (Tableau 28B) :
îles Kerguelen et Heard,
bancs Kerguelen-Heard + banc "Skif".
-Le district pacifique occidental (Tableau 28C):
île Macquarie.

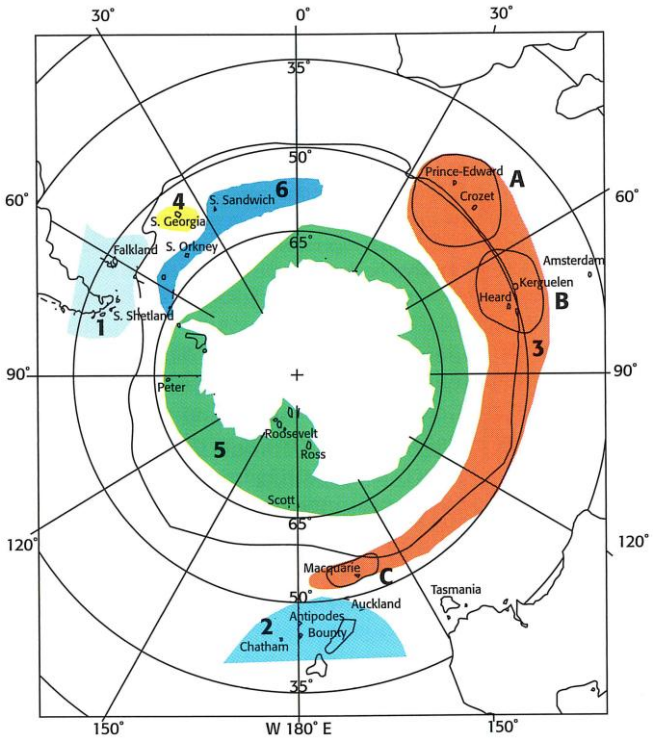


Tableau 28 : provinces biogéographiques identifiées pour l'ichtyofaune démersale peu profonde de l'océan Austral

1/Province magellanique, 2/province antipodéenne, 3/province kerguelénienne, 4/province géorgienne, 5/province continentale est-antarctique, 6/province continentale ouest-antarctique.

Les districts : indien occidental (A), indien oriental (B) et pacifique occidental (C) sont distingués au sein de la province kerguelénienne.

Les identifications les plus récentes pour les îles Marion/Prince-Edward (Gon & Klages 1988) et Macquarie (Williams 1988; Riddoch *et al* 2001) ne remettent pas en cause ces groupements. La différence essentielle rencontrée entre l'ichtyofaune des îles Crozet et celle des îles Kerguelen est l'absence de la famille des Channichthyidae (poissons à sang incolore) à Crozet. Les affinités les plus notoires de l'ichtyofaune de la province kerguelénienne le sont avec celle de la province géorgienne (centrée sur la Géorgie du Sud), située aussi en région intermédiaire mais dans le secteur atlantique de l'océan Austral. Pratiquement aucun lien n'est à noter avec l'ichtyofaune de zone subtropicale située plus au nord, en raison des barrières hydrologiques que constituent les fronts et qui isolent ainsi l'océan Austral. De même peu d'affinités sont à considérer avec la province antarctique située plus au sud, ce qui est certainement dû à l'isolement géographique de la province kerguelénienne au sein de l'océan Austral. Cet isolement n'existe pas pour l'ichtyofaune de Géorgie du Sud assez proche tant de la péninsule Antarctique que du plateau Patagonien.

2.4.4.2.1.2.2. Dominances des espèces dans le domaine côtier

Des études ont été menées dans le domaine néritique afin de connaître l'importance de chacune des espèces dans le milieu fréquenté.

Les méthodes d'investigations ont alors fait appel à des sondages séquentiels réguliers par des engins de captures qui n'exercent pas un effet attractif particulier (exclusion, par exemple, des palangres qui attirent le poisson sur une surface difficile à évaluer). Il faut cependant tenir compte de la sélectivité des engins de pêche qui ne permettront pas de capturer, soit des petits individus de par la taille des mailles de l'engin de pêche utilisé, soit des grands individus rapides ou puissants qui arrivent à éviter les engins.

Bien que n'appartenant pas à la réserve, un secteur représentatif des différents habitats marins côtiers a été particulièrement bien étudié: le Golfe du Morbilhan lors du programme ICOKER (navires "La Japonaise" et "La Curieuse") de 1982 à 1992.

L'échantillonnage a été réalisé à des profondeurs ne dépassant cependant pas 30m, toujours en limite des champs de *Macrocystis pyrifera*. Il a permis d'aboutir à la capture de 14 espèces différentes. Parmi celles-ci, quatre sont dominantes :

- un Channichthyidae *C. rhinoceratus* (28% des captures)
- trois Nototheniidae N. *cyanobrancha* (25%), N. ro*ssii* (22%) *et P.magellanica* (16%).

Elles représentent à elles seules 92% des spécimens capturés (Cf. Tableau 29p224).

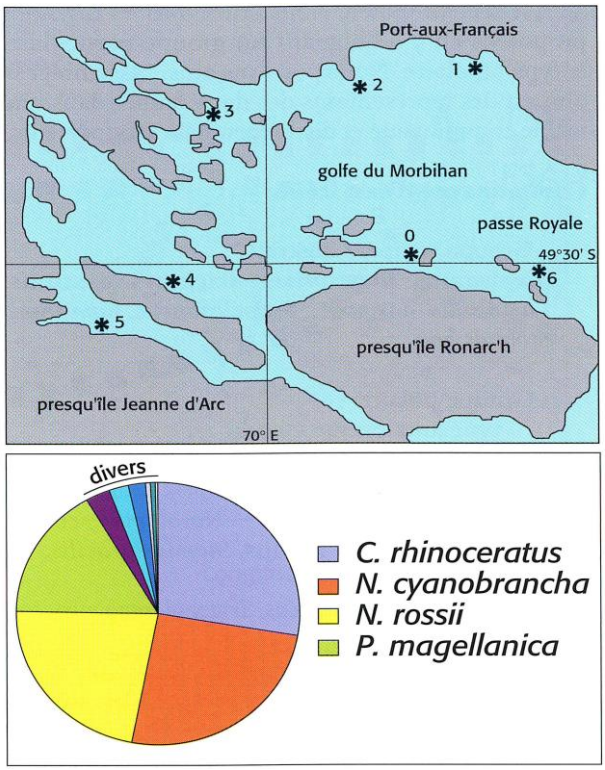


Tableau 29 : dominance des espèces démersales dans les captures côtières (2-30 m) au filet trémail (90 mx 1,50 m) du golfe du Morbihan (façade est des Iles Kerguelen)

Résultats de 327 poses réalisées de 1982 à 1992 aux stations figurées sur la carte (programme ICOKER) et ayant permis la capture de 8 038 poissons.

Ces résultats sont tout à fait comparables à ceux de Hureau (1970) obtenus entre 1963 et 1966. On peut donc considérer que ces espèces sont dominantes dans le milieu côtier à littoral (y compris dans la réserve marine). La seule réserve évoquée plus haut est certainement la sous-représentativité de la petite espèce *Harpagifer kerguelensis,* très côtière, et l'aspect un peu fermé du golfe qui peut avoir un effet sur la représentativité de quelques espèces (N. *coriiceps?)* (Duhamel 2005).

Une étude reste à faire pour le domaine côtier plus profond (30-100m) pour lequel les données ne sont pas encore disponibles.

2.4.4.2.1.2.3. Place des poissons dans l'écosystème marin du plateau de Kerguelen

Les poissons vont se trouver à différents niveaux de la chaîne trophique et leur rôle dans les écosystèmes peut être précisé. Hureau (1970) s'est intéressé, par exemple, aux espèces côtières et a montré l'importance des invertébrés benthiques. D'autres travaux concernent le régime alimentaire des espèces du plateau de Kerguelen (Chechun 1984; Duhamel 1987c), ce qui permet d'étendre l'investigation. Le réseau trophique établi permet de rendre compte de l'importance des organismes pélagiques pour les espèces de poissons démersaux les plus abondantes et présentant les biomasses les plus fortes (C. *gunnari,* N. *rossii, L. squamifrons).* Au-dessus de celles-ci se placent les prédateurs que sont *C. rhinoceratus* et *D. eleginoides.* Les espèces plus benthiques et généralement peu abondantes (raies, poissons plats, petits nototheniidae, *Muraenolepis marmoratus, Zanclorhynchus spinifer*) exploitent, quant à elles, les organismes benthiques (Tableau 30 ci-dessus).

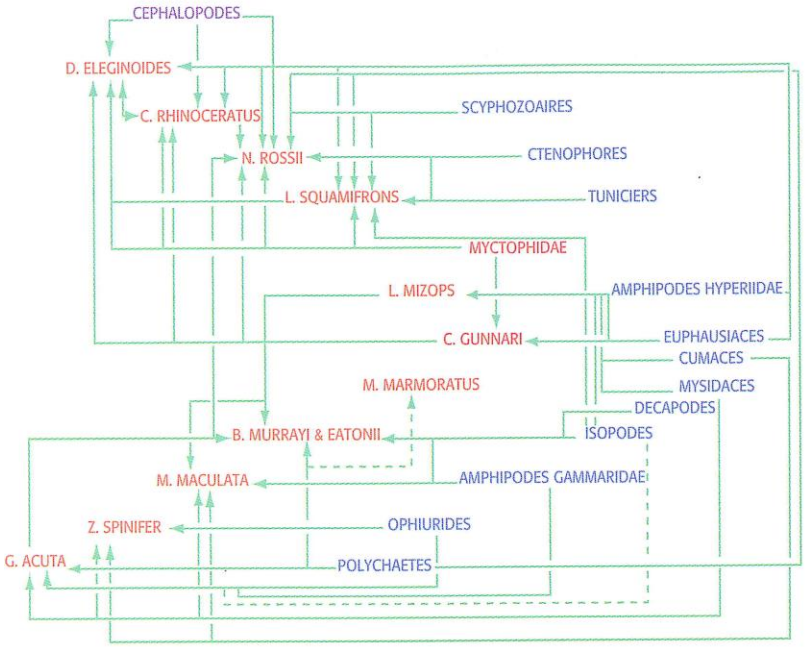


Tableau 30 : réseau trophique mettant en évidence la place des poissons communs dans l'écosystème du plateau de Kerguelen (hors oiseaux et mammifères marins)

Il est important de noter que certaines espèces changent cependant radicalement de régime alimentaire au cours de leur croissance et selon le milieu qu'elles occupent. L'exemple le plus frappant est celui de la légine (*D. eleginoides)* qui passe d'un régime carcinophage (euphausiacés) au cours de ses premières années côtières à un régime ichtyophage sur le plateau et ses pentes accores puis enfin à un régime typiquement teutophage (calmars et poulpes) en grande profondeur, une fois la maturité sexuelle atteinte. Le schéma de réseau trophique, propre au plateau de Kerguelen, est semblable à Crozet avec quelques modifications à apporter (Channichthyidae absents de cette zone, *Raja taaf* au lieu de *Bathyraja* spp., présence de *Nototheniops larseni* plutôt inféodé, pour son régime alimentaire, au zooplancton).

2.4.4.2.1.2.4. Quelques particularités biologiques et physiologiques des poissons marins présents dans la réserve marine

Après avoir vu l'appartenance des espèces à des groupements biogéographiques et leur place dans le réseau trophique, il paraît important de souligner quelques traits de leur biologie. Les études approfondies sur la biologie des espèces côtières (Hureau 1970) permettent de souligner des particularités dans certains domaines. Ces particularités apparaissent pour certaines, essentielles à prendre en compte pour définir les enjeux de conservation et nous intéressent directement dans la gestion de la Réserve Naturelle.

Des particularités biologiques :

- Croissance/longévité

La croissance peut être appréciée à partir de lectures d'âge effectuées sur des pièces osseuses (écailles, vertèbres, rayon épineux...) ou calcifiées (otolithes) des poissons téléostéens de la même manière que celles qui sont réalisées à partir des coupes de troncs d'arbres sur lesquelles

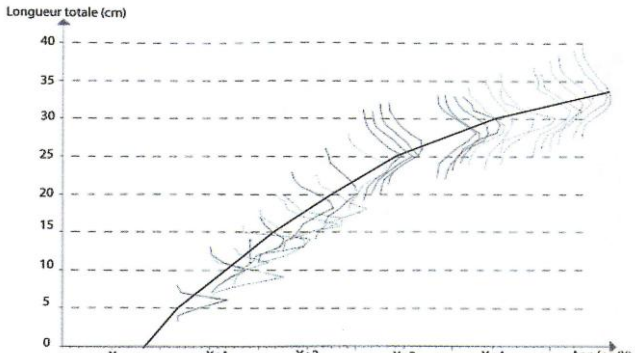


Tableau 31 : Suivi séquentiel des distributions de tailles du plateau nord-est de Kerguelen permettant de construire la courbe de croissance moyenne d'une cohorte théorique de poisson des glaces *Champsocephalus gunnari*

Distributions en trait continu : cohorte née en 1982 ; traits pointillés : autres cohortes (d'après Duhamel 1987).

on dénombre les cernes annuels puisque les cycles saisonniers (voire journaliers) s'inscrivent tout au long de la croissance. D'autres techniques comme le suivi de la croissance d'une cohorte (poissons appartenant à la même classe d'âge, donc nés à la même période d'une année donnée) dans des distributions de fréquences de taille, lors d'échantillonnages séquentiels, peuvent s'avérer tout aussi fiables lorsque cette dernière est rapide et que les cohortes s'individualisent facilement (c'est le cas chez le poisson des glaces (*Champsocephalus gunnari)* (Tableau 31 ci contre) tout au long de sa vie ou pour la légine (*Dissostichus eleginoides)* lors des deux à trois premières années de croissance).

Les études mettent ainsi en évidence différentes catégories d'espèces (à cycles vitaux courts ou, à l'inverse, longévives) reflétant une importante variété de structures démographiques au sein des populations.

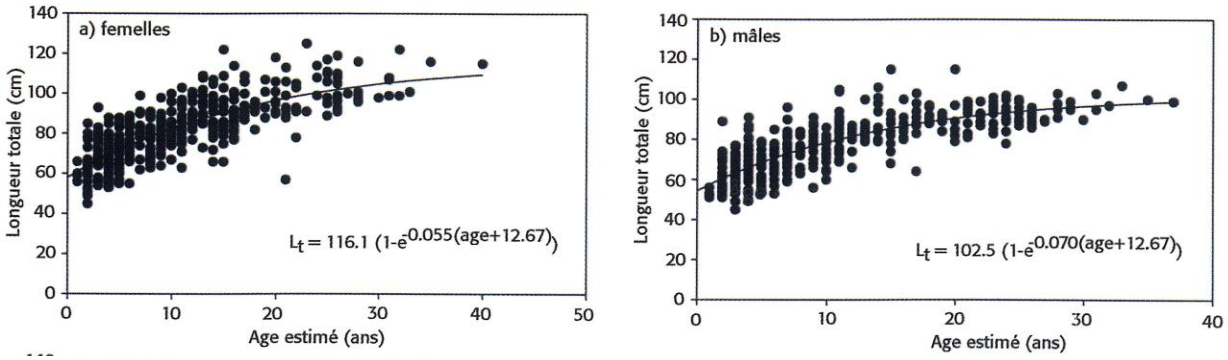


Tableau 32 : estimation de l'âge de la légine (*Dissostichus eleginoides*) à partir de la lecture des anneaux de croissance sur des otolithes provenant de la zone de Kerguelen
d'après Ashford et *al.* 2003).

Par exemple le poisson des glaces possède une durée de vie courte dépassant rarement 4/5 ans pour 35 cm de longueur totale alors que le colin de Kerguelen (*N. rossii)* atteint 15 à 16 ans pour une taille de 80 cm. Le record est détenu par les femelles de légine (*D. eleginoides)* qui dépassent 40ans à 120cm (Cf. Tableau 32 p°226) alors que des individus de 215 cm sont parfois capturés. Ainsi la majorité des Nototheniidae de Crozet et Kerguelen ont des durées de vie supérieures à 15/20 ans.

- Migration

Les phénomènes de migration se décomposent en deux types de mouvements : horizontaux, parfois à grande échelle, entre zones géographiquement séparées et pouvant se dérouler sur plusieurs mois et verticaux à petite échelle, généralement quotidiens, dits nycthéméraux (cycle jour-nuit), dans la colonne d'eau, généralement au dessus de grandes profondeurs.

Les mouvements horizontaux ont été mis en évidence à partir de l'exploitation des données de statistiques de pêche pour les espèces les plus communes du plateau de Kerguelen dont on suivait simultanément le cycle biologique. Plus récemment des résultats d'expériences de capture/recapture d'individus marqués (marques spaghetti numérotées implantées dans le dos du poisson sous la nageoire dorsale) complètent utilement ces données. C'est le cas par exemple de la légine *D. eleginoides* (Williams *et al.* 2002). Ils concernent tant des mouvements géographiques que des mouvements bathymétriques liés aux transits entre zones d'alimentation et de reproduction (frayère) souvent bien différentes et qui varient elles-mêmes au cours de la croissance. À Kerguelen, deux exemples d'espèces

néritiques bien étudiées peuvent être cités parmi les Nototheniidae montrant bien les circuits parfois complexes que les espèces effectuent.

Le Colin de Kerguelen, *Notothenia rossii* (Cf. Tableau 34 p°227):

-Phase de croissance juvénile dans les « herbiers » de *Macrocystis* côtiers. Régime alimentaire mixte (bentho-pélagique) (Hureau 1970).

-Acquisition de la maturité sexuelle, migration vers le plateau. Type de régime alimentaire zooplanctonique (Duhamel 1981 ; Duhamel & Hureau 1985).

- Reproduction annuelle. Les adultes reproducteurs se regroupent sur la seule frayère située au sud-est du golfe du Morbihan sur la pente du plateau en hiver austral (juillet-août) (Duhamel 1982).

-Développement benthique des pontes, éclosion des larves en octobre-novembre, début de phase ichtyoplanctonique (Camus & Duhamel 1985).

-Préjuvéniles pélagiques (phase bleue) rejoignent alors les zones côtières pour s'implanter dans les « herbiers » (phase brune) (White et al. 1982 ; Burchett 1983).

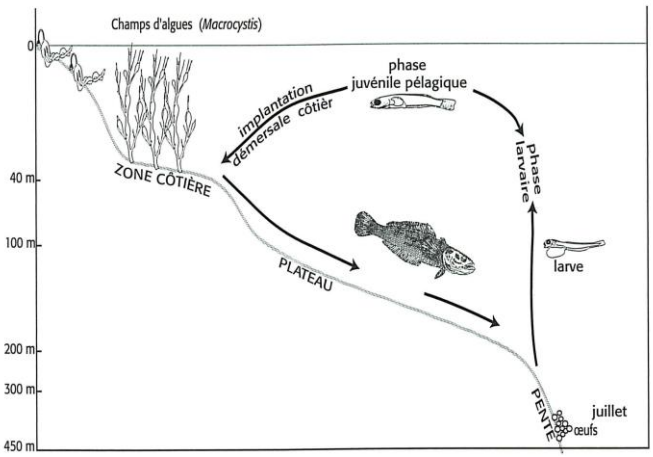


Tableau 34 : cycle vital du colin de Kerguelen (*Notothenia rossi*) au niveau des îles Kerguelen

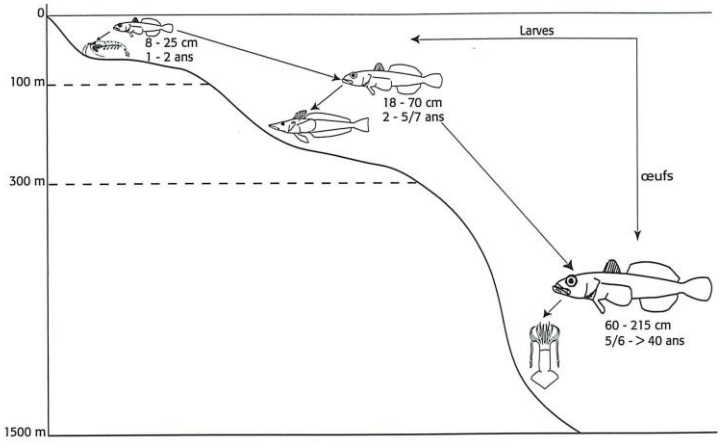


Tableau 33 : cycle vital de la légine (Dissostichus eleginoides) autour des îles Kerguelen (les proies représentées ne sont pas à l'échelle).

La Légine australe, *Dissostichus eleginoides* (Cf. Tableau 33):

-Croissance juvénile en zone peu profonde du plateau (5-200m), régime alimentaire zooplanctonique (Duhamel 1984, 1993c; Duhamel & Pletikosic 1983 ; Duhamel & Hureau 1985).

-Acquisition de la maturité sexuelle au niveau des accores du plateau (300-500m), régime alimentaire piscivore (Duhamel & Hureau 1985).

-Migration des adultes vers les grandes profondeurs (1000-2000m), régime alimentaire teu-tophage (Duhamel 1992b).

- Dispersion partielle d'individus du plateau de Kerguelen vers celui de Crozet (Cf. Tableau 35), ce qui est désormais prouvé par marquages réalisés à Heard (Williams *et* al. 2002).

-Reproduction annuelle (mai-juin) profonde (localisation exacte de la frayère inconnue) (Duhamel 1992b), phase ichtyoplanctonique permettant le retour sur la zone du plateau encore inconnue.

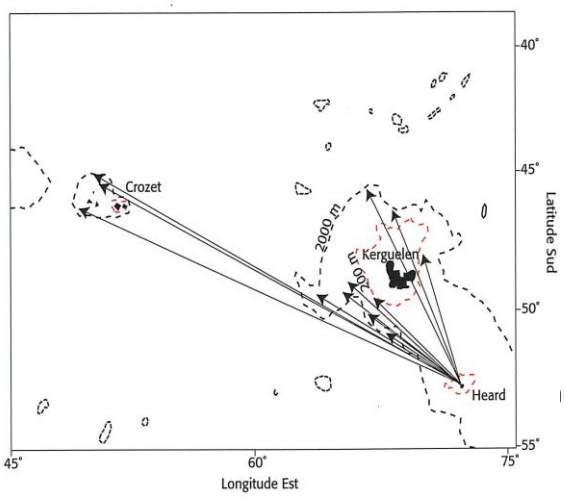
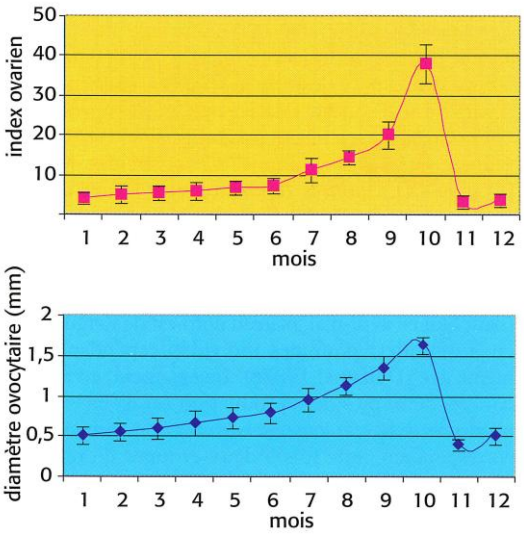


Tableau 35 : migrations de la légine (*Dissostichus eleginoides*) observées à partir de marquage effectués par l'Australie autour de l'île Heard et de recaptures enregistrées lors de la pêche à la palangre française à Kerguelen et Crozet: (chaque pointe de flèche représente le lieu de recapture d'un spécimen).

- Reproduction/Fécondité

La taille (et l'âge) de la première maturité sexuelle peut s'évaluer en séparant, à l'aide de stades de maturités standardisés (Kock *et al.* 1985 pour les poissons de l'océan Austral), les individus matures des juvéniles lors d'un échantillonnage important de poissons de la population de l'espèce étudiée. La taille de première maturité est celle où 50% des individus sont matures dans l'échantillonnage. Ce paramètre a été acquis pour la plupart des espèces néritiques de Kerguelen car il est important en dynamique des populations exploitées. L'évolution mensuelle du rapport gonado-somatique (poids de la gonade/longueur totale du poisson) ou index ovarien, ainsi que le diamètre ovocytaire chez les femelles, des poissons matures semble ensuite commune à toutes les espèces néritiques (notothenioids en particulier) de Kerguelen et Crozet (Cf. Tableau 36 ci-dessus). Une reproduction annuelle est alors mise en évidence par un pic qui se situe soit en automne soit en hiver pour que les larves éclosent au printemps lors de la période la plus favorable de production planctonique. Les femelles de poissons antarctiques de plateau sont réputées émettre des œufs démersaux de grande taille et généralement peu nombreux. Marshall (1953) considère cette particularité comme une adaptation aux conditions de milieu obligeant la production de larves à un stade avancé à l'éclosion afin d'augmenter le taux de survie et leur permettre de réaliser leur développement pendant une phase pélagique réduite.

Tableau 36 : évolution de l'index ovarein et du diamètre ovocytaire chez une femelle du colin austral (*Lepidonotothen squamifrons*) au niveau des îles Kerguelen
(d'après Duhamel 1987)



espèce	origine géographique	nb. spécimens analysés	gamme de taille étudiée (LT en cm)	diamètre moyen des œufs (mm)	fécondité absolue (nombre d'œufs)	$F = aL^b$ a	b	coeff. de corrélation	fécondité relative	référence
NOTOTHENIIDAE										
Dissostichus eleginoides	secteur atlantique	26	93 - 131	4,3 - 4,7	238 314 - 545 665	2 104,1	1,088		16,1 - 31,3	Kock *et al.* 1985
Gobionotothen acuta	Kerguelen	8	23 - 27	1,2 - 1,6	41 650 - 86 580					Duhamel 1987b
Lepidonotothen larseni	Crozet	25	12 - 14	2	1600-3060					Duhamel & Pletikosik 1983
Lepidonotothen mizops	Kerguelen	1	17	2	9350					Andriashev & Tokarev 1958 ; Duhamel 1987b
Lepidonotothen squamifrons	Kerguelen	134	27 - 48	1,4 - 1,7	40 760 - 284 610	0,5781	3,362	0,93	133-226,3	Duhamel 1987b
Notothenia cyanobrancha	Kerguelen				(20 000 - 30 000)					Hureau 1970
Notothenia coriiceps	secteur atlantique	36	34 - 55	4,3 - 4,7	6 897 - 41 024	0,011026	3,7969		6,6-17,3	Kock 1989
Notothenia rossii	Kerguelen	77	47 - 77	5	12 200 - 109 710	0,0073	3,781	0,92	9,9-20,4	Camus & Duhamel 1985 ; Duhamel 1987b
Paranotothenia magellanica	Kerguelen			(0,8)	(60 000 - 70 000)					Hureau 1970
CHANNICHTHYIDAE										
Channichthys rhinoceratus	Kerguelen	18	31 - 57	4,5	2 770 - 13 920	2,0277	2,107	0,79	10,2-13,7	Duhamel 1987b
Champsocephalus gunnari	Kerguelen (plateau NE)	277	26 - 37	3,2	2 980 - 9 060	0,3027	2,845	0,9	24,2-45,4	Duhamel 1987b
	Kerguelen (banc Skif)	82	25 - 35	2,6	1 750 - 5 220	0,2	2,869	0,9	17,9-29,2	Duhamel 1987b
HARPAGIFERIDAE										
Harpagifer sp.	secteur atlantique	9		2,2 - 2,6	600 - 1 500				76-100	Burren 1988

Tableau 37 : Fécondité de quelques espèces de notothenioids (Kerguelen, Crozet et océan austral)

À Kerguelen et Crozet les espèces démersales n'échappent pas à cette règle et émettent, pour la plupart, des œufs avec d'importantes réserves vitellines pour l'embryogenèse qui se déroule pendant des périodes d'incubation longue (plusieurs semaines en hiver austral). Les diamètres moyens s'échelonnent entre 0,8mm (*L. mizops*) et 5,0mm (*N. rossii*). Les fécondités se formulent soit en terme de valeurs absolues (nombre total d'œufs émis) soit en terme de fécondité relative (fécondité absolue/poids) (Tab. 1). La fécondité absolue la plus élevée est relevée chez la légine (*D. eleginoides*) (238000-545000 œufs) et la plus faible chez le poisson des glaces (*C.gunnari*) (1750-9080 œufs). Une espèce, le colin austral (*L. squamifrons*) possède une fécondité relative nettement supérieure (133 - 226) à la moyenne (8 à 45) (Duhamel 1987b, c). Enfui le suivi du cycle annuel du poisson des glaces (*C. gunnari*) a permis de mettre en évidence deux groupes de reproduction à Kerguelen ; ces groupes évoluent certainement comme des populations indépendantes avec des décalages dans les périodes de reproduction rendant peu probable l'interfécondité (banc Skif en avril-mai, plateau nord est de Kerguelen en juin-juillet) pour des individus cependant de même âge (Duhamel 1987c). Inversement, en zone côtière, deux pics de reproduction (et d'émissions ultérieures de larves) sont observés chez *N. cyanobrancha*, correspondant cette fois à deux groupes de reproducteurs : d'une part les poissons arrivant pour la première fois à la maturité sexuelle, d'autre part les poissons matures depuis plus d'une année (Hureau 1970 ; Moreau & Duhamel 1997).

Des caractéristiques physiologiques remarquables

Les poissons de la famille des Channichthyidae (endémiques de l'océan Austral et présent seulement à Kerguelen) présentent des adaptations physiologiques uniques parmi les vertébrés : un sang incolore. Cette particularité est due à la quasi-abscence 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 (augmentation de la taille du cœur et du diamètre des vaisseaux jusqu'aux capillaires, débit cardiaque quatre à cinq fois supérieur à celui des poissons dont le sang est pourvu d'hémoglobine, volume sanguin deux à quatre fois supérieur) et des branchies où l'oxygène passe par simple diffusion dans le sang. Deux espèces de cette famille (*Channichthys rhinoceratus*, endémique, et *Champsocephalus gunnari*) développent des populations importantes en zone côtière et sur le plateau péri-insulaire de Kerguelen mais sont totalement absentes de Crozet.

2.4.4.2.1.3. Evaluation de la valeur patrimoniale des poissons de Crozet et de Kerguelen

L'évaluation, à proprement parler, de la valeur patrimoniale des poissons de Kerguelen et Crozet n'est pas décrite par manque de connaissances.

2.4.4.2.2. Les céphalopodes des eaux de Crozet et Kerguelen

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 ces îles. Ils représentent une proie importante pour les cachalots (*Physiter macrocephalus*), oiseaux marins (Manchot) et poissons (*D. eleginoides*, requins sp.). Une augmentation considérable des données disponibles sur la diversité des céphalopodes des deux îles provient directement de l'étude des consommateurs supérieurs et de leur utilisation comme des échantillonneurs biologiques.

Au total, la population de céphalopode de Crozet et Kerguelen est respectivement de 36 et 38 espèces identifiées incluant les calmars (29 et 32 espèces, respectivement), les sépioles (1 espèces à Kerguelen) et les pieuvres (7 et 5 espèces) (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 Onychoteuthidae *Moroteuthis ingens* (Smith, 1881) ou les espèces de pieuvres des genres *Graneledone* et *Benthoctopus*.

2.4.4.2.3. Les mammifères marins de Crozet et Kerguelen

Les mammifères marins de la réserve des Taf sont représentés d'une part les cétacés (mysticètes, odontocètes) et d'autre part les pinnipèdes (éléphant de mer et Otarie).

Pour des raisons évidentes de distribution géographique des cétacés et de données d'observations parfois peux précises, il est difficile à ce stade d'affirmer ou d'infirmer la présence dans la réserve naturelle de l'ensemble des espèces observées dans les eaux territoriales et les ZEE bordant les îles Crozet et Kerguelen. Les tableaux présentés ci-dessous sont une synthèse des éléments historiques parfois peu précis et doivent être abordés pour une partie des données en termes de potentialité de présence.

En revanche, la distribution des pinnipèdes étudiée depuis plusieurs années par le laboratoire de Chizé sera détaillée.

Avant tout, il est important de retracer l'histoire de ces espèces et de leurs populations qui ont été, au cours du temps, fortement impactées par l'homme.

2.4.4.2.3.1. La chasse aux pinnipèdes et à la baleine dans la zone subantarctique des TAAF

Les mammifères marins de l'océan Austral ont été exploités pendant presque 200 ans. L'exploitation a commencé au 18e siècle, époque à laquelle les populations d'otaries furent pratiquement décimées. Au 19e siècle, la chasse s'est tournée vers l'éléphant de mer, la baleine franche australe (Eubalaena australis). Le 20e siècle a connu la chasse à la baleine mysticète (rorqual) et au cachalot. Aujourd'hui, l'exploitation des espèces de pinnipèdes a cessé, en revanche, certaines espèces de baleines, sous couvert de pêche scientifique, sont encore la cible des baleiniers.

2.4.4.2.3.1.1. <u>La chasse aux pinnipèdes</u>

- 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 pendant la saison 1800/01, avec le prélèvement de 110 000 peaux de phoque dans la seule Géorgie du Sud. En 1822, l'exploitation dépassait 1,2 million d'otaries en Géorgie du Sud où la population était alors pratiquement décimée. La situation était semblable sur d'autres îles subantarctiques, notamment celles du Prince Édouard, de Crozet, Kerguelen et Macquarie. En 1825, la plupart des populations d'otaries de Kerguelen et 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 de ce siècle.

Zoom sur l'Archipel Crozet

Les opérations de chasse semblent avoir débuté juste après ça découverte, longtemps après qu'elles aient commencé dans d'autres îles situées plus au nord (ex : St-Paul et Amsterdam). A l'origine, les otaries sont très nombreuses et Fanning (1803), qui découvre les lieux, parle de « grandes quantités d'otaries ». En 1814, au moins 10 navires parcourent les îles, un seul d'entre eux fait cargaison de 60000 peaux. Goodbridge, qui a séjourné sur les 3 principales îles 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.

L'Eléphant de mer est le seul Pinnipède trouvé dans l'archipel par de la Pylaie en 1833 mais fin 1837, Ceccile signale encore des otaries dans l'îlot reculé des Pingouins.

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 était observée à nouveau dans l'archipel 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, sa reproduction ne sera confirmée qu'en 1980-81.

Sur l'archipel de Kerguelen, des individus isolées d'otarie antarctique ont été fréquemment observés dans les années 1960-80 mais aucune colonie de reproduction n'avait été retrouvé. Ce n'est qu'en janvier 1982 qu'une colonie d'environ 1200 individus fût découverte. Cette importante colonie de reproduction l'a été sur l'île de Croy 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, Orcades du sud, Shetland du sud, Sandwich du sud, Bouvet, Marion et Heard. Elles constituèrent le préambule 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 18ème. 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 1979. Le succès de son voyage incita d'autres chasseurs à

venir et pendant toutes la première partie du 19ème siècle ces îles devinrent un centre de chasse très fréquenté. Les résultats de ces campagnes de chasses ne sont pas décritent dans la littérature.

Aux Américains succédèrent les Norvégiens. La première campagne fut celle de l'*Antarctic* en 1893-1894, puis suivi l'expédition de l'Edward 1897-1898. Durant ces deux campagnes environ 2500 éléphants de mer furent tuées (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 (éléphant et Baleine) et de fabrication d'huile (Cf partie 4.1.1 création de Port Jeanne d'Arc) à une société Norvégienne : *Storm bull*.. Après analyse des chiffres de cette époque, il apparait que près de 65 à 75 000 individus auraient été décimé ! Interrompues par la guerre en 1914, les campagnes ne reprirent qu'en 1921. Une société établie à Capetown : *La Kerguelen Sealing and whaling C° Ltd*, pris alors la succession de la firme *Storm Bull*, elle 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 extraitent, soit 30 000 à 40 000 individus sacrifiés chaque année.

En 1925, les frères Bossière créerent une filiale stictement 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 pêches seront réalisées entre 1925 et 1931. Ces campagnes auront lieux (à la différence des précédentes) 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 a noté 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 « Radioléine » aurait durant la campagne 1927-1928 tué ~40 000 éléphants de mer.

La chasse cessera en 1931, le prix de l'huile ayant chuté et ne permettant plus d'entreprendre de telles expéditions. Elle sera reprise temporairrement par la SIDAP entre 1958 et 1962 avec des méthodes modernisées et des strictes limitations en termes de taille et de sexe

Le début du 20ème 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'Eléphant de mer était connue depuis la découverte de l'archipel. Après l'extermination des otaries, cette espèce a été soumise a une exploitation systématique jusqu'à la fin du 19ème siècle, date à laquelle ses effectifs avaient été tellement réduits que la chasse n'était plus rentable et qu'elle a été interrompue

2.4.4.2.3.1.2. La chasse a 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 XIXème et XXème apportait des renseignements sur les espèces de cétacés présentes, en particulier les grandes baleines.

A la fin du XIXème, face aux importants besoins des grandes villes occidentales en huile, en chair et en fanons de baleines, une station baleinière fut construite et gérée par les Norvégiens à Port-Jeanne d'Arc, au sud est de Kerguelen en 1908 (Cf. Photo 57). Les baleiniers ont alors chassé durant plusieurs années différentes espèces de baleines, en majorité la baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*) (Tonnessen & Johnsen, 1982). La production d'huile commença en 1907 et tourna tout au long de l'année, avec une centaine d'ouvriers et de cadres Norvégiens.

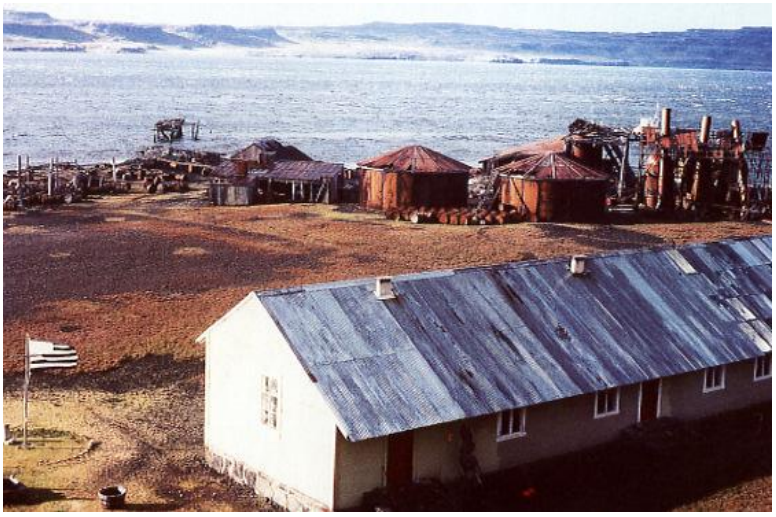


Photo 57 : Vestiges de la station baleinière Norvégienne de Port-Jeanne d'Arc, sud est de Kerguelen (Photographie P. Didelot).

L'activité baleinière fut interrompue pendant la première guerre mondiale, puis reprise en 1919 par une compagnie du Cap. En 1926, l'usine a fermé 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 XXème siècle autour des îles Crozet et Kerguelen (Wray & Martin, 1983). Cette chasse, conduite principalement par les Japonais et les Russes, c'est poursuivie au-delà de l'arrêt officiel de la chasse à la baleine décrété par la Commission Baleinière Internationale (CBI) capturant alors encore 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 chassé qu'à partir de 1959 et ce jusqu'en 1973 (Branch et al., 2007b). La CBI a regroupé toutes les données de captures pélagiques (légales et –plus récemment - illégales) de grands cétacés effectuées dans l'hémisphère sud durant la chasse commerciale (1900-1974). La Tableau 38 p°234 représente la distribution des captures des 6 principaux cétacés dans la zone subantarctique et la Tableau 39 p°235 représente la distribution des captures de baleines bleues actualisée par la correction des relevés erronés de l'ex Union-Soviétique. Les mammifères marins des Terres Australes et Antarctiques Françaises sont intégralement protégés par un arrêté ministériel du 27 juillet 1995.

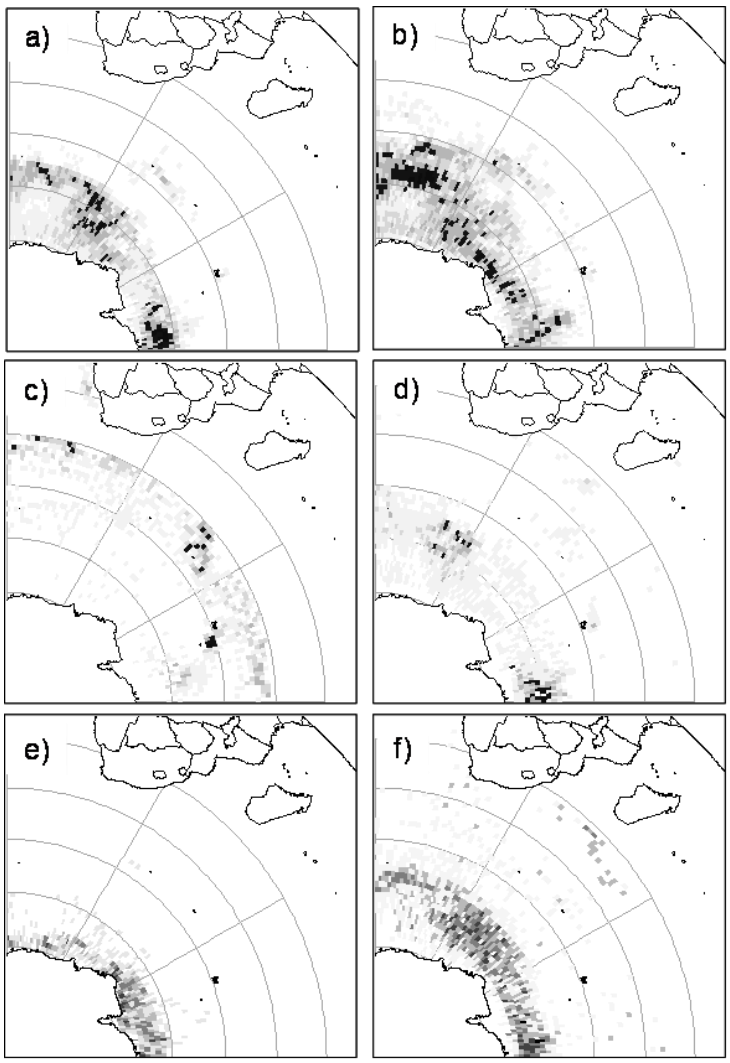


Tableau 38 : Cartes de distributions des captures de certains cétacés

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).

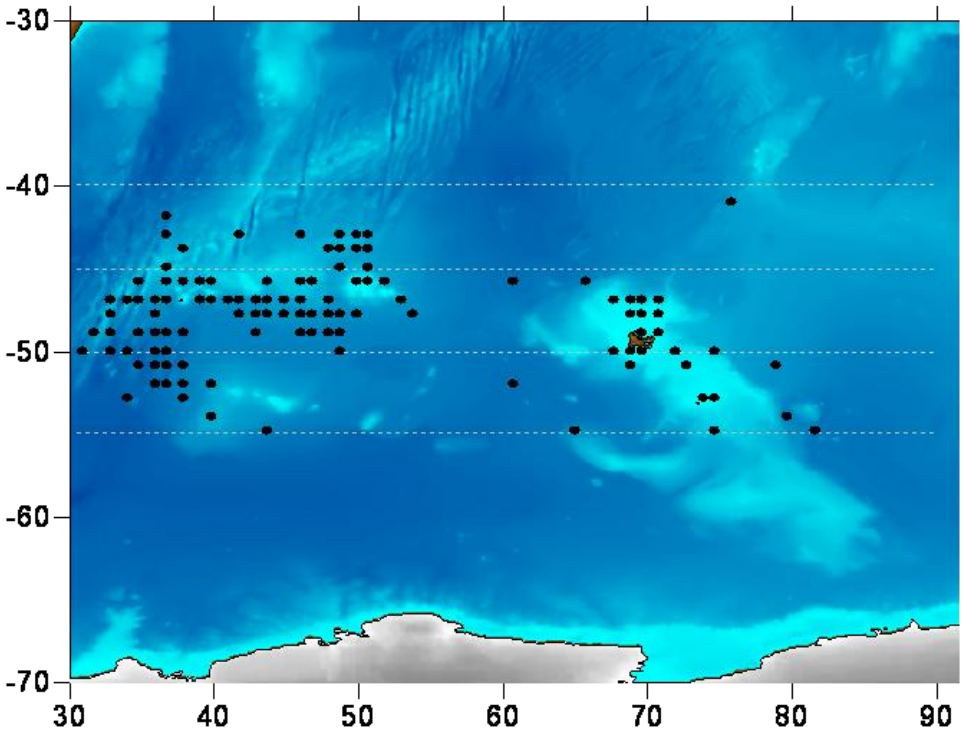


Tableau 39 : Distribution des captures de baleines bleues dans les eaux subantarctiques des TAAF

Regroupées par surface de 1° x 1° avec les corrections des déclarations erronées de l'ex Union-soviétiques (donnée CBI).

2.4.4.2.3.2. Les Pinnipèdes de Crozet et Kerguelen

2.4.4.2.3.2.1. <u>Description des pinnipèdes et de leurs populations</u>

Quatres espèces de l'ordre des pinnipèdes sont recencées sur les archipels de Crozet et Kerguelen, ils appartiennent à deux familles distinctes:

Les phocidae avec deux représentants :
-l'éléphant de mer *Milounga leonina,*
-le léopard de mer *Hydrurga leptonyx*

Les otaridae représentés par 2 espèces :
-l'otarie à fourrure subantarctique (*Arctocephalus tropicalis*),
-l'otarie à fourrure antarctique (*Arctocephalus gazella*).

Le léopard de mer est un cas particulier, c'est le seul qui ne se reproduit pas sur les îles. Il parait atteindre ici sa limite septentrionale et n'est présent qu'en nombre relativement restreint durant l'hiver. Les 3 autres espèces se reproduisent sur les îles selon la répartition suivante :

Espèce	Crozet	Kerguelen
Otarie à fourrure de Kerguelen	√	√
Otarie à fourrure d'Amsterdam	√	
Eléphant de mer	√	√

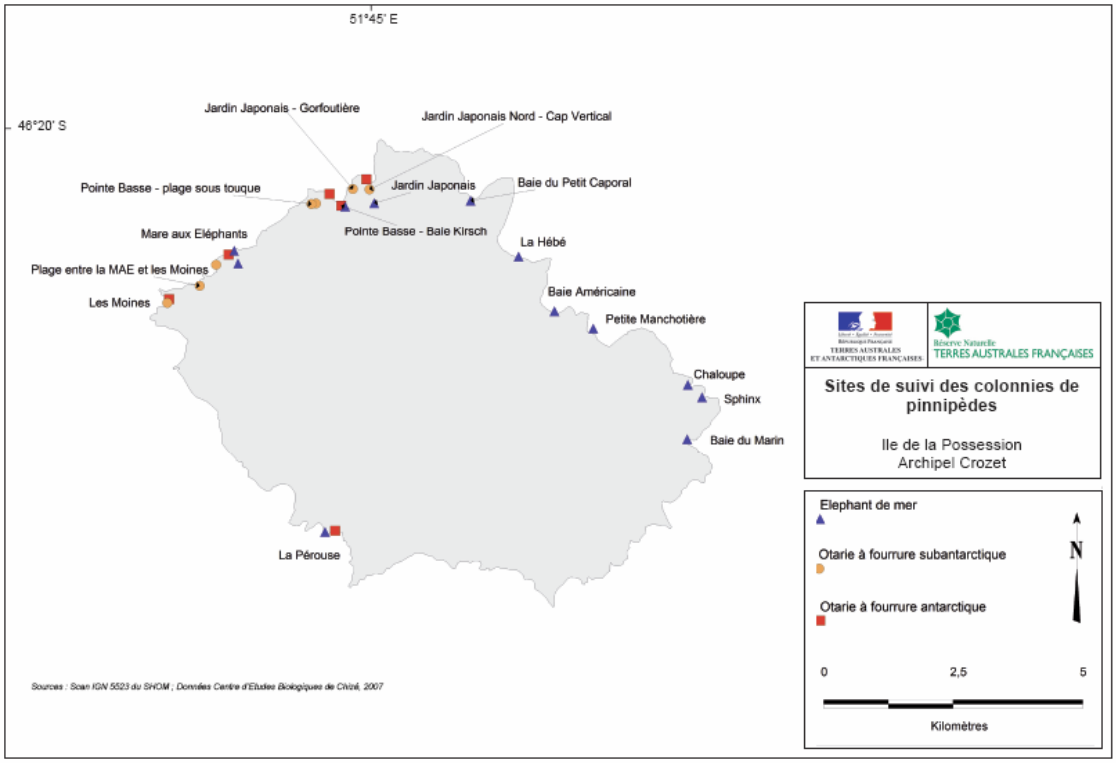
Tableau 40 : Liste des espèces de mammifères marins se reproduisant sur les archipels Crozet et Kerguelen

2.4.4.2.3.2.2. Localisation des colonies

La dimension des archipels Crozet et Kerguelen et les difficultés d'accès a certaines îles ne permettent pas d'avoir une connaissance exhaustive des colonies présentent, cependant une partie d'entre elles font l'objet d'un suivi régulier dans le cadre du programme « oiseaux et mammifères marins sentinelles des changements climatiques » menés par le CNRS de Chizé soutenu par L'IPEV.

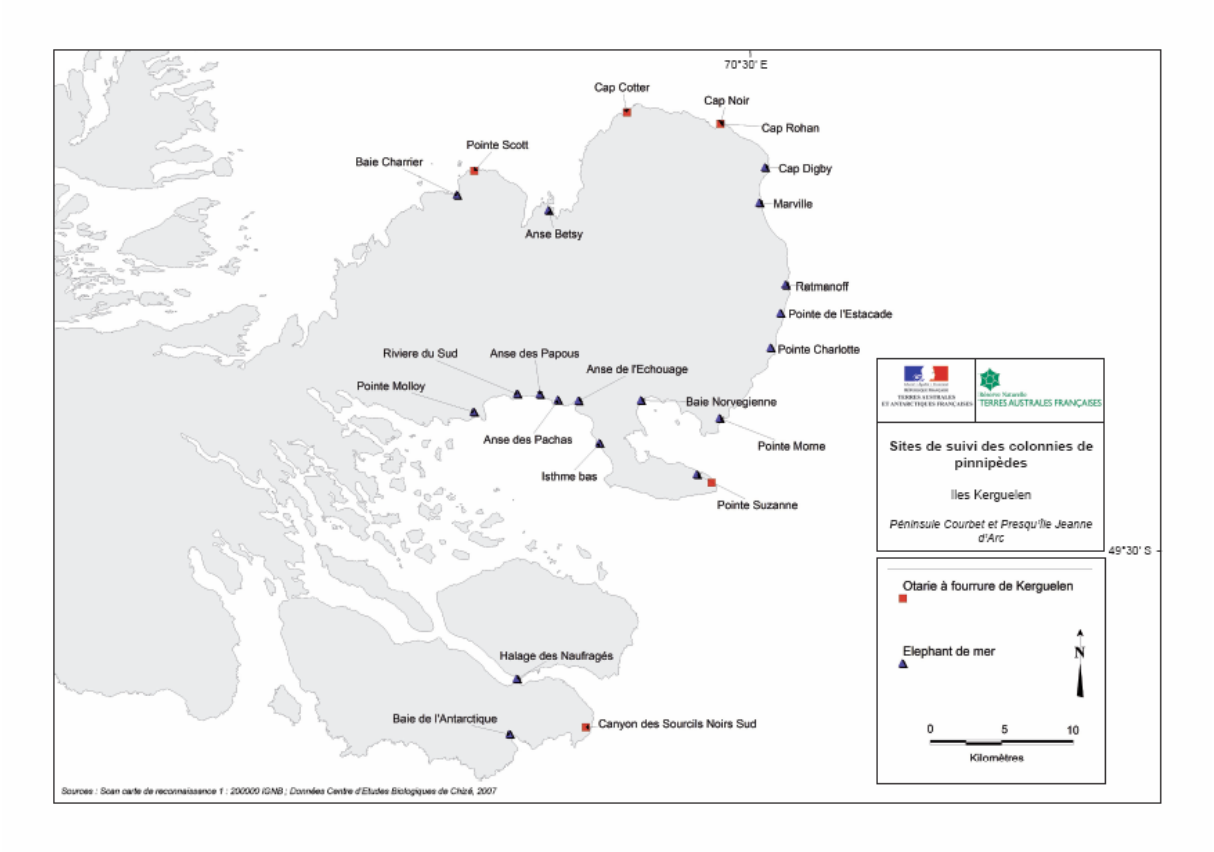
A Crozet, les suivis des populations de pinnipèdes ne sont réalisés que sur l'île de la Possession. Pour les otaries les localités suivis régulièrement sont celles : des rochers des Moines, la Mare aux éléphants, le Jardin Japonais, Pointe Basse, Baie de la Pérouse. Par ailleurs, depuis quelques années de nouvelles colonies s'installent sur le pourtour de l'île et un suivi de ces nouvelles coloniesest maintenant nécessaire pour suivre l'expansion de ces espèces.

Pour les éléphants de mer les localités dénombrées sont celles de la Baie du marin, Baie de la Pérouse, la Mare aux éléphants, le Jardin Japonais, la Baie du Petit Caporal, la Baie de Hébé, la Baie Américaine, la Petite Manchotière, la Crique de la Chaloupe et la Crique du Sphinx.



Carte 61 : Sites de suivis des colonies de pinnipèdes, île de la Possession

A Kerguelen, c'est l'ensemble du pourtour de la péninsule Courbet qui est suivi avec des sites références pour l'otarie à fourrure subantarctique tels que de Pointe Charlotte au Cap Jeannel (i.e Cap Noir), Cap Rohan, Pointe Suzanne et d'autre pour l'éléphant de mer dans le secteur de la pointe Molloy à Cap Digby.



Carte 62 : Sites de suivis des colonnies de pinnipèdes, Kerguelen

2.4.4.2.3.2.3. Suivi des populations

Les suivis des pinnipèdes sont menés par le CNRS de Chizé dans le cadre du programme « oiseaux et mammifères marins sentinelles des changements globaux », soutenu pas l'IPEV.

Les suivis effectués sont de nature différente, en fonction des connaissances recherchées, ainsi on distingue 3 grands types de suivis qui ont un lien direct avec la conservation des espèces et la gestion de la Réserve naturelle :

- Dénombrement,
- Suivi démographique (tendance de la population),
- Répartition spatiale (zone d'alimentation).

2.4.4.2.3.2.3.1. Dénombrement

Méthode

Les mammifères marins terrestres sont des espèces coloniales se reproduisant en harem. Pour chaque sites/espèces, les populations sont dénombrées par comptage direct ou sont comptés les harems, les femelles et les mâles périphériques, ainsi que le nombre de jeunes.

Les comptages consistent en un dénombrement effectué par un observateur soit sur le terrain, soit sur support photographique d'une colonie ou bien d'un secteur délimité. Ce support peut être une photographie prise depuis la terre (en oblique depuis un promontoire), une photographie

Espèces	Site d'étude	Durée de l'étude		Dénombrements	Mesure annuelle de paramètres	Nbre
		Dates	Années	(Fréquence des comptages)	démographiques	bagués
Orque	Crozet	1972-2009	37	opportuniste		
Eléphant de mer	Kerguelen	1955-2009	54	annuelle		
Eléphant de mer	Crozet	64/65-08/09	44	annuelle		
Otarie à fourrure de Kerguelen	Crozet	1978-2009	31	annuelle		
Otarie à fourrure d'Amsterdam	Amsterdam	1994-2009	15	annuelle	100-120 femelles suivies	100-120

aérienne (à partir d'un hélicoptère) ou bien encore une image satellite. L'observateur compte un à un le nombre de harems, femelles et jeunes pour les éléphants de mer ou les otaries. Il est primordial d'effectuer ces dénombrements à une période du cycle bien définie, lorsque une très grande majorité des reproducteurs ont initié leur reproduction (mise bas), ceci afin d'avoir une vision la plus exhaustive possible de la population reproductrice.

Les dénombrements concernent l'ensemble des secteurs décrits dans le paragraphe « localisation des colonies sur Kerguelen et Crozet ».

(Cf. annexe V)

Tableau 41 Liste des mammifères marins suivis dans le cadre du programme IPEV n°109 a Crozet et Kerguelen

Exemple des otaries de Crozet

Le décompte des otaries est effectué à Crozet chaque année depuis 1978 date de la découverte de la colonie de reproduction située aux Rochers des Moines. Compte tenu du décalage d'un mois du cycle reproducteur des otaries à fourrures de Kerguelen (*Arctocephalus gazella*) et d'Amsterdam (*A.tropicalis*) plusieurs comptages sont nécessaires. Le premier s'effectue aux alentours du 17 janvier tandis que le second vers le 2 février. Les otaries antarctiques se reproduisent sur la petite plage de sables et galets ce comptage ne pose que peu de difficultés. Les otaries d'amsterdam se reproduisent dans un dédale de bloc ce qui rend le décompte difficile à réaliser et nécessite beaucoup de temps et de soins.

Durant le comptage sont dénombrés les mâles adultes (maîtres mâles et mâles périphériques), les femelles adultes, les mâles et femelles subadultes ainsi que les juvéniles caractéristiques par leur petite taille.

Résultats des principaux dénombrements

Dans le Tableau 42 sont présentés les principaux résultats des différents dénombrements menés sur les 5 îles qui composent l'archipel Crozet. Les dénombrements menés sur l'île de la Possession sont évidemment plus récents et donc plus précis. Pour les autres îles, il s'agit parfois d'estimation obtenue à partir d'extrapolation de secteur échantillonné. Les rares passages sur ces îles ne permettent pas de présenter des résultats plus précis.

Espèces	Possession	Ile de l'Est	Apôtres
	Nombre annuel de nouveau-nés		
Otarie à fourrure de Kerguelen	369		
Otarie à fourrure d'Amsterdam	>237		
Eléphant de mer	711		

Tableau 42 Estimations récentes et fiables de la taille de population de mammifères marins (nombre annuel de nouveau-nés) à l'échelle d'un site

2.4.4.2.3.2.3.2. Le suivi démographique (tendance des populations)

Cas des otaries à fourrure de Crozet

Ce suivi est basé sur des sessions de marquage-capture-recapture (MCR) dans des colonies d'études, représentatives des populations. A Crozet, il est réalisé sur la colonie de la Mare aux Eléphant (Cf. document cartographique n°20) sur les otaries à fourrures Antarctiques et Subantarctiques, il n'y a pas de suivi de ce type sur Kerguelen.

Les otaries de Crozet font l'objet d'un suivi longitudinal d'individus identifiés au moyen de bagues. Chaque année le suivi d'un lot de jeunes otaries subantarctique et antarctique est réalisé. Les petits de l'année suivis sont pesés, mesurés, sexés et bagués (pose d'une bague sur chaque nageoire pectorale), dans le même temps, l'ensemble des femelles adultes rencontrées qui ne sont pas marquées sont également baguées. Cette identification des nouveaux nés permet au scientifique de travailler sur des jeunes d'âge connu. Tous les adultes rencontrés sont contrôlés (lecture de bagues). Ces contrôles ont lieu pendant la période de reproduction et le début d'élevage des nouveaux nés.

Le MCR permet de mesurer les paramètres démographiques (survie adulte, recrutement, succès reproducteur, émigration-immigration) et donc d'expliquer les causes démographiques des tendances

2.4.4.2.3.2.3.3. Les zones d'alimentation

D'après Bost et al.2009

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 (cf.Tableau 43). Plus récemment, l'avancement des microtechnologies a permis par le pistage (tracking) d'individus de découvrir comment ces prédateurs marins utilisent en réalité les zones frontales.

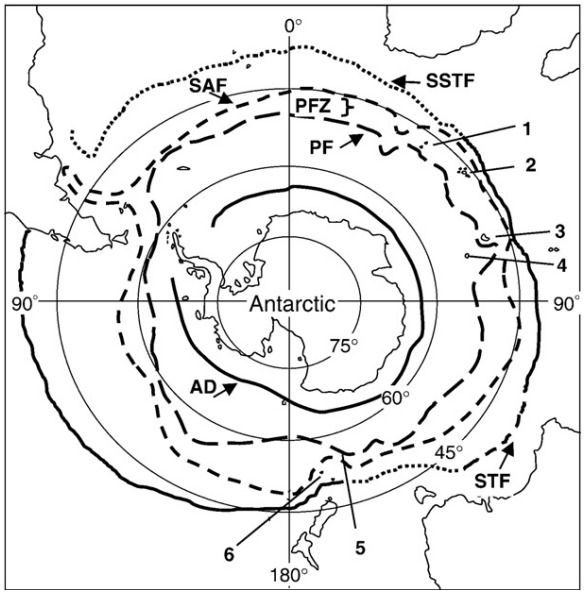


Tableau 43 : Localisation des principaux front et zones océaniques de l'océan Australe (d'après Orsi et al., 1995; Belkin et Gordon, 1996; Park et Gambéroni, 1997)

SSTF: South Subtropical Front; STF: Subtropical front; SAF: Subantarctic Front; PF: Polar Front; AD: Antarctic Divergence or southern boundary of the ACC. Numbers refer as following: 1: Marion and Prince Edward Islands; 2: Crozet Islands; 3: Kerguelen Archipelago; 4: Heard and McDonald Islands; 5: Macquarie Island; 6: Campbell Island.

Le suivi d'individus reproducteurs chez les mammifères marins a révélé que les fronts peuvent être des secteurs majeurs d'alimentation pendant la période de reproduction. Certaines espèces ont

une double stratégie d'alimentation, exploitant tant les zones de fronts pélagiques que les zones néritiques. Enfin, certains prédateurs trouvent une grande partie de leur alimentation dans des zones d'interactions complexes entre fronts, bathymétrie et zones d'advections.

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, ils peuvent profiter de discontinuités physiques verticales aux fronts, et ainsi avoir accès à des proies plus profondes que les oiseaux marins.

Programme en place

Le suivi télémétrique satellitaire et de bio-logging de paramètres océanographiques et comportementaux chez les mammifères marins s'inscrit dans le cadre duprogramme 109 'Oiseaux et mammifères marins sentinelles des changements globaux', spécifiquement dans deux axes :

-un axe de recherche fondamentale s'intéressant à l'étude des stratégies d'alimentation et leur relation avec l'environnement marin (impact de la variabilité environnementale et des changements climatiques sur les prédateurs marins),

-un axe plus appliqué s'intéressant à l'étude de la distribution des pinnipèdes en relation avec les activités de pêche sur la zone Kerguelen, en effet les otaries interagissent avec la pêcherie à la légine sur l'ensemble de la zone de pêche et les éléphants de mer mâles qui s'alimentent sur le plateau de Kerguelen sont des prédateurs naturels de la légine.

Nous présentons dans cette section l'état actuel de nos connaissances concernant 2 espèces : l'Otarie à fourrure antarctique et l'éléphant de mer à Kerguelen

- Exemple de l'otarie à fourrure antarctique

A Kerguelen, l'étude du comportement alimentaire des femelles allaitantes d'otarie à fourrure Antarctique (*Arctocephalus gazella*) de la colonie du Cap noir (péninsule Courbet) à 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).

- Exemple de 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 grande migration à travers les eaux australes à la recherche de proie et plongent régulièrement à des profondeurs de 400 à ~1500m. Le suivi d'individus équipés sur la péninsule Courbet a permis d'identifier quatre stratégies comportementementales distinctes:

a) certain individus recherchent leur proie principalement dans les zones pélagiques passant la majeure partie de leur temps à se déplacer le long de la zone du front polaire dans les limites du courant circumpolaire antarctique (ACC).

b) dans la zone du front polaire, des éléphants entreprennent des migrations verticales diurnes importantes associées à un minimum de température la nuit et un maximum de température pendant le jour. Tandis que ceux s'alimentant dans la zone du front subantarctique n'enregistrent aucune variation de température de jour.

c) d'autres se nourrissent dans la zone benthique côtière, ils passent la plupart de leur temps à plonger sur les fonds au bord du plateau continental antarctique,

d) enfin, des individus s'alimentent et passent la plupart de leur temps dans le domaine pélagique aux alentours du bord de la banquise antarctique.

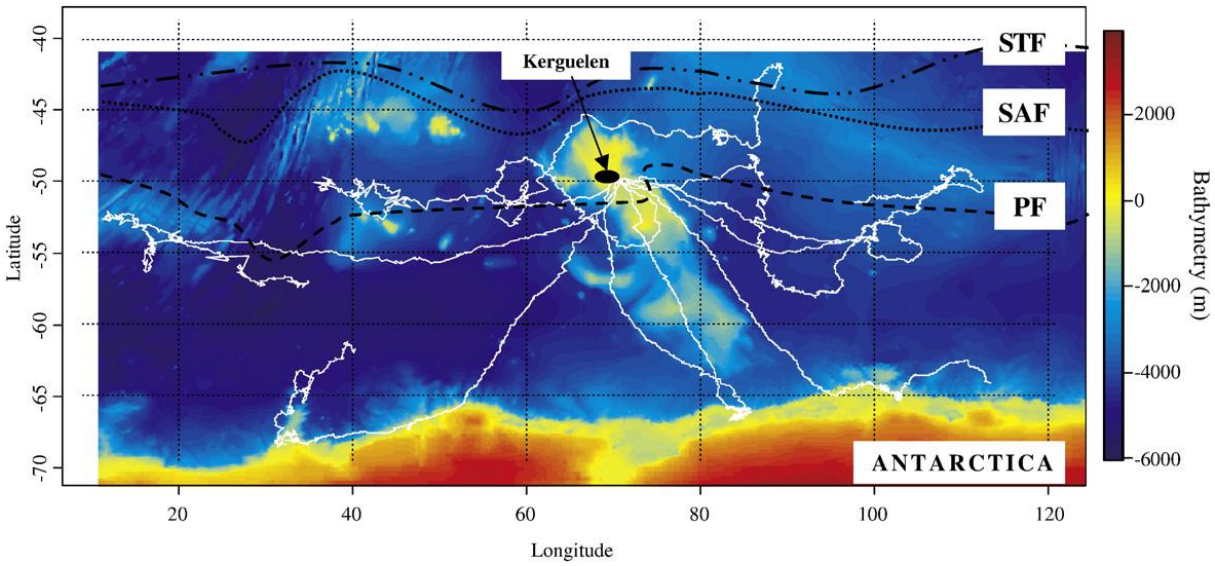


Tableau 44: Exemple de 8 parcours différents (ligne blanche) d'éléphant de mer dans l'océan austral. PF: Polar Front; SAF: Subantarctic Front; STF: Subtropical Front (Sources: Belkin and Gordon, 1996; Park and Gambéroni, 1997). The source of bathymetry is ETOPO5 database.

Les données démographiques issues des suivis à long terme permettent tout d'abord de connaître le statut de conservation des espèces, ce qui semble une première étape indispensable pour leur protection, notamment dans le cadre d'une réserve naturelle. Détecter tout changement affectant la démographie de ces prédateurs constitue le premier indice permettant de cerner les causes probables (naturelles ou anthropiques) responsables de ces fluctuations.

2.4.4.2.3.2.4. Evaluation de la valeur patrimoniale des pinnipèdes

Nous avons retenus 4 grands critères pour définir la valeur patrimoniale des espèces de pinnipèdes :

1. Les espèces endémiques à certaines îles (qui abritent ainsi 100% de la population mondiale pour l'espèce) et les espèces pour lesquelles les sites hébergent une très grande proportion de la population mondiale -ou régionale-:

L'enjeu est majeur pour ces espèces dont le statut de conservation est fortement lié à leur distribution très localisée, les rendant vulnérables à certaines perturbations, surtout locales

2. Les espèces représentant une biomasse importante de l'écosystème

3. Les espèces affectées par les changements globaux (climat & anthropique)

Cette liste (Cf. Tableau 45 ci-dessus) a été établie en fonction de nos connaissances actuelles et pour l'environnement actuel et elle ne reste valable que dans ce contexte. Elle ne peut donc pas être considérée comme fixe et exhaustive.

4. Les espèces anciennement exploitées

Tableau 45 : Espèces de pinnipèdes dans les Taaf dont les suivis sont à maintenir et/ou actualiser de façon prioritaire

Espèces	Patrimonial	UICN	Biomasse	Affectées	Anciennement exploitées

Otarie à fourrure de Kerguelen	LC			√
Otarie à fourrure d'Amsterdam	LC			√
Eléphant de mer	LC	√		√

Statut de conservation Liste Rouge - UICN : LC – Préoccupation mineure, NT - Quasi menacé, Vu - Vulnérable, EN - En danger, CR - En danger critique d'extinction IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **28 May 2009**.

Les actualisations (notamment les dénombrements) sont à réaliser selon quatre critères : statut patrimonial, importante biomasse, affectées (aujourd'hui) par différentes menaces, anciennement exploitées.

2.4.4.2.3.2.5. Etat de conservation des pinnipèdes

Nous présenterons dans cette section les espèces pour lesquelles nous avons des dénombrements à long terme qui nous permettent d'analyser leurs tendances. Ces tendances sont résumées dans le Tableau 46.

D'un point de vue démographique les populations d'otaries antarctiques à Kerguelen et Crozet voient leurs effectifs augmenter rapidement, il en est de même pour la population d'otarie subantarctique de Crozet.

La population d'éléphant de mer de Kerguelen est stable après avoir fortement décliné au cours des années 1970 et le début des années 80.

Il n'y a aucun enjeu immédiat de conservation sur ces espèces, mais les connaissances acquises permettront de détecter des changements de statut et d'en évaluer les causes. Si l'on veut déterminer les habitats utilisés par ces populations, et notamment évaluer le degré de chevauchement avec les activités de pêcheries en cours et en devenir il est indispensable de pouvoir suivre par télémétrie un certain nombre d'individus de ces espèces.

Enfin, 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. Il est donc indispensable pour ces espèces de suivre à long terme plusieurs colonies afin d'avoir une bonne représentativité de la tendance globale à l'échelle des archipels.

Espèces	Statut UICN	Sites	Tendance
Eléphant de mer	**Préoccupation mineure**	Crozet*, Kerguelen*	→ (1985-2008)
Otarie à fourrure d'Amsterdam	**Préoccupation mineure**	Amsterdam*, Kerguelen*	↗
Otarie à fourrure de Kerguelen	**Préoccupation mineure**	Crozet*, Kerguelen*	↗

Tableau 46 : Tendances des populations de 3 espèces de pinnipèdes se reproduisant à Kerguelen
sites pour lesquels les tendances de population sont mentionnées ↗ En augmentation ; → Stable

2.4.4.2.3.3. Les cétacés des îles crozet et kerguelen

2.4.4.2.3.3.1. Description des cétacés

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 (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 109 de l'IPEV géré par le CEBC-CNRS),

- les données d'échouages de cétacés sur les rivages (MNHN).

Actuellement, 25 espèces de cétacés dont 6 espèces de mysticètes (baleines à fanons, Cf. Tableau 47) et 19 espèces d'odontocètes (baleines à dents, Cf. Tableau 48 p°245) sont reportées dans les eaux subantarctiques des TAAF.

Inventaire des espèces signalées dans les eaux de Kerguelen et de Crozet

Dans l'hémisphère sud, au printemps et au début de l'été austral, les grandes baleines migrent vers les eaux froides de l'Antarctique pour se nourrir sur les grandes concentrations de krill disponibles. A l'automne, elles retournent vers des eaux plus chaudes des basses et moyennes latitudes (tropicales et subtropicales) pour se consacrer à la reproduction, la mise bas et l'allaitement (Mackintosh, 1966). Ces espèces passent donc une partie de leur migration dans les eaux subantarctiques ce qui explique leur présence saisonnière à proximité des îles Crozet, Kerguelen, Amsterdam et St-Paul.

2.4.4.2.3.3.1.1. 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, www.iucnredlist.org) 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 47 : récapitulatif des observations de mysticètes dans les eaux subantarctiques

Espèce	ZEE Crozet		ZEE Kerguelen		Observation Hors ZEE
	Cotière	Hauturière	Cotière	Hauturière	
Baleine franche ***Balaena glacialis/australis***	)	)	)	)	) entre Kerguelen et Amsterdam

Rorqual de Rudolfi ***Balaenoptera borealis***	0	0	0	0
Rorqual bleu Antarctique et pygmée ***Balaenoptera musculus, intermedia/brevicauda***	0	⎫	0	⎫ 0
Rorqual commun ***Balaenoptera physalus***	0	⎫	0	⎫ ⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Petit Rorqual ***Balenoptera acutorostrata/ bonaerensi***	0	⎫	⎫	⎫ ⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine à bosse ***Megaptera novaeangliae***	0	⎫	⎫	⎫ 0

Au total, 6 espèces de mysticètes ont été observées dans les ZEE de Kerguelen et/ou de Crozet (description, cf.annexe V). Parmi elles, seulement trois l'ont été dans les eaux côtières de Kerguelen et/ou Crozet: la baleine franche, la baleine à bosse et le Petit Rorqual. Toutefois, leur présence n'est qu'anecdotique dans le périmètre de la réserve marine, seules des prospections plus régulières permettraient de confirmer leur présence et de définir si le biotope côtier de la réserve leur est favorable.

2.4.4.2.3.3.1.2. 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. Des études antérieures ont été menées sur le dauphin de Commerson et actuellement des études sont en cours sur 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 recherches ainsi que les données d'échouages apportent quelques renseignements sur leurs présences dans les eaux subantarctiques des TAAF.

Tableau 48 : récapitulatif des observations d'odontocètes dans les eaux subantarctiques

Espèce	ZEE Crozet		ZEE Kerguelen		Observation Hors ZEE
	Cotière	Hauturière	Cotière	Hauturière	
Dauphin de Commerson ***Cephalorhynchus commersoni***	0	0	⎫	⎫	⎫
Globicéphale noir ***Globicephala melas***	0	⎫	⎫	⎫	0
Globicéphale tropical ***G. macrorhynchus***	0	⎫	⎫	⎫	0
Dauphin de Risso ***Grampus griseus***	0	⎫	⎫	⎫	0
Dauphin d'Electre ***Peponocephala electra***	0	⎫	0	⎫	0
Dauphin de Fraser ***Lagenodelphis hosei***	0	⎫	0	⎫	⎫ entre Crozet et Kerguelen
Lagénorhynque obscur ***Lagenorhynchus obscurus***	0	⎫	0	⎫	⎫ entre Crozet et Kerguelen
Lissodelphis austral ***Lissodelphis peronii***	0	⎫	0	⎫	⎫ entre Crozet et Kerguelen
Lagénorhynque sablier ***Lagenorhynchus cruciger***	0	⎫	0	⎫	⎫ entre Crozet et Kerguelen
Marsouin à lunettes ***Phocea dioptrica***	0	0	⎫	0	0
Orque ***Orcinus orca***	⎫	⎫	⎫	⎫	⎫
Fausse-orque ***Pseudorca crassidens***	0	0	0	⎫	⎫
Hyperoodon antarctique ***Hyperoodon planifrons***	0	0	Echouage	0	⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine à bec de Blainville ***Mesoplodon densirostris***	0	0	0	⎫	⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine de Gray ***Mesoplodon grayi***	0	0	0	⎫	⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine de layard ***Mesoplodon layardii***	0	0	⎫	0	0
Baleine à bec de Cuvier ***Ziphius cavirostris***	0	0	Echouage	0	⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Cachalot ***Physeter macrocephalus***	⎫	⎫	⎫	⎫	⎫
Cachalot pygmé ***Kogia sp.***	0	0	0	⎫	⎫

Parmi les 19 espèces d'odontocètes recensées dans les eaux subantarctiques des TAAF, toutes ont été observé au moins une fois dans les ZEE de Crozet et/ou Kerguelen. En revanche, seulement 10 d'entre elles ont été signalées dans les eaux côtières qui nous intéressent ici dans le cadre de la réserve naturelle : le globicéphale noir et tropical, le dauphin de Risso, le dauphin d'Electre, le marsouin à lunette, l'hyperoodon antarctique, la baleine à bec de Cuvier, la Baleine de layard, l'orque et le Dauphin de Commerson. La plupart de ces espèces n'ont été observés que rarement et l'état des connaissances actuelles ne permet pas d'affirmer leur utilisation des habitats de la réserve.

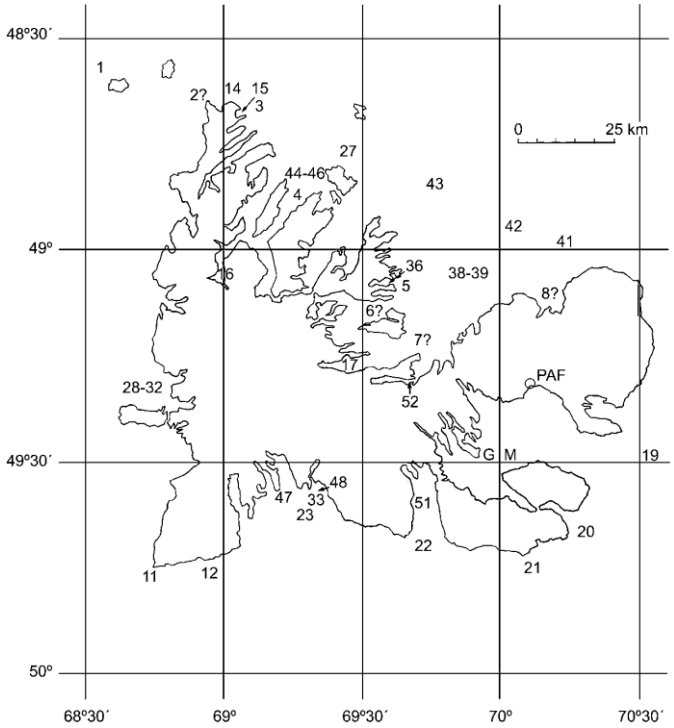
Des études complémentaires (prospections, inventaires..) devront être réalisées afin d'identifier la fréquence de leur présence et leur utilisation de l'habitat côtier des deux archipels.

Seules deux espèces, le Dauphin de Commerson à Kerguelen et l'orque à Crozet sont régulièrement observées en milieux côtier dans ou proche du périmètre de la réserve naturelle.

Le **dauphin de Commerson** (*Cephalorhynchus commersoni kerguelenensis)*.

Cette espèce constitue à ce jour la seule population connue de l'Océan Indien. Une seule autre population existe dans l'océan atlantique au large des eaux sud américaines. Largement séparé, le dauphin de Commerson des Kerguelen a été décrit comme une sous espèce *Cephalorhynchus commersoni kerguelenensis* (Robineau et al., 2007). Les deux groupes, génétiquement isolées se distinguent par la taille (ceux de Kerguelen étant environ 20% plus grands) et la pigmentation des individus.

Il se rencontre tout au long de l'année sauf en hiver (juin à aout) en particulier dans les nombreux golfes et fjords qui découpent profondément le littoral sud (de la péninsule Rallier du Baty à la péninsule Courbet) et le littoral nord-est (de la péninsule Courbet au cap Destaing, extrémité nord de la Grande Terre). Le littoral ouest, exposé aux grosses mers, paraît par contre peu fréquenté (mais c'est aussi la moins prospectée). Très peu d'observations ont été faites sur le plateau des îles (profondeur inférieure à 200 m) et quelques unes seulement à proximité de son tombant (profondeurs comprises entre 200 et 500 m), plus particulièrement au nord-ouest. Les rencontres avec le dauphin de Commerson deviennent exceptionnelles au delà des limites du plateau. Les données les plus nombreuses concernent le Golfe du Morbihan (Robineau 1984, 1989 ; de Buffrénil et al., 1989 ; Borsa, 1997 ; Robineau & Duhamel, 2006)



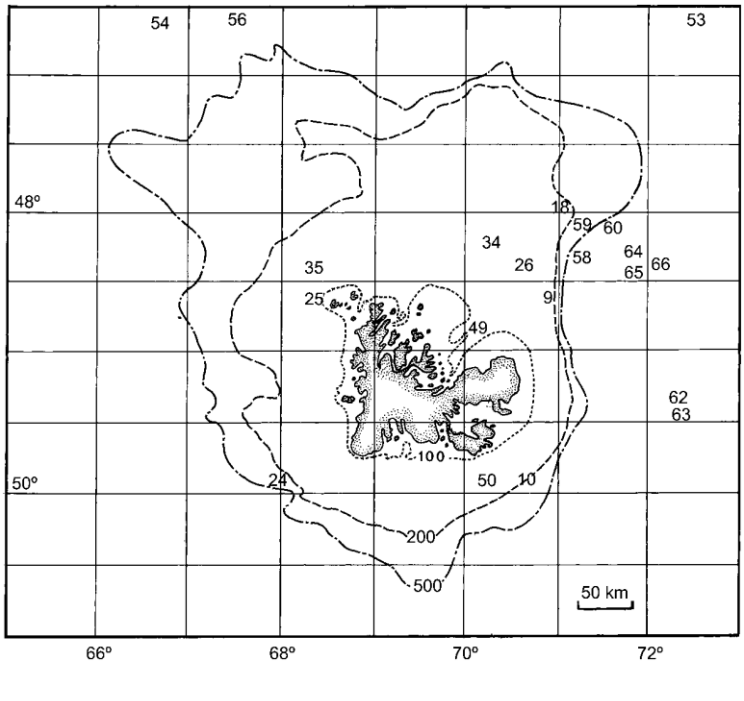


Figure 33 **Observations de *C. commersonii* dans les eaux côtières des îles Kerguelen, en dehors de golfe du Morbihan (GM). Les numéros se réfèrent aux observations publié es par Robineau (1985, 1989)**

Figure 32 **Observations de *C. commersonii* faites sur et en bordure du plateau des îles Kerguelen. Les numéros se réfèrent aux observations publiées par Robineau (1985, 1989)**

Ce dauphin 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 est constituée essentiellement de poissons (principalement *Champsocephalus gunnari)* mais l'espèce paraît capable d'exploiter la plupart des ressources animales des eaux côtières, y compris celles du fond (invertébrés benthiques).

Le statut de cette espèce n'est pas défini dans la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature par manque de données.

Les différentes études déjà menées sur cette espèce ont d'ores et déjà permis d'identifier de nombreux traits biologiques et écologiques de l'espèce, cependant les données démographiques récentes, la dynamique de population, essentielles à la définition de son statut de conservation ne sont pas connues.

Toutefois, son comportement presque exclusivement côtier semble constituer un point favorable pour sa conservation, ce périmètre étant exempt de pressions anthropiques.

L'**orque** (*Orcinus orca)* est une espèce assez largement présentes dans les eaux subantarctiques des TAAF puisque documentée à Amsterdam, St-Paul, Kerguelen et Crozet. (Guinet, 1991 ; Guinet, Comm. pers. Robineau & Duhamel, 2006).

La population de Crozet est la plus étudiée avec des premières données sur les orques fréquentant les côtes de l'Ile de la Possession datant des années 1970 (Voisin, 1976). L'espèce à principalement été observée autour de l'île de la Possession ou l'effort d'observation est le plus important, elle a également été signalée près des côtes de l'île au Cochon et à plus large échelle dans la ZEE de Crozet.

Définies comme généralistes, pouvant se nourrir 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 (*Dissosstichus elegenoides*) opérant dans la ZEE depuis le milieu des années 1990 (Roche et al., 2007). 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., 2009), une tendance en grande partie due à des interactions létales avec les navires braconniers présents jusqu'en 2003 utilisant des moyens drastiques pour effaroucher 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 à environ 70 individus en 2007 (Tixier, 2008).

. L'orque n'a pas de statut défini dans la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature par manque de données.

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.).

L'ensemble des données récoltées permet d'ores et déjà de présenter un inventaire des espèces observées dans les eaux des deux archipels et des potentialités de présence dans la réserve marine. Cependant, pour la grande majoritée de ces données, leurs caractères opportunistes montre ces limites, en effet soit elles ne permettent pas d'évaluer l'effort d'observation dans les différents secteurs côtiers soit sont étroitement dépendantes des activités de pêche ammenant un biais dans les observations.

Des études complémentaire en milieux côtier doivent être entreprises afin de confirmer la fréquentation des habitats de la réserve marine par certaine espèces et de suivre plus précisément l'évolution des populations d'ores et déjà identifiés comme inféodés à ces milieux.

Le retour du navire la « Curieuse » dans les eaux de l'archipel de Kerguelen constitue une opportunité d'apporter de nouvelles données et d'approfondir ces connaissances.

2.4.4.2.3.3.2. Différents types de suivi

Plusieurs types de sources de données participent à enrichir notre connaissance des cétacés dans les ZEE subantarctiques ainsi que dans la réserve naturelle :

- Le suivi opportuniste
- La bioacoustique
- La photo identification

2.4.4.2.3.3.2.1. Le suivi opportuniste

Il n'existe pas de programme de suivi régulier des cétacés dans ces zones soumis à des conditions météorologiques difficiles. La majorité des données actuelles proviennent d'observations opportunistes issues de plusieurs sources :

- 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 *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 109 de l'IPEV géré par le CEBC-CNRS),
- les données d'échouages de cétacés sur les rivages (MNHN).

2.4.4.2.3.3.2.2. La bio acoustique

Méthode

Cette nouvelle stratégie d'inventaire a été mise en place en alternative à des méthodes classiques de collecte de données sur les grandes baleines comme les observations visuelles en mer. En effet, ces méthodes trouvent leurs limites dans ces océans ou les conditions climatiques sont extrêmes et ou l'isolement géographique est très marqué. A cela s'ajoute que la différentiation visuelle des espèces, des sous-espèces ou des sous-populations de grandes baleines est quasiment impossible exception faite si elles peuvent être couplées avec des méthodes plus intrusives comme des prélèvements et des biopsies pour préciser l'espèce ou la sous-espèce. Cependant, les grandes baleines, en particulier la baleine bleue, émettent des signaux sonores spécifiques (appelés vocalises) permettant l'identification des espèces, sous-espèces et sous-populations par simple écoute (Richardson et al. 1995). Les grandes baleines étant des animaux acoustiquement très actifs, l'observation acoustique semble alors être une approche alternative pertinente, efficace et non-intrusive pour préciser leur statut (distribution, mouvements migratoires, sympatrie) dans une zone géographique déterminée (Stafford et al. 2001, 2004, Nieukirk et al. 2004, Sirovic et al 2004, 2008). Les vocalises émies par les grandes baleines représente alors un indicateur pertinent de leur présence.

Programme en place

Un programme de recherche basé sur les observations acoustiques a ainsi été initié par le Centre Biologique de Chizé (Samaran, 2008). Il vise à détecter et recenser les sons émis par les grandes baleines dans des bases d'enregistrements acoustiques continus longs termes actuellement disponibles et non exploitées effectuées autour des îles subantarctiques des Terres Australes et Antarctique Françaises. Ce projet va prendre une autre dimension avec le lancement début 2010 du projet «Observatoire Acoustique des Grands Cétacés dans l'Océan Austral ». Cet observatoire

consiste à la pose de 9 hydrophones. Les hydrophones seront déployés dans les eaux subantarctiques à proximité des Terres Australes et Antarctiques Françaises. Deux triplets d'hydrophones configurés pour localiser les animaux acoustiquement actifs seront déployés respectivement entre La Réunion et les îles Crozet et entre Crozet et Kerguelen. Trois autres hydrophones seront déployés en zone sub tropical à proximité des îles Amsterdam et St-Paul. Les hydrophones enregistreront en continue les bruits océaniques durant minimum 1 an. A la récupération des instruments, les signaux acoustiques émis par les grandes baleines seront analysés et permettront d'établir la présence saisonnière, la distribution et les mouvements des cétacés le long d'un gradient longitudinal et latitudinal dans le sud de l'Océan Indien.

Ce suivi permettra de connaître, par l'étude de leur détection acoustique ; le nombre d'espèces, de sous-espèces ou de sous-populations de grandes baleines (baleines bleues, rorquals communs) détectées dans des enregistrements continus effectués sur un vaste secteur dans l'Océan Austral auquel appartient les îles australes Françaises. L'analyse détaillée de ces enregistrements permettra d'obtenir la saisonnalité des espèces présentes, leurs aires de répartition et leurs mouvements saisonniers.

2.4.4.2.3.3.2.3. Déprédation des orques et photo identification.

Méthode

Pour les orques, l'identification des individus, tout en permettant un suivi démographique précis, est primordiale dans l'étude de la structure et dynamique sociale des groupes, des stratégies de recherches de nourriture et tactiques de chasse, ainsi que pour l'étude des activités et des interactions individuelles au sein des groupes.

La mise au point de méthodes d'identification chez les cétacés repose sur la caractérisation de chaque individus à partir de leur marques naturelles. Le protocole de photo idenfication utilisé dans les îles subantarctique vise à photographier la totalité de l'aileron dorsal d'un individu faisant surface avec un angle le plus perpendiculaire possible à l'appareil. L'identification se fait principalement par les caractéristiques de l'aileron dorsal et de la selle (tâche dorsale), à savoir la forme, la taille, la présence d'entailles, d'encoches ou de cicatrices (Bigg et al, 1982).

Programme en place

Face au développement important du phénomène de déprédation par les orques et les cachalots sur les palangres à la légine australe dans les ZEEs de Crozet et Kerguelen, un projet aux multiples objectifs a été construit sous la forme d'une thèse de doctorat (Tixier P. Université de la Méditerranée – CEBC CNRS).

Dans ce projet, l'aspect *socio-économique* du problème y est d'abord traité, d'une part en quantifiant les pertes dues à la déprédation, et d'autre part en définissant les solutions possibles pour y faire face. Les données utilisées sont les données de pêche récoltées par les contrôleurs à bord des navires et fournies par le Muséum National d'Histoire Naturelle. Parmi les solutions envisageables, le projet Orcasav, en partenariat avec le CNRS, les TAAF, les armements de l'Ile de la Réunion et l'IFREMER, prévoit une campagne de pêche expérimentale au casier en 2010 à bord d'un caseyeur industriel, ce pour tester l'efficacité de cette technique comme alternative à la palangre. Outre la diminution voire la disparition de la déprédation par les orques et les cachalots, l'utilisation de casiers pourrait aussi limiter la mortalité aviaire liée aux palangres et permettre une meilleure gestion des stocks de légines en sélectionnant la taille des individus pêchés.

On s'intéresse ensuite à l'aspect *conservation-démographie* de la population d'orques de Crozet. Un effort de photo-identification mené depuis les côtes de l'Ile de la Possession ainsi que depuis les palangriers autorisés a permis de construire une base de données s'étendant de 1964 à 2008. En y appliquant des modèles de Capture-Marquage-Recapture, il est possible de retracer les histoires de

capture de chacun des individus et estimer des paramètres tels que la survie apparente, l'abondance et le taux de fécondité des individus, notamment en réponse aux interactions avec les navires de pêches braconniers.La taille de la population d'orques de Crozet a ainsi été estimé en 2007 à 69 individus (Tixier, 2008). Les interactions létales des orques avec ces derniers ont pu aussi avoir des conséquences sur l'organisation sociale de cette population. Ceci sera déterminé par l'analyse des associations inter-individuelles et leur évolution au cours du temps. Dans un cadre théorique concernant plutôt l'écologie comportementale des orques, une photo-identification intensive permettra de caractériser les mouvements d'individus au sein de l'archipel et afin de mieux comprendre leur mode d'opération vis-à-vis des palangriers. Enfin, par l'analyse des signatures isotopiques des tissus de quelques individus, il sera possible de définir leur régime alimentaire et peut être caractérisé les différences entre les différents groupes sociaux.

A l'heure actuelle, la population d'orques des Kerguelen ne bénéficie pas d'un suivi comparable (effort de capture, antériorité) à celle de Crozet, les seules informations récoltées proviennent d'observations opportunistes et des captures photographiques des individus intéragissant avec les palangrier.

Une meilleure connaissance de la population en place est essentielle

2.4.4.2.3.3.3. Evaluation de la valeur patrimoniale des cétacés :

Nous ne présenterons ici que la valeur patrimoniale des cétacés identifiés comme inféodés à la réserve marine.

3 critères ont été retenus pour définir la valeur patrimoniale des espèces de cétacés :

1. Les espèces endémiques à certaines îles (qui abritent ainsi 100% de la population mondiale pour l'espèce) et les espèces pour lesquelles les sites hébergent une très grande proportion de la population mondiale -ou régionale-:

Le dauphin de commerson est une sous espèce endémique de kerguelen, seule population présente dans l'océan Indien, elle possède une haute valeur patrimoniale

2. Les espèces affectées par les changements globaux (climat) et autres menaces (anthropique)

Les interactions entre l'activité de pêche et les populations d'orques posent la question des impacts sur l'organisation sociale des populations.

3. Les espèces anciennement exploitées

Les populations d'orques de Crozet et de Kerguelen ont été victimes dans les années 1990 des bateaux de pêches illicites qui utilisèrent contre eux des méthodes drastiques pour stopper la déprédation. A Crozet, le nombre d'orques a chuté de près de 70% entre 1988 et 2000 (Poncelet et al., 2009) si l'effectif identifié forme une population isolée, il est à craindre qu'elle soit en situation critique.

Tableau 49 : Espèces de cétacé dont les suivis (notamment les dénombrements) sont à maintenir et/ou actualiser

espèces	patrimonial	UICN	biomasse	affectées	anciennement exploitées
Dauphin de Commerson	)	DD	0	0	0
Orques	0	DD	0	)	)

Statut de conservation Liste Rouge - UICN : DD – Data Deficient, LC – Préoccupation mineure, NT - Quasi menacé, Vu - Vulnérable, EN - En danger, CR - En danger critique d'extinction

IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **28 May 2009**.

Les suivis, notamment les dénombrements sont à actualiser de façon prioritaire selon quatre critères : statut patrimonial, importante biomasse, affectées par différentes menaces, anciennement exploitées

2.4.4.2.3.3.4. Etat de conservation des cétacés

Les statuts et tendances des populations de cétacé sont issus des données IUCN 2009. (IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 10 December 2009)

Tableau 50 : Statut et tendance des populations de cétacés

	Nom scientifique	Nom Français	Statut UICN	Tendance des populations
Mysticètes	*Balaena australis*	Baleine franche	EN	?
	Balaenoptera borealis	Rorqual de Rudolfi	EN	?
	Balaenoptera musculus intermedia	Rorqual bleu Antarctique	EN	↗
	Balaenoptera musculus brevicauda	Rorqual bleu pygmée	/	/
	Balaenoptera physalus	Rorqual commun	EN	?
	Balenoptera acutorostrata	Petit Rorqual boréal	LC	→
	Balenoptera bonaerensis	Petit Rorqual antarctique	DD	?
	Megaptera novaeangliae	Baleine à bosse	LC	↗
Odontocètes	*Cephalorhynchus commersoni*	Dauphin de Commerson	DD	?
	Globicephala melas	Globicéphale noir	DD	?
	Globicephala macrorhynchus	Globicéphale tropical	LC	?
	Grampus griseus	Dauphin de Risso	LC	?
	Peponocephala electra	Dauphin d'Electre	LC	?
	Lagenodelphis hosei	Dauphin de Fraser	LC	?
	Lagenorhynchus obscurus	Lagénorhynque obscur	DD	?
	Lissodelphis peronii	Lissodelphis austral	DD	?
	Lagenorhynchus cruciger	Lagénorhynque sablier	LC	?
	Phocea dioptrica	Marsouin à lunettes	/	/
	Orcinus orca	Orque	DD	?
	Pseudorca crassidens	Fausse-orque	DD	?
	Hyperoodon planifrons	Hyperoodon antarctique	LC	?
	Mesoplodon densirostris	Baleine à bec de Blainville	DD	?
	Mesoplodon grayi	Baleine de Gray	DD	?
	Ziphius cavirostris	Baleine à bec de Cuvier	LC	?
	Physeter macrocephalus	Cachalot	VU	?
	Kogia breviceps	Cachalot pygmé	DD	?

Statut de conservation Liste Rouge - UICN : DD – Data Deficient, LC – Préoccupation mineure, NT - Quasi menacé, Vu - Vulnérable, EN - En danger, CR - En danger critique d'extinction, / - non repertorié ; **Tendance des population** UICN: ? inconnu - , ↗ En augmentation, → Stable.

2.5. L'environnement et le patrimoine naturel d'Amsterdam et de Saint-Paul

2.5.1. Climat d'Amsterdam et de Saint-Paul

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). Les vents d'ouest sont fréquents, surtout en hiver. La température moyenne annuelle de l'air est de 14.0°C (11.2°C en août, 17.4°C en février). Les précipitations moyennes annuelles s'élèvent à environ 1100 mm, répartis sur 226 jours, avec une période sèche en été parfois très marquée (des minima de 15 à 20 mm mensuels ont été enregistrées en janvier et février) (données Météo France 1951-2006, station Martin de Vivies, 27 m alt). La nébulosité et les nuages sont fréquents, notamment en hiver, dans les zones d'altitude, beaucoup plus humides.

Tableau 51 : Températures et précipitations depuis 1950 (données Météo-France, Amsterdam, Martin de Viviès)

Température de l'air (période 1951-2006)	
T annuelle moyenne (min, max)	14.0 °C (12.7 - 15.1)
T moyenne du mois le plus chaud	17.4 °C (février)
T moyenne du mois le plus froid	11.2 °C (août)
Précipitations (période 1951-2006)	
Total annuel moyen (min, max)	1119 mm (789 – 1392)
Total moyen du mois le plus sec	73.4 mm (février)
Total moyen du mois le plus humide	119 mm (août)

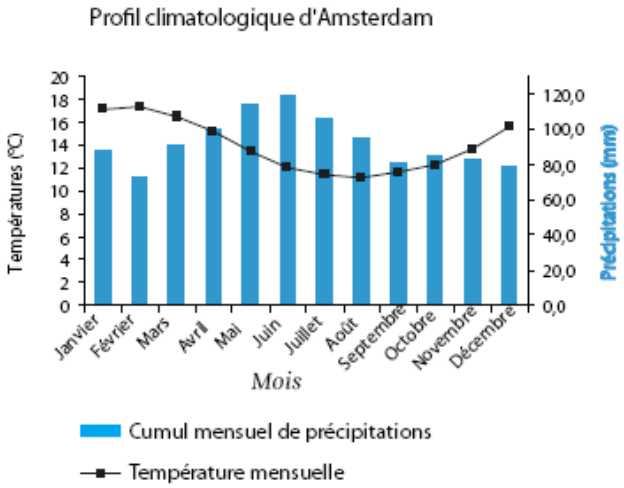


Figure 34 : Profil climatologique d'Amsterdam
Source : Rapport Technique N°2 de l'ONERC février 2009

Les extrêmes absolus observés de 25.2°C pour les maximums et 1.8°C pour les minimums. L'amplitude thermique diurne est également très limitée.

En l'absence d'installation permanente sur l'Ile 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'Ile 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.

2.5.2. Microclimat d'Amsterdam et de St-Paul

De fortes différences de températures et de précipitations sont enregistrées selon l'altitude et la position par rapport aux vents dominants qui accompagnent les dépressions venant de l'ouest. Ces différences sont illustrées par des séries plus ou moins longues d'enregistrements microclimatiques réalisés dans le cadre du programme IPEV 136 dans différents secteurs des îles Crozet, Kerguelen et Amsterdam. Nous en donnons ici quelques exemples.

Tableau 52 : Ile Amsterdam. Différences de températures selon l'altitude
Températures de l'air sous abri (°C) enregistrées pendant l'année 1988 à 27 m (station Martin de Viviès) et à 720 m d'altitude (Museau de Tanche). Source : Frenot & Valleix 1990

Mois	BASE			MUSEAU DE TANCHE		
	temp. moy.	mini abs.	maxi abs.	temp. moy.	mini abs.	maxi abs.
J	18.4	10.9	23.9	-	-	-
F	17.2	10.4	22.7	11.7	5.5	23.1
M	16.3	9.7	22.1	8.9	3.4	15.9
A	15.5	8.5	20.5	8.6	1.8	13.5
M	13.3	5.5	18.2	6.0	-0.9	12.1
J	11.4	5.6	16.4	4.3	-1.1	9.5
J	11.3	5.2	15.7	4.0	-0.8	8.9
A	10.9	3.2	15.6	4.2	-2.0	8.8
S	10.7	4.0	15.3	-	-	-
O	11.7	5.5	17.2	-	-	-
N	13.5	7.0	18.3	6.4	0.5	12.1
D	18.0	12.2	24.5	11.2	5.3	16.6

Tableau 53 : Ile Amsterdam. Différences de précipitations selon l'altitude

Précipitations enregistrées par décade pendant l'année 1988 à 27m (Martin de Viviès) et à 720m d'altitude (Museau de Tanche).
Source : Frenot & Valleix 1990

* données sur 9 jours seulement
- données non disponibles

Mois		BASE	M. TANCHE
MAI	1°déc	60.2	95.6
	2°déc	64.6	133.8
	3°déc	19.9	45.2*
	Total	144.7	> 274.6
JUIN	1°déc	44.9	102.4
	2°déc	54.6	69.2
	3°déc	74.9	115.6
	Total	173.8	287.2
JUILLET	1°déc	15.9	32.8
	2°déc	33.1	64.8
	3°déc	24.0	50.8
	Total	73.0	148.4
AOUT	1°déc	42.4	87.8
	2°déc	39.7	74.6
	3°déc	77.5	-
	Total	159.6	> 162.4
NOVEMBRE	1°déc	27.2	86.4
	2°déc	23.6	59.6
	3°déc	60.2	151.8
	Total	111.0	297.8
DECEMBRE	1°déc	9.9	38.6
	2°déc	11.5	43.2
	3°déc	21.2	26.4
	Total	46.6	108.2

2.5.3. Changement climatique sur Amsterdam et St-Paul

Les enregistrements réalisés par Météo France depuis l'installation de la station Martin de Viviès mettent en évidence des changements notables des températures moyennes et des précipitations.

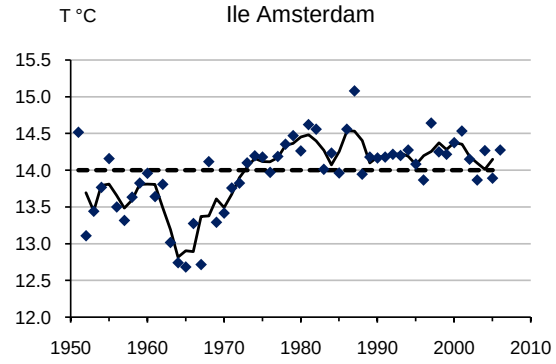


Figure 35 : Evolution des températures annuelles de l'air (°C) à Amsterdam
Point : valeur moyenne annuelle
Trait plein : moyenne mobile sur 3 ans
Trait horizontal tireté : moyenne sur la période

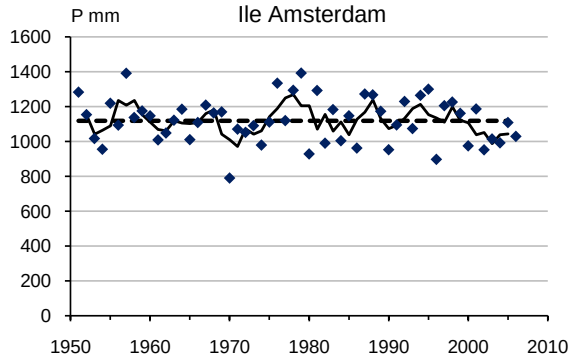


Figure 36 : Evolutions des précipitations totales annuelles (mm) à Amsterdam
Point : somme annuelle
Trait plein : moyenne mobile sur 3 ans
Trait horizontal tireté : moyenne sur la période

Source : IPEV 136 d'après données Météo-France

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 1950-2005. Les précipitations à Amsterdam montrent une très forte variabilité interannuelle et il est difficile de tirer une tendance générale sur les 50 dernières années (quelques années relativement moins arrosées ont été enregistrée depuis le début des années 2000).

2.5.4. L'eau douce sur Amsterdam et sur St-Paul

Contrairement à ce que pourrait laissé penser la carte de reconnaissance IGN au 1/25000 il y a très peu de cours d'eau permanents sur l'Ile 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.

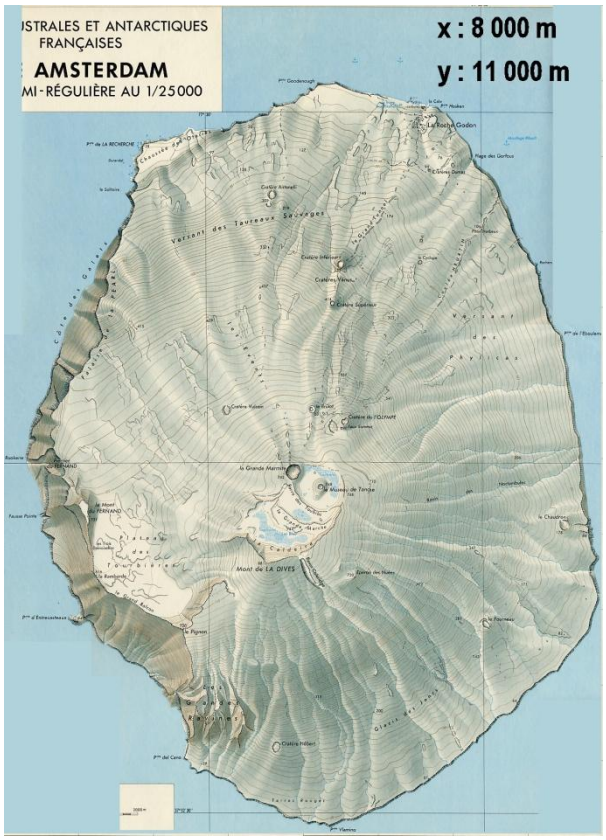
Quelques mares permanentes existent en altitude, en particulier sur les plateaux tourbeux de la Caldeira centrale avec deux lacs relativement importants dont le Lac Bleu.

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

2.5.5. La géologie à Saint-Paul et Amsterdam

2.5.5.1. L'état des connaissances et des données disponibles

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 63 : Extrait de la carte topographique IGN d'Amsterdam-Saint-Paul



Photo 58 : 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 59 : Petit cône de lave cordée (5m de hauteur) sur le chemin entre la base St Martin du Viviès la cabane Antonelli (photo Cottin 1993)

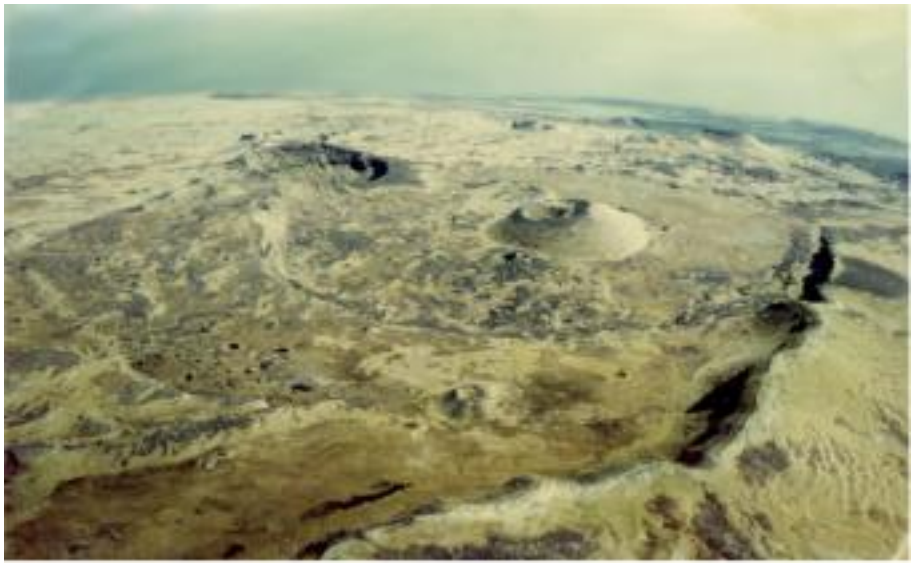
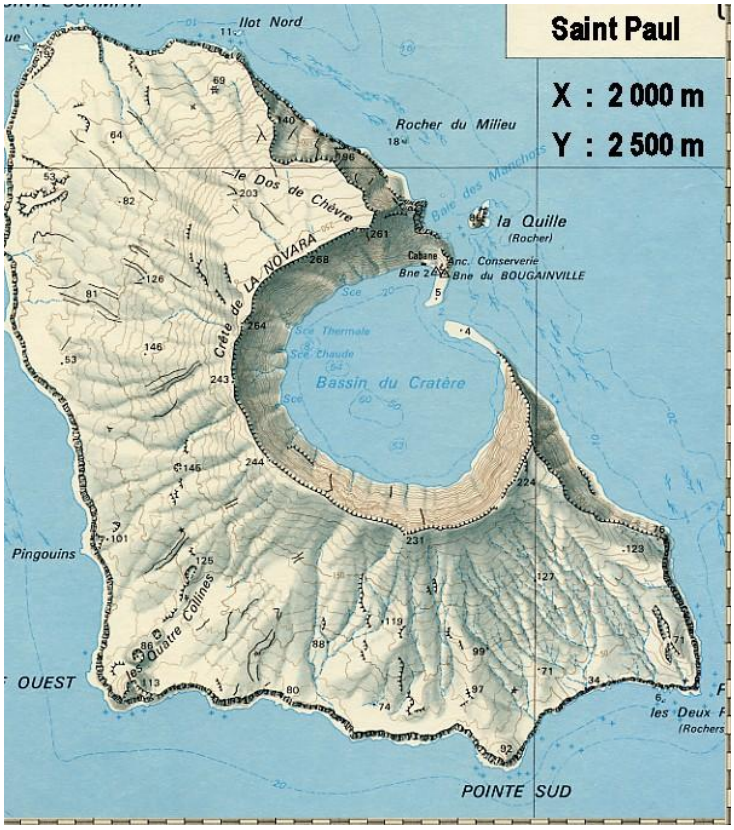


Photo 60 : La Caldeira d'Amsterdam (photo Giret 1978)

Au premier plan, les falaises rectilignes de la barre des Toubibs et de la Grande Marche ; au second plan le cratère d'explosion de la Grande Marmite et le cône du museau de Tanche ; à l'arrière plan, le cratère de l'Olympe

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 opposée à la passe ouverte dans la digue naturelle. Saint-Paul représente la partie SO 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 64 : Extrait de la carte topographique IGN Amsterdam-Saint-Paul



Photo 61 : Photo du cratère de Saint-Paul pris du pont culminant (244 m) (Photo Giret 1988)



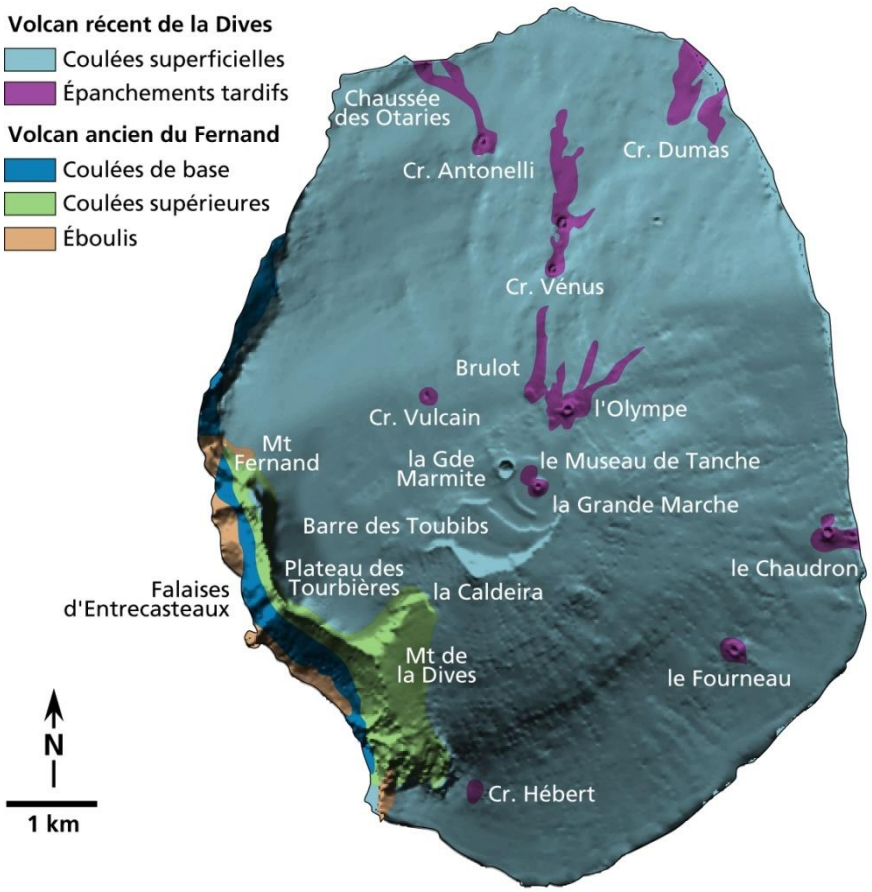
Photo 62 : Fumerolles de Saint-Paul, au fond du cratère, juste à l'aplomb de la crête de la Novara (Photo Cottin 1995)

Ces fumerolles ne comportent plus que de la vapeur d'eau avec une température de l'ordre de 80°C (Velain en 1874, avait mesuré 104°C et 97% de CO_2). Suivant une tradition des TAAF les visiteurs de Saint-Paul peuvent faire cuire des langoustes pêchées dans le cratère à la chaleur des fumerolles.

2.5.5.2. L'histoire et les formations géologiques

L'île d'Amsterdam s'est édifiée lors de deux épisodes principaux. Un premier volcan bouclier a émergé de l'océan il y 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^2 dont la caldeira eut un diamètre de 2 km. Il n'en reste plus qu'une portion de 3 km^2 limitée par les Falaises d'Entrecasteaux au SO 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

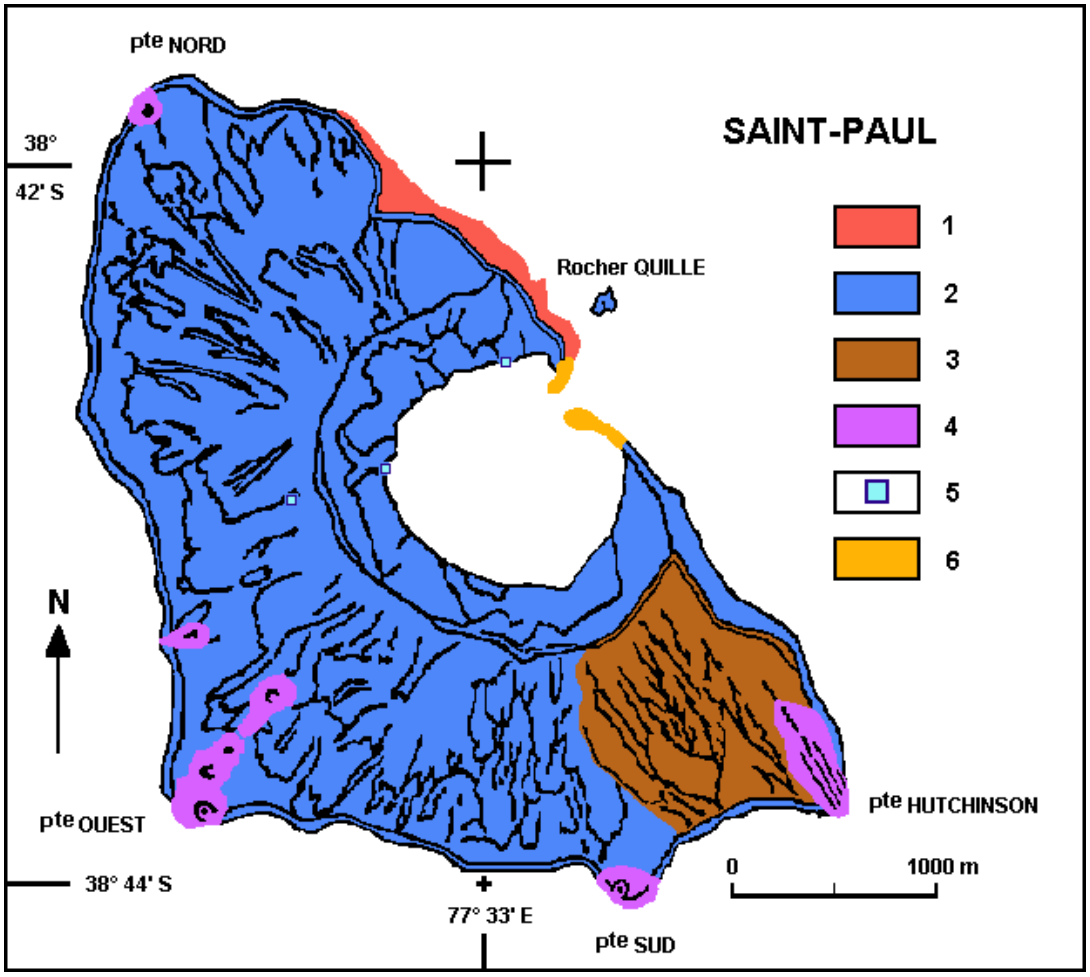
Une deuxième phase, qui n'est pas terminée, a commencé il y a quelques dizaines de milliers d'années. Sur le flanc E du volcan du Fernand s'est alors édifié le volcan de la Dives dont les pentes varient de 30° au sommet à 15° vers la base. Sa caldeira elliptique a un grand axe de 1,5 km. Les coulées les plus jeunes en proviennent. Longues de plusieurs km, 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 65 : Carte géologique d'Amsterdam (d'après Nougier 1982, modifié par J. Dyon et G. Michon -MNT- in Richet *et al.* 2007)

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 NE 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.

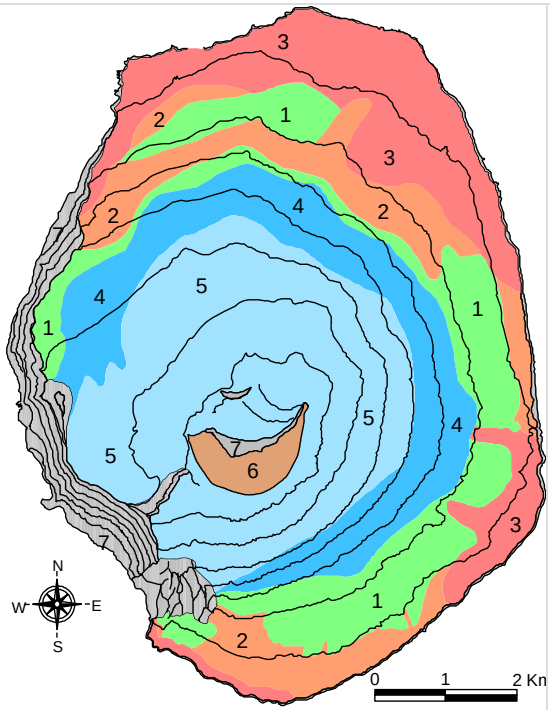


Carte 66 : Carte géologique schématique de Saint-Paul. D'après Nougier 1982

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.

2.5.5.2.1. Pédologie à Amsterdam

Une carte des sols de l'Ile Amsterdam a été réalisée en 1988 (Frenot & Valleix 1990) (Cf. Carte 67 p°262). 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.



Carte 67 : Carte des sols de l'île Amsterdam
Source : Frenot & Valleix 1990, Chapuis *et al.* 2000a

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).

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.

2.5.5.2.2. Pédologie à St-Paul

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, supportent des peuplements denses de *Polystichum adiantiforme* (« fougère à trous »).

Sur les pentes 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.

2.5.6. L'état des connaissances et des données disponibles sur les habitats et les espèces d'Amsterdam et de St-Paul

2.5.6.1. Etat des connaissances habitats, plantes et invertébrés

Comme pour Crozet et Kerguelen, il existe très peu d'études exclusivement consacrées à des descriptions générales d'habitats. Les plantes et invertébrés sont relativement bien connus même si des actualisations sont nécessaires pour certains groupes.

Dans le cadre du programme IPEV 136 des bases de données ont été mise en place depuis la fin des années 1970 sur les communautés et les écosystèmes terrestres des îles subantarctiques françaises, y compris Amsterdam et St-Paul. Les mêmes bases de données (Cf. p°75) sont disponibles. Ces bases comprennent des informations sur les synonymies et les changements de statut des taxons en fonction des révisions des systématiciens, sur la date de première observation et de première citation de chaque espèce quand elle est connue, sur son aire de répartition (en particulier dans les autres îles subantarctiques), sur son statut biogéographique (endémique, subantarctique, australe, cosmopolite, introduite...). D'autres bases de données (bases « milieu ») recensent des observations de présence-absence (ou abondance) d'espèces animales et végétales, avec description du site d'observation et localisation (dans un repère sur grille depuis les années 1980, avec les coordonnées GPS depuis le début des années 2000). Toutes les données disponibles sur support papier (« fiches terrain ») n'ont pas encore été intégrées dans ces bases « milieu » qui sont en cours d'incrémentation et d'intégration sous Système d'Information Géographique.

2.5.7. Les habitats naturels d'Amsterdam et de St-Paul

Comme pour Crozet et Kerguelen, il n'a pas été possible d'appliquer aux iles d'Amsterdam et St-Paul, les descriptions ou les classifications du code « Corine ». La description des habitats repose sur des observations du programme IPEV 136 depuis la fin des années 1980.

2.5.7.1. Habitats de l'Ile Amsterdam

1 Les falaises côtières
2 Les habitats de basse altitude
3 L'habitat de moyenne altitude dominé par les fougères
4 Les pentes tourbeuses
5 L'habitat tourbeux d'altitude
6 Le fell-field d'altitude
7 Crevasses, coulées et cratères

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.

[1] Les falaises côtières

Les falaises (Photo 63A) 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 (Photo 63B), 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.

[2] Les habitats de basse altitude

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 (Photo 63C) 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 bromoïdes*

sur les sols les plus minces des légers reliefs, *Brunella 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.

Au-dessus de 150 m alt. ces milieux ras se trouvaient en mosaïque avec des plages de plus en plus larges (Photo 63D) de sols moins dégradés, noirs car très organiques, à forte capacité de rétention en eau, d'une profondeur qui peut dépasser un mètre. Le couvert végétal augmentait, avec notamment *Juncus effusus*, *Holcus lanatus,* « *Scirpus nodosus* » et de place en place *Blechnum penna-marina* et *Scirpus aucklandicus*. *Scirpus nodosus* formait sur une partie des pentes sud-est de l'île des peuplements très denses, impénétrables (Glacis des Joncs). 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 (Photo 64C et Photo 64D). Le Phylica s'est probablement établi sur Amsterdam à l'occasion d'un épisode unique de colonisation à partir de l'Ile 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).













Photo 63 : Ile Amsterdam – Principaux habitats (clichés M. Lebouvier)

A. Falaise côtière d'environ 50 mètres sur la côte est.

B. Falaises d'Entrecasteaux (jusqu'à 700 m de hauteur) ; au second plan le replat en bas de pente et la Pointe d'Entrecasteaux.

C. Pelouse rase surpâturée de basse altitude, vers 100 m alt, avec *Leontodon taraxacoides* en fleur et quelques pieds de *Cirsium vulgare* (cliché 1988).

D. Pelouse rase surpâturée de basse altitude, vers 200 m alt, avec facies d'érosion du sol noir (cliché 2002).

E. Habitat de moyenne altitude, vers 410 m alt, au-dessus du cratère Vénus Supérieur, dominé par les fougères (*Gleichenia polypodioides*, *Elaphoglossum succisaefolium*) et les mousses.

F. Pentes tourbeuses vers 600 m alt au sud-ouest du Ravin Coleridge. Noter au premier plan *Poa fuegiana*, graminée endémique.

[3] L'habitat de moyenne altitude dominé par les fougères

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* (Photo 63E). 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.

[4] Les pentes tourbeuses

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.

[5] L'habitat tourbeux d'altitude

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 Museau 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).

2.5.7.1.1. [6] Le fell-field d'altitude

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 Museau 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*).

[7] Crevasses, coulées et cratères

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 *Phylica 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.

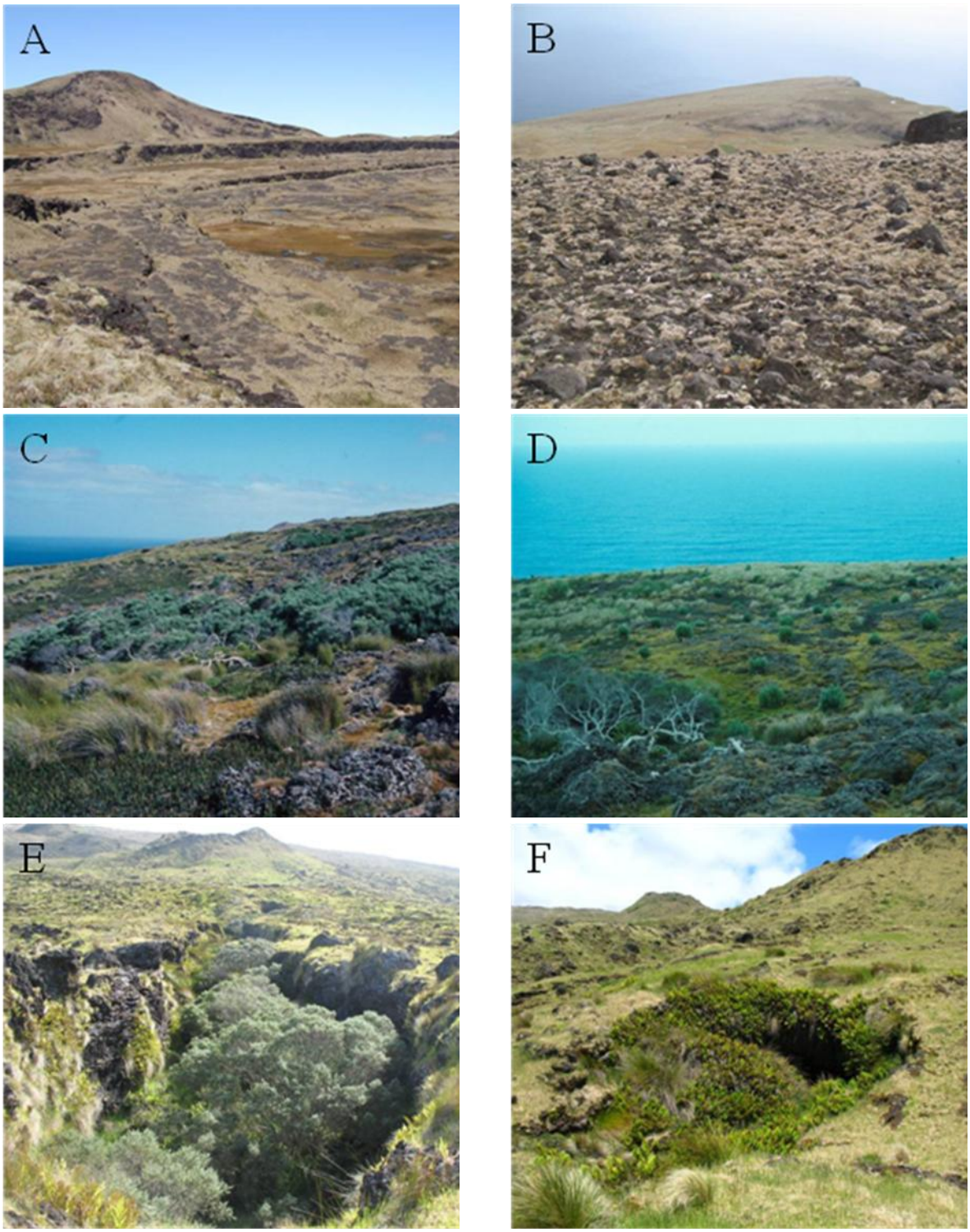


Photo 64 : Ile Amsterdam – Principaux habitats (clichés M. Lebouvier, sauf F.)

A. Tourbières d'altitude à sphaignes dans la Caldeira, entre 700 et 740 m alt. Du premier au dernier plan : tourbière au sud du Museau de Tanche, Barre des Toubibs, Grande Marche et Mont de la Dives (881 m) sommet de l'île.
B. Fell-field d'altitude au sommet du Mont de la Dives ; au second plan zones tourbeuses vers Le Pignon.
C. Bosquets naturels relictuels de *Phylica arborea* ; le « Vieux Bois » en 1990.
D. Plantations de *Phylica arborea* vers le Vieux Bois (jeunes plants mis en place en 1989, cliché pris en 1991).
E. Plantation de *P. arborea* datant de 1988 dans une coulée effondrée (Le Grand Tunnel), cliché pris en 2007.
F. Crevasse avec fougères, principalement *Polystichum adiantiforme* (cliché D. Renault)

2.5.7.2. Habitats de l'Ile Saint-Paul

En raison de sa petite surface (7 km²) et de sa faible altitude (268 m pour le point le plus élevé) l'Ile Saint-Paul présente une faible diversité d'habitats, par comparaison avec l'Ile 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.

1 Plages de galets et blocs
2 Falaises côtières à l'extérieur du cratère
3 Falaises à l'intérieur du cratère
4 Habitats anthropisés
5 Habitats des versants extérieurs
- 5a Zones érodées en bordure des falaises côtières
- 5b Zones érodées de haut de pente
- 5c Habitat à *Scirpus nodosus* dense
- 5d Pentes herbeuses à *Poa novarae*
- 5e Les « Terres chaudes »

[1] Plages de galets et blocs

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 (qqs 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 de d'autre de la passe étroite qui permet le passage de la mer à l'intérieur du cratère (Photo 65A). En plusieurs endroits (sous rochers entre cabane et cordons de galets de la passe, plage en fond de cratère), 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.

[2] Falaises côtières à l'extérieur du cratère

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*.

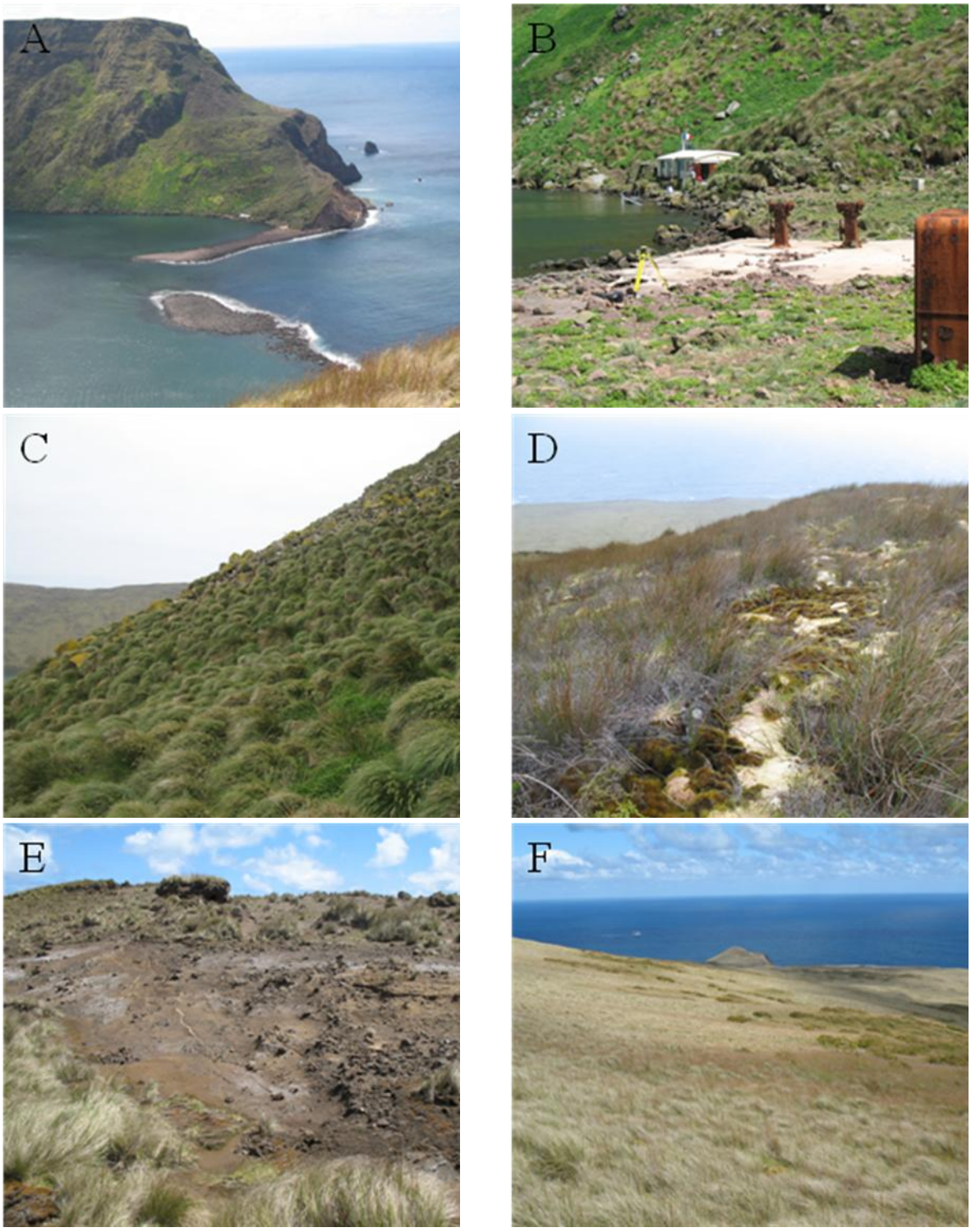


Photo 65 : Ile Saint-Paul – Principaux habitats (clichés M. Lebouvier, 2007)

A. Cordons de galets de la passe et, à quelques encablures, La Roche Quille.
B. Habitats anthropisés autour de l'ancienne conserverie ; noter au-dessus de la cabane la prairie haute de *Holcus lanatus* (vert vif).
C. Praire haute nitrophile à *Poa novarae* en aval de la colonie de gorfous.
D. Sur les versants extérieurs, « terres chaudes » caractérisées par la présence de sphaignes (blanches) et de *Lycopodium cernuum*.
E. Sur versants extérieurs, zone érodée à proximité de la crête est.
F. Versants extérieurs avec communautés végétales dominées par *Poa novarae* et, localement, plages de *Scirpus nodosus* dense (vert foncé).

[3] Falaises à l'intérieur du cratère

Sur les pentes prononcées (30 à 70°) des parois intérieurs du cratère la nature et la profondeur du sol est très variable. La végétation, dense, est composée de *Poa novarae* (Photo 65C), 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).

[4] Habitats anthropisés

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 (Photo 65B). 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*.

[5] Habitats des versants extérieurs

Les pentes des versants extérieurs ont une physionomie 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 (Photo 65E). 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 dense (Photo 65F), difficilement pénétrable, dominées par *Scirpus nodosus* accompagné de *Polystichum adiantiforme*, sur sol noir organique, profond.

(5d) Pentes 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 (Photo 65F).

(5e) 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 (Photo 65D) 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.

2.5.7.3. Evaluation de la valeur patrimoniale des habitats naturels d'Amsterdam

2.5.7.3.1. Evaluation de la valeur patrimoniale des habitats naturels terrestre

Comme pour les autres îles, les habitats naturels d'Amsterdam et de St-Paul présentent une valeur patrimoniale importante, caractérisée par :

- une flore et une faune terrestres qui présentent des adaptations originales,
- un endémisme prononcé dans certains groupes,

Les tourbières à Sphaignes de la Caldeira et du « plateau des tourbières » sont remarquables et particulièrement intéressantes puisque les autres îles du sud de l'Océan Indien (Marion, Crozet, Kerguelen, Heard) en sont dépourvues. Peu étudiées avant la mission effectuée en 2007 (programme IPEV 136), elles semblent receler des espèces de sphaignes encore non décrites (étude en cours).

2.5.8. Les plantes et les invertébrés d'Amsterdam

2.5.8.1. Description des plantes et des invertébrés d'Amsterdam

Comme pour Crozet et Kerguelen, les études d'inventaires se sont amplifiées sur Amsterdam (et dans une moindre mesure sur St-Paul) depuis la création de la base permanente de Martin de Viviés.

Il en résulte une bonne connaissance de nombreux groupes taxonomiques, avec pour certains des suivis (populations, aires de répartition…) sur plusieurs décennies qui se prolongent actuellement au sein des programmes de l'IPEV et dans le cadre de la Zone Atelier CNRS de Recherches sur l'Environnement Antarctique et Subantarctique.

Cependant, comme pour les autres îles, certains groupes (lichens, fougères par exemple) mériteraient des observations complémentaires et une révision des listes que nous avons établies et que nous présentons en annexe V.

En milieu terrestre on peut retenir deux caractéristiques essentielles de la flore et de la faune :

- un nombre peu élevé d'espèces autochtones, présentant des adaptations originales (aptérisme chez plusieurs espèces d'insectes) et un taux d'endémisme élevé.
  Lorsque ces îles furent découvertes, seules 17 espèces de spermatophytes poussaient à Amsterdam. Amsterdam abrite le seul arbre des TAAF*, Phylica arborea*.
  Il n'existe pas de chiffre précis concernant les insectes pour Amsterdam.

- un lien terre-mer très fort et des chaînes alimentaires simplifiées

Les oiseaux et mammifères marins (otaries) jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres en les approvisionnant de quantités énormes de matières organiques (plumes, fientes, cadavres…) provenant de la mer. Chez les invertébrés, les décomposeurs sont donc largement dominants, en nombre d'espèces et en abondance, alors que d'autres maillons, prédateurs et herbivores, sont peu représentés. Avant les introductions, volontaires ou involontaires, par l'homme, aucun mammifère terrestre n'était présent sur ces îles.

2.5.8.1.1. Plantes terrestres

Les spermatophytes, autochtones et introduites, sont relativement bien connues (cf annexe IV.29) mais le statut de certaines plantes décrites par d'anciens auteurs est susceptible d'évoluer.

A l'exception du *Phylica arborea*, les arbres et arbustes sont absents de la flore d'origine.

La connaissance des ptéridophytes et des lichens repose en général sur des études et publications anciennes et une actualisation est nécessaire pour tenir compte des changements survenus dans la systématique et la nomenclature de ces groupes et pour intégrer des observations récentes non publiées.

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. Nous présentons en annexe IV.32 et IV.33 des listes actualisées en 2008 par R. Ochyra qui comprennent de nombreuses espèces citées pour la première fois d'Amsterdam. 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.

2.5.8.2. Evaluation de la valeur patrimoniale des plantes et des invertébrés d'Amsterdam et St-Paul

Se reporter à la liste des espèces en annexe IV.

2.5.9. Les oiseaux d'Amsterdam et de St-Paul

2.5.9.1. Description des oiseaux d'Amsterdam et de St-Paul

Huit espèces d'oiseaux marins se reproduisent à Amsterdam et 12 espèces à St-Paul.

Il est important de souligner la présence de deux espèces endémiques, l'albatros d'Amsterdam qui comme son nom l'indique niche à Amsterdam (Plateau des tourbières) et le Prion de Mac Gillivray qui se reproduit à St-Paul.

Tableau 54 : Liste des espèces d'oiseaux se reproduisant à Amsterdam et Saint-Paul

Espèce	Amsterdam	St-Paul
Gorfou sauteur subtropical	√	√
Albatros d'Amsterdam	√	
Albatros à bec jaune (Océan Indien)	√	√
Albatros fuligineux à dos sombre	√	√
Prion de MacGillivray		√
Prion colombe		√
Pétrel noir		√
Pétrel soyeux	√	
Pétrel gris	√	
Petit puffin		√
Puffin à pieds pâles		√
Océanite à ventre noir		
Océanite à ventre blanc		√
Fou austral		√
Skua subantarctique	√	
Sterne antarctique	√	√
Sterne fuligineuse		√

2.5.9.2. Localisation des colonies

Contrairement aux îles Crozet et Kerguelen, la taille relativement réduite d'Amsterdam et St-Paul permet d'avoir des localisations de colonie relativement fiable pour les espèces d'albatros et de gorfous sauteurs.

Par contre, il n'existe pas de cartographie précise pour les autres espèces.

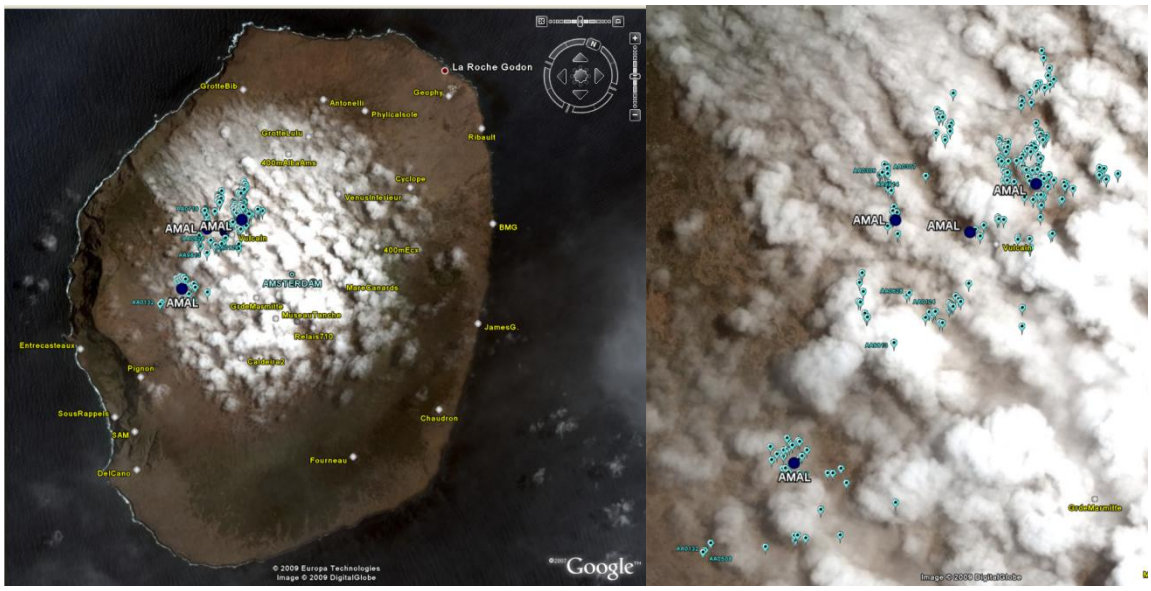


Figure 37 : Localisations (bleu) d'une espèce à nidification en surface, diffuse et coloniale, l'albatros d'Amsterdam

Chaque point bleu indique la localisation GPS sur le Plateau des Tourbières

2.5.9.3. Les différents types de suivis

Comme pour les autres îles, trois types de suivis des populations d'oiseaux sont menés à Amsterdam par le CNRS de Chizé.

2.5.9.3.1. Dénombrement

Les mêmes techniques de dénombrement sont utilisées sur l'ensemble de la réserve (Cf. p°105).

Tableau 55 : liste des espèces d'oiseaux suivies annuellement par comptage complet sur l'île d'Amsterdam dans le cadre du programme IPEV n°109

Espèces	Site d'étude	Durée de l'étude		Dénombrements (Fréquence des comptages)
		Dates	Années	
Gorfou sauteur subtropical	Amsterdam	1987/2009	22	annuelle
Albatros d'Amsterdam	Amsterdam	1983-2009	26	annuelle
Albatros à bec jaune	Amsterdam	78/79-08/09	30	annuelle
Albatros fuli. dos sombre	Amsterdam	92/93-08/09	16	annuelle

Tableau 56 : Résultats des principaux dénombrements

	Nombre annuel de couples reproducteurs
Espèces	**Amsterdam**
Gorfou sauteur subtropical	34 000
Pétrel gris	5 – 10
Espèces	**St-Paul**
Albatros à bec jaune	3
Albatros fuligineux à dos sombre	12 – 14

Puffin à pieds pâles	20 – 50
Prion de Mc Gllivray	180 – 190
Fou austral	4
Sterne Antarctique	100 – 120

2.5.9.3.2. Suivi démographique (tendance de population)

Comme pour Crozet et Kerguelen, les paramètres démographiques de certaines espèces se reproduisant à Amsterdam sont enregistrés par la technique du CMR.

Tableau 57 : Liste des espèces d'oiseaux suivies par comptage complet et incomplet sur l'île d'Amsterdam dans le cadre du programme IPEV n°109 dans les TAAF

Espèces	Durée de l'étude Dates	Années	Mesure annuelle de paramètres Démographiques oiseaux : nbre couples suivis / an	Nbre poussins bagués
Albatros d'Amsterdam	1983-2009	26	15-20	12 à 21
Albatros à bec jaune	78/79-08/09	30	150-180	10 à 60
Albatros fuli. dos sombre	92/93-08/09	16	30-50	20-40

2.5.9.3.2.1. Exemple de suivi de l'albatros d'Amsterdam

Un suivi particulier est mené de 1983 sur la population de l'albatros d'Amsterdam, endémique de l'île.

Le schéma ci-dessus, montre la tendance à l'augmentation de cette population extrêmement fragile qui passe de 5 adultes reproducteurs en 1984 (5 œufs) à 20 en 2004.

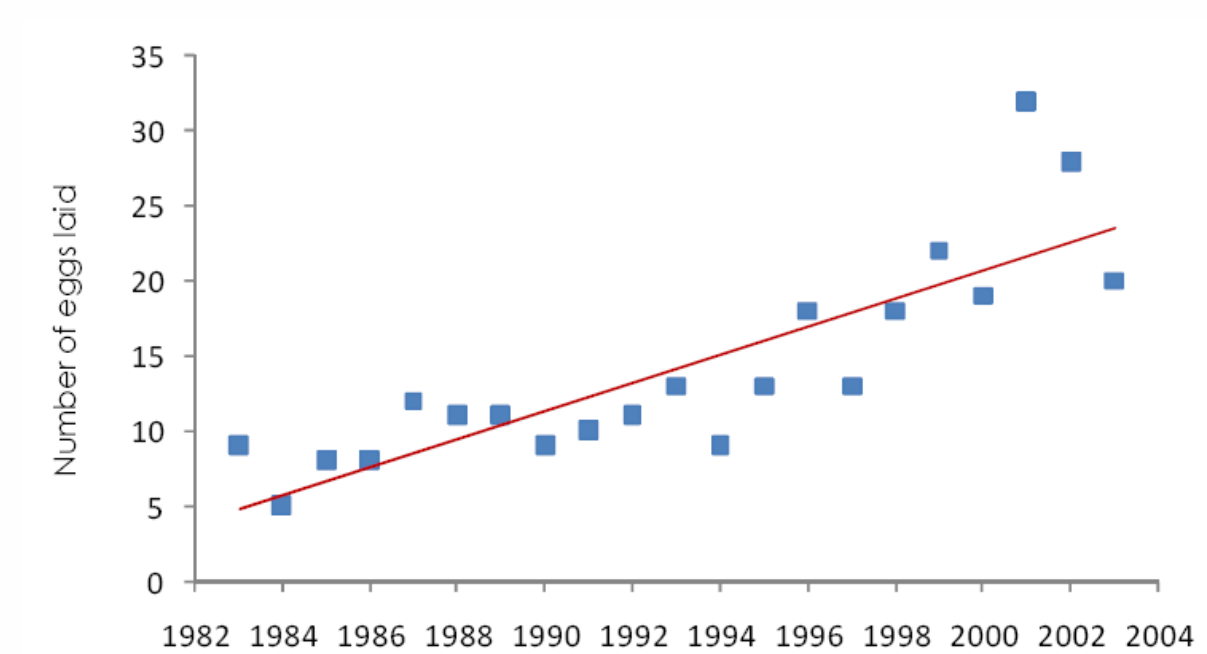


Figure 38 : Nombre d'œufs pondus par année ajusté d'une simple ligne de régression, de Weimerskirch (2004)

Les données relatives au succès de reproduction et de survie des adultes on été collectées de manière continue depuis 1983. En moyenne, le taux de survie des adultes est de 95%, comme il est attendu pour ces oiseaux à longue vie, le succès de reproduction est supérieur à 70%, similaire aux valeurs rapportées pour les autres espèces de *Diomedea* (tableau 5). La survie des juvéniles, supérieure à 70%, et très élevée comparée aux autres espèces d'albatros et ceci peu en partie expliquer l'accroissement progressif de cette population au cours des années 1980 et 1990. Cependant, le récent déclin du succès reproducteur de *D.amsterdamensis* constitue une cause de préoccupation qui a été mis en parallèle avec le déclin continu depuis 1992 de la population d'albatros à bec jaune (*Thalassarche chlororhynchos carteri*) de l'île d'Amsterdam. La diminution du succès reproducteur chez *T.c.carteri* a conduit à un rapide déclin de la taille de la population dans certaines colonies où le cholera aviaire a tué un nombre important de poussins, mais aussi des adultes. La mort de 66% de poussins de *D.amsterdamensis* en 2000 et 74% en 2001 n'a pas encore été attribuée à une épidémie de choléra aviaire chez cette espèce.

2.5.9.3.3. Zones d'alimentation

De la même manière que pour connaître les zones d'alimentation des oiseaux de l'île de la Possession ou de Kerguelen des suivis télémétriques sont pratiquées depuis plusieurs années sur les deux espèces d'albatros nichant à Amsterdam.

2.5.9.3.3.1. Exemple de l'albatros d'Amsterdam

La distribution globale de l'albatros d'Amsterdam commence à être bien connue.

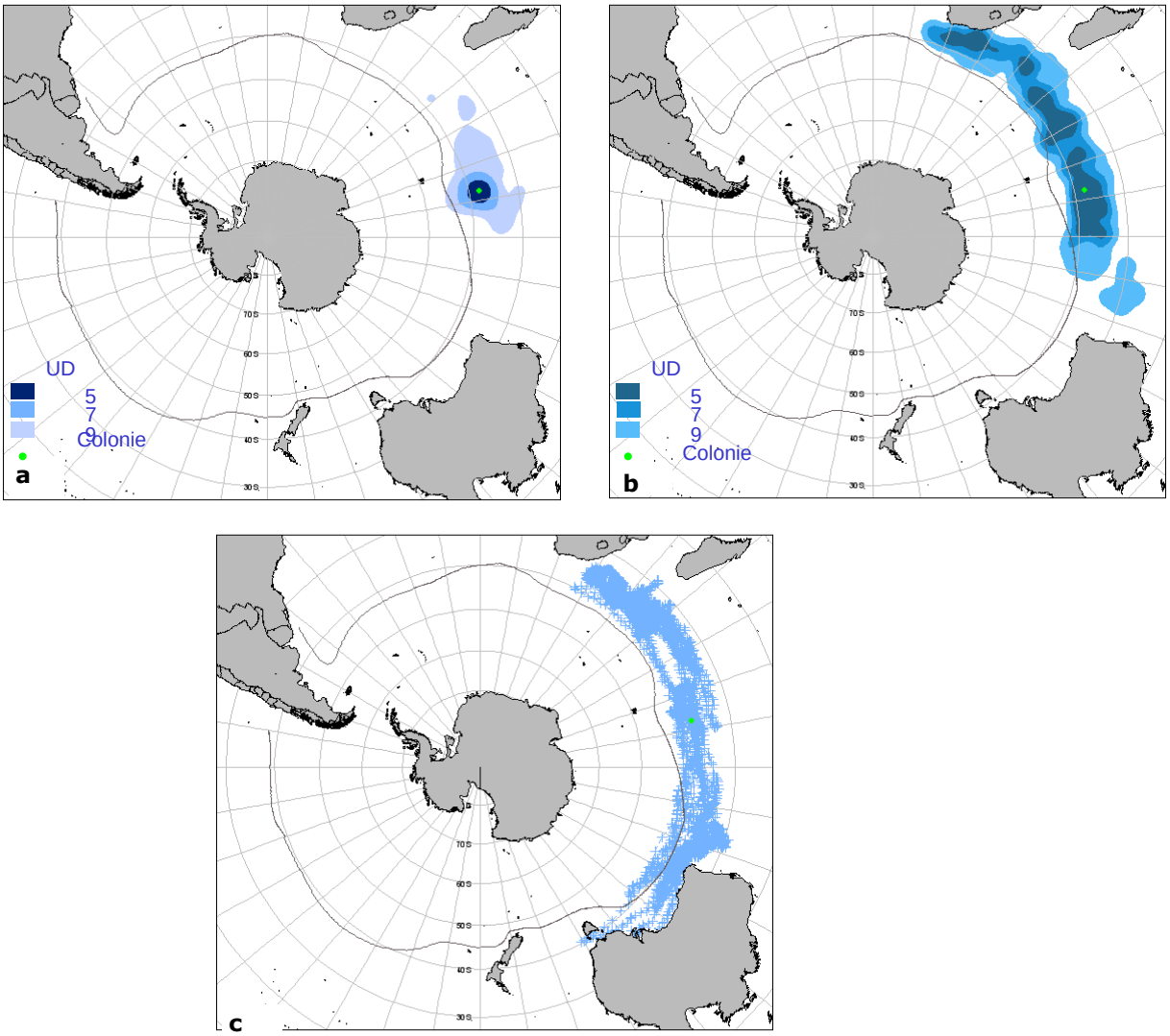


Figure 39 : Cartes de Kernel de densité (h=0.5) -ou distributions d'utilisation : UDs- d'albatros d'Amsterdam

(a) adultes reproducteurs (17 individus) de février à avril 1996 et de mars à avril 2000, (b) juvéniles (3 individus) de janvier à mai 2005 et (c) localisations GLS (Global Location Sensing) d'individus adultes non reproducteurs (1 individu: février 2006 à février 2007), reproducteurs ayant échoué (2 individus: mai 2006 à février 2007) et de post-reproducteurs (2 individus: janvier 2006 à février 2007) suivis à partir d'Amsterdam. Les UDs représentent les contours de probabilité indiquant la proportion du temps passé dans certains secteurs spécifiques, c.a.d. que les oiseaux passent 50% du temps à l'intérieur de la zone UD 50%. Sont représentées les zones UDs à 50%, 75% et 95%. Cartes établies à partir de données CEBC-CNRS non publiées.

Les albatros d'Amsterdam utilisent exclusivement les eaux subtropicales quels que soient leur statut de reproduction ou la période de l'année. Au cours de la reproduction, les adultes utilisent des zones proches de la colonie, tandis qu'ils explorent des zones plus vastes allant de l'Afrique du Sud à l'Australie (même tendance observée chez les juvéniles) hors période de reproduction (cf. fiche ACAP - albatros d'Amsterdam).

2.5.9.3.3.2. L'exemple de l'albatros à bec jaune

Autre exemple, l'albatros à bec jaune à fait l'objet de plusieurs suivis par balise Argos. Les résultats montrent que les individus reproducteurs d'albatros à bec jaune se nourrissent jusqu'à 2000km de la colonie pendant la période d'incubation (Pinaud and Weimerskirch, 2005)

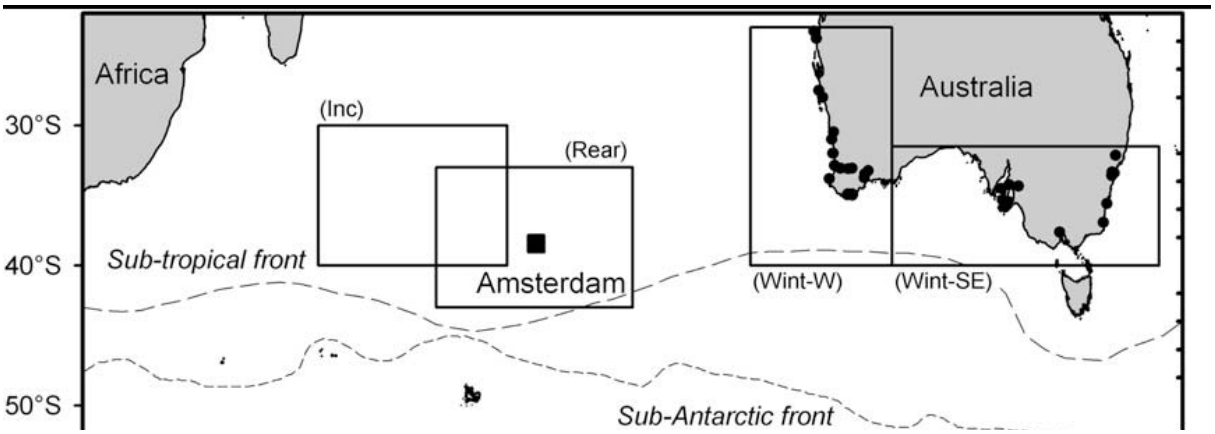


Figure 40 : Distribution de l'albatros à bec jaune de la colonie d'Amsterdam

Boxe Inc) and (Rear) represent foraging areas, derived from satellite tracking, during incubation and rearing periods, respectively. Boxes (wint-W) and (Wint-SE) refer to foraging areas, derived from band recoveries (black dots) respectively, west and southeast Australia where birds overwinter.

2.5.9.4. Evaluation de la valeur patrimoniale des oiseaux d'Amsterdam et Saint-Paul

La valeur patrimoniale des oiseaux d'Amsterdam et de St-Paul d'après les 5 grands critères (cf.p°113) sont résumés dans le tableau ci dessous :

Tableau 58 : Espèces d'oiseaux d'Amsterdam dont les suivis sont à maintenir et/ou actualiser de façon prioritaire

espèces	Patrimonial	UICN	biomasse	affectées	anciennement exploitées
Gorfou sauteur subtropical		EN	√		
Albatros d'Amsterdam	√	CR		√	
Albatros à bec jaune de l'Océan Indien		EN		√	
Albatros fuligineux à dos sombre		EN		√	
Pétrel gris		NT		√	
Prion de MacGillivray	√	LC			

Statut de conservation Liste Rouge - UICN : LC – Préoccupation mineure, NT - Quasi menacé, Vu - Vulnérable, EN - En danger, CR - En danger critique d'extinction

IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **28 May 2009**.

Les suivis, (notamment les dénombrements), sont à réaliser selon quatre critères : statut patrimonial, importante biomasse, affectées par différentes menaces, anciennement exploitées

2.5.9.5. Etat de conservation des oiseaux d'Amsterdam et Saint-Paul

Nous présenterons dans cette section les espèces pour lesquelles nous avons des dénombrements à long terme qui nous permettent d'analyser leurs tendances. Ces tendances sont résumées dans le Tableau 59 ci-dessus.

Tableau 59 : Tendances des populations de 4 espèces d'oiseaux se reproduisant sur St-Paul et Amsterdam

Espèces	Statut UICN	Sites	Tendance
Gorfou sauteur subtropical	En Danger	Amsterdam*, St-Paul	
Albatros d'Amsterdam	En Danger Critique	Amsterdam*	
Albatros fuligineux à dos sombre	En Danger	Amsterdam	
Albatros à bec jaune	En Danger	Amsterdam*	

* sites pour lesquels les tendances de population sont mentionnées

Sur l'ensemble des espèces de l'île st-Paul et Amsterdam, nous constatons que la grande majorité des espèces pour lesquelles nous disposons des informations (nombre d'espèces par rapport au nombre d'espèces totales présentes sur l'archipel) nous permettant de calculer des tendances à long terme ont un statut de conservation préoccupant (4/4), que ce sont toutes des oiseaux marins, et que la plupart d'entre elles sont en déclin (3/4).

Pour les autres espèces, aucun suivi de démographie n'est mis en place à ce jour.

Entre 1982 et 2006, la population d'albatros à bec jaune a déclinée à un taux de 1.4% par an. Cependant, il y a eu un déclin plus important de 4,9% par an entre 1982 et 1995. La population semble s'être stabilisée depuis 1998.

2.6. Réserve naturelle marine de Saint-Paul et Amsterdam

2.6.1. Présentation du contexte global de la réserve marine de Saint-Paul et Amsterdam

2.6.1.1. Caractéristiques physiques de la réserve marine

Tableau 60 : Surfaces des ZEE et réserves marines d'Amsterdam et Saint-Paul

	Surface de la ZEE (km²) (source www.extraplac.fr)	Surface de la Réserve marine (km²)	% ZEE en réserve
Amsterdam	510000	2137	0,42%
St-Paul		1834	0,36%
Total	**510000**	**3971**	0,78%

2.6.1.2. Zone marine péri insulaire d'Amsterdam et St-Paul

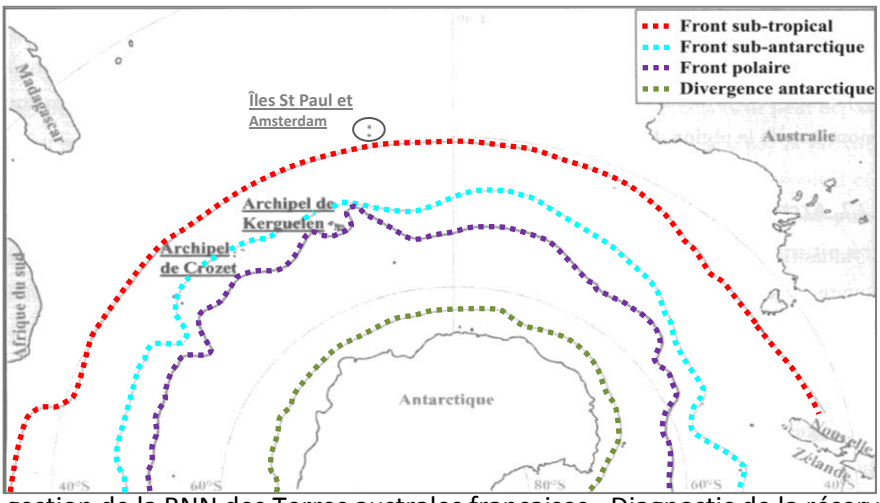
Le domaine marin des deux îles est très réduit puisque ces îles volcaniques sont quasiment dépourvues de plateau péri-insulaire (150 km² contre 100500 km² à Kerguelen). Chacun de leurs plateaux péri-insulaires est très étroit, s'étendant à moins de 2 milles des côtes pour Amsterdam et de 2 à 8 milles 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 mètres au large d'Amsterdam et -450m 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.

2.6.1.3. Définition des étagements sous marins

Cf. partie 2.4 Réserve marine de Crozet et Kerguelen

2.6.1.4. Situation hydrologique

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.



Carte 68 : Fronts hydrologiques autour de Saint-Paul et Amsterdam

A son niveau, les eaux de surface subantarctiques s'enfoncent sous la couche d'eau sutropicale 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, 1963b).

2.6.1.5. Situation climatique particulière

La situation géographique des îles Saint-Paul et Amsterdam met ces îles sur le trajet aléatoire des queues de cyclones tropicaux. Certaines années les houles engendrées par ces évènements atteignent les zones côtières et engendrent des ravages (destruction partielle ou totale) dans les « herbiers » à *Macrocystis*. En raison de l'importance de cet habitat pour nombre d'espèces marines (langouste, poissons…) ce phénomène doit être pris en compte dans la future gestion de la réserve marine.

2.6.2. Etat des connaissances marines pour les îles Amsterdam et St-Paul

La connaissance originelle du milieu marin a été acquise lors d'embarquements spécifiques de scientifiques sur les navires de pêche. Les premières indications de bionomie benthique remontent ainsi au premier travail de Beurois (1975) et complété ultérieurement par celui de Duhamel (1980). Ces travaux pionniers ont fait l'objet de thèses de doctorat.

Il n'y a pas eu d'expédition scientifique s'intéressant spécifiquement au milieu marin avant la campagne océanographique pluridisciplinaire MD 50 du Navire Océanographe. «*Marion-Dufresne* » en 1986. Cette dernière a été menée conjointement à une campagne spécifique de cartographie sous-marine *seabeam,* d'une étude du cratère ouvert sur la mer de Saint-Paul par plongée sous-marine et d'une campagne de marquage visant les populations exploitées de langoustes. Depuis ces recherches, il y a eu très peu d'investigations dans la réserve marine et ce n'est pas les quelques incursions de la « Curieuse » en 2000 dans le domaine pélagique du large qui apporteront les connaissances nouvelles sur la réserve marine. Il est cependant indéniable que des collections nationales importantes (poissons, invertébrés marins…) existent et constituent une base de données intéressante sur la flore et la faune marine de la Réserve.

Pour ce premier plan de gestion, il a été difficile de rassembler la totalité de la bibliographie existante (identification, accessibilité…). L'ensemble des thématiques identifiées n'ont ainsi pas pu être développé comme il se doit pour dresser un état des lieux complet des habitats et des espèces. Les données inaccessibles à l'heure actuelle, devront être rassemblées et analysées afin de compléter cette première approche lors du second plan (Cf. volet B).

2.6.3. Les habitats naturels marins d'Amsterdam et St-Paul

2.6.3.1. Description des habitats naturels marins

La présentation des habitats marins des deux îles est décrite suivant l'étagement vertical des organismes benthiques (faune et flore) en fonction des divers facteurs écologiques (salinité, vent, nature de la côte, du substrat, etc.).

Le schéma de l'étagement littoral sur lequel est basé cette description est identique à celui des îles Kerguelen et Crozet.

2.6.3.1.1. Description des étagements côtiers et des habitats correspondants (Beurois, 1975) :

ETAGE SUPRA-LITTORAL

Substrats durs

Son extension verticale est irrégulière puisqu'elle est fonction de l'exposition des côtes à la houle, mais il n'existe pas de mode calme autour des deux îles, excepté dans le cratère de Saint-Paul où l'étagement est très condensé avec des limites parfaitement parallèles.

Cet étage est le domaine des lichens dorés et des Cyanophycées. On y trouve un gastéropode pulmoné abondant, *Marinula nigra*, et un isopode Oniscoide très commun, *Deto armata*. Cet isopode, très mobile, effectue des immersions importantes dans les flaques supra-littorales, et descend à marée basse dans le médiolittoral supérieur. Les insectes halophiles sont bien représentés dans cette zone par le Diptère Tendipedidae *Telmatogeton sanctipauli*. Ce peuplement est donc assez original, avec notamment l'absence de Ligiidés et de Littorinidés.

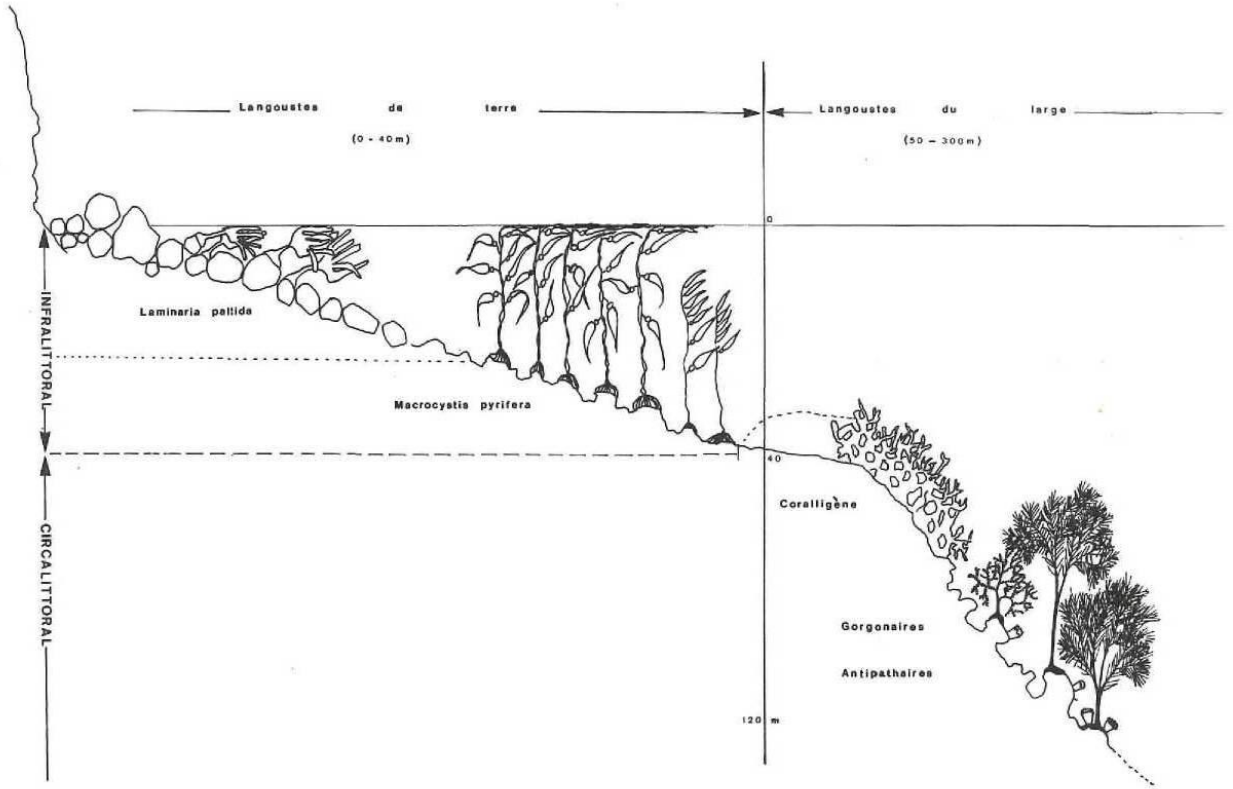


Tableau 61 : Coupe schématique des fonds de pêche autour d'Amsterdam (Beurois, 1975)

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*.

Substrats meubles

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. Ces zones correspondent souvent à la présence de laisses d'algues aux endroits où la côte s'abaisse, comme dans le nord d'Amsterdam et sur les jetées du cratère de Saint-Paul. Le peuplement est représenté par les Talitroidés.

ETAGE MEDIO-LITTORAL

Substrats durs

La limite supérieure est marquée par un revêtement d'espèces du genre *Porphyra* assez irrégulier. A ce niveau vivent de petites colonies du pulmoné *Kerguelenella macgillivrayi*, rassemblées dans les fissures et les cavités de la lave très vacuolaire.

La face abritée des rochers est recouverte d'un feutrage végétal ras et dense, de couleur vert-jaune et de consistance spongieuse. On y trouve un riche peuplement où domine le petit pélécypode, *Lasaea consanguinea*, accompagné d'une faunule variée (halacariens, larves d'insectes, nématodes, etc.).

Les flaques sont nombreuses dans cet étage, celles situées le plus haut sont à peu près nues, avec seulement quelques isopodes, *Parisocladus perforatus*, et de petites astéries, *Patiriella exigua*. Plus bas, les Corallinacées et leurs cortèges de microfaune sont prédominantes. Les patelles, *Nacella depsta*, y sont abondantes à tous les niveaux, il est également commun d'y observer des stades jeunes de *Jasus paulensis*. Cet étage ne comporte pas de Cirripèdes thoraciques, dont on trouve seulement quelques exemplaires à partir du sommet de l'étage infralittoral.

Substrats meubles

Dans les parties ensablées, entre les blocs, sont présent essentiellement des amphipodes Talitroidés, et, plus bas, des Polychètes particulièrement abondantes lorsque le sédiment est réduit. Les galets et petits blocs abritent des Gastéropodes communs tels que *Gibbula lacazei*, *Purpura dumasi*, avec les petites astéries *Patiriella exigua*.

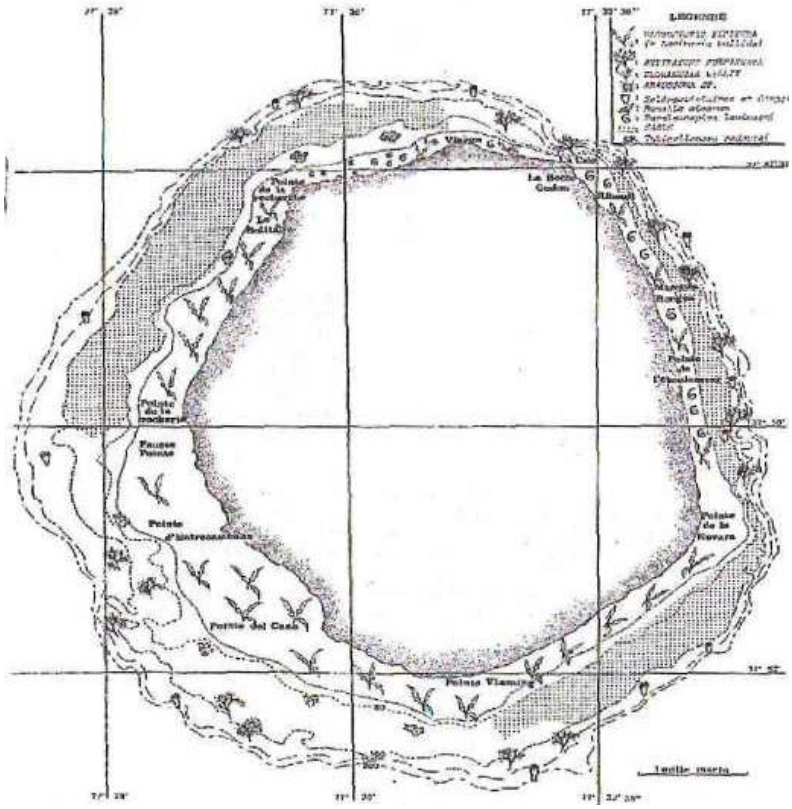


Tableau 62 : Bathymétrie et environnement biologique des fonds de pêche s'étendant autour d'Amsterdam (Duhamel, 1980)

ETAGE INFRALITTORAL

Substrats durs

On peut distinguer là, deux sous-ensembles : l'infralittoral supérieur, présentant une couverture extrêmement riche d'algues photophiles (et correspondant à peu près à la ceinture de Laminaires, *Laminaria pallida*) et l'infralittoral inférieur, qui est le domaine de la grande Phéophycée *Macrocystis pyrifera*.

Ce schéma général est le même qu'aux îles Tristan da Cunha (Baardseth, 1941).

-Infralittoral supérieur

II faut signaler l'absence totale de moulière et de Mytilidae dans ce sous-étage. Sa frange superficielle est recouverte d'un revêtement algal dense à base de Corallinacées et de Gigartinales, accompagnées localement, dans les endroits exposés, de touffes de *Splachnidium rugosum*. Il n'existe à ce niveau qu'une seule espèce de patelle, *Nacella depsta*, très polymorphe. La couverture algale renferme une microfaune variée, et les amphipodes du genre *Hyale* y sont abondants.

L'horizon supérieur, découvrant aux marées basses de vive eau mais restant toujours abondamment humecté par les vagues, est occupé par une ceinture très développée d'algues rouge foncé, qui tranche nettement avec le sous-étage inférieur. Cet horizon est extrêmement riche en isopodes (*Idotea nitida, Dynamenella brunnea*) et amphipodes du genre *Hyale* (*H. media, H. grandicornia, H. hirtipalma*).

Au niveau de la limite inférieure de cet horizon supérieur à Rhodophytes, débute la zone des laminaires (*Laminaria pallida*), analogue à celle des îles Tristan da Cunha. Le revêtement algal y est très dense et varié.

Plusieurs petits Gastéropodes y sont particulièrement abondants comme *Phasianella munieri*, mais cette zone reste mal connue en raison de l'hydrodynamisme intense qui rend son accès très difficile. La faune de ces laminaires n'est pas encore étudiée en détail, mais on peut distinguer les groupes sessiles fixés sur les crampons, où dominent les Spirorbinés et surtout *Paralaeospira levinseni*, les bryozoaires, les éponges, etc., et les groupes mobiles qui trouvent un refuge idéal à l'intérieur des haptères, tels les Polychètes. Les thalles de laminaires, d'aspect très lisse et brillant, sont au contraire très pauvres en épifaune.

L'infralittoral supérieur est pauvre en Cirripèdes thoraciques mais ceux-ci sont intéressants du point de vue biogéographique. Il s'agit en effet d'une unique espèce faisant partie du groupe *Balanus (Megabalanus) psittacus-isolde-cylindricus-nigrescens*, dont les différentes espèces sont respectivement connues en Amérique du Sud, Tristan da Cunha, Afrique du Sud, et sud de l'Australie.

-Infralittoral inférieur

Il est occupé par les fonds à *Macrocystis pyrifera* et algues rouges plus ou moins sciaphiles. Ces peuplements de Phéophycées géantes abritent des peuplements floristiques et faunistiques associés d'une grande richesse. Les crampons abritent à leur surface des groupes sessiles (bryozoaires, ascidies coloniales, hydraires, etc.), l'intérieur quant à lui, constitue un véritable enchevêtrement de galeries, où viennent se réfugier de nombreux invertébrés mais également des stades juvéniles de nombreuses espèces. C'est notamment le cas des langoustes. Le peuplement proprement dit, est à base de Polychètes sédentaires, Spongiaires, amphipodes (Podoceridés surtout et Caprellidés), isopodes (avec des Limnoriidés qui minent les haptères), Echinodermes minuscules et Mollusques. La faune des thalles de *Macrocystis* est particulièrement riche en trois groupes sessiles principaux qui prennent localement un développement considérable.

Les Spirorbinés, avec essentiellement *Paralaeospira levinseni*, qui ponctue les thalles d'innombrables points blancs.

Les hydraires, comme *Laomedea (Obelia) geniculata* qui forme une sorte de "gazon" à la surface des thalles en leur donnant un aspect très velouté.

Les bryozoaires, dont le plus abondant, *Celleporella hyalina*, forme de petites colonies blanches, de forme circulaire, à la surface des thalles. Le très grand nombre de ces colonies donne un aspect calcifié aux thalles. Cette espèce est aussi abondante sur les algues rouges des mêmes fonds.

Un isopode de la famille des Idotheidae, de grande taille (jusqu'à 50 mm) et de couleur jaunâtre est contacté fréquemment sur ces thalles.

Les fonds durs de l'infralittoral inférieur, occupés, outre les *Macrocystis*, par un revêtement important d'algues rouges et d'éponges de couleurs vives, constituent les fonds de pêche privilégiés. Les Rhodophycées, parmi lesquelles abondent les Corallinacées, présentent une très riche épifaune à base de bryozoaires, d'hydraires, de Spirorbinés, et de petits pélécypodes de couleur rosé vif fixés par leur byssus tel que *Hosochstetterina crenella*.

Un grand gastéropode Cymatiidae, *Argobuccinum ranelliforme proditor*, est très abondant dans tout l'infralittoral. Une grande astérie de couleur orange vif, *Culcita veneris*, est également présente mais beaucoup plus irrégulièrement. Enfin, une espèce de poulpe (*Octopus sp*.) peut être saisonnièrement et selon les années plus ou moins abondante.

Substrats meubles

Certains endroits de la côte présentent un sédiment propre non réduit et sans fraction fine, il présente un faciès de dessous de blocs et galets à base de Spirorbinae, Mollusques (*Fissurella mutabilis* et chitons), Echinides rosés, ascidies coloniales, pycnogonides (*Tanystylum brevipes*), et isopodes Eurydicidae (*Cirolana rugicauda*) et Sphaeromatidae (*Dynamenella brunnea* et *Parisocladus perforatus*).

Les plages de sable de grandes surfaces sont rares entre les *Macrocystis* et la côte, une seule a été identifiée dans l'est de Saint-Paul, face à la passe d'entrée du cratère. Les différents prélèvements

effectués sur ces fonds ainsi que sur la bordure externe des champs de macrocystis démontrent une grande pauvreté en macrofaune. L'étude particulière de la méiofaune n'a pas été réalisée.

Les sables fins et moyens abritent une espèce de Décapode Portunidae, *Ovalipes trimaculatus* et une holothurie (*Holothurie sp*.).

Les sables grossiers sont tout aussi pauvres, et ne renferment qu'une seule espèce de mollusque *Venus antarctica*, présente dans les sédiments les plus grossiers et les plus hétérogènes entre 30 et 80 m de fond environ. On trouve aussi un petit Scleractiniaire solitaire interstitiel du genre *Sphenotrochus* (cf. Zibrowius, 1974), et les grains de gravier sont recouverts d'une espèce particulière de Spirorbinae du genre *Romanchella*.

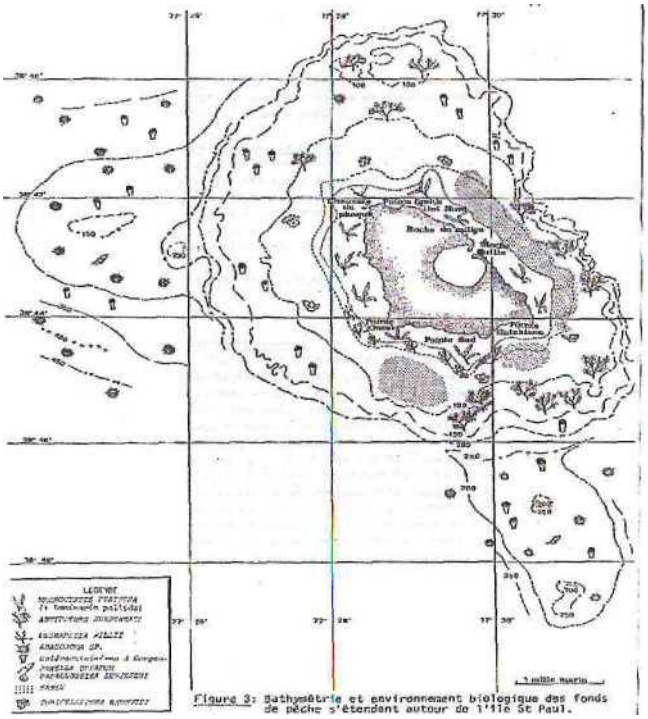


Tableau 63 : Environnement benthique autour de l'île Saint Paul (Duhamel, 1980)

ETAGE CIRCALITTORAL

Substrats durs

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 et gros foraminifères épibiontes, des éponges et ascidies variées (dont *Corella eumyota*), de nombreux tubes de polychètes, des hydraires, etc.

A partir de 70-80 m, les fonds sont caractérisés par des Gorgonaire *Acanthogorgia* cf. *candida,* et de l'Antipathaire arborescent *Antipathes subpinnata*, qui forme de véritables "forêts" sous-marines autour des deux îles. Les "troncs" et "branches" morts de cet antipathaire, servent de support à une abondante épifaune, constituée de bryozoaires (touffes de *Bugula*, etc.), Alcyonaires, zoanthaires aux couleurs lumineuses, soudés les uns aux autres en un revêtement continu, etc. Les fragments de roche et cailloux remontés de ces profondeurs dans les casiers des filières, présentent très souvent des exemplaires de Scléractiniaires, dont le plus abondant est *Caryophyllia profunda*, parfois accompagné par *Desmo-phyllum cristagalli*. On trouve encore sur ces fonds, des spécimens de gastéropodes Cymatiidae, *Charonia lampas pustulata* et *Ranella olearium* (cf. Arnaud et Beurois 1972), ainsi que des oursins (Echinothuridae).

La limite avec l'étage bathyal est difficile à préciser par manque de données sur les zones plus profondes.

2.6.3.2. Evaluation de la valeur patrimoniale des habitats naturels marins

Le peu de données disponibles sur les habitats naturels marins de St-Paul et Amsterdam laissent néanmoins ressortir une forte biodiversité ce qui leur confère une valeure patrimoniale forte et souligne l'importance de leurs rôles au sein de l'écosystème marin côtier mais également pélagique.

La haute productivité des milieux marins environnants est source de nourriture des nombreuses populations d'oiseaux et d'otaries qui viennent se reproduire sur ces îles. Les principaux milieux (peuplements à *Macrocystis* et à laminaires, massifs de coraux noirs Antipathaires, fonds à gorgonaires, Madréporaires et Eponges, etc…) constituent un patrimoine biologique de premier ordre qui n'a pratiquement pas été perturbé, malgré un siècle de pêche, grâce à l'utilisation de méthodes assez sélectives. Les algues *Macrocystis pyrifera*, seul point commun avec les îles subantarctiques, jouent un rôle écologique (nourricerie, abris …) aussi fondamental que dans les îles Crozet et Kerguelen.

2.6.4. Les espèces animales marines de St-Paul et Amsterdam

2.6.4.1. Les organismes benthiques d'Amsterdam et St-Paul

La faune d'invertébrés marins benthiques des îles St-Paul et Amsterdam a été décrite au travers de quelques travaux fragmentaires de systématiques, dus essentiellement aux résultats d'expédition et plus récemment, complètée par des travaux s'intéressant en particulier au potentiel halieutique des fonds entourant les deux îles (Beurois, 1975, Duhamel, 1980).

Une grande diversité de forme au sein des ces organismes sont ainsi décrite, des formes vagile tel que les crustacés, échinodermes, annélides… ; ou sessile tel que les cnidaires, spongiaires…,

Il n'existe pas actuellement d'inventaire dédié à ces espèces. Seule une partie des groupes rencontrés à St-Paul et Amsterdam ont été partiellement inventoriés dans le projet de proposition de classement en réserve naturelle Jouventin et al., 1997 (cf annexe V).

La macrofaune benthique se répartie au même titre que la phytocénose, verticalement suivant l'étagement marin en fonction des divers facteurs écologiques (nature du substrat, lumière, salinité…). Ainsi, les conditions d'environnement, conjuguées aux relations de dépendance entre les organismes benthiques (nourriture, abris, ...), déterminent des associations caractéristiques : les biocénoses.

Sans pour autant décrire précisément la richesse et la diversité spécifique de cette faune, les auteurs ont ainsi établi un schéma général de l'étagement de la faune benthique comme décrit précédemment dans la partie habitat. Cf.Tableau 64

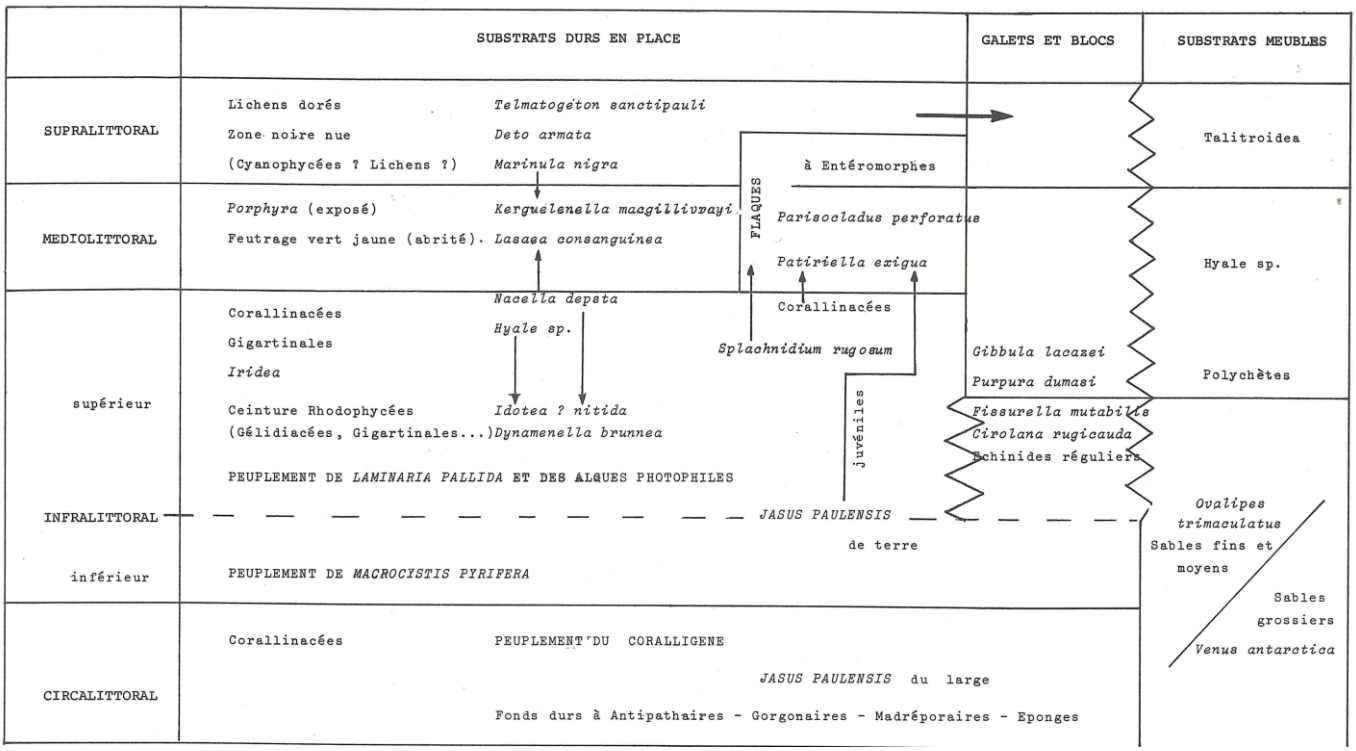


Tableau 64 : Schéma de l'étagement des peuplements benthiques sur les fonds de pêche des îles Saint Paul et Amsterdam

9 embranchements sont ainsi représentés dans le périmètre côtier des deux îles. Le paragraphe qui suit reprend les différentes espèces décrites dans la partie habitats en les rassemblant par embranchements ou sous-embranchements :

…Les Mollusques

Une espèce de Gastéropode pulmoné *Marinula nigra* est particulièrement abondante au niveau de l'étage supralittoral. Des colonies de pulmoné *Kerguenella macgillivray* prennent place ensuite dans les fissures au niveau de l'étage mediolittoral, on y trouve également des peuplements de pélocypode *Lasaea consanguinea* ainsi que des patelles *Nacella depsta* ; dans les substrats meubles se trouve des gatéropodes communs tels que *Gibbula lacazei, Purpura dumasi.* Au niveau de l'infralitorral supérieur plusieurs petits gatéropodes sont particulièrement abondants, c'est le cas de *Phasianella munieri.* Un pélocypode se rencontre sur les fonds rocheux de l'infralittoral *Hoschsteterina crenella.* Abondant dans tout l'étage, on touve un grand gastéropode de la famille des Cymatiidae *Argobuccinum ranelliforme proditor.* Les substrats meubles de l'infralittoral sont caractérisés par l'espèce *Fissurella mutabilis*, des chitons ainsi que la « praire » *Venus antarctica*. Une espèce de poulpe (*Octopus* sp.) peut être saisonnièrement et selon les années plus ou moins abondante. Sur les fonds de l'étage circalittoral, se trouve encore deux specimen de gastéropodes *Charonia lampas pustulata* et *Ranella olearium.*

…Les Crustacés

Ils sont représentés en zone supralittoral par l'Isopode oniscoide *Deto armata* ainsi que par des amphipodes de la famille des Talitroidea. Plus bas l'on retrouve dans les flaques d'autres isopodes *Parisocladus perforatus* en faible nombre. 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). L'infralittoral supérieur est représenté par une espèce de cirripèdes thoracique

du genre *Balanus.* Au fond sur les substrats meubles de l'infralittoral une espèce de Décapode *Olivapes trimaculatus* est signalée. La langouste *Jasus paulensis*

…Echinodermes

Les premiers invidus se trouvent dans les flaques de l'étage mediolittoral avec la petite astérie *Patiriella exigua.* Une grande astérie est présente dans l'infralittoral *Culcita veneris.*

…Annélides

Des polychètes de la famille des Spirorbinés (groupe sessile) sont abondants dans l'étage infralittoral surtout *Paralaeospira levinseni.* Plus en profondeur, une espèce particulière de spirorbinae du genre *Romanchella* est présente.

…Spongiaires

Les représentants de cet embranchement sont abondant dans l'étage infralittoral et circalittoral.

…Les Cnidaires

Cet embranchement est représenté par les hydraires comme *Laomedea (Obelia) geniculata* signalée dans l'infralittoral, d'autre espèces sont présentent dans le circalittoral dont le Gorgonaire *Acanthorgorgia* cf. *candida,* l'antipathaire arborescent *Antipathes subpinnata* ou encore des exemplaires de Sclératinaires dont le plus abondant est *Caryophyllia profunda* parfois accompagné par *Desmophyllum cristagalli.*

…Les Bryozoaires

Celleporella hyalina est présente au niveau de l'étage infralittoral. Au niveau du circalittoral se trouve un grand bryozoaire constructeur du genre *Tubicellepora* ainsi que d'autre plus petit du genre *Bugula*.

…Les Tuniciés

Ce groupe est représenté dans l'étage circalittoral par des ascidies variées dont *Corella eumyota.*

…Les Brachiopodes

Ce neuvième groupe n'est pas décrit dans le travail de Beurois mais deux espèces ont été signalées à St-Paul, *Liothyrella moseleyi* et *Mergelina davidsoni* toute deux endémiques.

Ces données d'inventaires sont à considérer avec précaution, elles ne sont pas sytématiquement dédié à la réserve et sont incomplètes à l'heure actuelle. Un travail d'identification des métadonnés est actuellement en cours de réalisation par le MNHN afin de rassembler l'ensemble des sources de données existantes (papier, collections, informatique….) et permettra d'établir un point précis des connaissances dans la réserve marine.

La connaissance des zoocénoses côtières est primordiale dans la gestion de la réserve marine, les espèces benthiques littorales constituent des témoins permanents de l'environnement car elles intègrent les caractéristiques écologiques locales, soumises à des fluctuations naturelles ou générées par les activités humaines. Dans les 5 années premières années du plan de gestion, un travail d'identification des données propres à la réserve marine sera mené afin de parfaire ce premier état des lieux et permettre de suivre à long terme l'évolution du milieu côtier.

Les données très disparates et confidentielles concernant les organismes benthiques n'ont pas permis de développer comme il se doit cette partie dans ce premier plan de gestion. Il a été cependant clairement identifié que ces données existent. Un travail de rassemblement et de

synthétisation de ces connaissances est un des objectifs dans la conduite de la gestion de la réserve marine (cf volet B).

2.6.5.1. Les organismes pélagiques

Comme décrit précédemment dans le fonctionnement de l'écosystème marin subantarctique (Cf.p°208), les deux composantes initiales (phyto- et zooplancton) des organismes marins pélagiques sont à la base d'un réseau trophique dont font partie 4 grands groupes de prédateurs supérieurs prenant place au sommet de cette chaîne biologique en zone subtropicale :

-les poissons,
-les céphalopodes (calmars),
-les oiseaux marins,
-les mammifères marins,

Tous ces groupes restent inégalement étudiés et leur connaissance nécessite d'être acquise ou complétée. Les poissons et mammifères marins sont traités dans cette partie. Les oiseaux sont traités dans la partie terrestre. Le peu de données disponibles sur les céphalopodes n'a pas permis de développer un paragraphe.

2.6.5.1.1. Les poissons des îles Amsterdam et St-Paul

2.6.5.1.1.1. Description des poissons d'Amsterdam et St-Paul et de leurs populations

Depuis les travaux de Blanc et Paulian (1957), Hureau (1969) et Duhamel (1989) la connaissance de l'ichtyofaune de ces îles s'est grandement enrichie par des campagnes de pêche expérimentale ou scientifique. Le nombre total d'espèces de poissons marins identifiés autour des deux îles s'élève à 125 (29 néritiques, 24 de profondeur et 72 pélagiques) (Duhamel, comm. Pers.) (cf. annexe V).

Parmi les 29 espèces néritiques qui intéressent la Réserve marine, cinq espèces dominent nettement :

-le bleu (*Acantholatris monodactylus*),
-le saint-paul (*Latris lineata*),
-le cabot (*Polyprion oxygeneios*),
-le tazard (*Thyrsites atun*),
-le rouffe antarctique (*Hyperoglyphe antarctica*).

Toutes ces espèces sont exploitées par la pêcherie. Seul le tazard n'est pas commercialisé en raison d'un taux de parasitisme très élevé (nématodes).

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. Des échanges d'ailleurs existent, pour preuve la recapture récente à Saint-Paul d'un Saint-Paul bagué en Tasmanie !

3 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.

St-Paul et Amsterdam	Tristan da Cunha	Gough	Afrique du sud	Australie, N. Zélande
Hexanchus griseus			⎫	
Isurus glaucus	⎫		⎫	⎫
Squalus fernandinus			⎫	⎫
Torpedo sinuspersicus			⎫	
T. fuscomaculata			⎫	
Ariosoma habenata				⎫
Cypsilurus furcatus			⎫	
C. lineatus	⎫		⎫	
Gaidropsarus insularum	⎫		⎫	
Polyprion oxygeneios	⎫		⎫	⎫
Serranus novemcinctus			⎫	
Emmelichtys nitidus			⎫	⎫
Plagiogeneion rubiginosus			⎫	⎫
Acantholatris monodactylus	⎫	⎫		⎫
Mendosoma elongatum				
Latris lineata		⎫		⎫
Labrychthys ornatus	⎫	⎫		
Bovichthys variegatus				⎫
B. veneris				
Thyrsites atun	⎫		⎫	⎫
Seriolella velaini	(?)			
Helicolenus mouchezi	⎫	⎫		

Tableau 65 : Distribution géographique des poissons des îles St-Paul et Amsterdam dans l'hémisphère sud (d'après HUREAU, 1969, modifié)

L'ensemble des connaissances ichtyologiques des îles Amsterdam et St-Paul relatées dans ce premier plan de gestion ne peuvent être considérées comme exhaustives et certaines espèces peuvent nécessiter une révision de leur statut. En effet, les résultats de campagnes récentes telles que la prospection croix du sud en 2001 à la palangre et aux casiers ou la prospection KDT en 2002 ont pu apporter de nouvelles connaissances (comm. Pers. Gasco).

2.6.5.1.2. Description des Pinnipèdes des îles Amsterdam et St-Paul

2.6.5.1.2.1. La chasse a l'otarie subantarctique à St-Paul et Amsterdam

Au début du 18 ème siècle, les phoquiers commencèrent à s'intéresser aux îles d'Amsterdam et de Saint-Paul. Roux (1986) a fait l'historique de ces opérations phoquières : « Les premières expéditions phoquières (le Mercury et le Noolka) touchèrent ces îles à la fin du XVIIIème siècle et furent très profitables. L'équipage du Mercury, par exemple, tua 1 200 otaries en neuf jours à l'île de Saint-Paul, au début de juin 1789. Trois ans plus tard, les deux navires phoquiers Alliance et Asia rencontrèrent (en mars 1792) devant les îles un navire chasseur qui avait récolté 15 000 peaux (Allen 1899, Clarke 1875, Claret De Fleurieu 1799, Stackpole 1953).

Les otaries (*Arctocephalus tropicalis*) étaient extrêmement abondantes aux dires des premiers visiteurs et ce jusqu'à la fin du XVIIIème siècle (Claret de Fleurieu 1799, La Billardiere 1801, Peron 1824,

Staunton 1797, Stavorinus 1798, Valentyn 1726). Ceux-ci ont décrit des quantités impressionnantes d'otaries en mer autour des îles (Saint-Paul et Amsterdam) et les rivages littéralement couverts de pinnipèdes au point de gêner toute tentative de débarquement. Toutes les portions de côte accessibles semblaient être occupées par des otaries en forte densité.

Très vite ces expéditions se multiplièrent avec l'ouverture du marché chinois qui permettait d'écouler les fourrures récoltées en chemin. Au moins huit navires phoquiers visitèrent les deux îles entre 1792 et 1796 (De Brossard 1791, Paulian 1964, Peron 1824, Stackpole 1953). En plus de ces expéditions phoquières de nombreux navires baleiniers écumaient les eaux côtières de ces deux îles, alors très riches en grands cétacés. Ces baleiniers ont aussi participé activement à l'exploitation des pinnipèdes (Stackpole 1953).

Il est malheureusement impossible aujourd'hui de dresser une liste exhaustive des expéditions phoquières et de l'importance de leurs tableaux de chasse pendant cette période d'exploitation intensive (1789-1835), les capitaines et armateurs étant très discrets sur la provenance de leurs fourrures à cause de la concurrence. De plus, les ventes de fourrures avaient lieu principalement sur le marché chinois et il ne reste que très peu de traces de leur importance (Stackpole 1953).

D'après Roux (1986), « A partir de 1837 et jusqu'à la fin du XlXème siècle, l'île a été visitée chaque année par des pêcheurs, des baleiniers et occasionnellement encore des phoquiers (De Ravisi 1853), alors que les otaries avaient commencé à se raréfier. Déjà à partir de 1835 elles ne se reproduisaient plus à Saint-Paul, la plus visitée des deux îles (Anonyme 1847, De Ravisi 1853) et n'étaient plus notées que comme très rares visiteurs dans le Nord de l'île en 1874 (Velain 1877, Velain 1878). En 1860 elles se reproduisaient encore sur les côtes de l'île d'Amsterdam et subissaient toujours une exploitation régulière jusqu'en 1875 et probablement 1876 (De Ravisi 1853, Von Pelzeln 1871, Velain 1877, Velain 1878). Ensuite, devenues très rares mais encore présentes en janvier 1893 (Lieutard 1893), leur exploitation semble avoir cessé et on les a cru éteintes au début du XXème siècle (Aubert De La Rue 1931, Jeannel 1940, Vanhoffen 1909). Ce n'est qu'en 1950 qu'une colonie d'otaries fut redécouverte sur la côte Nord-Ouest de l'île d'Amsterdam (Martin De Vivies 1951, Paulian 1953, Paulian 1964).

Il est impossible, d'après les documents anciens, de chiffrer la taille originelle de la population avant l'exploitation, d'estimer les effectifs d'otaries prélevées par l'ensemble des expéditions phoquières, ou le nombre d'otaries survivantes à la fin de l'exploitation. Mais en se référant aux rares sources chiffrées (Vallen 1899, Clarke 1875, Cox in : Claret De Fleurieu 1799, Goodridge 1841, Peron 1824, Stackpole 1953) on peut affirmer que pendant une période 1799-1835, le total des prises pour les deux îles a largement dépassé 150 000 individus (en moins d'un demi siècle d'exploitation intensive). Quant au nombre d'otaries survivantes à la fin de l'exploitation (aux alentours de 1880) il devait être extrêmement réduit (de l'ordre de la centaine d'adultes) compte tenu de la taille de la population en 1956 (Paulian 1964) et du fait qu'elles aient été considérées comme éteintes à plusieurs reprises par les visiteurs du début de ce siècle.

2.6.5.1.2.2. Description des espèces présentent

Trois espèces de l'ordre des pinnipèdes ont été recensées sur les deux îles, elles appartiennent à deux familles distinctes:

Les phocidae avec deux représentants :
-l'éléphant de mer *Milounga leonina,*
-le léopard de mer *Hydrurga leptonyx.*

Ces deux espèces ne sont présentent que ponctuellement et en petit nombre, elles ne se reproduisent pas sur ces îles.

Les otaridae représentés par 1 espèce :
-l'otarie à fourrure subantarctique (*Arctocephalus tropicalis*),

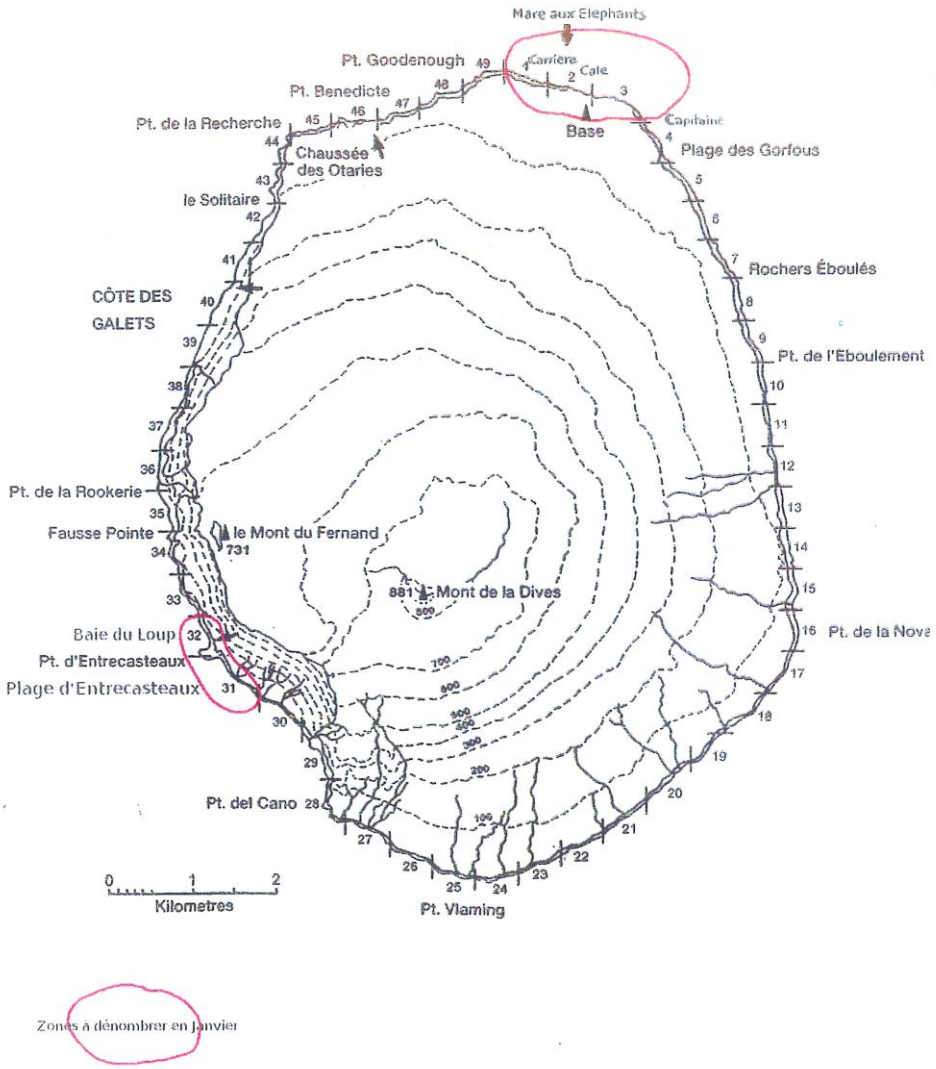
Aussi appelé otarie d'Amsterdam, elle est présente en abondance, il s'agit de la seule espèce de mammifère marin terrestre à se reproduire sur ces îles.

Espèce	Amsterdam	St-Paul
Otarie à fourrure de Kerguelen		
Otarie à fourrure d'Amsterdam	√	√
Eléphant de mer		

Tableau Liste des espèces de mammifères marins se reproduisant dans les deux localités (Amsterdam et St-Paul)

2.6.5.1.2.3. Localisation des colonies

Les colonies d'otaries de l'île d'Amsterdam sont présentent sur tout le pourtour de l'île. Le littoral d'Amsterdam pour permettre une meilleure visualisation de la population, a été découpé en 49 secteurs de longueur identiques. Parmi eux, 4 en particulier bénéficient d'un suivi démographique long terme, il s'agit des secteurs 1, 2 et 3 proche de la base et du secteur 32 (Entrecasteaux).



A St-Paul, des otaries sont présentent en très grand nombre sur tout le pourtour du cratère ainsi que sur les deux jetées nord et sud à son entrée (Thiebot, 2006).

2.6.5.1.2.4. Type de suivi des populations

Les suivis des pinnipèdes sont menés par le CNRS de Chizé dans le cadre du programme « oiseaux et mammifères marins des TAAF », soutenus pas l'IPEV.

Les suivis effectués sont de composition différente, en fonction des connaissances recherchées, ainsi on distingue 3 grands types de suivis qui ont un lien direct avec la conservation des espèces et la gestion de la Réserve naturelle :

- Dénombrement
- Suivi démographique (tendance de la population),
- Répartition spatiale (zone d'alimentation),

2.6.5.1.2.4.1. Dénombrement

Les dénombrements se déroulent à Amsterdam selon le même protocole qu'à Crozet et Kerguelen (cf.partie 2.4.4).

Ce suivi est effectué sur les secteurs 1, 2, 3 et 32 depuis 15 ans (1994-2009).

A St-Paul, les dénombrements sont opportunistes (difficultés d'accès, réserve intégrale). Selon les autorisations d'accès délivrées par arrêté préfectoral, les participants au programme de suivi des mammifères marins terrestre effectuent des comptages par secteurs et par catégorie (Mâles, femelles adultes, immature, nouveau nés).

2.6.5.1.2.4.2. Le suivi démographique

La méthode de suivi des populations par marquage/ capture /recapture (MCR) permet l'accession à une connaissance précise de l'histoire de vie des individus suivis au sein de la population.
A Amsterdam, ce suivi démographique est effectué sur la colonie d'étude d'otaries subantarctiques de « La Mare aux Eléphants ».

Chaque année depuis 1994 un lot de jeunes otaries subantarctiques sont baguées afin d'effectuer un suivi de leur croissance pondérale. L'identification des nouveaux nés permet de travailler sur des jeunes d'âge connu. Tous les adultes rencontrés sont contrôlés (lecture de transpondeur et/ou de bagues). Ces contrôles ont lieu pendant la période de reproduction et le début d'élevage des nouveaux nés.

Cette technique de marquage très utilisée chez les Pinnipèdes (Cameron & Siniff 2004) a aussi été appliquée sur des femelles adultes (respectivement 30 en 1995, 100 en 1996, et 110 en 1999), ce qui permet l'obtention d'un suivi longitudinal complet de leurs performances reproductrices (i.e. chaque petit né d'une femelle baguée fait systématiquement partie du lot des jeunes marqués).

Le MCR permet ainsi de mesurer les paramètres démographiques (survie adulte, recrutement, succès reproducteur, émigration-immigration) et donc d'expliquer les causes démographiques des tendances. Une base de données centralise toutes ces informations au CEBC.

2.6.5.1.2.4.3. Zones d'alimentation

Cf partie 2.4

- Cas des otaries à fourrure subantarctiques

Le suivi satellite des Otaries à fourrure subantarctique (*Arctocephalus tropicalis*) de la colonie de la « mare aux éléphants » sur l'Île d'Amsterdam a permis d'identifier leur zone d'alimentation. Celle-ci se situe principalement au niveau du front subtropical STF (cf.Tableau 43) (Georges et al. 2000) et suit la variation latitudinale saisonnière de ce front (Beauplet et al, 2004).

Ainsi, elle se situe, pendant le début de d'été à la limite du nord du STF (situé entre 60 et 130 km au sud d'Île d'Amsterdam) puis, en hiver, comme le STF migre 250 km au nord de l'Île d'Amsterdam, les otaries étendent leur aire d'alimentation jusqu'à 530 km de l'île.

2.6.5.1.2.5. Statut de conservation et valeur patrimoniale des pinnipèdes d'Amsterdam et St-Paul

Cf partie 2.4

2.6.5.1.3. Description des cétacés d'Amsterdam et St-Paul

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 (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 109 de l'IPEV géré par le CEBC-CNRS),

- les données d'échouages de cétacés sur les rivages (MNHN).

Actuellement, 25 espèces de cétacés dont 6 espèces de mysticètes (baleines à fanons, Cf. Tableau 47) et 19 espèces d'odontocètes (baleines à dents, Cf. Tableau 48 p°245) sont reportées dans les eaux subantarctiques des TAAF.

2.6.5.1.3.1. Inventaire des mysticètes observés

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 66 : récapitulatif des observations de mysticètes dans les ZEE d'Amsterdam et St-Paul

Espèce	ZEE Amsterdam/ St-Paul		Observation Hors ZEE
	Cotière	Hauturière	
Baleine franche ***Balaena glacialis/australis***	0	0	⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Rorqual de Rudolfi ***Balaneoptera borealis***	0	⎭	
Rorqual commun ***Balaenoptera physalus***	0	0	⎭ entre Kerguelen et Amsterdam

Petit Rorqual ***Balenoptera acutorostrata/bonaerensi***	0	0	⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine à bosse ***Megaptera novaeangliae***	⎫	⎫	?

Au total, 2 espèces de mysticètes ont été observées dans les ZEE d'Amsterdam et St-Paul (cf. annexe V). Parmi elles, seulement une l'a été dans les eaux côtières d'Amsterdam : la baleine à bosse. Toutefois, ça présence estivale n'est qu'anecdotique dans le périmètre de la réserve marine, seules des prospections régulières durant la période favorable permettraient de confirmer sa présence et de définir si le biotope côtier de la réserve lui est favorable.

La **baleine à bosse** (*Megaptera novaeangliae)* a déjà été observé durant l'été austral dans les eaux entourant les îles Kerguelen (Borsa, 1997 ; Robineau, 1989), au nord de Crozet et à proximité d'Amsterdam (base de données d'observation en mer du CEBC-CNRS – programme 109 IPEV). Une mise bas a d'ailleurs été observée à proximité d'Amsterdam. Dans les eaux subantarctiques des TAAF, cette espèce reste rare alors qu'elle a été exploitée au début du siècle par les baleiniers de la station de Port Jeanne d'Arc (Robineau & Duhamel, 2006). Le statut de cette espèce est défini comme « en préoccupation mineure » dans la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature et la tendance de la population serait actuellement en augmentation.

2.6.5.1.3.2. Inventaire des odontocètes observés

Comme dit précédemment, 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. Dans les ZEEs et les eaux territoriales d'Amsterdam et St-Paul, seules des données d'observations opportunistes de la côte ou à partir des navires de pêche (« Austral ») ou de recherches (N.O Marion Dufresne..) apportent quelques données sur leurs présences.

Tableau 67 : récapitulatif des observations d'odontocètes dans les eaux d'Amsterdam et St-Paul.

Espèce	**ZEE Amsterdam/ St-Paul**		**Observation Hors ZEE**
	Cotière	Hauturière	
Orque ***Orcinus orca***	⎫	⎫	⎫
Fausse-orque ***Pseudorca crassidens***	0	0	⎫
Hyperoodon antarctique ***Hyperoodon planifrons***	0	0	⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine à bec de Blainville ***Mesoplodon densirostris***	0	0	⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine de Gray ***Mesoplodon grayi***	0	0	⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Baleine à bec de Cuvier ***Ziphius cavirostris***	0	0	⎫ entre Kerguelen et Amsterdam
Cachalot ***Physeter macrocephalus***	0	0	⎫
Cachalot pygmé ***Kogia sp.***	0	0	⎫

Parmi les 19 espèces d'odontocètes recensées dans les eaux subantarctiques des TAAF, très peu ont été signalées dans les eaux d'Amsterdam et St-Paul et les données sont rares en comparaison

aux archipels de Crozet et Kerguelen. Seul l'orque bénéficie d'observations régulières dans le périmètre côtier des deux îles.

L'**orque** (*Orcinus orca)* est une espèce assez largement présentes dans les eaux subantarctiques des TAAF puisque documentée à Amsterdam, St-Paul, Kerguelen et Crozet. (Guinet, 1991 ; Guinet, Comm. pers. ; Robineau & Duhamel, 2006).

La population d'Amsterdam et St-Paul n'a jamais été étudiée. La majorité des observations sont réalisées depuis le navire caseyeur « l'Austral » en pêche dans les eaux de la réserve et les ZEEs.

Les orques se caractérisent comme à Crozet par des comportements de déprédation (Cf partie 4.3.2.2.1)

Une étude précise de la population présente au sein de la réserve est nécessaire. Une meilleure connaissance permettra d'une part d'identifier l'état de santé de la population présente (effectif, démographie) et les enjeux de conservation associés. D'autre part dans le cadre de la pêcherie, elle permettrait de mieux quantifier l'impact des orques sur la ressource piscicole exploitée dans les eaux de la réserve, et ainsi d'en améliorer la gestion.

L'ensemble des données récoltées permet d'ores et déjà de présenter un inventaire des espèces observées dans les eaux des deux îles et des potentialités de présence dans la réserve marine. Cependant, pour la grande majoritée de ces données, leurs caractères opportunistes montre ces limites, en effet soit elles ne permettent pas d'évaluer l'effort d'observation dans les différents secteurs côtiers soit sont étroitement dépendantes des activités de pêche ammenant un biais dans les observations.

Des études complémentaire en milieux côtier doivent être entreprises afin de confirmer la fréquentation des habitats de la réserve marine par certaine espèces et de suivre plus précisément l'évolution des populations d'ores et déjà identifiés comme inféodés a ces milieux.

2.6.5.1.4. Différents types de suivi

Plusieurs types de sources de données participent à enrichir notre connaissance des cétacés dans les ZEE subantarctiques ainsi que dans la réserve naturelle (cf. partie 2.4.4.2.3.2.3) :

- Le suivi opportuniste
- La bioacoustique
- La photo identification :

A l'heure actuelle, la population d'orques d'Amsterdam et St-Paul ne bénéficie d'aucun programme de suivi, les seules données récoltées proviennent des observations opportunistes et depuis 2003, des captures photographiques des individus intéragissant avec l'« Austral ». Ces données sont stockées dans la base de données du CEBC. Cet effort de photo identification en cours se doit d'être pérenniser mais surtout d'être inscrit dans un programme destiné à améliorer la connaissance du statut de cette population (cf partie 4.3.2.2.1)

2.6.5.1.5. Evaluation de la valeur patrimoniale des cétacés :

Nous ne présenterons ici que la valeur patrimoniale des cétacés identifiés comme inféodés à la réserve marine.

3 critères ont été retenus pour définir la valeur patrimoniale des espèces de cétacés :

1. Les espèces endémiques à certaines îles (qui abritent ainsi 100% de la population mondiale pour l'espèce) et les espèces pour lesquelles les sites hébergent une très grande proportion de la population mondiale -ou régionale-

2. Les espèces affectées par les changements globaux (climat) et autres menaces (anthropique)

Les interactions entre l'activité de pêche et les populations d'orques posent la question de l'impact sur l'organistation sociale des populations.

3. Les espèces anciennement exploitées

Tableau 68 : Espèces de cétacé dont les suivis (notamment les dénombrements) sont à maintenir et/ou actualiser

espèces	patrimonial	UICN	biomasse	affectées	anciennement exploitées
Orques	0	DD	0	)	0

Statut de conservation Liste Rouge - UICN : DD – Data Deficient, LC – Préoccupation mineure, NT - Quasi menacé, Vu - Vulnérable, EN - En danger, CR - En danger critique d'extinction

IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **28 May 2009**.

Les suivis, notamment les dénombrements sont à actualiser de façon prioritaire selon quatre critères : statut patrimonial, importante biomasse, affectées par différentes menaces, anciennement exploitées

2.6.5.1.6. Etat de conservation des cétacés

Cf partie 2.4

En Conclusion, cette première présentation de la partie marine de la réserve souligne qu'il existe énormément de données, certaines déjà en forme mais une grande majorité encore nécessite un travail d'identification et de synthèse. Un travail de compilation des données est indispensable pour présenter un état des ressources scientifiques réalisées au moment de la création de la réserve marine.

Pour obtenir un état des lieux complet, il est nécessaire dans les 5 premières années de ce plan de gestion d'effectuer une recherche bibliographique exhaustive et créer une base de données sur cette documentation afin de localiser la production scientifique.

3.Les facteurs limitant

3.1. Les facteurs limitant écologiques

Les principales contraintes qui structurent la nature et la distribution des habitats des îles Crozet, Kerguelen, Amsterdam et Saint-Paul sont liées :

- aux conditions climatiques : températures basses (moins sur Amsterdam et Saint-Paul), faible variations saisonnières, vents forts tout au long de l'année,
- à l'altitude : diminution rapide de la température et augmentation de la force du vent avec l'altitude,
- à l'exposition : fort contraste entre les sites abrités et les sites soumis aux vents dominants de secteur ouest,
- à la disponibilité en nutriments dans les sols : très forte dans les secteurs fréquentés par les vertébrés marins, particulièrement faible sur fell-field (et sandurs à Kerguelen),
- à la disponibilité en eau, en moyenne élevée compte-tenu du niveau de précipitations annuelles qui peut dépasser 3500 mm dans le secteur ouest de Kerguelen, mais souvent limitant sur fell-field et critique depuis le début des années 1990 dans l'est de Kerguelen (Cf. ci-dessus). Le niveau de précipitations sur l'Ile Amsterdam peut être limitant en période estivale surtout à basse altitude où les sols érodés ont une faible capacité de rétention hydrique.

3.2. Impacts des changements climatiques

3.2.1. Impact des changements climatiques sur les populations d'oiseaux et de pinnipèdes

A **Crozet**, comme dans les autres îles subantarctiques, certaines populations de prédateurs marins supérieurs ont eu tendance à diminuer alors que dans le même temps, les températures de l'air ont eu tendance à augmenter dans la zone. Les populations d'albatros hurleurs (*Diomedea exulans*) ont pour leur part eu tendance à diminuer jusque dans les années 1980 puis à augmenter à partir de cette date. A l'inverse, les populations de manchots royaux ont augmenté dans la zone des îles Crozet depuis le milieu des années 1960. Cette tendance est d'ailleurs similaire à celle observée pour les otaries à fourrure subantarctiques à Amsterdam. Il semble donc exister un lien entre l'augmentation des températures de surface et la diminution (ou l'augmentation) du nombre d'individus de certaines espèces (Weimerskirch et al. 2003).

Des études récentes portant sur la communauté de grands pétrels et albatros montrent que le climat et les pêcheries affectent les populations de façon contrastée. Alors que les espèces antarctiques montrent une augmentation de leurs populations, les espèces subtropicales semblent plus sensibles aux changements climatiques, et, de plus, sont affectées par les flottilles de pêche asiatiques. (Cf. p°337 ; impact de la pêche à Amsterdam et à St-Paul)

Exemple d'impact du réchauffement climatique sur la population de manchots royaux de l'île de la Possession :

Une étude récente (Le Bohec *et al*. 2008) a été réalisée sur les manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus*) de l'île de la Possession dans l'archipel de Crozet, afin d'étudier les effets du

changement climatique sur ces oiseaux marins. 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, qui est elle-même liée à la production primaire de phytoplancton et aux paramètres de températures. 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 de se reproduire. La poursuite du réchauffement des températures de surface de l'océan pourrait menacer les populations de manchots royaux. D'autres espèces d'oiseaux marins seraient également à même d'être affectées par des mécanismes similaires (Le Bohec et al. 2008).

Ces résultats ont toutefois été contestés (Barbraud et al.2008). En effet l'étude porte sur la survie d'un groupe d'individus étudiés pendant une période très courte (moins de dix ans), alors que globalement les populations de manchots royaux des îles Crozet (et Kerguelen) ont augmenté au cours des 40 dernières années (Delord et al. 2004, Weimerskirch et al. 2003) et que la température de l'océan augmentait en parallèle de plus de un degré. D'autres facteurs doivent être pris en compte, comme les phénomènes de densité dépendance (les manchots royaux ont reconstitué leurs effectifs et atteignent des densités maximales par rapport à la disponibilité des ressources), et surtout des données à plus long terme et faisant appel à des analyses multifactorielles sont nécessaires avant de pouvoir conclure à un effet négatif de l'augmentation des températures sur cette espèce (Barbraud et al. 2008).

A **Kerguelen**, pour ce qui est des impacts sur oiseaux et les pinnipèdes entre 1960 et 2007, les populations d'éléphants de mer (*Mirounga leonida*) et d'albatros hurleurs (*Diomedea exulans*) ont suivi des tendances similaires, avec une diminution brutale dans les années 1970 puis une stabilisation et une augmentation. Simultanément les populations de manchots royaux ont augmenté (Weimerskirch et al. 1989, non publié). Ces variations des populations de prédateurs sont mises en relation par les chercheurs avec une disponibilité réduite en nourriture. Il semblerait exister un lien entre ces fluctuations de populations et des changements de température, bien qu'il y ait un décalage temporel dans la relation entre augmentation des températures et diminution du nombre d'individus d'une espèce. Ce décalage temporel sous-entend qu'il y aurait plutôt une diminution de la fécondité qu'une baisse du taux de survie des individus adultes. Ces deux espèces qui ont connu des diminutions de population dans les années 1970 sont des consommateurs de calmars, alors que d'autres espèces qui ont vu leurs populations augmenter (otaries des Kerguelen ou manchots royaux *Aptenodytes patagonicus* à Kerguelen) sont plutôt des consommateurs de myctophidés qui sont des poissons mésopélagiques, c'est-à-dire se trouvant à mi profondeur dans la colonne d'eau (Weimerskirch et al. 2003).

A **Amsterdam**, les populations d'otaries subantarctiques (*Arctocephalus tropicalis*) ont eu tendance à augmenter depuis le début des années 1970. Cette augmentation semble s'être relativement stabilisée dans le courant des années 1980. Dans le même temps, les populations de gorfous sauteurs ont diminué de manière significative entre le début des années 1970 et le début des années 1990. Malgré le fait que la base de données soit réduite pour cette espèce, la tendance à la diminution est claire, et simultanée avec l'augmentation des températures, comme c'est le cas dans les autres îles subantarctiques pour cette espèce (Guinard et al.1998). La population d'albatros à bec jaune de l'île Amsterdam a également connu un déclin marqué, avec une réduction de moitié (Rolland et al.2009). Même si les anomalies de températures chaudes affectent négativement la capacité des oiseaux à apporter de la nourriture à leur poussin (Weimerskirch et al. 2001), il apparaît que la dynamique actuelle de la population est essentiellement affectée par l'apparition du choléra aviaire (Weimerskirch 2004) qui provoque une mortalité massive des poussins (Rolland et al.2009).

3.2.2. Impact des changements climatiques sur les habitats

Cet impact est essentiellement lié à des déficits hydriques (les exemples les plus marquants se rencontrent à Kerguelen, voir ci-dessous) et à des modifications de la structure des communautés en raison de réponses différenciées des espèces autochtones et des espèces introduites aux changements actuels. Les rigueurs du climat des îles subantarctiques ont constitué à l'évidence un frein à l'installation de nouvelles espèces. Si ces conditions ne sont pas extrêmes, comme celles rencontrées sur le continent Antarctique, elles n'en sont pas moins limites pour des espèces originaires de régions plus tempérées. 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 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. 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 degré supplémentaires, les graines de ces plantes peuvent arriver maintenant à maturité et, dispersées par le vent, elles 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).

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, le pissenlit (*Taraxacum officinale*), une stellaire (*Stellaria alsine*), 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.

3.2.2.1. Changements climatiques et érosion éolienne à Kerguelen

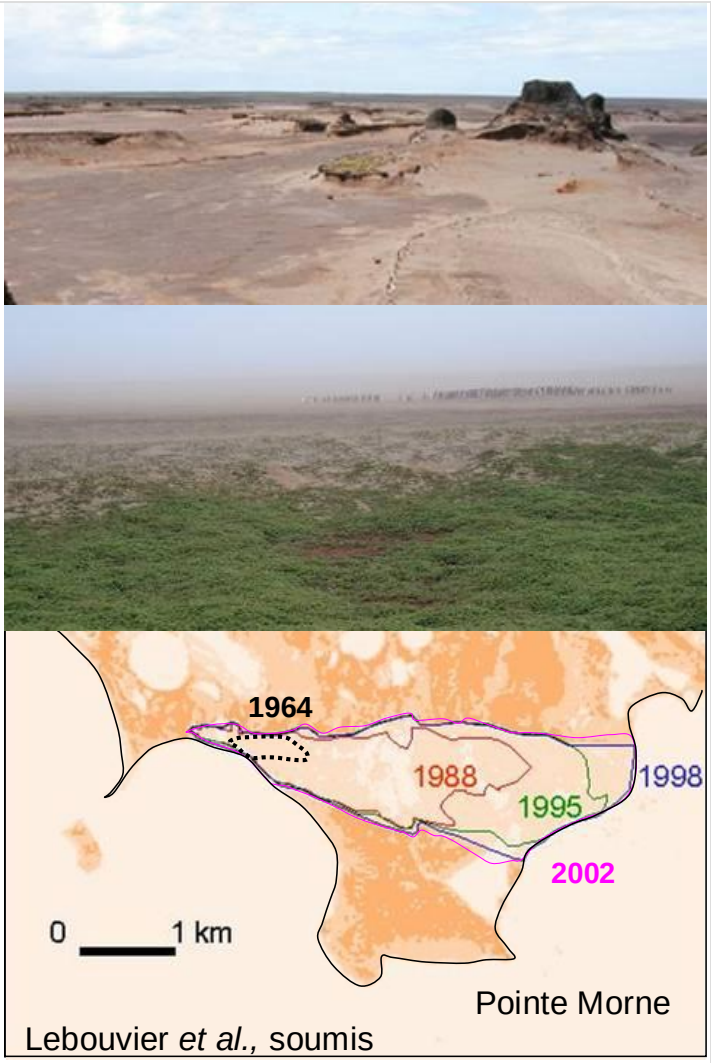


Figure 41 : Iles Kerguelen – érosion aérienne à la Pointe du Morne
Source : Lebouvier et al. soumis

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 km² 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*, espèce sensible au déficit hydrique, ce dernier étant de plus en plus marqué depuis le début des années 1990.



3.2.2.2. Modifications du couvert végétal en liaison avec les changements climatiques

A Kerguelen, une étude de restauration des écosystèmes dégradés par le lapin a été menée sur 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.

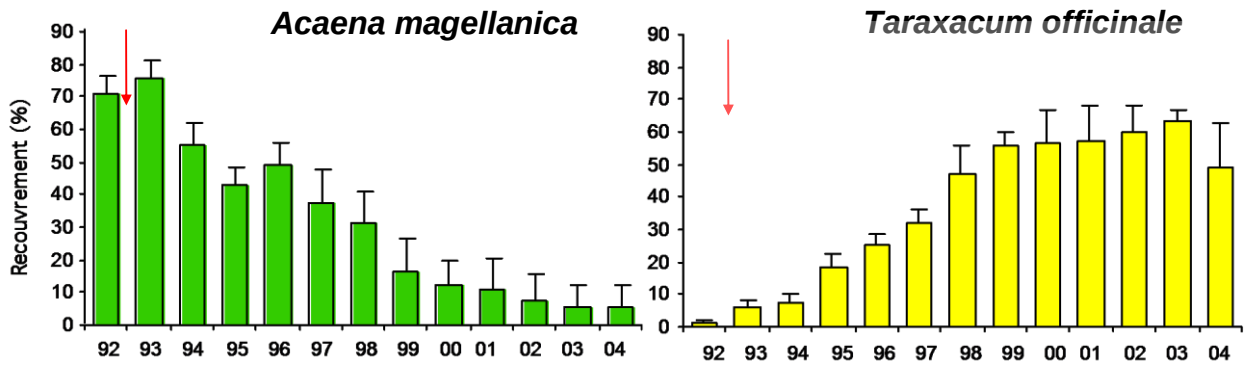


Figure 42 : Iles Kerguelen, Ile Verte. Evolution du recouvrement d'Acaena magellanica et Taraxacum officinale entre 1992 et 2004. La flèche rouge indique la date d'éradication du lapin.
Souce : Chapuis et al. 2004



Photo 66 : Iles Kerguelen, Ile Verte – Evolution du couvert végétal en relation avec les déficits hydriques accentués depuis le début des années 1990.
Le couvert d'Acaenea 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.

3.3. Les espèces introduites

La fréquentation humaine dans les îles subantarctiques françaises est récente. Les Iles Amsterdam et Saint-Paul ont été découvertes au XVIème siècle (Amsterdam en 1522 par Sebastian del Cano, premier débarquement connu en 1696). L'archipel Crozet et les Iles Kerguelen ont été découvertes en 1772, respectivement par N. Marion-Dufresne et Y. de Kerguelen.

Très rapidement après leur découverte ces îles ont été fréquentées par les baleiniers et les phoquiers. Les installations temporaires puis permanentes (établissement des bases au milieu du XXè siècle) ont affecté à une échelle limitée les habitats par la construction de bâtiments et de diverses infrastructures. A l'occasion des débarquements ou d'installations prolongées à terre des espèces étrangères (plantes, invertébrés, souris, rats…) ont été introduites. Une synthèse sur la flore introduite des îles Crozet et Kerguelen (Frenot *et al.* 2001) a permis de montrer que relativement peu d'espèces ont été apportées par les phoquiers et les baleiniers. Le nombre des plantes étrangères s'installant dans ces îles augmente en revanche de manière spectaculaire dès l'établissement des bases permanentes dans les années 1950-1960 et cette augmentation se poursuit actuellement. Le nombre des invertébrés introduits est moins élevé mais leur impact sur la végétation et les invertébrés subantarctiques est important Enfin les introductions, accidentelles ou volontaires, de mammifères tels que le rat noir sur l'île de la Possession, le lapin et le chat à Kerguelen, les bovins à Amsterdam, les rats et lapins à Saint-Paul ont un impact majeur sur le fonctionnement des systèmes écologiques (Chapuis *et al.* 1994, Lebouvier & Convey 2009). Ainsi, bien que tardive et aujourd'hui encore limitée, la fréquentation humaine a affecté, directement ou indirectement et à des degrés très variables, les systèmes écologiques de ces îles.

3.3.1. Etat des lieux et impacts connus des plantes introduites dans la réserve

Les premières observations sur les plantes introduites sont dues aux expéditions scientifiques qui ont visité les TAAF dans la seconde moitié du XIXème siècle et au début du XXème. C'est ainsi que *Poa annua* a été cité dès 1874, *Rumex acetosella* dès 1876 (Frenot *et al*. 2001). Depuis l'installation des bases permanentes (1951 à Kerguelen et Amsterdam ; 1964 à Crozet) les données sont plus fréquentes. 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.

Selon des synthèses récentes sur les plantes introduites dans les îles subantarctiques françaises (Frenot *et al.* 2001, Frenot *et al*. 2005), relativement peu d'espèces introduites ont été apportées par les phoquiers et les baleiniers mais leur nombre augmente de manière spectaculaire dès l'établissement des bases permanentes dans les années 1950-1960 et cette augmentation se poursuit actuellement. En 2000, la flore exotique de phanérogames des trois principaux groupes d'îles (Kerguelen, Crozet et Amsterdam et Saint-Paul) était évaluée à 118 espèces (Frenot et *al*., 2001). Pour ces îles, il y a donc plus d'espèces exotiques que d'espèces indigènes. Les listes des plantes introduites actualisées en 2008 sont disponibles en annexe IV.2, IV.11, IV. 21, IV.30.

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. A Crozet et Kerguelen toutes les espèces récemment introduites sont présentes sur les bases et celles qui ont colonisé l'ensemble des îles sont assez peu nombreuses. 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, comme précisé dans la description des habitats, les plantes introduites sont largement dominantes dans les secteurs fréquentés par les bovins.

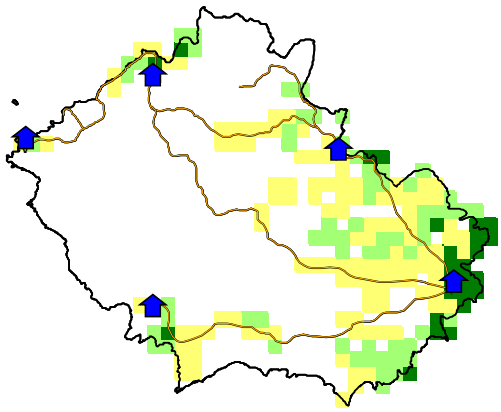
L'envahissement par des plantes exotiques est favorisé par les enrichissements organiques (zone d'épandage des eaux usées sur la base Alfred Faure à Crozet, secteurs fréquentés par les vertébrés marins) et par le piétinement, qu'il soit d'origine anthropique (sentiers régulièrement fréquentés, passages d'engins etc.) ou lié au pâturage (bovins, moutons, mouflons…).





Photo 67 : 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)

On peut faire la relation entre les activités humaines (installations permanentes ou temporaires, chemins de transit) et les schémas de dispersion des plantes introduites (Carte 69).



Carte 69 : Installations humaines, chemins de transits et dispersion de *Sagina procumbens* sur l'île de la Possession, Crozet (d'après Frenot *et al.* 2008)

Ces introductions de plantes ont modifié, parfois de façon importante, la composition des communautés végétales mais aucune élimination d'espèce autochtone par compétition n'a été répertoriée à ce jour.

La stellaire des marais (*Stellaria alsine*) est la plus "agressive" des plantes introduites, en particulier dans le secteur est de l'Ile de la Possession à Crozet où elle forme des taches monospécifiques excluant les plantes autochtones (Frenot et *al.*, 2001).



Photo 68 : *Stellaria alsine* (cliché Y. Frenot)

La majorité des plantes exotiques n'est pas envahissante et ne se retrouve pas pour le moment dans les habitats indigènes. Seules quelques espèces colonisent à ce jour largement les îles australes. Seize espèces sont réputées envahissantes dont sept sur l'île de la Possession et à Kerguelen et douze sur Amsterdam (Frenot *et al*., 2001). Le Tableau 69 présente l'inventaire et la distribution de ces espèces.

Tableau 69 : Principales plantes envahissantes de Kerguelen, Crozet et Amsterdam

Nom Scientifique	Famille	Kerguelen	Crozet	Amsterdam
Agrostis stolonifera L.	Poaceae	+	+	x
Cerastium fontanum Baumg.	Caryophyllaceae	x	x	x
Cerastium glomeratum Thuillard.	Caryophyllaceae	x	+	x
Cirsium vulgare (Savi) Ten.	Asteraceae			x
Holcus lanatus L.	Poaceae	+	+	x
Juncus bufonius L.	Juncaceae		x	+
Juncus effusus L.	Juncaceae			x
Leontodon taraxacoides (Vill.) Merat	Asteraceae		+	x
Poa annua L.	Poaceae	x	x	+
Poa pratensis L.	Poaceae	+	x	+
Prunella vulgaris L.	Lamiaceae			x
Rumex acetosella L.	Polygonaceae	+	x	+
Sagina procumbens L.	Caryophyllaceae	x	x	x
Stellaria alsine Grimm	Caryophyllaceae	+	x	
Stellaria media (L.)Vill.	Caryophyllaceae	x	+	+
Taraxacum laevigatum DC	Asteraceae	x		
Taraxacum officinale Group	Asteraceae	x	+	+
Trifolium dubium Sibth.	Fabaceae			x
Trifolium glomeratum L.	Fabaceae			x
Vulpia bromoïdes (L.) S.F. Gray	Poaceae	+		x

X : l'espèce est envahissante ; + l'espèce est présente

Source : Frenot *et al*, 2001 ; 2005 ; Lebouvier (comm. Pers.). Extrait du rapport UICN EEE 2008

Les autres plantes introduites présentent moins de risques pour la flore indigène car elles doivent dans un premier temps survivre aux conditions climatiques. Mais un réchauffement de quelques dixièmes de degrés seulement pourrait leur permettre de boucler leur cycle de reproduction et de produire ainsi une plus grande quantité de graines. Leur pouvoir de dissémination serait alors plus important et elles pourraient devenir une véritable menace pour la flore indigène.

3.3.1.1. Historique et impacts connus des plantes introduites à Crozet

Sept espèces de plantes sont considérés comme envahissantes sur l'île de la Possession (Cf.Tableau 69).

En 2000, la flore exotique de l'Ile de la Possession était évaluée à 58 espèces (Frenot et al., 2001 ; Gargominy, 2003). Il y a donc sur cette île plus d'espèces exotiques que d'espèces indigènes.

A Crozet, comme à Kerguelen, les navires ravitailleurs constituent le principal vecteur d'introduction. La répartition de la plupart des plantes introduites est limitée au périmètre des installations portuaires et de la base et leur impact est donc ponctuel. Une concentration et un

développement important des plantes introduites sont enregistrés sur la zone d'épandage des eaux usées à proximité de la base. Par ailleurs *Poa annua* devient dominant et forme des prairies autour des zones fréquentées par les vertébrés marins.

Les espèces envahissantes, tout particulièrement *Stellaria alsine*, pourraient affecter de façon significative les communautés autochtones même si à ce jour aucune plante native n'est réellement menacée (Cf. paragraphe précédent). Des prairies à *Poa pratensis* très denses et hautes, quasi monospécifiques, sont présentes sur la côte Est de l'île de La Possession (voir habitat 7).

3.3.1.2. Historique et impacts connus des plantes introduites à Kerguelen

Parmi les 68 plantes introduites à Kerguelen répertoriées par Frenot *et al.* (2001), 49 sont présentes sur la base (dont 16 exclusivement sur ce site) et sept espèces sont considérés comme envahissantes (Cf.Tableau 69)

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 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 Couvreux, autre site ancien d'élevage. De manière générale, *Poa annua* peut être abondant, voire dominant, sur les zones fréquentées par les éléphants de mer, sur les chemins et à proximité des certaines cabanes.

Si aucune espèce autochtone n'est aujourd'hui directement menacée par les plantes introduites des changements importants des communautés sont enregistrés sous le double impact des espèces envahissantes et du changement climatique (voir l'exemple de l'Ile Verte dans le paragraphe *Modifications du couvert végétal en liaison avec les changements climatiques*).

3.3.1.3. Historique et impacts connus des plantes introduites à Amsterdam et Saint-Paul

Sur Amsterdam 12 espèces de plantes sont considérées comme envahissantes (Frenot *et al*., 2001) (Tableau 69)

Les plantes introduites sont largement dominantes dans les secteurs fréquentés par les bovins. La végétation des zones de basse altitude est largement dominée par des espèces introduites (*Holcus lanatus et Leontodon taraxacoides*). Le piétinement des bovins et l'ouverture du tapis végétal qui en découle sont directement à l'origine de l'extension du chardon, *Cirsium vulgare* depuis son introduction accidentelle en 1974.

Une autre particularité d'Amsterdam est la présence d'arbres fruitiers ou ornementaux, de fleurs ou de plantes potagères plantés dans les jardins de la base scientifique et, surtout pour les arbres et arbustes, dans plusieurs sites éloignés de la base (Cratère Antonelli, Grand Bois, BMG...).

Sur Saint-Paul (données programme IPEV 136 non publiées) plusieurs plantes introduites sont présentes essentiellement autour des installations humaines : *Apium* sp et *Poa annua*, abondants autour de la cabane, *Rumex obtusifolius* très abondant dans les ruines et anciens jardins de la conserverie, la houlque *Holcus lanatus* qui forme des prairies denses et hautes sur les versants intérieurs du cratère. Quelques espèces se trouvent également sur les versants extérieurs telles *Sonchus oleraceus* , *Vulpia bromoides* et des espèces dont l'implantation sur cette île est récente comme *Cirsium vulgare,* observé pour la première fois en 1997 ou *Leontodon taraxacoides* en 2007.

3.3.2. Etat des lieux et impacts connus des invertébrés introduits dans la réserve

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'Ile 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 70 : 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
Calliphora vicina Robineau Desvoidy, 1830	Diptera-Calliphoridae		x
Dendrodrilus rubidus tenuis Eisen	Annelida-Lumbricidae		x
Fucellia maritima Haliday	Diptera-Anthomyiidae		x
Limnophyes mininus Meigen	Diptera-Chironomidae		x
Myzus ascalonicus Doncaster, 1946	Homoptera-Aphididae	x	x
Merizodus soledadinus Guérin-Méneville	Coleoptera-Trechidae		x
Rhopalosiphum padi (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. L'impact des invertébrés introduits sur les communautés natives est bien documenté pour un certain nombre de taxons ; ainsi le Diptère *Calliphora vicina*, installé depuis le fin des années 1970 à Kerguelen, exploite, avec des performances supérieures, les mêmes ressources que le Diptère subantarctique *Anatalanta aptera* (Chevrier 1996, Chevrier *et al.* 1997).

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 (Cf. p°54). L'activité de culture y a été arrêtée et les serres transformées en lieu de vie.

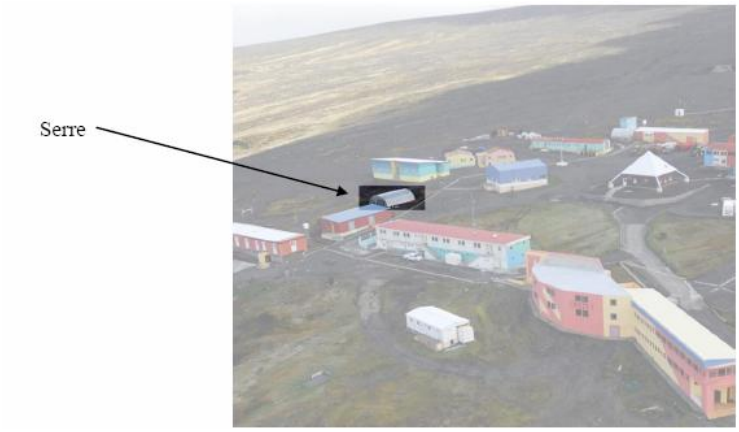
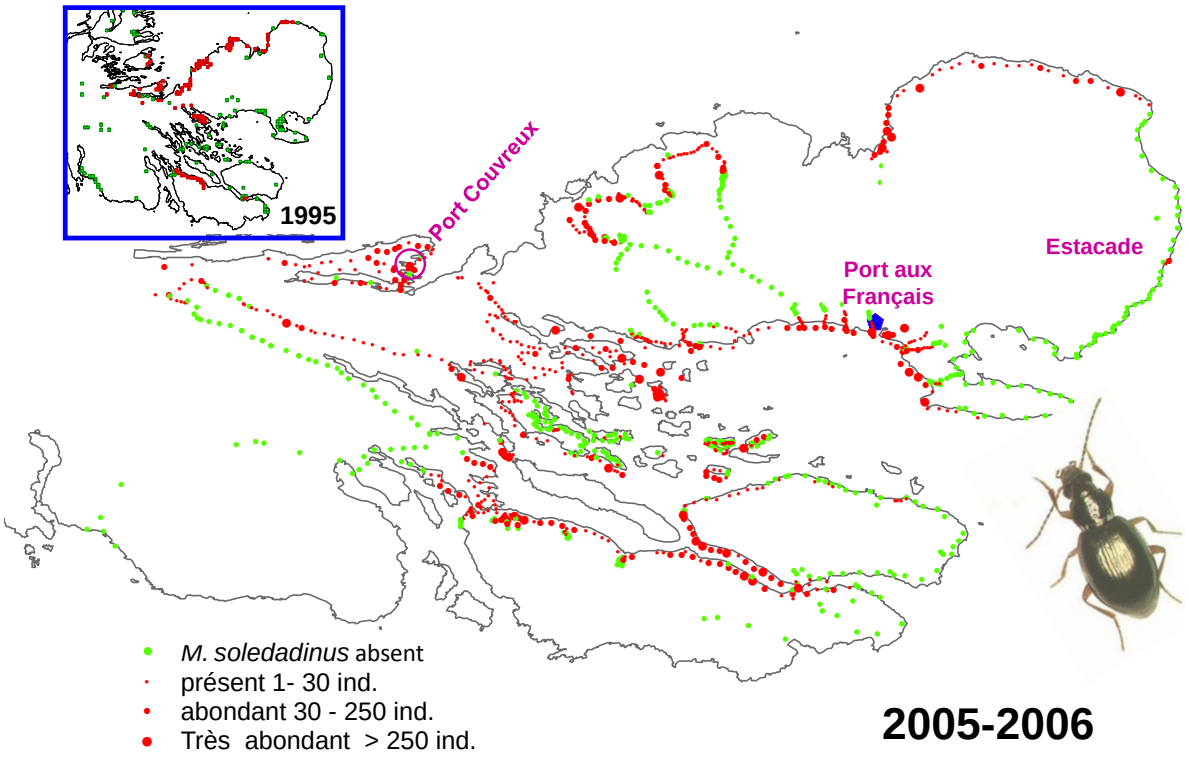


Photo 69 : Localisation de la serre de Crozet

Le carabe prédateur *Merizodus soledadinus*, introduit accidentellement à Port Couvreux 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 avec 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).

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 (voir carte 53 le point « Estacade »).

Ces modes de dispersion sont communs aux différentes espèces d'invertébrés introduits.



Carte 70: Distribution en 2005-2006 du coléoptère introduit *Merizodus soledadinus* dans le secteur est de Kerguelen. En encadré la répartition en présence (rouge) - absence (vert) en 1995. Sources : Chevrier 1996, Lebouvier & Lambret 2006**.** La présence en un point isolé à Estacade suggère l'introduction avec du matériel apporté par des visiteurs de la cabane localisée sur ce site.

La colonisation de certaines plantes natives (*Acaena magellanica*, *Pringlea antiscorbutica*, *Leptinella plumosa*) par les pucerons introduits (Hullé *et al.* 2003a, 2003b) peut être localement très importante avec des répercussions (en cours d'étude) sur les traits de vie de ces plantes et, potentiellement, un rôle dans la transmission de virus.



3.3.3. Etat des lieux et impacts connus des vertébrés introduits dans la réserve

Dans les îles subantarctiques françaises 16 espèces de vertébrés introduits, dont 9 espèces de mammifères terrestres, 1 espèce d'oiseau et 5 espèces de poissons, ont constitué des populations exotiques pérennes ou en liberté ou semi-liberté (Cf. Tableau 71 p°314). Il n'y a pas d'espèces de reptiles ni d'amphibiens introduites. Les mammifères introduits ont eu un impact très important sur les écosystèmes de ces îles naturellement dépourvues de mammifères, présentant une faune et une flore paucispécifiques avec des réseaux trophiques dysharmoniques, et par conséquent très vulnérables face à l'arrivée de nouveaux herbivores et carnivores. Les cinq espèces de poissons

introduites (*Salmo trutta, Salmo alpinus, Salmo salar, Salvelinus fontinalis et Oncorhynchus kisutch*) dans les Iles Kerguelen, l'ont été volontairement pour des activités de pêche en loisirs ou en vue d'une exploitation. Leur impact sur les écosystèmes natifs, totalement dépourvus de poissons d'eau douce, est encore mal connu.

Au total neuf espèces de mammifères sont présentes (Chapuis *et al* 1994) : trois rongeurs introduits accidentellement - la souris domestique *Mus musculus*, le rat surmulot *Rattus norvegicus* et le rat noir *Rattus rattus* ; six espèces introduites volontairement – le chat *Felis catus*, le lapin *Oryctolagus cuniculus*, le renne *Rangifer tarandus*, le mouton *Ovis aries* et le mouflon de Corse *Ovis aries musimon*.

Certains vertébrés introduits ne se sont pas maintenus ou ont été éliminés (par exemple le chat à Saint-Paul, le vison *Mustela vison* à Kerguelen, le cochon *Sus scrofa*, le mouton, les chèvres à Amsterdam). Des programmes d'éradication ont également été menés au cours des deux dernières décennies :

- bovins sur une partie de l'Ile Amsterdam (1988)
- lapin à Kerguelen sur l'Ile Verte (1992) et l'Ile aux Cochons (1997)
- lapin et chat à Kerguelen sur l'Ile Guillou (1994)
- rat et lapin à Saint-Paul en 1997
- rat sur de petites îles à Kerguelen (Ile du Château en 2002, Ile Stoll en 2003, Ile Australia 2004)
- mouflons



Photo 70 : Mouflons sur l'Ile Haute à Kerguelen (avant la fin de l'éradication en 2009)

Tableau 71 : Date d'introduction des mammifères exotiques dans la réserve naturelle des terres australes françaises D'après Chapuis et al. 1994.

Nom Scientifique	Nom vernaculaire	Kerguelen	Crozet	Amsterdam	St-Paul
Bos taurus	Bœuf			1871	
Felis catus	Chat	1956	avant 1887	1931	
Mus musculus	Souris grise	avant 1874	19ème	avant 1823	19ème
Oryctolagus cuniculus	Lapin	1874	entre 1837 & 74		après 1874
Ovis aries musimon	Mouflon de Corse	1956-57			
Ovis aries	Mouton domestique	(1913) 1952			
Rangifer tarandus	Renne	1955-56			
Rattus norvegicus	Rat surmulot			1931	
Rattus rattus	Rat noir	19ème ?	19ème ?		18ème

Tableau 72 : Inventaire, distribution et statut des populations exotiques pérennes ou en semi-liberté de vertébrés de la réserve naturelle des terres australes françaises

Nom Scientifique	Nom vernaculaire	Kerguelen	Crozet	Amsterdam	St-Paul	Impact
Mammifères						
Bos taurus	Bœuf	-	-	+	-	E
*Felis catus **	Chat	+	+	+	-	E
*Mus musculus **	Souris grise	+	+	+	+	E
*Oryctolagus cuniculus **	Lapin	+	+	-	-	E
Ovis aries musimon	Mouflon de Corse	+	-	-	-	E
Ovis aries	Mouton domestique	+	-	-	-	E
Rangifer tarandus	Renne	+	-	-	-	E
Rattus norvegicus	Rat surmulot	-	-	+	-	E
*Rattus rattus**	Rat noir	+	+	-	-	E
Oiseaux						
Estrilda astrild	Astrild ondulé	-	-	+	-	ND
Poissons						
Oncorhynchus kisutch	Saumon coho	+	-	-	-	ND
Salvenilus alpinus	Omble chevalier	+	-	-	-	ND
Salmo salar	Saumon atlantique	+	-	-	-	ND
*Salmo trutta **	Truite commune	+	+	-	-	NDE
Salvelinus fontinanis	Omble de fontaine	+	+	-	-	ND

+ : espèce exotique - : espèce absente ou présumée absente
E : impact documenté ND : impact non documenté
* Espèce faisant partie des 100 espèces parmi les plus envahissantes du monde

Sources : Extrait de Soubeyran 2008 d'après Frenot *et al* 2005 ; Chapuis *et al*. 1992, 1994

3.3.3.1. Historique et impacts connus des vertébrés introduits à Crozet

Lapin

Le lapin a été introduit sur l'île aux Cochons et l'île de l'Est. Il fut lâché dans ces îles pour subvenir aux besoins d'éventuels naufragés (Kidder 1876, Chapuis *et al.,* 1994).

Cf. paragraphe Lapin à Kerguelen pour les impacts.

Chat

Seul mammifère carnivore présent dans les îles subantarctiques françaises, le chat a eu un impact majeur et serait impliqué dans la réduction drastique des effectifs de certaines populations d'oiseaux et dans des extinctions locales. Le chat fut introduit avant 1887 sur l'île aux Cochons (Jouventin, 1989).

Rat noir (*Rattus rattus)*

L'impact du rat noir sur des populations de pétrel à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis*) et les possibilités de contrôle ont été étudiées expérimentalement sur l'Ile de la Possession à Crozet (Jouventin *et al*., 2003).

Sur l'île de la Possession, la prédation par *Rattus rattus* constitue constitue la menace la plus sérieuse pour le Pétrel à Menton Blanc, *Procellaria aequinoctialis,* (source : Accord sur la Conservation des Albatros et des Pétrels. 2009. Evaluation des espèces: Pétrel à menton blanc. Téléchargé à partir de http://www.acap.aq) Cf. Tableau 73

Sur cette même ile, le rat noir a entrainé une régression drastique des effectifs de plusieurs espèces de pétrels (Micol et Jouventin, 1995).



Photo 71 : Rat noir

Site de reproduction	Perturbations humaines	Prélèvement	Catastrophes naturelles	Parasite ou Pathogène	Dégradation ou perte d'habitat	Prédation (espèces introduites)	Contamination
Iles Crozet							
Ile de la Possession	Non	Non	Non	Non	Non	Faible	Inconnu
Ile de l'Est	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
Ile des Pingouins	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Inconnu
Ile des Apôtres	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Inconnu

Tableau 73: Résumé des menaces connues pour *P. aequinoctialis* sur les sites de reproduction de Crozet (source : Accord sur la Conservation des Albatros et des Pétrels. 2009. Evaluation des espèces: Pétrel à menton blanc http://www.acap.aq)

Souris grise

Dans l'archipel Crozet elle est présente uniquement sur l'Ile aux Cochons.

Espèces d'eaux douces introduites

Le réseau hydrographique étant réduit, les introductions de poissons d'eau douce ont été limitées sur l'île de la Possession. Deux espèces subsistent sur l'île de la Possession : 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 l'archipel.

3.3.3.2. Historique et impacts connus des vertébrés introduits à Kerguelen

Rat noir (*Rattus rattus)*

A Kerguelen, la menace la plus sérieuse pour le Pétrel à Menton Blanc, *Procellaria aequinoctialis,* est la prédation par les rats noirs (*Rattus rattus*) et les chats (*Felis catus*) deux espèces introduites (tableau ci dessous).

Perturbations humaines	Prélèvement	Catastrophes naturelles	Parasite ou Pathogène	Dégradation ou perte d'habitat	Prédation (espèces introduites)	Contamination
Non	Non	Non	Non	Faible	Faible	Inconnu

Tableau 74 : Résumé des menaces connues pour *P. aequinoctialis* sur les sites de reproduction de Kerguelen. source : Accord sur la Conservation des Albatros et des Pétrels. 2009. Evaluation des espèces: Pétrel à menton blanc. http://www.acap.aq

Souris grise

La souris grise est présente sur la Grande Terre et de nombreuses îles de l'archipel de Kerguelen. Son régime alimentaire dans une île océanique comporte à certaines saisons une part importante d'invertébrés ce qui pourrait avoir des conséquences sur les peuplements d'invertébrés indigènes (Le Roux et *al*., 2002).

Chat



Photo 72 : chats à Kerguelen

Le chat fut introduit sur Grande Terre (Kerguelen) en 1956 pour endiguer la prolifération des rats et souris, eux-mêmes introduits involontairement au 19ème siècle. Deux individus furent initialement introduits sur la Grande Terre. Malgré la mise en place rapide d'un programme de contrôle, le nombre de chat sur la Grande Terre était estimé en 1984 à 10 000 (Pascal 1983). Pascal estimait en 1980 que la population sauvage de chats de l'île de Kerguelen se serait élevée à 3500 individus en 1977 et aurait consommé alors 1,2 à 1,3 millions d'oiseaux annuellement (Pascal 1980).

La population actuelle sur la Grande Terre serait estimée à 7000 individus (Gaillard et Pontier in Frenot *et al*., 2005).

Lapin



Photo 73 : Lapin à Kerguelen

Le lapin a été introduit sur la Grande Terre et neuf autres îles de l'archipel de Kerguelen. Il fut lâché dans ces îles pour subvenir aux besoins 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, l'absence de prédateur et des conditions climatiques et édaphiques favorables.

Le lapin occupe la plus grande partie de la Grande Terre et est présent sur au moins huit autres îles de l'archipel, de 1.4 à 40 km^2 Seules quelques îles et îlots du Golfe du Morbihan (Australia, Mayes, Haute, Longue…) et certaines îles du nord et de l'ouest (Ile Foch, Ile St Lanne Grammont, Iles Nuageuses, Ile de l'Ouest) n'ont jamais été fréquentées par le lapin. La partie sud-ouest, caractérisée par des précipitations importantes et des ressources trophiques insuffisantes (Chapuis et Boussès, 1987) 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 par S. Gutjahr (programme IPEV 136).

Quelques dizaines d'années après son introduction, 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 ses terriers, favorisant ainsi la colonisation de graminées introduites telles *Poa annua,* le lapin a contribué à la diminution de la diversité spécifique des plantes dans tous les habitats (Chapuis & Boussès, 1989; Chapuis *et al*., 2004). Il a également affecté l'avifaune en détruisant les sites de nidification de différentes espèces de pétrels (Weimerskirch *et al*., 1989). Mais l'impact le plus important du lapin sur les communautés d'oiseaux est dû à sa position clé dans le réseau trophique.

Proie facilement disponible, le lapin a permis l'extension et la prolifération du chat (*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 (Lésel, 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, 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 par à Kerguelen sur les îles Verte (1992), Guillou (1994) et Cochons (1997) pour étudier la résilience des écosystèmes (Chapuis *et al.* 2001). Les capacités de recolonisation de *Pringlea antiscorbutica* et *Azorella selago* sont avérées mais l'évolution globale du couvert végétal après éradication a été fortement contrainte par la concomitance de déficits hydriques de plus en plus importants enregistrés à Kerguelen depuis le début des années 1990 (Chapuis *et al.* 2004).

Moutons, mouflons et rennes

Deux paires de **mouflons** de Corse en provenance du zoo de Vincennes furent introduites dont une en 1956 sur l'île Blakeney et l'autre en 1957 sur l'île Haute. Seule les individus de l'île Haute survécurent et donnèrent naissance à une petite population estimée à une centaine d'individus en 1971 (Chapuis *et al*., 1994). En 2009, les actions de gestions de la réserve naturelle ont permis d'éliminer cette dernière population.



Photo 74 : Rennes à Kerguelen

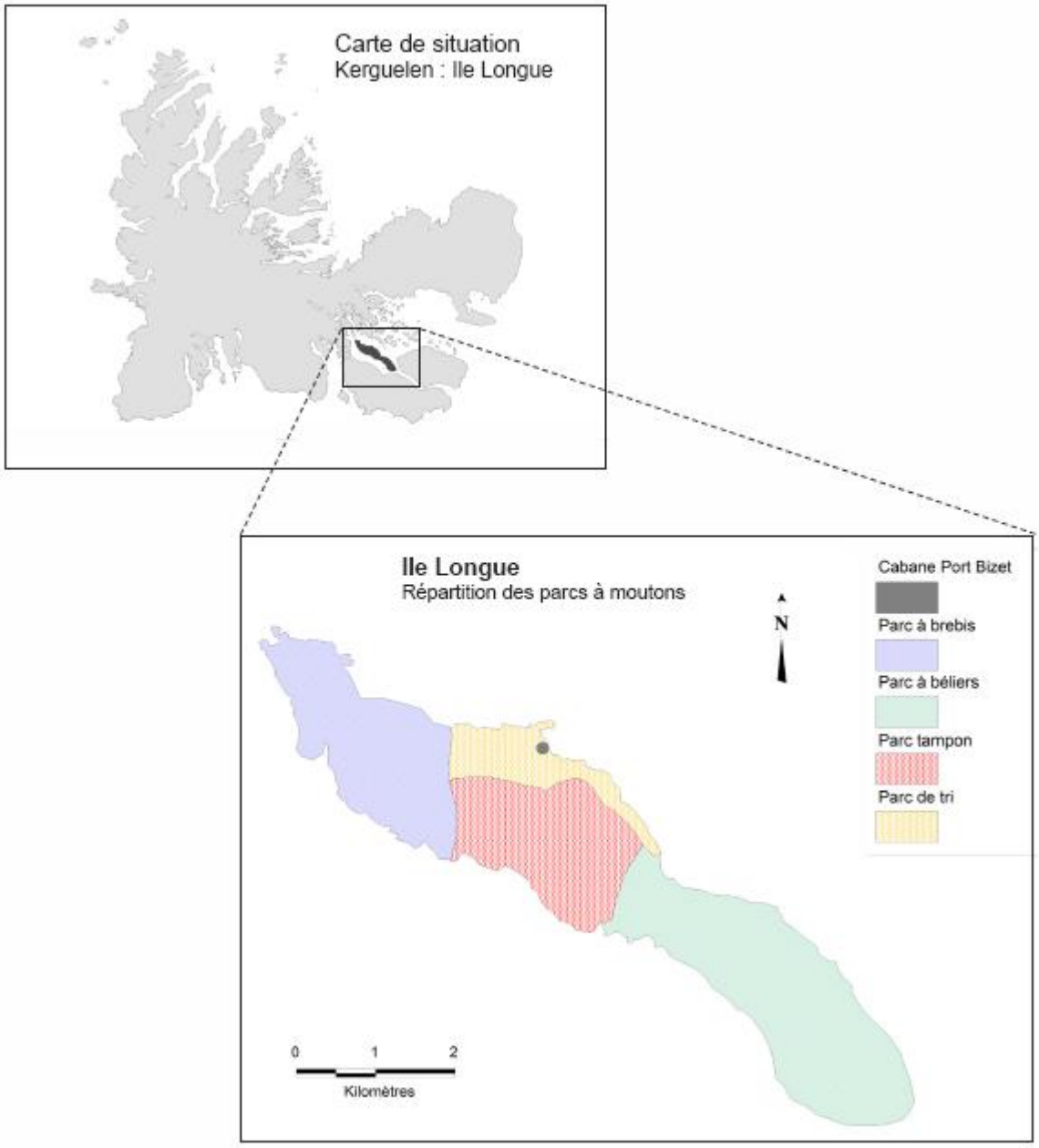
Dix **rennes** en provenance de Suède furent introduits en 1955-56 sur deux îles de l'archipel de Kerguelen. 7 animaux furent relâchés sur la Grande-Terre et 3 sur l'île Haute. Ces trois derniers individus ont donné naissance à un petit troupeau estimé à 115 individus en 1971. Par la suite, les effectifs ont diminué progressivement à cause du manque de nourriture et des prélèvements par la chasse mais aussi de leur migration à la nage vers la Grande Terre distante de moins de 500m. En 1980, il n'y avait plus aucun renne sur l'île Haute. La population de la Grande Terre est difficile à suivre et l'effectif actuel est mal connu.

Toutefois de grands troupeaux de plusieurs centaines d'individus sont régulièrement observés dans la partie Nord de Kerguelen. Ces observations laissent supposer une population de plusieurs milliers d'individus (C.Marteau, comm pers 2008)

Entre 1909 et 1925, plusieurs tentatives d'élevage de **moutons** sur Kerguelen échouèrent. L'installation permanente de la base scientifique à Port-aux-Français s'est traduite par une relance de l'élevage de mouton avec l'introduction sur l'île aux Moules de 90 têtes en trois reprises (5 individus en 1952, 15 en 1955 et 70 en 1956). En 1958, l'île au Moules devenant insuffisante pour alimenter le troupeau, 185 individus furent transférés sur l'île Longue. En 1990, le troupeau était estimé à 3000 individus, la majorité étant de la race Biset.



Photo 75 : Moutons sur l'île Longue (cliché J. Buffin)



Carte 71 : Répartition des parcs à moutons sur l'île Longue

Les moutons, mouflons et rennes ont également contribué à la raréfaction du chou de Kerguelen (*Pringlea antiscorbutica*) ou de l'azorelle (*Azorella selago*). L'azorelle, une ombellifère qui se présente sous la forme de coussinets denses, a souffert du piétinement de ces ongulés. Mais l'effet le plus important est causé par les rennes qui retournent les coussinets d'azorelle à l'aide de leur bois. 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.).



Photo 76 : Azorelle dégradée sur l'île Haute

Poissons d'eau douce introduits

Le réseau hydrographique des îles Kerguelen est important et dénué de population de poissons d'eau douce autochtones. Entre 1951 et 1991, huit espèces de salmonidés ont été importés pour des essais d'acclimatation pour l'exploitation ou la pêche loisir. Sur ces huit espèces, trois ne se sont pas maintenues (la truite arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss*, le saumon « chinook » *Oncorhynchus tshawytscha et la truite de lac Salvelinus namaycush*) et cinq se reproduisent encore régulièrement dans les rivières et lacs de Kerguelen :

- la truite commune *Salmo trutta* et l'omble de fontaine *Salvelinus fontinalis,* introduites entre 1954 et 1962, sont aujourd'hui largement répandues dans le réseau hydrographique de Kerguelen (Cf. Carte 72 p°322)
- Les trois autres espèces se maintiennent localement (Cf. Carte 72 p°322)
    - L'omble chevalier *Salmo alpinus,* introduit entre 1984 et 1992, présent dans un ruisseau et une rivière ou il se reproduit.
    - Le saumon atlantique *Salmo salar* est présent dans les lacs où il a été introduit lorsque la compétition avec la truite commune n'est pas trop forte.
    - Le saumon coho *Oncorhynchus kisutch* : chaque année des géniteurs remontent dans le réseau colonisé pour se reproduire après une migration océanique.

➔ Le cas particulier de la pissiculture d'Armor

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 du 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, à l'isolement du site rendant lourdes et coûteuses les opérations logistiques, l'expérience est abandonnée en 1993.

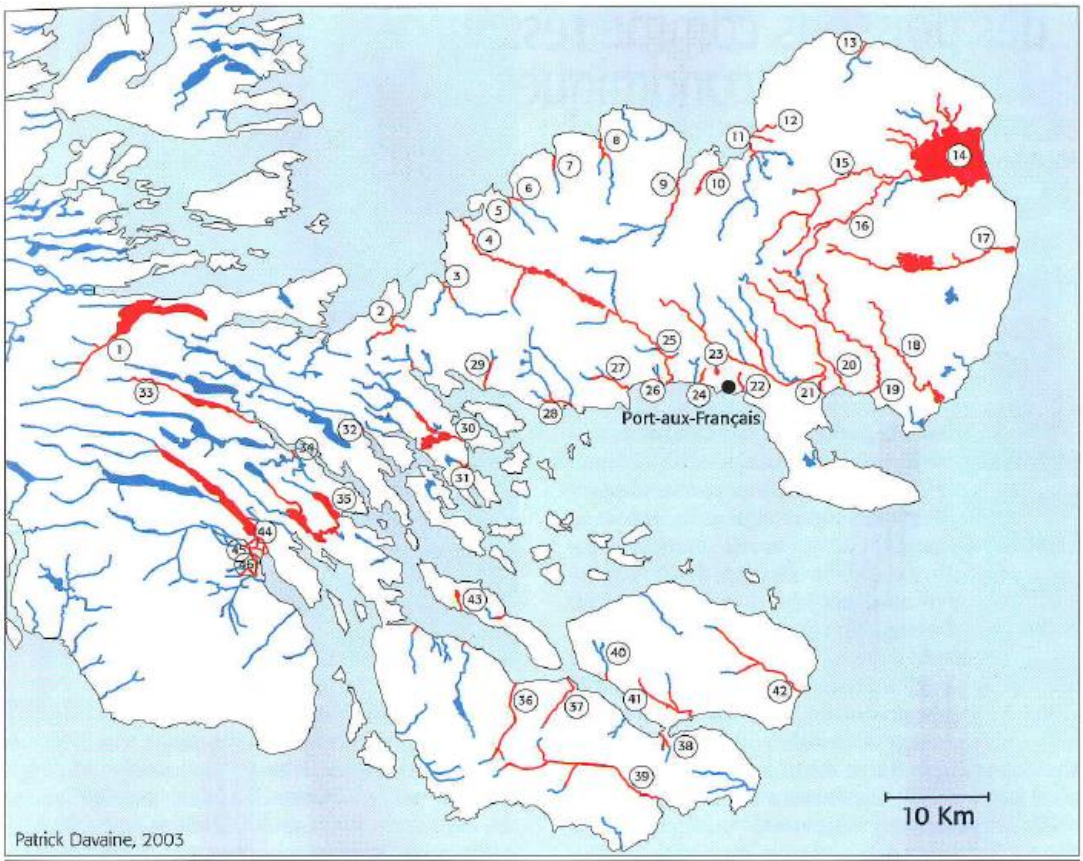


Photo 77 : Ferme aquacole d'Armor inactive (cliché 2009)

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'ARMOR entre 1984 et 1992. Ces deux espèces ne sont plus présentes dans le réseau où se déroulait l'expérience.

L'impact des poissons d'eau douce sur les écosystèmes natifs, totalement dépourvus de poissons d'eau douce, est encore mal connu.



1 rivière du Val Travers et lac Bontemps	13 ruisseau de Rohan	24 ruisseau du Borgne	34 ruisseau des Fougères
2 ruisseau de Port Kirk	14 lac Marville et ses affluents nord et sud	25 rivière du Sud	35 rivière Armor et lac d'Argoat
3 rivière du Val de l'Ouest	15 rivière de l'Est	26 ruisseau de la Pointe de l'Epave	36 rivière de l'Acaena
4 rivière et lacs Studer	16 rivière du Volcan	27 rivière des Américains	37 rivière de la Planchette
5 rivière du Doute	17 rivière des Manchots et Grand Étang	28 rivière des Trois Lacs	38 ruisseau du Val Raide
6 rivière du Charbon	18 rivière du Bungay	29 rivière du Val d'Auge	39 rivière du Levant
7 rivière du Sérail	19 rivière des Albatros	30 rivière et lacs des Korrigans	40 rivière des Mouettes
8 rivière des Chasseurs	20 rivière Norvégienne	31 ruisseau de l'Observatoire	41 rivière Phonolite
9 rivière du Nord	21 rivière du Château	32 embouchure du Cave de	42 rivière des Macaronis
10 rivière des Pépins et lac Vert	22 ruisseau de la Ferme	l'Azorella	43 étangs de l'île Longue
11 rivière des Cataractes	23 étangs de Port-Aux-Français	33 rivière Grisanche, lacs	44 rivière La Clarée et lac Hermance
12 rivières des Hautes Mares (Nord et Sud)	(Sablière, Décharge, Collets)	Yseult et Tristan	45 rivière des Galets
			46 rivière du Grandidier

Carte 72 : Carte des rivières et des lacs peuplés (en rouge) ou non (en bleu) des salmonidés introduits à Kerguelen. Aire d'extension en 2003. Source : Duhamel G., 2005

3.3.3.3. Historique et impacts connus des vertébrés introduits d'Amsterdam et Saint-Paul

Bovins

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 est abandonné et les individus sont relâchés dans la nature. Des comptages aériens effectués en 1985 et 1986 estimaient le cheptel à 1600 têtes. Un nouveau comptage en 1988 estimait la population à 2000 têtes, occupant les 2/3 de l'île (Berteaux 1988 ; Micol & Jouventin 1995).

A cause du surpâturage et des piétinements occasionnés par les bœufs, les colonies d'albatros d'Amsterdam (*Diomedea amsterdamensis*), espèce endémique, étaient menacées du fait de la destruction de leurs habitats de nidification (Micol et Jouventin 1995). Le seul arbre indigène des Terres australes, *Phylica arborea*, déjà fortement affecté par des incendies de grande ampleur au

cours des derniers siècles, voyait ses peuplements relictuels menacés par les troupeaux en liberté (Frenot *et al*. 2001). Les communautés végétales dans les zones de basse altitude fréquentées par les bovins étaient largement dominées par des espèces introduites peu sensibles et favorisées par le pâturage *(Leontodon taraxacoides* notamment). Suite à un programme de contrôle en 1987-1988, le troupeau est d'environ 350 têtes (TAAF, 2008), confinés dans la partie nord de l'île.

Lapin

A Saint-Paul, le lapin a été introduit après 1874. Il a été éradiqué de l'île en 1997 suite à une vaste opération d'éradication (couplée à l'éradication des rats de l'île). Le lapin est donc aujourd'hui absent de Saint-Paul.

A Amsterdam, le lapin n'est pas présent.

Chat

Sur l'île Amsterdam, des chats ont été observés la première fois en 1931 et ont sans doute contribué à l'extinction ou à la réduction de certaines populations d'oiseaux. L'avifaune originelle de cette île était composée d'une vingtaine d'espèces. Après l'introduction des chats, il ne restait plus que huit espèces d'oiseaux dont certaines n'étaient plus représentées que par moins de 20 couples (Jouventin 1989).

Rat surmulot (*Rattus norvegicus*)

Dans la réserve naturelle, le rat surmulot n'est présent que sur l'île Amsterdam (introduit en 1931). Il a contribué avec le chat à l'élimination de 10 à 12 des 22 espèces d'oiseaux que comptait le peuplement originel (Micol & Jouventin 1995).



Photo 78 : Rat surmulot

Rat noir (*Rattus rattus)*

Il n'a jamais été présent à Amsterdam.

Le rat noir a été introduit à Saint-Paul au 18ième il y a entrainé une régression drastique des effectifs de plusieurs espèces de pétrels (Micol & Jouventin 1995). Grâce à des fonds européens, l'île Saint-Paul a été entièrement dératisée en 1997. Depuis les populations d'oiseaux marins se reconstituent progressivement (Micol & Jouventin 2002).

Souris grise

Elle a été introduites à Amsterdam en avant 1823 et au 19ième à Saint-Paul. Elle demeure aujourd'hui sur les deux îles. Après l'éradication des rats en 1997 les souris ont semblé très abondantes (observation de M. Lebouvier en 2002) mais le niveau actuel de leurs populations et de leur impact ne sont pas connus.

3.4. Impact de la pêche et de la chasse en mer

3.4.1. Impact de la pêche dans les écosystèmes

Les pêcheries exploitent généralement des espèces d'intérêt commercial à l'aide de matériels sélectifs, dans des secteurs choisis et/ou au cours de périodes adaptées. Cependant les techniques sélectives mises en œuvre sont loin d'être parfaites. Par exemple les prises dites « accessoires » sont aujourd'hui évaluées à 25% des poissons pêchés et conduisent à un impact involontaire.

On reconnaît plusieurs impacts dûs à la pêche :

- Impact sur l'habitat (es : destruction de l'épifaune après passage d'un chalut)
- Impact sur les espèces non ciblées par la pêcherie, dites « captures accessoires » (entraînant des rejets si ces dernières ne sont pas commercialisées)
- Impact indirect sur les espèces attirées par les méthodes de pêche ou mortalité résultant de ces dernières. Mortalité dite « accidentelle ». ex : oiseaux noyés sur palangres, engins perdus dits « fantômes » comme casiers et filets continuant à pêcher.
- Impact par modification du comportement. ex : apprentissage des orques à prélever des poissons sur des lignes (palangres)

Dans la réserve marine ces impacts sont réduits mais les effets délétères des pêcheries extérieures et même très lointaines peuvent se ressentir dans les populations ayant une phase terrestre (oiseaux et mammifères marins en particulier).

Il est aujourd'hui difficile de connaître l'impact réel des prises accidentelles sur les espèces capturées car elles ne font pas, pour la plupart, l'objet de programmes de suivi à l'instar des espèces cibles. La Commission Baleinière Internationale estime entre 65 000 et 80 000 le nombre de dauphins, phoques ou autres mammifères marins qui périssent chaque année du fait des activités de pêche sans en être la cible. Environ 40 000 tortues marines en danger ou menacées d'extinction sont prises dans les filets ou autres engins non sélectifs.

L'hémisphère Sud et plus particulièrement l'Océan Austral, malgré son éloignement géographique, n'est pas à l'abri de ces perturbations liées à l'Homme. L'arrivée des chalutiers et des bateaux-usines, associée à l'augmentation des besoins alimentaires à l'échelle planétaire, ont amené peu à peu les compagnies de pêche à porter leurs efforts de prélèvement sur des stocks de plus en plus éloignés. Dans ce contexte, l'Océan Austral est apparu comme une nouvelle manne inespérée. Le développement des activités de pêche y a été brutal et s'est très rapidement étendu, depuis les expéditions baleinières du 19ème siècle jusqu'à aujourd'hui. Au delà de leurs effets sur les peuplements halieutiques, les activités de pêche ont une incidence indirecte sur l'avifaune qui a été mise en évidence par Brothers (1991). Les oiseaux charognards comme certains albatros et certains pétrels veulent récupérer l'appât sur les lignes de pêche et se font entraîner sous l'eau et meurt noyés. La diminution des populations d'albatros et de pétrels a été bien documentée. Ce problème de mortalité accidentelle a été suspecté pour la première fois à partir d'une étude sur les grands albatros de Crozet (Weimerskirch et Jouventin 1987). Les recoupements effectués entre les informations démographiques recueillies alors (suivis à long terme) et les recherches sur l'écologie en mer de ces espèces (télémétrie satellitaire) ont permis de modéliser l'impact potentiel des pêcheries sur plusieurs populations d'albatros (Inchausti & Weimerskirch 2001, Tuck et al. 2003). Depuis, les captures accidentelles d'un grand nombre d'albatros et de pétrels ont été rapportées dans le cas de nombreuses pêcheries à la palangre dans l'Océan Austral et ont été identifiées comme le facteur principal à l'origine de ces diminutions (Croxall 1998).

Le développement récent de la pêche à la légine (*Dissostichus eleginoides*), effectuée à la palangre de fond et généralement limitée aux pentes des plateaux péri-insulaires ou aux hauts fonds de l'Océan Austral, a attiré toutes les attentions en matière de conservation car il s'effectue à proximité des sites de reproduction de populations menacées d'albatros et de pétrels (Birdlife 2005a). Moins populaires que l'albatros, le pétrel à menton blanc (*Procellaria aequinoctialis*) et le pétrel gris (*P. cinerea*) ne sont en effet que très récemment devenus un sujet de préoccupation. Des dizaines de milliers de pétrels sont tués chaque année malgré des mesures conservatoires prises récemment dans l'Océan Austral.

Ces deux espèces sont les principales victimes des pêcheries de l'Océan Austral (Cherel et al., 1996 ; Barnes et al., 1997) ce qui laisse supposer la possibilité d'un impact négatif conséquent sur leurs populations. Selon les critères de l'Union Internationale de la Conservation de la Nature (UICN), le pétrel à menton blanc est considéré comme vulnérable (BirdLife 2005b ; déclin supérieur à 20% en 3 générations ; hauts risques d'extinction à moyen terme), et le pétrel gris comme presque menacé (BirdLife 2004). Une des causes principale de ce constat est liée aux problèmes de mortalité accidentelle dans les pêcheries à la palangre.

3.4.2. La pêche à la palangre

La pêche à la palangre industrielle s'est développée depuis la fin des années 1950 sur la côte Ouest de l'Afrique du sud et de la Namibie (courant du Benguela), dans le but d'exploiter les stocks de grands poissons pélagiques (*Thunnus sp, Xiphias sp.*). Plus récemment, cette technique de pêche s'est intéressée à d'autres espèces comme la Légine (*Dissostichus)* ou le Merlu (*Merluccius*).

Une palangre est constituée d'une ligne principale (ligne mère), portant sur toute sa longueur des lignes secondaires avec un hameçon de grande taille appâté à l'extrémité. Le bateau restant en marche (3 à 5 nœuds), la palangre est descendue à l'eau (filage), à une profondeur variable selon l'espèce recherchée. Elle est ensuite remontée (virage) au bout d'un certain temps, dépendant de la longueur de la palangre. Le cycle -mise à l'eau/pêche/remontée- peut s'étaler sur une journée complète. On distingue la palangre de fond (Cf. Tableau 75 p°327) placée entre 100 et 2500 m selon la profondeur du plancher océanique, utilisée par exemple pour la Légine australe *Dissostichus eleginoides*, de la palangre pélagique (Cf. Tableau 76 p°327) placée entre 100 m et 300 m, telle qu'utilisée pour la pêche au Thon. On peut également faire la distinction entre les palangres manuelles, dites « système espagnol ou japonais » et les palangres automatiques. La différence entre ces deux variantes réside essentiellement dans le fait que le boëttage (appâtage) est de 100% dans la méthode manuelle contre 75% environ pour le système automatique, sans aucun rejet ou perte. D'autre part, le lestage est beaucoup plus important dans le cas de la palangre manuelle. Selon les techniques employées, la longueur de la palangre peut atteindre de 10 à 130 km et porter entre 10 000 et 40 000 hameçons.

Les oiseaux sont attirés par les appâts des palangres et le rejet à l'eau des prises accessoires ; les produits d'éviscération augmentent considérablement l'attraction du bateau. La ligne ne coule pas immédiatement et pendant ces quelques secondes, les appâts peuvent être décrochés ou avalés par les oiseaux. Dans ce cas, si cet accident se produit lors de la mise à l'eau, l'oiseau est entraîné sous l'eau et noyé. Les cadavres sont ensuite remontés avec la palangre. Toutefois, un certain nombre d'entre eux, difficile à évaluer, ne sont pas retrouvés car consommés par des animaux marins ou décrochés par la force des courants. Si l'oiseau avale un appât lors de la remontée de la palangre, l'oiseau ne meurt généralement pas immédiatement et peut être remonté à bord et éventuellement relâché après qu'un marin ait coupé la ligne. Dans la majorité des cas, il est probable que l'oiseau blessé finisse malgré tout par succomber. Des albatros et des pétrels de différentes espèces sont retrouvés sur leur colonie de reproduction, dans la réserve, vivants ou morts avec des hameçons plantés dans le bec ou dans le corps.

3.4.2.1. Pêcherie et espèces d'oiseaux concernées



Photo 79 : oiseaux suiveurs des bateaux de pêches australs

La mortalité aviaire liée à cette pêche à la palangre concerne les oiseaux ayant un comportement charognard et opportuniste, qui les amène à profiter des ressources artificielles disponibles au contact des bateaux. Les pétrels à menton blanc sont les oiseaux de mer les plus communs parmi ceux qui suivent les bateaux dans l'Océan Austral (Bierman & Voss, 1950). Ce sont d'actifs compétiteurs sur ce type de ressources collectives et ils n'hésitent pas à rivaliser avec des espèces de taille supérieure, telles que les albatros et les pétrels géants. Leur acharnement est encore plus fort pendant leur période de reproduction, en particulier pendant l'élevage du poussin. Le pétrel gris est également considéré comme un charognard, suiveur de bateaux, avec également un pic d'activité pendant sa reproduction hivernale. Ce comportement et le recouvrement entre zones d'alimentation des oiseaux et zones de pêches commerciales actuelles, ont été à l'origine de l'utilisation des activités de pêche par les oiseaux pour se nourrir tel que cela a été suggéré pour les albatros (Weimerskirch, 1997).

La vaste répartition des pétrels concernés durant leur cycle annuel rend difficile l'incrimination directe de telle ou telle pêcherie. Seul le suivi par télémétrie satellitaire peut nous renseigner sur les secteurs océaniques prospectés par les oiseaux.



Photo 80 : Pétrel à menton blanc avec hameçon dans le bec

Pour le pétrel à menton blanc, une étude datant de 1997 a été menée à partir d'oiseaux reproducteurs de l'île de la Possession (Crozet). Elle nous renseigne sur les secteurs océaniques prospectés par cette population. La Tableau 77 p°328 illustre trois trajets alimentaires de pétrels à menton blanc se reproduisant à Crozet.

D'après cette étude (Catard et al., 2001), trois zones majeures où des activités de pêche se sont développées ont été identifiées.

Les plateaux des îles subantarctiques (Crozet, Kerguelen et Prince Edwards) ainsi que les hauts fonds ont vu depuis 1980 se développer une pêche à la palangre exploitant les stocks de légines.

Dans les eaux subtropicales, la pêche au Thon rouge *Thunnus maccoyi* est connue pour provoquer la mort d'un grand nombre d'albatros (Brothers, 1991). Les zones subtropicales prospectées par les pétrels à menton blanc aussi bien en incubation que pendant l'élevage du poussin, recouvrent largement cette activité de pêche. Du fait que ces pêcheries se pratiquent en majorité dans les eaux internationales, la collecte d'informations fiables sur la mortalité accidentelle est beaucoup plus difficile.

Dans le Benguela, une intense activité de pêche se déroule tout au long de l'année. Les activités de chalutage sont les plus communes mais, depuis 1994, la pêche à la palangre s'est développée particulièrement sur le plateau sud africain et vise principalement le Merlu (*Merluccius)*.

Dans ces 3 secteurs océaniques, la seule technique de pêche susceptible de causer la mort des procellariiformes est la pêche à la palangre.

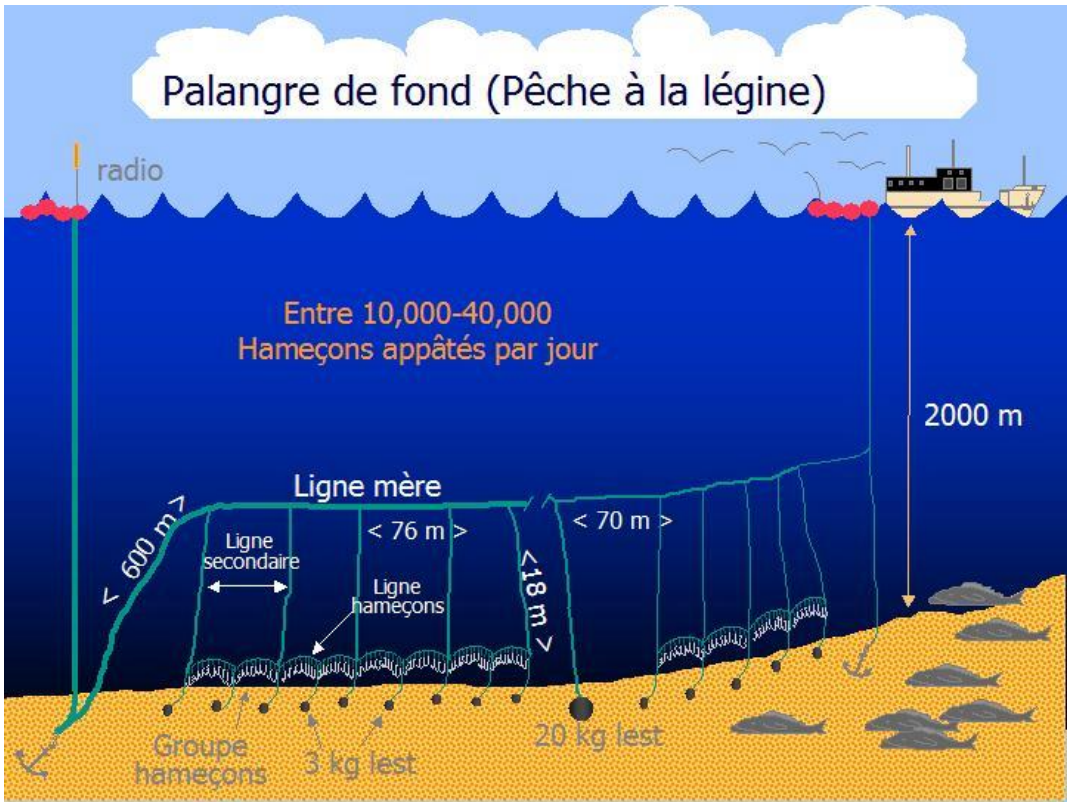


Tableau 75 : Méthode de pêche à la palangre de fond (type pêche à la légine)

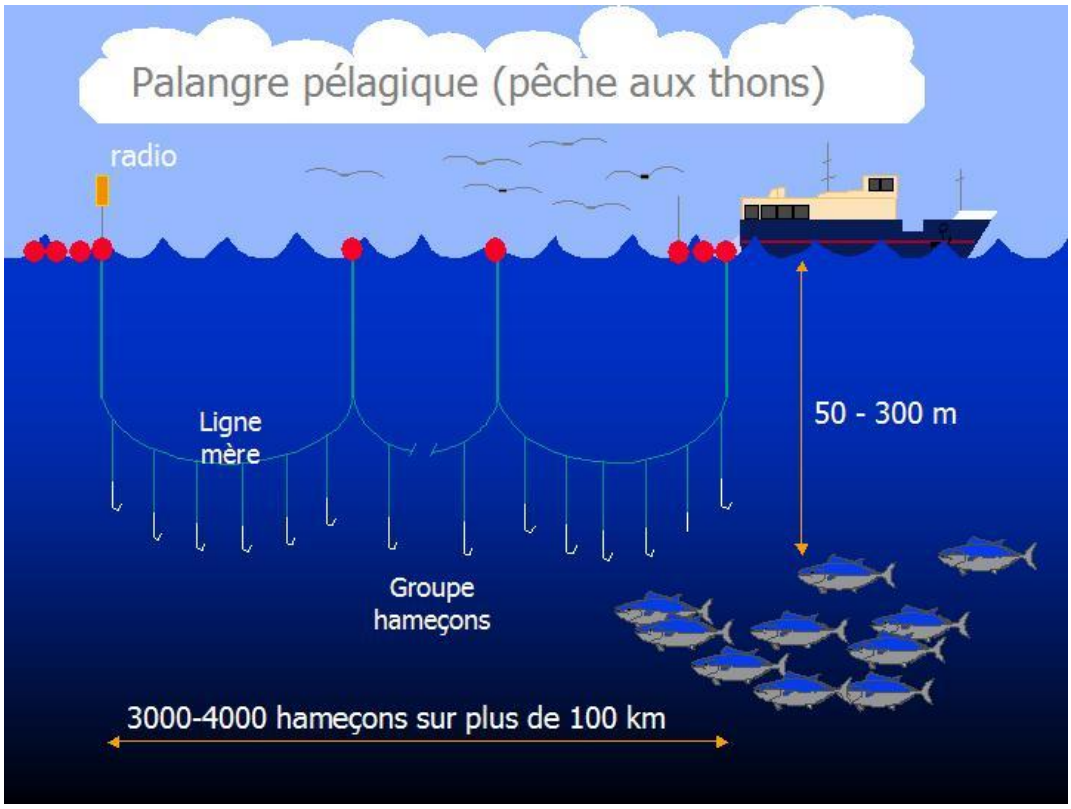


Tableau 76 : Méthode de pêche à la palangre pélagique (type pêche aux thons)

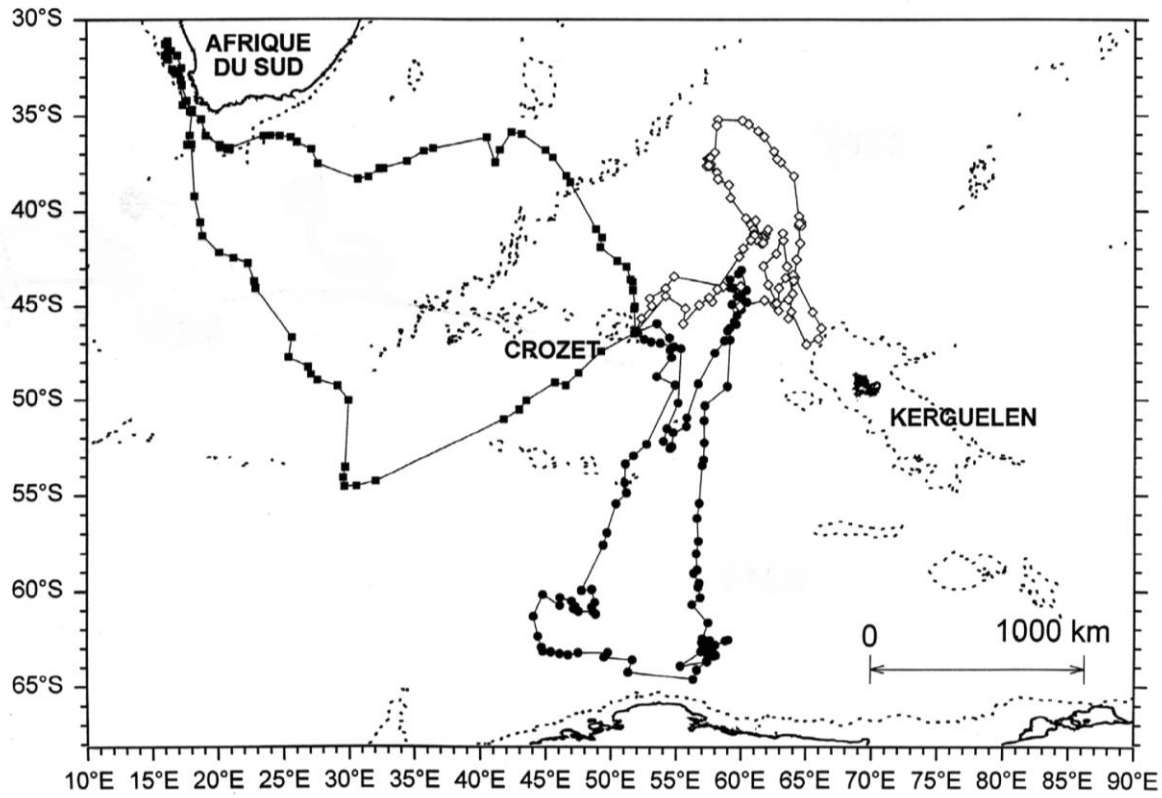


Tableau 77 : Trajets alimentaires de pétrels à menton blanc de Crozet pendant la période d'incubation (Catard et al., 2001)

Malheureusement, aucune étude de ce type n'a été réalisée sur les pétrels gris. Ces oiseaux supportent très mal la manipulation et la pose de balise Argos n'a pas été envisagée.

3.4.2.2. La pêcherie dans les ZEE de Crozet et de Kerguelen

La pêche autour des archipels Kerguelen et Crozet est récente. En effet, l'Océan Austral a longtemps été inaccessible. L'Homme a été attiré dans ces régions non pas pour les poissons peuplant les zones de cet océan inhospitalier, mais pour la chasse aux phoques et aux baleines (Duhamel et al, 2005 ; Headland, 1989).

L'intérêt pour les poissons ne s'est développé qu'avec l'apparition de flottes de pêche modernes (chalutiers usines). En 1970, une flotte de plusieurs dizaines de chalutiers de pays de l'Est (URSS et Pologne) a envahi les fonds de pêche autour des îles Heard, Kerguelen et Crozet, rejointe ensuite par des chalutiers japonais en 1977-1978. A cette époque, la pêche était libre et non réglementée. C'est à partir de la création des Zones Economiques Exclusives (ZEE), en 1978 pour les Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF), que la France a pris en charge la régulation des pêcheries au large des TAAF (Duhamel, 1995).

Les premiers accords de pêche ont été signés de 1979 à 1997 avec l'URSS puis l'Ukraine pour l'accès à la zone de pêche de Kerguelen. Afin de préserver la ressource disponible, l'accès a été d'abord limité pour les chalutiers (de 1979 à 1995), puis ensuite seulement pour les palangriers (de 1991 à 1998) avec un maximum de deux autorisés à pêcher simultanément et uniquement dans le secteur Ouest.

La pêche à la légine australe résulte d'une diminution régulière de l'abondance du poisson des glaces (espèce dominante de la pêcherie) qui avait contraint les chalutiers de l'URSS à trouver d'autres ressources sur le plateau de Kerguelen. Limités à quelques dizaines de tonnes annuelles depuis la création de la ZEE en tant que capture accessoire, les captures de légines atteignent brusquement plus de 6600 tonnes en 1984/1985 à la suite de la découverte des fonds de pêche. L'intérêt que portent les pêcheurs à la légine à partir de 1985 provoque une extension de l'effort de

pêche au niveau géographique mais toujours dans les eaux allant de 300 à 800 m, la profondeur étant un facteur limitant pour la pêche au chalut.

L'engouement des pêcheurs pour la légine vient du fait qu'elle présente un très grand intérêt économique. Sa valeur commerciale s'est trouvée modifiée à cause du marché japonais. La légine est un poisson gras à chair ferme et est devenue l'un des poissons les plus chers du marché (10∈/kg au débarquement).

Cet attrait économique de la légine a aussi eu un effet pervers puisqu'il a conduit au braconnage et toutes les zones de l'Océan Austral où l'espèce est présente ont vu l'arrivée de palangriers non contrôlés (Cf. Partie pêche illégale).

Après deux campagnes de pêche expérimentales, les premiers palangriers français apparaissent en 1997/1998, prenant progressivement la place des palangriers ukrainiens qui disparaissent complètement à partir de 1999/2000.

La saison de pêche s'étend sur la totalité de l'année, du 1er septembre au 31 août, avec depuis 2003 l'interdiction de pêcher sur une période plus ou moins longue en février/mars dans le secteur de Kerguelen (zone 58.5.1). Cette interdiction fait partie des mesures prises pour limiter la mortalité accidentelle des oiseaux marins dans les ZEE françaises (Cf. p°331).

Depuis 2004, seuls 7 palangriers français sont autorisés à pêcher dans la zone. Ces palangriers de 60 mètres environ sont tous de type automatique, spécialisés dans la palangre de fond. Ils pêchent exclusivement la légine, avec un quota annuel d'environ 6000 tonnes pour l'ensemble des bateaux. Depuis quelques années, la surveillance de la zone a été renforcée, ce qui a considérablement réduit (voir éradiqué) la pêche illicite.

Parallèlement à la création de la ZEE et à la signature d'accords de pêche, s'est instauré un système de contrôle de la pêcherie avec l'aide de contrôleurs embarqués sur les navires. Actuellement 100% de la pêche autorisée est contrôlée et l'enregistrement des données statistiques et biologiques de pêche sur les carnets de contrôle est devenu obligatoire. Ils sont également chargés d'observer une partie des hameçons virés afin de quantifier la mortalité des oiseaux et le nombre de prises accessoires. Ces données sont transmises à la Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Ressources (CCAMLR) qui est l'Organisation Régionale de Pêche (ORP) s'occupant du secteur de l'Océan Austral (Cf. Tableau 78 ci-dessous), Kerguelen et Crozet appartenant à la division statistique 58.5.1 et 58.6 (Cf. Tableau 79 p°330).

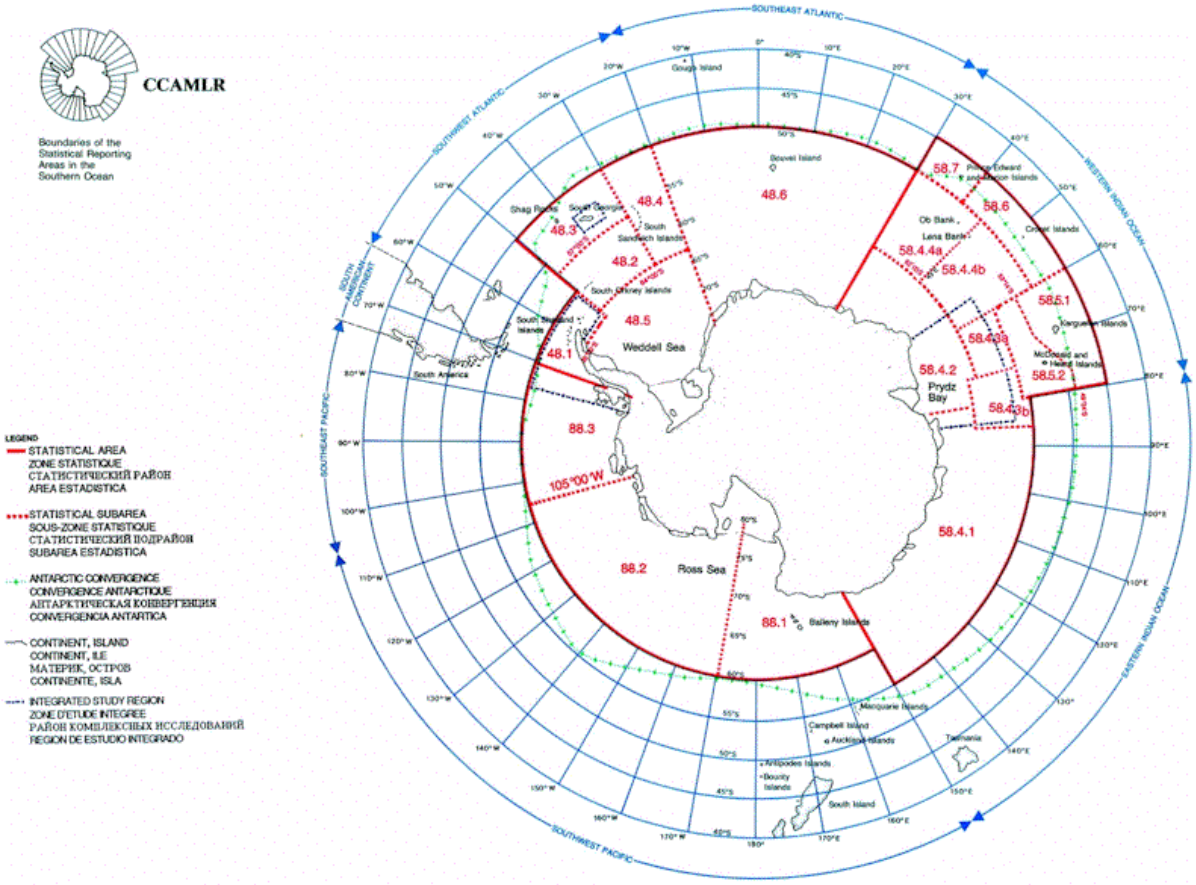


Tableau 78 : Représentation de la Zone CCAMLR et des ZEE de Kerguelen (58.5.1) et Crozet (58.2)

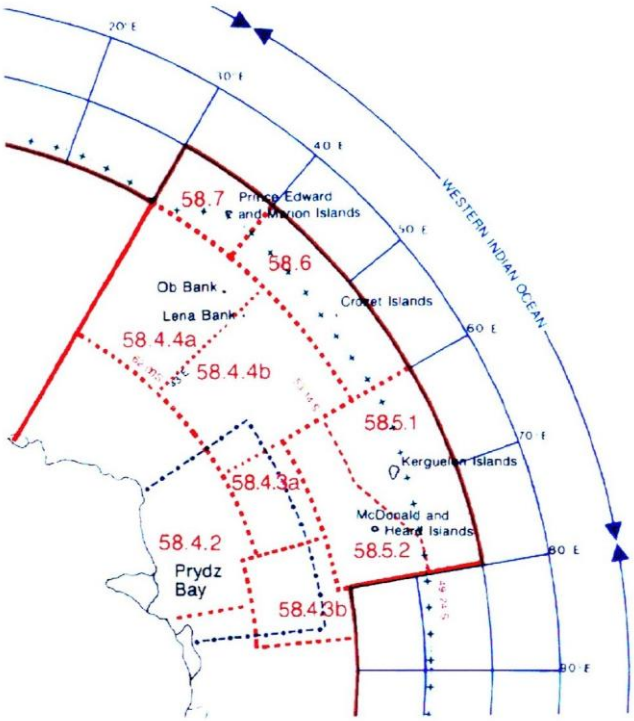


Tableau 79 : Représentation des ZEE de Kerguelen (58.5.1) et Crozet (58.6)

3.4.3. La mortalité aviaire

Dans l'océan Austral, notamment dans la réserve, la mortalité aviaire accidentelle engendrée par les pêcheries à la palangre a très vite constitué la principale menace pour de nombreuses espèces d'albatros et de pétrels, qui connaissent une diminution globale de leurs populations (Croxall et al., 1990 ; Cherel et al., 1996 ; Weimerskirch et al., 1997).

La mortalité aviaire dans les ZEEs de Kerguelen et de Crozet

Pour chaque navire de pêche autorisé à pêcher dans la ZEE de Kerguelen et de Crozet, un personnel embarqué nommé « contrôleur de pêche », embauché par les Taaf, veille au respect des consignes de pêche et enregistre le nombre d'oiseaux tués accidentellement durant toutes les opérations de pêche (filage et le virage des palangres).

Ces chiffres font ressortir que les ZEE françaises sont les plus concernées par une mortalité aviaire lors des opérations de pêche à la palangre de fond dans la zone CCAMLR. Cela s'explique en partie par le fait que la pêche s'effectue à proximité des sites de reproduction des oiseaux et aussi une majeure partie de l'année. La réserve est considérée comme un site majeur pour la conservation des oiseaux marins (Birdlife International, 2000), car elle abrite d'importants lieux de reproduction pour de nombreuses espèces d'oiseaux marins. Toutefois les albatros et les grands pétrels sont peu abondants et certaines espèces sont considérées comme menacées sur le plan mondial.

Les forts taux de mortalité d'albatros et pétrels dûs aux palangriers, couplés au déclin concomitant du nombre d'oiseaux sur de nombreuses colonies de reproduction de l'Océan Austral (Croxall et al. 1990, Brothers 1991, Weimerskirch et al., 1997, 1999) ont amené la Commission pour la Conservation de la Faune et de la Flore Marines de l'Antarctique (CCAMLR) à adopter des mesures visant à la diminution de captures accidentelles d'oiseaux marins.

Ces mesures concernent principalement :

- le filage des palangres de nuit, entre la fin du crépuscule et le début de l'aube,
- l'extinction des lumières de pont lors du filage,
- l'utilisation des lignes mères de couleur blanche,
- le lestage régulier des lignes,
- le rejet des déchets de poissons sur le bord opposé à celui où a lieu l'opération de virage,
- l'absence de rejet de déchets pendant le filage et 30 minutes avant le filage
- le déploiement de lignes de banderoles d'effarouchement (Cf. Tableau 80 ci-dessous). Elles ont permis de réduire à zéro la mortalité des albatros.

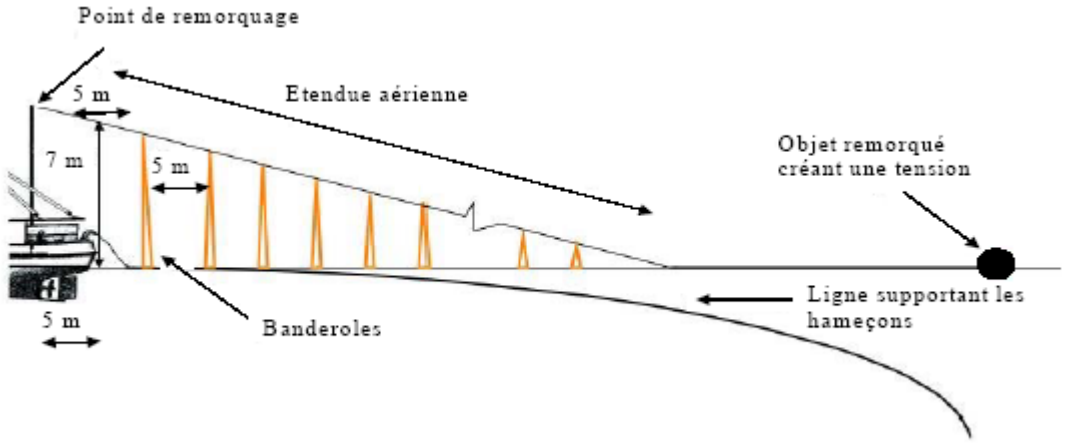


Tableau 80 : Banderole d'effarouchement mis à l'arrière des bateaux pour limiter les captures accidentelles d'oiseaux marins



Photo 81 : Pétrels à menton blanc noyés par des palangres

Pour les pétrels à menton blanc et les pétrels gris, ces mesures se sont révélées insuffisantes et plusieurs centaines d'oiseaux de ces deux espèces sont encore capturés accidentellement dans la ZEE française.

De nouvelles mesures ont été mises en place en 2003 pour limiter cet impact. Un lestage de la ligne plus important limitant ainsi la durée de flottaison des appâts, ainsi que l'interdiction de la pêche durant une partie du pic de mortalité sur la zone de Kerguelen (58.5.1) a réussi à faire diminuer la mortalité (Cf.Tableau 82). De plus la France a décidé unilatéralement un « Plan d'Action » visant à réduire de 50% en trois ans (2008-2010) cette mortalité.

Afin d'illustrer les bénéfices des mesures conservatoires, la Tableau 81 ci-dessous, présente les chiffres de mortalité aviaire dans les ZEE de Crozet et Kerguelen de 2002 à 2009 :

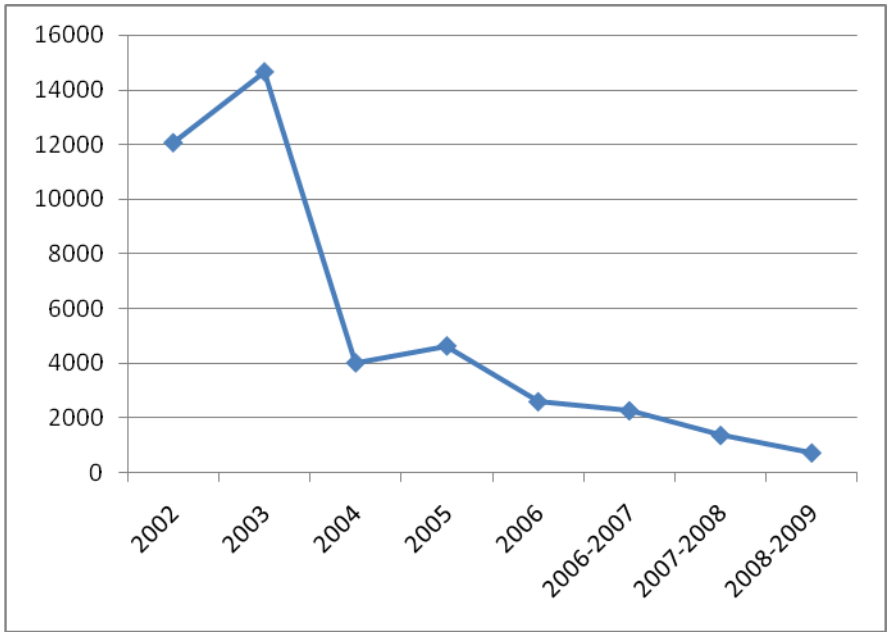


Tableau 81: Nombre total d'oiseaux morts par prise accidentelle dû à la pêche légale dans les ZEE de Crozet et Kerguelen (de 2002 à 2009)

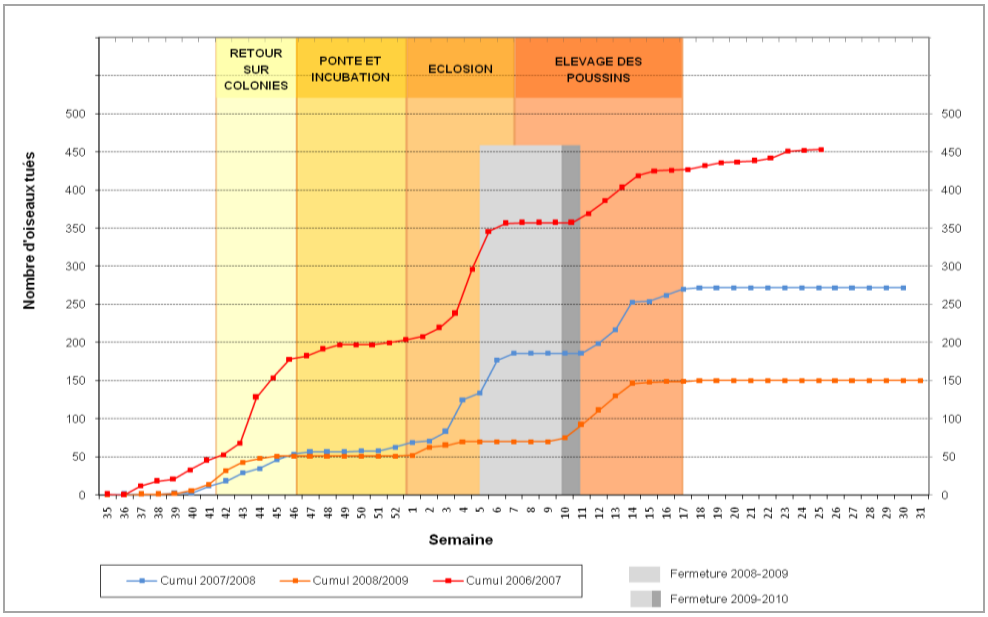


Tableau 82 : Evolution de la mortalité accidentelle dans la sous zone 58.5.1 (Kerguelen) de 2007 à 2009. Sur le graphique apparaît également le cycle reproducteur du pétrel à menton blanc (histogramme coloré), et les périodes de fermeture totale de la pêche (en gris)

La mortalité aviaire hors ZEE (pêche légale et pêche INN)

En revanche, la plupart des oiseaux marins nicheurs à Crozet et Kerguelen se nourrissent au delà des limites des ZEE françaises et de la CCAMLR (voir plus bas l'exemple du pétrel à menton blanc).

Enfin, les bateaux de pêche illégaux qui agissent sur les zones de nourrissage de ces oiseaux ne mettent pas en œuvre de mesures conservatoires pour éviter les captures et Il est difficile de pouvoir estimer le nombre d'oiseaux victime de cette pêche.

Dans le cadre de la pêche illégale supposée n'appliquer que peu ou pas ces mesures conservatoires, la mortalité peut rester très importante (Tuck et al., 2003). Cette pêche illégale, souvent bien supérieure à la pêche autorisée (rapport CCAMLR, 1998), a pillé pendant de nombreuses années les eaux françaises, contraignant l'état français à adopter une surveillance permanente de cette zone. Des patrouilleurs de la marine nationale aidés par le projet « Radarsat », qui permet une détection par radar des navires situés dans la zone de Kerguelen et de Crozet à partir d'un satellite, réussirent à limiter voir éradiquer la pêche illicite en 2003.

La surveillance de la zone ainsi que l'estimation du tonnage de légines débarquées illégalement dans les ports de complaisance a permis aux TAAF et à la CCAMLR d'estimer l'effort de pêche réel dans les zones de Kerguelen et de Crozet.

Au delà de la situation dans les ZEE de Kerguelen et de Crozet, et au vu des résultats de l'étude de Catard et al. (2001), il est important de prendre en compte, le vaste zone océanique prospectée par les pétrels à menton blanc de Crozet (Cf. Tableau 83 ci-dessous) et l'effort de pêche associé. Cette zone est exploitée par différents types de pêche à la palangre qui induisent une mortalité accidentelle. Il s'agit des pêcheries à la palangre aux thons (*Thunnus spp.),* à la légine *(Dissostichus eleginoides),* et au merlu sud africain *(Merluccius spp.).* Pour ces différents types de pêche, des zones ont été définies et les données de l'effort de pêche relatif à ces pêcheries ont été obtenues à partir de quatre sources principales de données de commissions internationales dont des Organisations Régionales de Pêche :

La Commission pour la Conservation du Thon rouge du Sud (*Thunnus maccoyii*) (CCSBT)
La Commission Internationale pour la Conservation des Thons en Atlantique (IATC)
La Commission pour la Pêche au Thon dans l'Océan Indien (IOTC)
La Convention pour la Conservation de la Faune et de la Flore Marines de l'Antarctique (CCAMLR)

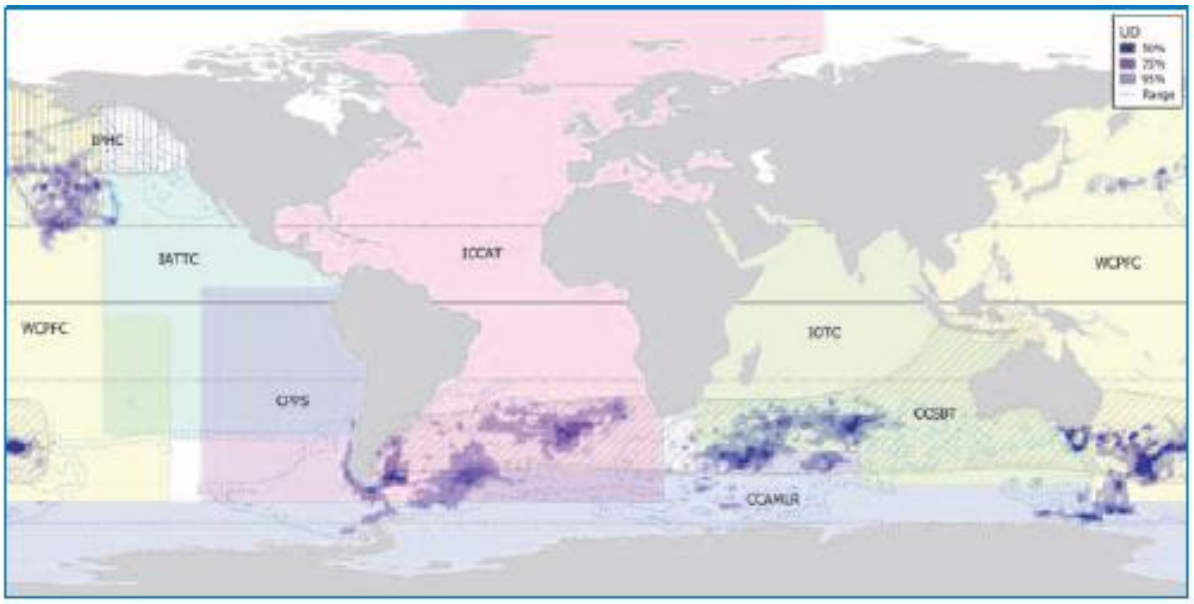


Tableau 83 : Découpage géographique mondial des secteurs de pêche

Certains oiseaux bagués, qui faisaient partie des colonies de suivi démographique de la population de pétrels à menton blanc de l'île de la Possession ont même été tués par différents types de pêche (collision sur chalut au large de la Namibie et capture accidentelle à palangre de fond dans les ZEE françaises) (Cf. Tableau 84 ci-dessous)

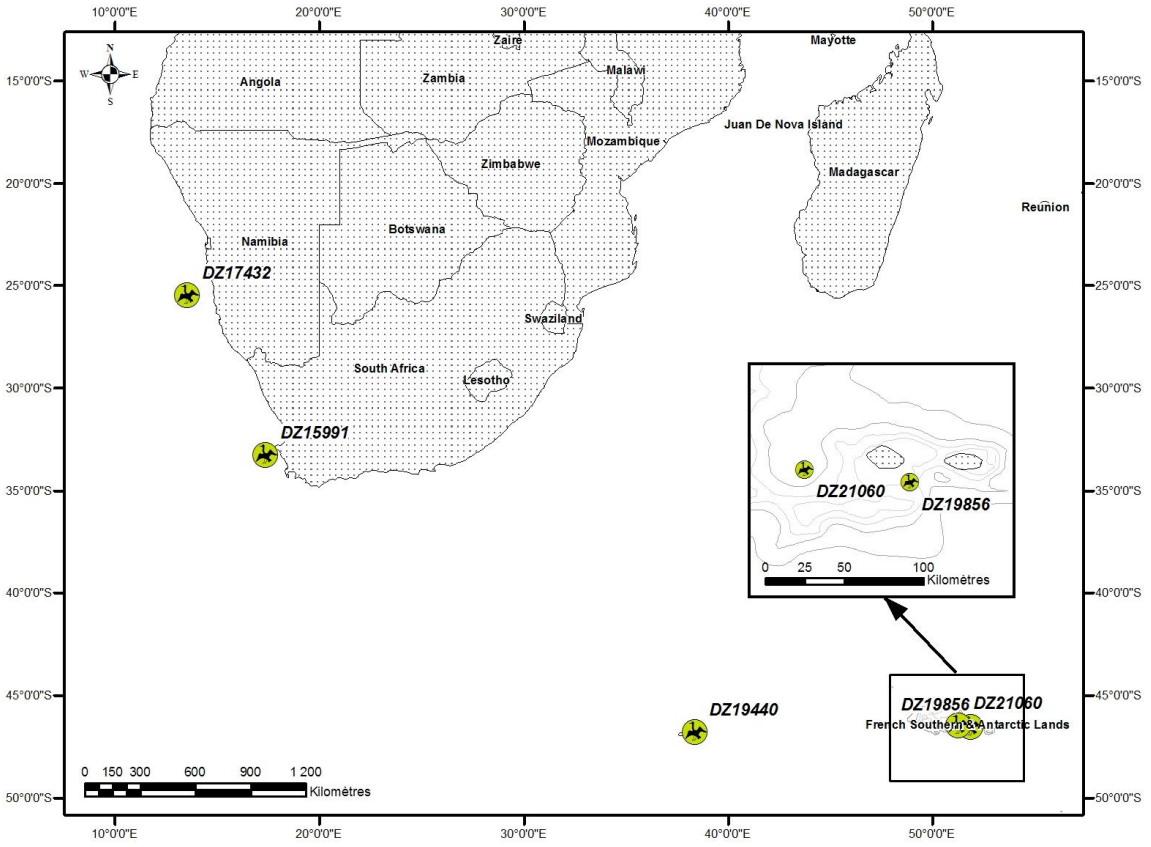


Tableau 84 : Reprises des bagues de pétrels à menton blanc (bagués à Crozet) par des bateaux de pêche entre 1986 et 2006

3.4.3.1.1.1. Impact de la pêche sur les populations de Pétrels à menton blanc

Pour mesurer l'effet des pêcheries sur le taux de croissance de la population de pétrel à menton de l'île de la Possession, Barbraud C, Marteau C et al. (2006) ont modélisé la dynamique de population. Cette modélisation montre un effet négatif des pêcheries sur le taux de croissance de la population. Bien que cette étude montre un impact significatif, il est très difficile de mesurer précisément cet impact. En effet, les efforts de pêche ne sont pas systématiquement associés à un nombre d'oiseaux capturés accidentellement. Dans les eaux internationales, telles que les zones de pêche aux thons (CCSBT, IOTC, IATC) ou les zones de pêche aux merlus, les armements de pêche ne sont pas contraints de noter le nombre d'oiseaux tués. Aucun chiffre de cette mortalité n'est donc disponible.

Seul l'effort de pêche à la légine associé à la zone CCAMLR oblige les bateaux de pêche légaux à déclarer les captures accidentelles d'oiseaux. A partir de ces chiffres et de l'estimation du nombre de bateaux pirates dans la zone de Kerguelen et de Crozet, la CCAMLR a estimé le nombre d'oiseaux tués depuis l'apparition de la pêche à la légine (Cf. Tableau 85 p°335).

L'effort de pêche à la légine est très largement dominant dans les secteurs prospectés par les pétrels à menton blanc et pétrels gris. En 1996, probablement plus de 50 millions d'hameçons ont ainsi été mis à l'eau dans les secteurs statistiques de pêche 58.6 (Crozet) et 58.5.1 (Kerguelen) pour seulement 3 millions concernant la pêche légale. Cet effort va atteindre les 70 millions en 2000. Ces efforts sont principalement dus à la pêche illicite. Il faudra attendre 2001 pour voir l'effort de pêche se réduire, suite à la surveillance accrue de la zone de pêche. Entre 2001 et 2003, la surveillance de la zone ainsi que la baisse de rentabilité en poissons pêchés va faire diminuer l'effort de pêche (illicite).

Depuis 2004, seule la pêche légale est maintenue dans la zone. La population de légine semble avoir subi une très forte pression de pêche qui a mis à mal ses effectifs (Lord et al. 2006). La situation semble se stabiliser depuis car pour un TAC à peu près équivalent entre les années, l'effort de pêche est passé de 33 à 28 millions d'hameçons de 2003/04 à 2007/08.

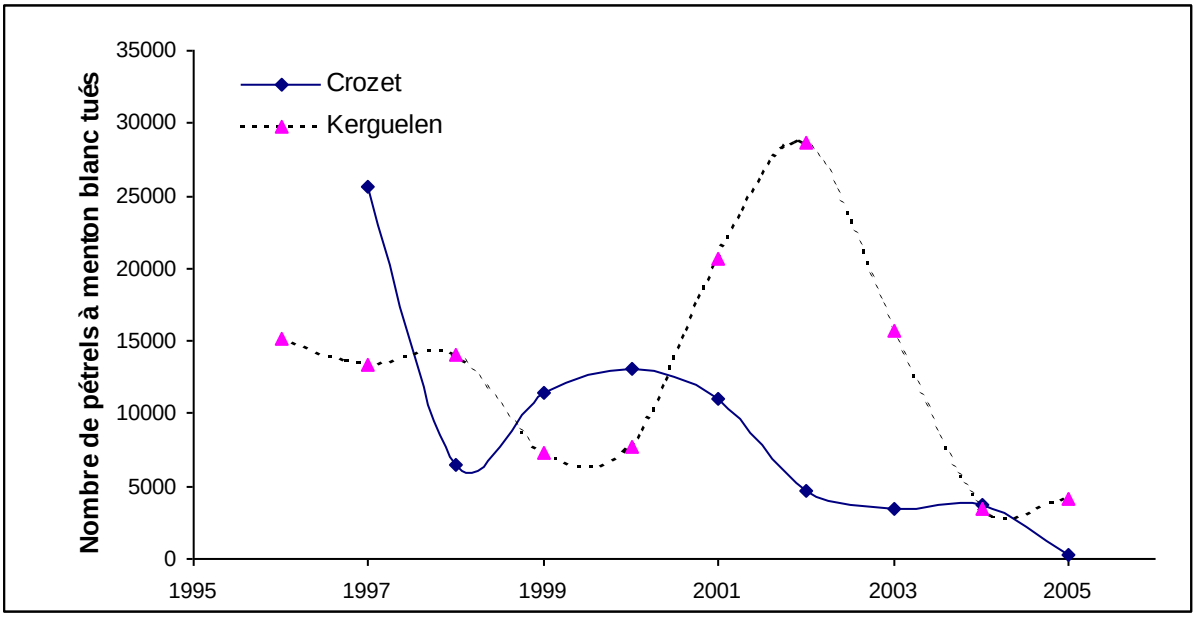


Tableau 85 : Estimation du nombre de pétrel à menton blanc tués accidentellement par les palangriers légaux et illégaux exploitant la zone de pêche de Kerguelen et de Crozet

Sur Crozet, l'estimation totale du nombre de pétrels à menton blanc tués par les palangriers pêchant la légine s'élève à près de 79 000 individus entre les années 1996 et 2005. Sur les 9 années de données disponibles, 4 années enregistrent plus de 10 000 oiseaux tués. A partir de 2000, la pêche illicite se déplace sur Kerguelen, avec pour principale motivation une baisse de rendement important. Cette diminution s'explique principalement par le fait de la baisse de la population de légine mais également par une déprédation des lignes par les orques *Orcinus orca* importante (Roche, 2004 et Guinet, comm. pers). On peut donc considérer qu'à partir de l'année 2002, les pétrels à menton blanc tués par la palangre le sont par la pêche légale. Les nouvelles mesures conservatoires imposées par la CCAMLR et celles prises par la France semblent bien fonctionner puisqu'en 2008 le nombre de captures accidentelles ne dépasse pas les 800 individus. Enfin, il ne faut pas écarter l'éventalité que la diminution des prises accidentelles peut être également due à une diminution de la taille des populations de pétrels.

Sur Kerguelen, on estime à plus de 130 000 pétrels à menton blanc tués par les palangriers légaux et illégaux exploitant la zone depuis la mise en exploitation. L'année 2002 semble avoir été la plus meurtrière avec plus de 30 000 oiseaux tués. Bien que la diminution de la mortalité soit amorcée, le nombre de pétrels à menton blanc tués sur Kerguelen est passé sous la barre des 1000 oiseaux par an en 2008/09, qui fait cependant de Kerguelen le secteur au taux de mortalité accidentelle encore le plus élevé de la CCAMLR.

3.4.3.1.1.2. Impact de la pêche sur les populations de pétrel Gris

Pour les pétrels gris dans le secteur de Kerguelen, 7 800 individus ont été tués durant les hivers austraux de 1996 à 2004 (Cf. Tableau 86). Comme pour les pétrels à menton blanc, l'année 2002 est la plus meurtrière. Les mesures conservatoires semblent fonctionner et ont permis de réduire la mortalité accidentelle à moins de 250 individus en 2009. Ces résultats peuvent suggérer également une baisse importante de la population de pétrels gris, qui se traduit immanquablement par une diminution des prises accidentelles.

En comparaison avec les pétrels à menton blanc, ce chiffre peut paraître réduit, mais il est à noter que les tailles de populations des deux espèces ne sont pas comparables.

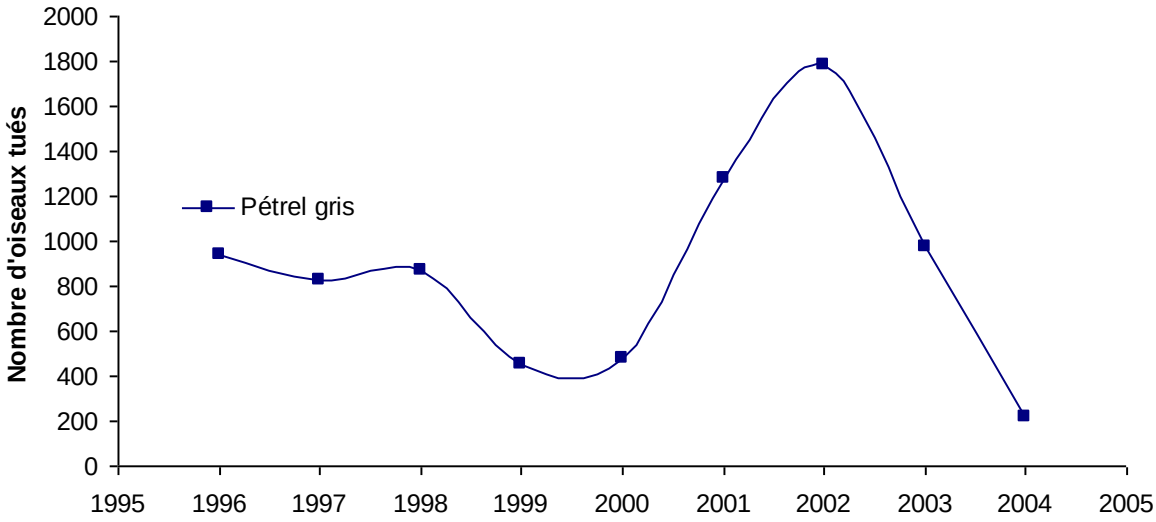


Tableau 86 : Estimation du nombre de pétrels gris tués entre 1996 et 2004 par les palangriers légaux et illégaux pêchant la légine dans le secteur de Kerguelen

3.4.3.1.1.3. Impact de la pêche sur les populations d'Albatros à sourcils noirs à Kerguelen

Une étude démographique sur l'albatros à sourcils noirs (*Thalassarche melanophris*) de Kerguelen montre que les pêcheries et les changements climatiques affectent différemment les paramètres démographiques de cette espèce migratrice. Autour des Kerguelen, les anomalies chaudes de température de surface sur les zones d'alimentation de l'espèce sont favorables à la reproduction, ainsi que la pêche au chalut qui apporte de la nourriture complémentaire, alors que sur les zones d'hivernage en Australie, la pêche à la palangre affecte négativement la survie des adultes. Ainsi, alors que la température moyenne autour des Kerguelen a augmenté, favorisant la reproduction, la population est restée stable en raison des conditions défavorables dues à la pêche sur les zones d'hivernage (Rolland et al. 2008).

Aucune estimation de mortalité accidentelle des pétrels hors zone CCAMLR n'est disponible auprès des ORP concernées (CCSBT, CTOI), ou des états riverains pratiquant des pêches palangrières (Afrique australe, Australie, Nouvelle-Zélande…), ce qui rend l'exercice d'estimation de cette dernière très incomplète ! En effet les zones d'hivernage de ces oiseaux se situent hors ZEE françaises et hors CCAMLR et il faut désormais avoir ces informations pour analyser objectivement les tendances observées pour les populations présentes dans la réserve.

3.4.3.2. Impact de la pêche sur les oiseaux marins d'Amsterdam et Saint-Paul

A Amsterdam et à St-Paul, la pêche à la langouste et aux poissons est autorisée au sein de la réserve naturelle et pratiqué par un seul navire de pêche, l' « Austral ». La pêche actuelle à la langouste, effectuée au casier, n'a pas d'impact sur les populations aviaires de l'île. En revanche la pêche aux poissons pratiquée, en partie à la palangre verticale, pourrait représenter un danger potentiel de capture accidentelle pour l'avifaune (attraction des oiseaux par les appâts). Aucun indice n'appuie actuellement cette hypothèse, cet aspect étant suivi de près par le contrôleur de pêche obligatoirement embarqué.

L'impact de la pêche légale du thon à la palangre de surface dans les zones de la CTOI et de la CCSBT, de celle à la palangre de fond au large des côtes d'Afrique australe, d'Australie, Nouvelle-Zélande, sur les populations de procélariformes, est de manière générale très mal connu. Un renforcement des mesures de contrôle est nécessaire ainsi qu'un meilleur échange entre les différents acteurs de cette pêche.

3.4.3.2.1.1.1. Impact de la pêche sur l'albatros d'Amsterdam

En raison de la petite taille de la population, peu de documents quantifient les menaces pesant sur cette espèce en mer. Les activités de pêche à la palangre de surface au large de l'île d'Amsterdam dans les années 1970 et 1980 pourraient avoir contribué au déclin de la population par le passé (Shirihai, 2002). Les secteurs prospectés par *D. amsterdamensis* s'étendent jusqu'à 4000 km du site de reproduction, et chevauchent les zones où opèrent les pêcheries à la palangre ciblant les thons tropicaux (Birdlife International 2004).

La répartition en mer de ces oiseaux est mal connue, aussi, des informations sur la répartition des oiseaux en mer, de différentes classes d'âge et à des stades différents du cycle annuel seraient également nécessaires pour mieux évaluer les recouvrements avec les opérations de pêche. Le suivi des tendances de la population et des paramètres démographiques de *D. amsterdamensis* devrait continuer afin de suivre les taux de survie des adultes et des juvéniles

3.4.3.2.1.1.2. Impact de la pêche sur la population d'albatros à bec jaune

Trois facteurs pouvant influer sur l'état de conservation des populations d'Amsterdam d'Albatros à bec jaune ont été étudiés par Rolland et al. en 2009. Les auteurs suggèrent que le déclin de la colonie d'étude considérée était principalement dû à un choléra aviaire (Cf. p°339). Cette étude ne démontre pas que la pêche légale du thon à la palangre dans les zones de la CTOI et de la CCSBT a un impact sur la population d'albatros à bec jaune. Cependant, cela semble du en grande partie au manque de connaissance sur cette pêcherie et les prises accessoires qu'elle peut engendrer. Une meilleur connaissance de la répartition en mer des individus non reproducteurs est nécessaire ainsi que la présence de contrôleurs de pêche à bord des navires, afin d'analyser les prises accidentelles réelles d'oiseaux.

3.5. Autres facteurs limitant d'origine anthropique

3.5.1. La fréquentation de la réserve

La fréquentation de la réserve en elle-même est largement détaillé dans la partie « fréquentation de la réserve » en page 33.

La fréquentation est responsable de l'introduction d'espèces allochtones et de pathogènes et accélère leur dispersion dans la réserve. Le piétinement d'origine anthropique (sentiers régulièrement fréquentés, passages d'engins etc.) dégrade les sols qui favorise l'implantation d'espèces introduites. Ces impacts sont détaillés dans les chapitres « espèces introduites » en page 307 et « introduction et dispersion de pathogènes » ci-dessous.

Enfin, la présence humaine peut également être à l'origine d'un dérangement de la faune, page 340.

3.5.2. Introduction et dispersion d'éléments pathogènes

Plusieurs colonies d'albatros à bec jaune de l'île d'Amsterdam ont été touchées par un choléra aviaire du à *la bactérie Pasteurella multicoda*. L'origine de ce choléra pourrait être le poulailler maintenu sur l'île puis supprimé en 2007. La colonie de suivi démographique d'albatros à bec jaune située en bas de falaise, continue à décroitre à cause d'un succès à l'envol bas dû au choléra aviaire et qui résulte d'un faible taux de recrutement sur la colonie et un fort taux d'émigration vers d'autres colonies (Rolland. 2009). Les autres colonies de l'île semblent moins affectées.

Au-delà de l'impact que cette épidémie a eu sur la population d'albatros à bec jaune d'Amsterdam, il existe un risque de transmission vers d'autres espèces de l'île telles que l'albatros fuligineux à dos sombre ou l'albatros d'Amsterdam. En 2004, Weimerskirch précisait que les symptômes de la maladie étaient déjà apparus dans les colonies d'albatros fuligineux à dos sombre proches des colonies d'albatros à bec jaunes et que des suivis et analyses complémentaires étaient nécessaires. De plus il ajoutait que si la présence de cette maladie était confirmée chez *D. amsterdamensis*, l'albatros d'Amsterdam, la population devrait faire face à un risque élevé d'extinction d'ici 20 à 30 ans. Cette situation met en évidence les risques engendrés par les activités humaines et les animaux domestiques qui sont des agents de maladies catastrophiques dans les zones les plus isolées du monde (Weimerskirch, ACAP 2009)

Les pathogènes ne concernent pas uniquement la faune aviaire. L'exemple de 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 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, à conduit les TAAF à interdire l'importation de toutes crucifères sur les districts australs.

La problématique d'introduction de pathogènes pose le problème de la biosécurité au sein de la réserve. A ce jour, aucun système de décontamination des contenants et des personnes n'est mis en place pour les débarquements dans la réserve. De plus, aucun protocole de décontamination n'est appliqué pour les personnes qui transitent dans la réserve et qui sont des vecteurs potentiels de pathogènes et d'espèces allochtones (Cf. p°307).

Suite à l'épisode de choléra aviaire à Amsterdam, le personnel du programme 109 prend des précautions de décontamination avant de se rendre sur les colonies d'oiseaux d'Amsterdam. Cependant, un protocole strict devra être rédigé et mis en œuvre pour l'ensemble des déplacements dans toute la réserve (à pied, en bateau, en hélicoptère ou à l'aide de véhicule) et en particulier pour les accès aux colonies d'oiseaux ou de mammifères marins.

Un protocole de biosécurité accompagné des moyens nécessaires devra également être mis en œuvre en prenant en compte l'ensemble des importations dans la réserve (contenants, personnes, ravitaillement, matériel…).

3.5.3. Dérangement des milieux et de la faune par l'Homme

3.5.3.1. Les activités scientifiques

Certaines activités scientifiques en lien direct avec la faune de la réserve peuvent engendrer un dérangement de la faune aviaire et mammifère. Cependant, l'ensemble de ces activités font l'objet d'une procédure stricte d'évaluation auprès de plusieurs comités que sont le comité d'éthique pour l'expérimentation animale Midi-Pyrénées (Présidente M. Jacquier), le Comité de l'Environnement Polaire et le Conseil National pour la Protection de la Nature (Cf. partie 1.6.1.2.3)

3.5.3.2. Les activités touristiques

Les touristes sont amenés à progresser à proximité des sites de reproduction d'oiseaux (manchot, albatros…) ou de pinnipèdes (otaries, éléphant de mer). L'encadrement par les guides permet de relativement contenir le dérangement sur les espèces. Cependant, à ce jour, aucun « plan d'approche » des animaux n'a été clairement rédigé afin d'instaurer des règles strictes d'approches pour les touristes.

3.5.3.3. Transit de loisir

Le personnel des bases des trois districts est amené à transiter au sein de la réserve pour des activités de détente. Le chef de district est responsable de l'application de la réglementation de ces transits comme des autres. Cependant, sur le terrain, Il n'y a aucun moyen de contrôle de l'application de la réglementation (Cf. 1.6). Plusieurs cas de transits ne tenant pas compte des autorisations sont occasionnellement rapportés, soit par manque de connaissance de la réglementation soit car il n'existe aucun moyen de contrôle. La bonne fois des personnes en transits devant faire foi.

3.5.3.4. Activités militaires

Les activités militaires peuvent être autorisées dans la réserve à des fins d'entrainement ou en cas de mission de défense et de souveraineté. L'impact majeur des débarquements de l'armée est le risque d'introduction d'espèces allochtones ou d'agents pathogènes sur des sites encore préservés d'introduction. Ces missions peuvent également engendrer un dérangement dans les colonies aviaires et de mammifères marins. Une réfléxion devra être mené sur la manière de sensibiliser l'armé avant leur passage dans la réserve.

3.5.3.5. Activités de loisir des débarquants occasionels

Les différents équipages débarquant dans la réserve (pêcheurs, touristes autonomes, Marion Dufresnes, marines ou autres…) ne sont pas encadrés lors de leur déplacement à proximité des bases et sont rarement sensibilisé à ce qu'il est autorisé de faire dans la réserve. Il est fréquent d'observer des dérangements de la faune lors de la mise à terre de ces personnes non sensibiliséses.

3.5.3.6. Hélicoptère

Lors des opérations logistiques et touristiques, les déplacements au sein de la réserve se font essentiellement en hélicoptère. Le décret de la réserve autorise ces vols, cependant, ils peuvent avoir un impact sur les colonies d'oiseaux et de mammifères marins si les vols sont effectués trop bas ou que les déposes se situent à proximité de zones sensibles (colonnies ou sols sensibles). A ce jour, les plans de vol de l'hélicoptère ne prennent pas en compte la répartition des sites sensibles.

3.5.3.7. Activité logistique : le cas particulier de la baie du marin à Crozet

Des installations permettant les activités logistiques et les activités scientifiques sont en place au centre de la colonie de manchot royal de la baie du marin à Crozet (Photo 82). La zone permettant la reproduction de cette espèce s'en trouve réduite d'autant.

Sur l'île de la Possession, les débarquements de vivres et de matériel se font principalement par ce débarcadère. Afin de concilier activités humaines et préservation de la biodiversité, il est nécessaire de modifier le fonctionnement actuel de ce débarquadère. Premièrement, un réaménagement des batiments empiétant sur la colonie de manchots est nécessaire. Ce travail dirigé par les Taaf, en collaboration avec la communauté scientifique est en cours de réalisation. Des modifications seront effectuées dans le cadre du premier plan de gestion (Cf volet B). Deuxièment l'organisation logistique durant le mois de novembre (période de couvaison chez le manchot royal), qui provoque un stress pouvant engendrer l'abandon des œufs par les adultes sera réorganisé voir différé.



Photo 82: Emprise des infrastructures dans la colonie de manchots royaux de la baie du marin (Crozet)

3.5.4. La production et la gestion des déchets dans la réserve

Les activités humaines sur ces îles ont généré un flux de déchets parmi lesquels certains se sont accumulés sur les bases, constituant parfois de véritables décharges à ciel ouvert.

L'impact de ces dépôts de déchets peut être de type polluant ou paysager et la plupart du temps les deux combinés.

Suite à un rapport d'audit en 2001, les Taaf ont mis en place plusieurs chantiers visant à la dépollution des sites :

- Sur l'île de la Possession (Crozet), un chantier de deux années (2004-2005), avec en permanence quatre ouvriers spécialisés, a permis de dépolluer entièrement

l'ancienne décharge et d'évacuer ainsi plusieurs dizaines de tonnes de déchets divers.
- Le port pétrolier de Kerguelen a lui aussi été dépollué et à l'heure de la rédaction du plan de gestion, les anciennes cuves de stockage du carburant sont en cours de rapatriement, pour être valorisées à la Réunion.

D'autres chantiers de dépollution ou de démantèlement restent à mener.
- Dépollution et démantèlement du site d'Armor à Kerguelen,
- Extraction et traitement des déchets historiques aux abords de la base de Kerguelen (décharge)
- Retrait des anciennes installations sur les sites isolées n'étant plus utilisées…

D'autres déchets d'envergures seront amenés à être produits dans l'avenir (centrale des districts, cuves de stockage de fioul à Crozet et Amsterdam, nouveau port pétrolier de Kerguelen…). Leur traitement devra être prévu.

Il est important de réfléchir dès aujourd'hui à la mise en place de moyens de production d'énergie qui limitent la quantité de déchets produits lors de leur fonctionnement et de leur démantèlement.

3.5.4.1. Déchets de fonctionnement

Historiquement, les déchets engendrés par le fonctionnement des bases étaient enterrés, brulés sur place à proximité des bases ou jetés en mer (site historique de déversement à la pointe du Pétrel gris à Crozet et à proximité de la base à Amsterdam). Suite à un rapport d'audit de 2001, les Taaf ont mis en place une gestion raisonnée de leurs déchets, principalement d'un point de vue de leur traitement.

Les TAAF privilégient une politique de valorisation de leurs déchets après un rapatriement sur la Réunion. Ils transitent alors via le Marion Dufresne pour être traités à la Réunion ou en métropole par des organismes agréés. Cette gestion des déchets sur les districts évolue chaque année en fonction des avancées technologiques et réglementaires en la matière

Certains déchets sont cependant traités in-situ quand leur impact sur le milieu environnant a été jugé limité en regard d'un rapatriement ou quand les filières de traitement ont été jugées insuffisantes.

Le personnel militaire chargé de l'approvisionnement (Appro) a en charge la gestion des déchets sur base. Le chef de district lui à la responsabilité du bon déroulement du tri et du rapatriement des déchets de son district, ainsi que l'implication de l'ensemble des personnes présentes dans la réserve. Afin que chacune des personnes puissent trier correctement les déchets et que ceux-ci puissent être parfaitement traités et revalorisés, un guide à été édité en 2001. Chacune des trois bases possède un guide qui lui est propre (notamment en fonction des volumes de production et des types de contenants). Ce guide a été mis à jour en 2008 et 2009, mais il nécessite une nouvelle actualisation qui prendra mieux en compte les filières de traitement à la Réunion et en métropole, ainsi que les nouveaux contenants placés sur les districts pour l'évacuation des déchets.

3.5.4.2. Production et tri des déchets sur le district de Crozet

Chaque bâtiment est équipé de plusieurs contenants permettant de séparer les déchets. Les types de déchets triés varient d'un bâtiment à un autre du fait des différentes activités qui s'y pratiquent.

De manière générale, les déchets ménagers séparés sur la base sont :

- Déchets ménagers ultimes : déchets alimentaires, cartons, plastiques « mous » (emballages, sacs plastiques…), briques alimentaires. La définition d'ultimes s'entend au sens de l'Arrêté Ministériel du 9 septembre 1997. Il s'agit de déchets non dangereux qui ne sont pas valorisables à la Réunion dans des conditions économiques acceptables.
- Plastiques valorisables (PET, PEHD…) composés principalement de bouteilles plastiques.
- Acier : boîtes de conserve, canettes acier.
- Aluminium : principalement canettes aluminium
- Piles usagées
- Verre






Ces déchets sont récupérés dans chaque bâtiment dans un premier temps puis, une fois les bacs pleins, ils sont vidés dans des bennes prévues à cet effet et organisées à la manière d'une déchèterie traditionnelle. Les contenants installés sur cette plateforme sont principalement des bennes métalliques de 2 m^3 ou de caisses navettes en métal, adaptées au transport par hélicoptère et par portière.



Les graisses alimentaires issues des activités de cuisine sont également stockées à proximités de cette déchèterie dans un cubitainer de 1 m^3. Leur production est marginale étant donné le nombre restreint d'habitants sur base. Par ailleurs, les déchets incinérables sont stockés au sec dans des sacs poubelles, également à proximité de la déchèterie.

On distingue ensuite des déchets plus spécifiques à certaines activités :

- **Déchets d'activités de soins** : issue des activités médicales ou de recherches la fraction infectieuse de ces déchets est principalement composée d'aiguilles, d'éléments coupants ou de contenants pour du sang… Ils sont stockés à l'hôpital et dans les labos dans des boîtes en plastique dur, prévues à cet effet. Le reste des déchets d'activité de soins (fraction non infectieuse) suit la même filière que les déchets ménagers ultimes.





- **Déchets du garage :** Cette appellation regroupe plusieurs types de déchets produits par cette activité particulièrement sensible pour l'environnement. On distingue donc :
  - Filtres à huile ;
  - Résidus de peinture et de nettoyage de pinceaux;
  - Liquide de refroidissement ;
  - Batteries;



Ces déchets sont des déchets dangereux et présentent un potentiel polluant très important. C'est pourquoi ils sont stockés en intérieur (dans une enceinte ventilée) et dans des contenants étanches.

- **Déchets industriels banals :** Ces déchets constituent un gisement composé de l'ensemble des déchets non ménagers issus de l'activité de la base (fret, recherche…). Parmi eux on distingue :
  - DEEE (déchets d'équipement électriques et électroniques) : ils sont principalement composés de petit électroménager et de matériel informatique usagé.
  - Toners d'imprimante
  - Cartons et papiers (principalement issus de l'emballage).

- **Déchets de chantier :** Plusieurs chantiers de construction et démolition se sont succédés sur la base de Crozet. Ces déchets sont stockés sur une déchèterie extérieure spécialement dédiée à leur réception. On distingue :
  - Cuivres et câbles électriques;
  - Déchets dangereux de chantier (principalement contenants souillés);
  - Lampes fluorescentes et tubes fluorescents;
  - Aluminium de chantier;
  - Déchets divers ;



3.5.4.3. Production et tri des déchets sur le district de Kerguelen

La gestion et le tri des déchets sur le district de Kerguelen est différente de celle de Crozet dans la mesure où la production de déchets y est nettement supérieure. Une organisation différente a donc dû être adoptée.

De manière générale, le tri des déchets est réalisé dans la déchèterie placée au sein de la base plutôt que directement sur les sites de production.



Les déchets suivants y sont séparés avant traitement :

- Briques de jus de fruits, lait;
- Fer (principalement canettes);
- Plastiques valorisables;
- Aluminium (canettes et papier d'emballage);
- verre ;
- aérosols ;
- Petite ferraille ;
- Déchets ultimes ;
- Flacons et bouteilles ayant contenu des produits dangereux ;
- DEEE ;
- Câble et fils électriques.




Seuls les déchets alimentaires (FFOM : fraction fermentescible des ordures ménagères) sont séparés sur leur lieu de production, à savoir la cuisine. Les graisses alimentaires sont également mises de côté au niveau de la cuisine.

Un garage est présent sur le district de Kerguelen, les mêmes types de déchets qu'à Crozet y sont donc produits (huiles usagées, gasoil pollué, liquide de refroidissement, filtres à huiles, batteries…).

La seconde particularité du district de Kerguelen réside dans la présence de nombreux déchets historiques, entreposés à divers endroits sur la base et dans des décharges alentours. Ces déchets proviennent des divers chantiers de construction et de démolition entrepris depuis la création de la base et se répartissent en quatre catégories :

- Déchets métalliques ;
- Gravats (inertes, béton ferraillés) ;
- Fibrociment : certains bâtiments ayant été construits dans les années 70, on trouve encore de l'amiante liée dans ceux-ci. Les rares bâtiments de ce type encore en service ne sont utilisés que pour le stockage de matériaux.
- Matériels de chantier inutilisés : les difficultés d'approvisionnement poussent les acheteurs à assurer une marge de sécurité lors de la fourniture des matériels pour les chantiers. Il n'est donc pas rare de disposer, en fin de chantier, d'un stock de matériels inutilisés. Avant de considérer ces éléments comme des déchets, un effort est fait pour trouver des repreneurs sur la Réunion.

3.5.4.4. Production et tri des déchets sur le district d'Amsterdam

Il est important de constater que la base d'Amsterdam, à l'instar de celle de Crozet, est de taille réduite par rapport à celle de Kerguelen. Il en résulte une quantité de déchets moindre et plus facile à gérer. Par ailleurs, le climat est plus clément qu'à Crozet et les contraintes environnementales y sont moins présentes en raison de l'impact déjà important de l'homme sur cette île.

Chaque bâtiment est équipé de bacs de réception de déchets incinérables, de déchets ultimes et de déchets recyclables. Chacun est ensuite censé faire un tri plus précis à la déchèterie lors du vidage de ses bacs.

La déchèterie est organisée de manière à pouvoir séparer les déchets suivants :

- Plastique;
- Aluminium;
- Aérosols;
- DEEE;
- Graisses alimentaires;
- Ampoules usagées;
- Ferrailles;
- Canettes fer;
- Verre;
- Déchets ultimes non incinérables;
- Cuivre et câbles électriques.

Amsterdam dispose également d'un garage produisant un certain nombre de déchets dangereux.

- Liquide de refroidissement ;
- Huiles usagées ;
- Filtres à air ;
- Filtres à huile ;
- aérosols et récipients de produits dangereux ;
-

3.5.4.5. Installations de traitement des déchets sur bases

Afin d'éviter le rapatriement systématique des déchets, quelques installations sont présentes sur les bases afin de traiter localement une fraction des déchets produits.

Incinérateurs :



Chacun des trois districts est équipé d'un incinérateur basique sans injecteur de combustible. Ils sont utilisés pour le brûlage des déchets alimentaires qui sont les déchets les plus problématiques puisque leur stockage est proscrit en raison des nuisances olfactives qu'il occasionnerait. Les cendres produites sont ensuite stockées avant traitement.

Composteur :



Le district de **Kerguelen** est équipé d'un composteur industriel capable de traiter les FFOM. Cet appareil doit son utilisation à la présence historique de serres sur le district dans lesquelles ce compost était utilisé comme amendement organique. L'abandon récent des serres soulève la question de l'utilité d'un composteur mais celui-ci constitue tout de même une bonne alternative à l'incinération, surtout dans le cas de déchets humides et difficiles à brûler comme les FFOM.

Compacteurs :

Les districts de Kerguelen et Amsterdam sont équipés de petites presses à balle permettant de réduire les volumes de déchets à transporter. Ces appareils sont utilisés pour les canettes fer ou alu ainsi que les plastiques valorisables. Le compacteur présent à Amsterdam a cependant été très peu utilisé en raison de défaillances techniques.

Carrières :

Les districts de Kerguelen et Amsterdam ont tous deux un site sur lequel se trouvent des carrières. Les deux sont équipées de concasseurs mais pas de déferrailleur. Ces installations permettent cependant de valoriser les déchets de démolition tels que gravats ou inertes, par exemple en les utilisant comme substrat routier.

Fosses sceptiques :

Chaque bâtiment de chaque district est raccordé à une fosse sceptique dimensionnée en fonction de la quantité d'eaux usées rejetées par le bâtiment. Les eaux usées issues des activités domestiques sont donc décantées dans les fosses sceptiques et relargué dans le sol par un drain. Les matières de vidange sont ensuite pompées lorsque la fosse est pleine et épandues à proximité de la base. Cet épandage favorise l'enrichissement organique des sols et donc l'envahissement par des plantes exotiques.

3.5.4.6. Traitement des déchets produits sur les districts

Une partie des déchets des bases est donc traitée sur site. Le reste est rapatrié à la Réunion via le Marion DUFRESNE afin d'y être traité dans la filière adaptée. Le tableau suivant présente une synthèse des moyens de traitements mis en place pour les différents déchets.

Type de déchets	Type de traitement / valorisation
FFOM	Incinération sur Crozet et Amsterdam, 50% compostage + 50% incinération sur Kerguelen
Papiers / Cartons	Incinération
Plastiques d'emballage	Incinération
Compost	Rapatriement et valorisation sur plateforme de compostage
Graisses alimentaires	Incinération
Cendres d'incinération	Rapatriement et enfouissement en ISDnD (Installation de Stockage de Déchets non Dangereux)
Déchets ultimes non incinérables	Rapatriement en enfouissement en ISDnD
Briques de jus de fruits, lait	Incinération
Fer et petite ferraille	Rapatriement, reconditionnement et recyclage
Plastiques valorisables	Rapatriement, tri des différents plastiques et recyclage
Aluminium	Rapatriement, reconditionnement et recyclage
Verre	Rapatriement et recyclage
Aérosols	Rapatriement, reconditionnement puis neutralisation
Récipients de produits dangereux	Rapatriement, lavage, stabilisation des eaux de lavage
DEEE, Ampoules, toners d'imprimante	Rapatriement puis intégration à la filière Ecosystèmes de récupération des DEEE
Câbles et fils électriques	Rapatriement, démontage puis recyclage
Déchets inertes	Concassage puis valorisation sur base
Gravats (inertes + ferrailles)	Enfouissement en carrière
Eaux usées	Décantation et filtrage en fosses sceptiques
Matières de vidange (fosses septiques)	Pompage puis épandage sur base (sur les carrières ou lieu de stockage des déchets inertes)
Déchets dangereux de garage (filtres à huile, batteries, chiffons souillés…)	Rapatriement puis stabilisation
Huiles usagées	Rapatriement, pompage puis valorisation thermique
Déchets infectieux	Rapatriement puis inertage (filière DASRI)

3.5.4.7. Déchets sur les sites isolés :

La réserve naturelle est également composée de plusieurs cabanes et sites d'études isolés des bases. Les déchets produits, principalement alimentaires, ne peuvent être laissés sur place afin de ne pas impacter le milieu (prolifération des espèces invasives)

Ils sont donc rapatriés lorsque la distance entre le refuge et la base le permet. Dans le cas contraire, ces déchets sont brûlés et les cendres stockées dans des fûts plastiques étanches en attendant d'être rapatriés par hélicoptère lors du ravitaillement de la cabane.

3.5.5. Production d'énergie sur les bases

L'électricité sur les trois bases est fournie au moyen de groupes électrogènes fonctionnant au fioul. Chaque district est donc équipé d'une centrale de production électrique composée de trois moteurs. Un approvisionnement régulier des districts en fioul est donc nécessaire (Cf partie 3.5.5) ainsi que son stockage sur base.

La puissance de ces moteurs dépend de la consommation de la base. Ainsi les moteurs de Crozet et Amsterdam développent une puissance nominale de 140 kW électriques chacun alors que les moteurs de Kerguelen présentent une puissance de 475 kW électriques chacun.



Seul un moteur fonctionne à la fois, l'un des autres est utilisé en cas de surconsommation alors que le troisième sert de moteur de secours.

Le chauffage des bases est assuré par des chaudières fonctionnant également au fioul et chauffant un réseau d'eau qui traverse chaque bâtiment. Cette méthode a l'avantage de présenter un très bon rendement énergétique au niveau des chaudières mais d'importantes déperditions de chaleur dans les canalisations, notamment sur Crozet et Kerguelen où les conditions climatiques sont difficiles. Une étude pour le passage à du chauffage électrique est en cours.



3.6. Pollution aux hydrocarbures

Comme il est précisé dans la partie « activité économique dans la réserve », les bases de Crozet, Kerguelen et Amsterdam sont équipés de cuves à gasoil. Un risque de pollution marine et terrestre existe lors du transfert du gasoil du Marion Dufresne vers la base. A Kerguelen, le risque est également important lors du transfert du carburant des cuves vers les bateaux de pêche en ravitaillement. Le transfert de gasoil est effectué dans un sens comme dans l'autre grâce à une manche à gasoil installée entre le bateau et les cuves.

Plusieurs accidents de pollution ont été relevés depuis l'existence des bases.

Des pollutions au gasoil ou à d'autres produits dangereux sont également à déplorer par suite d'avarie technique sur les circuits de carburant des bases. On peut relever la fuite de gasoil à Crozet en août 2008. En 1999, le déversement de gasoil dû à une fuite sur la base à engendré la résurgence d'une tâche de gasoil estimée à 1000m².

Le transit de pétrolier dans ces eaux ainsi que l'échouage de boue issue de dégazage est rare mais le risque de marée noir ne doit pas être exclu. Un tel évènement avait été suspecté en 1992 lorsqu'avait été recensé une centaine de manchots royaux mazoutés au pétrole brut sur l'île de la Possession.

4. Cadre socio-économique de la réserve naturelle

4.1. Patrimoine culturel, paysager, archéologique et historique de la réserve naturelle

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 20ème siècle les séjours prolongés des chasseurs de mammifères marins 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 des Terres australes françaises. Plusieurs tombes, notamment sur l'île du cimetière, les presqu'îles Jeanne d'Arc et Matley, remontant au 18ème et 19ème siècle, rappellent la rudesse des premiers voyages vers ces territoires. Différents objets et structures sommaires, notamment des fours et chaudrons (Pointe de l'Usine dans la Baie de l'observatoire, etc.) évoquent l'utilité première de ces îles pour leurs premiers habitants : l'exploitation de la faune locale.

Les tentatives d'exploitation économique des îles ne furent pas sans impact pour leurs écosystèmes. Nombre d'espèces furent notamment introduites, volontairement ou non, au cours de cette période. 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 des répercussions importantes au moins localement sur le fonctionnement des écosystèmes mais cet aspect est très peu documenté (Convey & Lebouvier 2009, ENVIRONMENTAL CHANGE AND HUMAN IMPACTS ON TERRESTRIAL ECOSYSTEMS OF THE SUB-ANTARCTIC ISLANDS BETWEEN THEIR DISCOVERY AND THE MID-TWENTIETH CENTURY. *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania*, 141 sous presse).

La chasse des mammifères et oiseaux, pratiquée sans retenue, va même jusqu'à choquer certains observateurs de l'époque. Un des bergers de Port Couvreux (voir ci-dessous) adresse un rapport au gouvernement français en 1924 pour dénoncer les méthodes de chasse pratiquées. Le météorologiste Ritchie Simmers, de l'expédition BANZARE (British Australian New-Zealander Antarctic Expedition) qui séjourne à Crozet en 1929 rapporte à propos de la chasse pratiquée dans la baie américaine de l'île de la Possession : « un massacre systématique de tout, tout ce carnage est une monstruosité totale, toute la plage est une boucherie. Cela apparaît étrange que rien n'ait été fait après tant d'années de campagne de presse. L'administration française ne semble pas s'exercer si loin dans le sud. Aucun contrôle de la chasse n'est effectué (Delépine, 1995, Les îles australes françaises). » La même expédition fait escale à Port Jeanne d'Arc le 12 novembre 1929. Le spectacle que les marins et scientifiques découvrent leur inspire ces mots : « les éléphants de mer ont été décimés par l'homme. Les chiens sauvages sont une autre calamité, ils sont devenus des loups, une réelle menace pour toute vie sur les îles. » (Delépine, 1995, Les îles australes françaises).

Malgré l'impact causé par ces entreprises, et 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.

Kerguelen en particulier, porte encore en plusieurs endroits les marques bien visibles des tentatives d'exploitation économique de son territoire. Les plus marquantes ont été le fait des frères Bossière. Ayant obtenu la concession des îles Kerguelen en 1893 pour 50 ans, ils tentèrent de tirer profit notamment de l'exploitation des mammifères marins mais également de l'élevage de moutons. Les infrastructures résultant de leurs entreprises, encore visibles aujourd'hui, présentent un intérêt historique certain, témoins des premières activités humaines sur le sol de la réserve.

Les deux sites mentionnés plus haut, la station baleinière Port Jeanne d'Arc et la ferme de Port Couvreux sont à cet égard particulièrement intéressants étant donné le bon état de conservation et l'ampleur des vestiges restants. Les vestiges de l'installation de la conserverie de langouste de Saint-Paul sont également à mentionner.

4.1.1. Port Jeanne d'Arc



Photo 83 : 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. Cette huile sert encore dans l'industrie textile. De la chair on peut obtenir des farines animales, et les fanons des baleines mysticètes servent 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.

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.



Photo 84 : Port Jeanne d'Arc en fonctionnement

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, devant la baisse des cours de l'huile de baleine et les perfectionnements techniques des navires-usines, 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.

Le site a fait l'objet d'une restauration importante en 2000 et 2001. Au cours des six mois qu'a duré la mission, deux bâtiments, symboles de l'autarcie des baleiniers de PJDA, l'atelier de mécanique et la porcherie ont été restaurés. Un 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.

Il est à noté que cette période est largement décrite dans l'ouvrage « *les phoquiers de la désolation* » (ARNAUD P. *et al*, 2007)



Photo 85 : Port Jeanne d'Arc en 2009

4.1.2. Port Couvreux

Le nom de Port-Couvreux 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 20ème siècle.

L'histoire du site commence fin 1912, lorsque l'*Yves Joseph de Tremarec* amène du Havre une équipe de quatre bergers. Durant l'hiver austral 1913, le *Jacques* transporte un millier de moutons des Falkland jusqu'à Port Couvreux. Beaucoup meurent pendant la traversée.

La première guerre mondiale impose le rapatriement de tout le monde. Les moutons, faute de soins, disparaissent.

En 1922, René Bossière repart à Port Couvreux 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.

L'activité d'élevage menée à Port Couvreux engendra des perturbations écologiques importantes. En même temps que les premiers moutons fut introduits l'invertébré aujourd'hui envahissant *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 (Cf. p°311).

Ce site présente toutefois un intérêt historique et patrimonial certain. Il subsiste comme illustration 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.



Photo 86 : Port Couvreux dans les années 60

Une tombe isolée se trouve à proximité d'un bâtiment effondré, six autres sont regroupées à environ 500 m 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.

4.1.3. Saint-Paul

Comme trace de l'activité humaine sur Saint-Paul subsistent des fondations de maisons, des bases de murs de pierre. Une cabane reste d'aplomb, servant d'abri aux équipes de passage.

Le site était constitué d'une douzaine de bâtiments. Aux cotés de l'usine elle-même se trouvaient des habitations pour le personnel ainsi que des hangars pour stocker le matériel.



Photo 87 : Vestiges de la langousterie de Saint-Paul

Elle est le fruit de la volonté des frères Bossière

d'exploiter les riches gisements de langouste 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 perd en mer. Un bébé né sur place meurt également très rapidement. Durant l'été qui suit, c'est le béri béri 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 Couvreux 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.



Figure 43 : timbre à l'effigie de la langousterie de Saint-Paul

C'est alors la fin des entreprises Bossière, qui sera marqué 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.

Note : Le site de production pissicole d'Armor à Kerguelen n'a pas été placé dans cette partie car il ne présente pas d'aspect patrimonial même si l'histoire de sa construction constitue un élément historique de l'archipel des Kerguelen. Le site d'Armor est décris dans la partie « Historique et impacts connus des vertébrés introduits à Kerguelen » p°316

4.2. Régime foncier et infrastructures dans la réserve naturelle

L'ensemble des Terres australes françaises relève du domaine privé de l'Etat, à l'exception des bases intégrant son domaine public.

Les infrastructures présentes sur le territoire de la réserve naturelle, à l'exception du patrimoine historique, sont de deux ordres. Il s'agit d'une part du bâti composant les bases australes, d'autre part des cabanes éparses accueillant les manipulations scientifiques ou les séjours de loisir sur les sites isolés (pour les cabanes, se référer aux documents cartographiques n°16, 17 et 18).

4.3. Les activités socio-économiques dans la réserve naturelle

4.3.1. La recherche scientifique

Les activités de recherche sur les districts sont mises en œuvre par l'Institut Polaire Français *Paul Emile Victor* (IPEV), agence française de projection de moyens dans les régions polaires au bénéfice de la recherche académique nationale. Basé à Brest, il a été créé en 1992 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 Ministère de la Recherche et le CNRS qui assurent respectivement l'essentiel des moyens financiers et humains de l'Institut, le CNES, le CEA, l'Ifremer, Météo-France, les TAAF et les EPF.

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[3], la RCTA, le CPE, la RCTA, le SCAR ; le IASC, etc.

L'Institut a également pour objet de réaliser des campagnes océanographiques au moyen des navires qui lui sont confiés, notamment le Marion-Dufresne qu'il sous-affrète aux TAAF 217 jours par an.

4.3.1.1. Sélection des programmes scientifiques

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 Civils à l'Aide Technique pour le suivi des programmes en hiver).

Certains des programmes retenus nécessitent d'autres filtres d'évaluation ou d'autorisation. C'est le cas :

- des programmes mettant en jeu des vertébrés (évaluation par le Comité d'éthique inter-organisme pour l'expérimentation animale de Midi-Pyrénées)

[3] 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 Comité National de Protection de la Nature),
- des programmes nécessitant l'accès à des zones protégées dans les TAAF (autorisations délivrées par le Préfet des TAAF),
- des programmes se déroulant dans la zone du Traité sur l'Antarctique, au sud du 60ème 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 Subantarctique. Celle-ci se mesure non seulement à la réputation des équipes de recherche au niveau international et à leur position de leaders 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 (revues à comités de lecture indexés par ®ISI). Ainsi, la France occupe le 5ème rang mondial des auteurs d'articles relatifs à l'Antarctique (derrière de grands pays tels que les USA, le Royaume Uni, l'Australie et l'Allemagne). Dans les îles subantarctique, la France occupe le 1er rang en terme de publications, et cela devant des pays très actifs qui possèdent également des bases dans cette région du monde : le Royaume Uni - *Géorgie du Sud* -, l'Australie - *Iles Macquarie et île Heard* - ou l'Afrique du Sud - *Iles Marion et Prince Edward* - (étude bibliométrique portant sur les années 1992-2008).

Au total, c'est une soixantaine de programmes que l'IPEV met en œuvre annuellement, pour moitié dans les îles subantarctiques et en Terre Adélie, pour un quart en Arctique et le quart restant à Concordia. Ce sont environ 225 chercheurs par an, français ou étrangers, qui séjournent dans les districts des TAAF pour mener leurs recherches.

4.3.1.2. Les programmes dans les îles australes

Alors que la station Concordia accueille essentiellement des recherches dans le domaine de la glaciologie, la chimie de l'atmosphère ou l'astronomie, celle de Dumont d'Urville présente un spectre plus équilibré entre science de la terre et sciences du vivant. En revanche, les îles subantarctiques sont le domaine privilégié des recherches en biologie et en sciences de l'environnement.

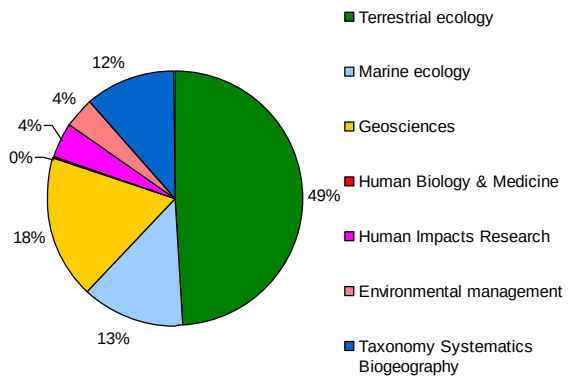


Figure 44 : Répartition des travaux dans les îles subantarctiques de 1975 à 2007

La figure ci-contre illustre la répartition des travaux menés dans les îles subantarctiques (en termes de publications produites). Près de 80% d'entre eux concernent l'écologie terrestre ou marine, incluant des aspects physiologiques ou écophysiologiques, la taxonomie, la biogéographie, ou bien des aspects environnementaux, liés pour certains à la présence humaine dans ces îles.

En détaillant le domaine de l'écologie terrestre qui recouvre 49% des publications subantarctiques, on constate que la moitié d'entre elles traitent des oiseaux et mammifères marins. La flore et les invertébrés représentent quant à eux respectivement 16 et 18 % des publications. Enfin, domaine émergeant ces dernières années, les recherches sur l'impact des mammifères introduits se développent, s'ajoutant à celles portant sur la flore et les invertébrés introduits.

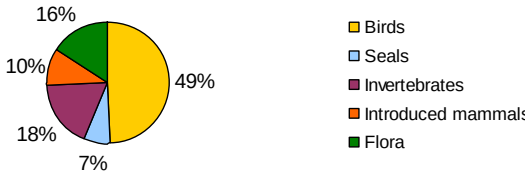
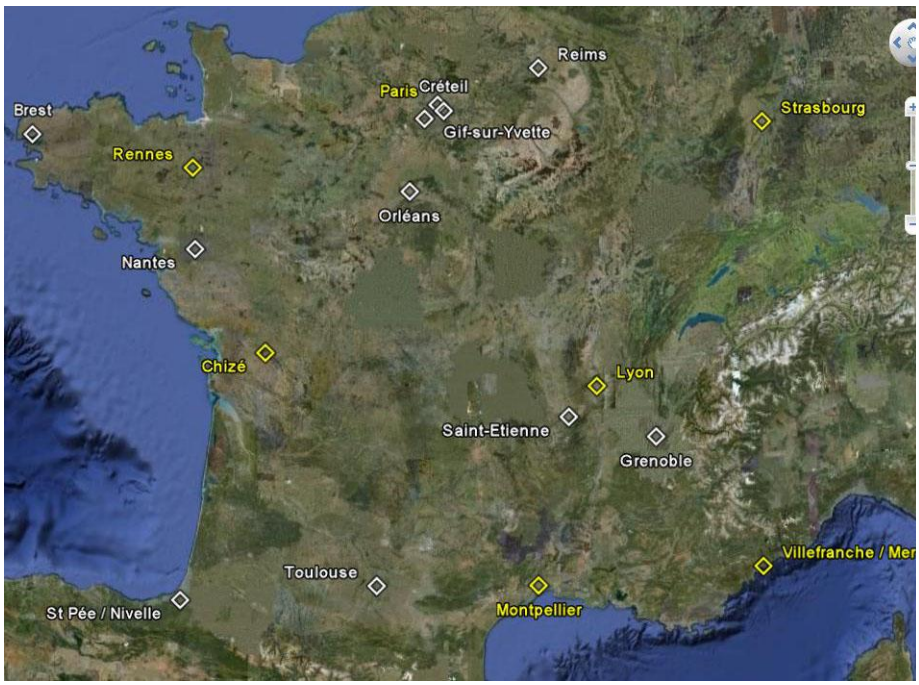


Figure 45 : Distribution des recherches dans le domaine de l'écologie terrestre dans les îles subantarctiques de 1975 à 2007

Dans le domaine des géosciences, ce sont essentiellement des travaux en géologie, magnétisme et sismologie qui sont menés dans les îles australes françaises, ainsi qu'en chimie de l'atmosphère sur l'Ile Amsterdam.

Comme indiqué ci-dessus, la mise en place de programmes de type observatoire dès l'ouverture des bases (1951 sur Kerguelen et Amsterdam, 1964 sur Crozet) a permis d'acquérir des séries longues de données qui aujourd'hui sont d'une valeur exceptionnelle pour l'analyse des impacts des changements globaux qui affectent particulièrement ces îles : changements climatiques en premier lieu, mais également impacts anthropiques directs (activités de pêches, fréquentation humaine, activités d'élevage et de culture etc…).

Fort de ce constat, le CNRS a souhaité contribuer au renforcement des approches pluridisciplinaires dans la collecte de données environnementales à long terme, de modélisation et d'expérimentation. Pour cela, il soutient depuis 2000 la Zone-Atelier de recherches sur l'environnement antarctique et subantarctique, actuellement coordonnée par Marc Lebouvier (UMR Ecobio Rennes-Paimpont), et qui regroupe des laboratoires animant 7 programmes de recherche soutenus par l'IPEV dans les TAAF (Cf. Carte 73 ci-dessous).



Carte 73 : laboratoires animant les programmes de recherche soutenus par l'IPEV dans les Iles Australes Françaises

Les objectifs de cette Zone-Atelier sont les suivants :

- accompagner en métropole les percées scientifiques résultant de la révolution technologique en matière de miniaturisation de capteurs (*biologging*) et de télémétrie satellitaire. Par exemple, mise au point d'appareils permettant de suivre les oiseaux en mer et sous la mer et d'associer les déplacements alimentaires des prédateurs marins aux températures de surface des masses d'eau obtenues par satellite. Outre la connaissance de leur vie en mer jusqu'alors hors de portée, ces bioindicateurs dont les fluctuations de population et de succès reproducteur sont visibles à terre constituent des "voyants de contrôle" de l'écosystème marin permettant d'évaluer les ressources halieutiques et de surveiller leur évolution.
- lier les longues séries de données (par exemple banque démographique sur les oiseaux et mammifères marins unique au monde par la durée des suivis et le nombre d'espèces : plus de 40 ans pour certaines espèces et 27 espèces suivies en 4 localités) avec des événements majeurs (surpêche, ENSO). De la même manière, l'ensemble des observations effectuées sur les invertébrés terrestres et la végétation depuis le milieu des années 1970 font l'objet de bases de données servant de support à des études sur l'impact des changements climatiques survenus pendant cette période ou sur ceux des espèces introduites devenant aujourd'hui invasives, du fait des améliorations climatiques.
- continuer à suivre l'évolution à long terme (jusqu'à un demi siècle) des écosystèmes marins et terrestres avec des moyens logistiques et techniques de plus en plus performants : ainsi à Kerguelen, un bateau de 25 m permet de suivre les prédateurs marins jusque sur leurs lieux de pêche en collectant leurs proies. A terre, l'utilisation d'images de télédétection permet d'évaluer l'impact des changements climatiques sur la végétation et les sols, notamment sur le Golfe du Morbihan où les processus d'érosion, liés aux sécheresses estivales, sont les plus intenses.
- favoriser des expérimentations en vraie grandeur : programmes de restauration par éradication ou contrôle d'espèces introduites à fort impact (comme par exemple les rats, lapins, chats sur plusieurs îles), suivi de l'évolution des espèces et espaces, mesures d'accompagnements de ces programmes (plantations à Amsterdam).
- employer ces données multidisciplinaires comme outils de gestion pour guider, en mer, la gestion des pêches ou la protection des oiseaux pélagiques et, à terre, la conservation, le développement durable ou la restauration de ces écosystèmes uniques.

Ainsi, il est évident que les programmes mis en œuvre par l'IPEV dans les îles australes françaises, et en particulier ceux qui contribuent à la Zone-Atelier mentionnée ci-dessus, pourront jouer un rôle de premier plan dans la vie de la réserve naturelle.

4.3.2. La pêche professionnelle

L'activité économique liée aux ressources marines ne concerne actuellement que la pêche. Dans le passé les otaries ont été les premières exploitées pour leurs fourrures, les gorfous de Saint-Paul ont souvent été utilisés comme appâts pour la pêche au casier de la langouste, les cétacés ont connus leur unique usine baleinière sur le territoire français (Port Jeanne d'Arc) et enfin les éléphants de mer ont été les derniers mammifères marins exploités à la fin du 20ème siècle par la SIDAP à Kerguelen.

La pêche actuelle dans la réserve marine ne concerne désormais plus que les eaux territoriales de St-Paul et Amsterdam. La pêche dans le reste de la réserve, notamment dans la partie marine de Crozet et de Kerguelen est strictement interdite.

4.3.2.1. La Pêche à la langouste, aux poissons et aux céphalopodes dans les ZEE d'Amsterdam et St-Paul :

4.3.2.1.1. Rappel historique de la pêche dans les eaux de St-Paul et Amsterdam

Les éléments de ce rappel historique sont en grande partie extraits des écrits de Velain (1880) et Aubert de la Rue (1971).

4.3.2.1.2. La pêche aux poissons

Les îles Saint-Paul et Amsterdam suscitèrent, dès le 18ème siècle, un grand intérêt pour leurs animaux marins : baleines, éléphants de mer et otaries. Des deux premiers en effet, on pouvait retirer une huile abondante, tandis que les derniers fournissaient une fourrure très recherchée. C'est ainsi que de grands massacres eurent lieu, provoquant une diminution spectaculaire des colonies de reproduction auparavant très abondantes.

C'est vers 1840 que certains armateurs et pêcheurs de la Réunion (ancienne île Bourbon) commencèrent à s'intéresser sérieusement aux eaux poissonneuses des îles Saint-Paul et Amsterdam. Cela s'explique aisément par la grande pauvreté ichtyologique des côtes réunionnaises, et par la forte demande sur le marché intérieur de l'île. En 1843, un négociant de Saint-Denis, nommé Camin, prit l'initiative de créer une société intitulée "Compagnie pour les îles Saint-Paul et Amsterdam" et fit appel à 1'expérience des pêcheurs bretons pour installer une station de pêche permanente dans le cratère de Saint-Paul. C'est ainsi qu'un contingent d'une soixantaine de pêcheurs, plus tout le matériel nécessaire à l'édification de l'établissement de pêche, furent embarqués a bord du trois mâts 1'"Olympe". Ces hommes étaient accompagnés d'une douzaine de soldats chargés par le Gouverneur de la Réunion de prendre officiellement possession des îles au nom de la France. Cette prise de possession fut bien exécutée le 1er juillet 1843 à l'île Amsterdam et le 3 à l'île Saint-Paul, par le chef de l'expédition, le capitaine M. Dupeyrat et par le nouveau chef des deux îles, A. Mieroslawski. Elle ne fut cependant pas reconnue par le gouvernement de la Métropole, les soldats étant rapatriés un an plus tard, et la prise de possession officielle n'eut lieu.

L'établissement, installé dans la partie nord-est du cratère, la seule favorable par sa topographie, comprenait plusieurs bâtiments abritant un personnel d'environ 40 hommes chargés de pêcher, préparer et saler le poisson. Il fonctionna 10 ans malgré bien des difficultés et fut finalement abandonné en 1853 après la perte successive de trois bateaux transportant le poisson salé jusqu'à la Réunion. Après cet échec, la pêche fut organisée chaque année à partir de la Réunion, jusqu'en 1913. Selon Aubert de la Rue (1971), "les pêcheurs étaient amenés par des goélettes qui mettaient 15 à 20 jours pour parcourir les 2000 km séparant l'île Bourbon de Saint-Paul... Un pêcheur un peu expérimenté prenait de 300 à 400 "morues" (ou saint-paul) à par jour. Une goélette rapportait en moyenne, la campagne terminée, environ 40.000 poissons salés à l'île Bourbon. Les langoustes intéressaient peu ces anciens pêcheurs qui se contentaient de préparer une certaine quantité de queues, conservées dans le sel, pour leur armateur.

Par la suite, la priorité fut donnée aux langoustes qui constituent, un meilleur produit commercial. La pêche aux poissons fut cependant reprise en 1948-1949, par le "Cancalais" (Anon., 1949) puis en 1950 par le « Sapmer » qui pêchait aussi chaque année un petit tonnage de poissons ("Bleus", "Fausses Morues" ou « saint-paul » et "Cabots") mis en congélation et destiné au marché de la Réunion. Par la suite, les pêches ont été progressivement délaissées au profit des langoustes et le vieux carrelet du "Sapmer" a cessé ses fonctions à la fin de la campagne 1971-1972. Ce n'est qu'en 2000/01 que l'activité de pêche aux poissons a recommencé de manière significative, à l'heure actuelle les prélèvements sont soumis à autorisation et une partie de la ressource prélevée est contingentée et réglementée au même titre que la pêche langouste.

4.3.2.1.3. La pêche à la langouste

C’est en 1928 qu'un armateur du Havre, Henri Bossière, décide d'exploiter la grande richesse en langoustes de ces îles, en créant la société "La Langouste Française", filiale de la "Compagnie Générale des Iles Kerguelen, Saint-Paul et Amsterdam". Le 4 novembre 1928 le bateau de la société, 1'"Austral", à bord duquel se trouvait Aubert de la Rue et son épouse, laissait sur l'île Saint-Paul 28 pêcheurs bretons ayant pour mission de construire et de mettre en route une usine de conserve de langoustes. L'établissement compta jusqu'à une centaine de personnes (surtout des Malgaches), dont des femmes et des enfants, mais n'eut qu'une vie éphémère. En effet, après une série d'incidents très graves, dont une épidémie de béri-béri qui provoqua la mort de nombreux membres du personnel, la troisième campagne finit tragiquement avec l'évacuation précipitée et définitive de l'île en avril 1931 (Bourge, 1932). Grâce au témoignage d'Aubert de la Rue (1932), nous possédons de précieux renseignements sur la pêche telle qu'elle était pratiquée a l'époque : "La pêche se pratique au moyen d'embarcations à moteur montées par trois ou quatre hommes (...) On utilise pour cette pêche des casiers métalliques dans lesquels on place comme appât des dépouilles de manchots, ce qui nécessite chaque jour le massacre d'environ 400 manchots... Les casiers sont descendus au fond de la mer, généralement par des fonds variant de 15 à 30 mètres. Chaque embarcation dispose d'une douzaine de casiers ; lorsque le dernier est placé, on commence aussitôt à remonter le premier ... Les embarcations sont toutes munies d'un treuil actionné par le moteur, permettant de remonter très rapidement le casier plein. Aussitôt pêchées, les langoustes sont transportées à l'usine ... Au cours des très bonnes journées, on parvient à prendre environ 25 000 langoustes ..."

Le premier bateau de pêche aménagé pour la congélation des langoustes en mer fut 1'"Ile Bourbon", mais la campagne qu'il effectua en 1938-1939, trop mal préparée, s'acheva lamentablement.

L'idée de pêcher et de congeler les langoustes sur place fut reprise ultérieurement et avec succès cette fois, par la S.A.P.M.E.R.qui arma un navire spécialement équipé, le "Sapmer". Au cours de sa première campagne en 1949-1950, le navire usine surgélateur de Grande Pêche a commencé à exploiter intensivement le stock de langoustes vivant autour des deux îles et depuis, une campagne de pêche est organisée régulièrement chaque année durant l'été austral (excepté en 1957-1958). Tout n’a cependant pas été serein au cours de ces 57 années d’exploitation puisque la langouste a toujours attisé les convoitises. Une période en particulier, la surexploitation des années 1970 à 1974, a ainsi laissé bien des traces. Le passage d’une unité de pêche à quatre a conduit à l’effondrement des stocks et l’intensification du braconnage n’a pas aidé à la reconstitution de la ressource. Heureusement, la montée en puissance de la surveillance dans les années 80 a permis de contrecarrer le pillage et de repartir sur des bases saines.

Durant cette période d’exploitation, le premier "Sapmer" a été remplacé par un deuxième "Sapmer", plus grand (88 m de longueur) et plus moderne auquel s'est joint un second bateau, plus petit (33 m) spécialisé dans la pêche profonde en filière, le "Folgor", ancien langoustier de Camaret. Leur ont succéder ensuite le « Cap Horn » puis l’ « Austral 1» qui lui-même a été remplacé par l’ « Austral 2» actuel bateau d’exploitation. L’ « Austral 2» est un bateau usine, chalutier-caseyeur-congélateur de 76m de long. Il est la copropriété de deux armateurs la SAPMER (65%) et ARMAS Pêche (35%).

4.3.2.1.4. Déroulement de la pêche aujourd’hui

La technique de pêche reste sensiblement la même, seules les prescriptions techniques évoluent au fil du temps afin de limiter l’impact environnemental de cette activité. La flotte de l’Austral se compose de deux types d’embarcations, des chaloupes dit « doris » au nombre de 4 qui opèrent en zone côtière et deux petits caseyeurs qui opèrent en zone profonde, ceux ci ne sont pas autorisés à pénétrer dans la zone côtière. La réglementation de la pêche autorise la sortie simultanée en zone côtière de 4 embarcations (type doris) à Amsterdam et de 3 à Saint-Paul.

Que se soit pour la pêche langouste ou la pêche aux poissons et aux céphalopodes, le travail à bord de l’austral s’organise en deux grands ensembles :

- les pêches quotidiennes à bord des embarcations doris et petits caseyeurs,
- le traitement des prises à bord du bateau et leurs mises en congélation.

La pêche à la langouste :

La pêche à la langouste est ouverte du 1er décembre au 30 avril.

Elle est répartie en deux zones ; La zone côtière (fonds<70m) et la zone profonde (fonds >70m). Le banc des 16 milles dit « banc farce » et tout autre banc présent dans la ZEE est considéré comme appartenant à la zone profonde.

La pêche à bord des doris :

La mise à l'eau des doris s'effectue avant le levé du soleil, manœuvré par un patron et un matelot, les doris de 7m50 travaillent avec 28 casiers chacun. Les casiers utilisés en zone côtière sont conçus en latte de châtaignier, ils sont biodégradables à plus ou moins longue échéance. Ils sont mouillés individuellement et régulièrement espacés le long d'une même ligne. Les doris ne pèchent que dans la zone côtière, de 3 à 70 m de profondeur, c'est-à-dire â l'intérieur de la bande délimitée par la bordure externe des champs de *Macrocystis pyrifera*, principal repère visuel des marins. Plus au large, les fonds à *Macrocystis,* remplacés par des zones de sable n'offrent aucune protection contre les courants, qui emportent alors les casiers et leur bouée vers les grands fonds.

Les casiers sont appâtés avec les parties non consommables des poissons pêchés par les embarcations. Ils sont laissés à l'eau environ deux heures puis remontés en commençant par le premier mouillé, leur virage est effectué à l'aide d'un cabestan central entraîné par un moteur hydraulique.

Le casier viré est ensuite vidé par une extrémité dans le parc central du doris où est étalé un grand filet tenu aux quatres coins.

Les doris viennent accoster chacun leur tour, en se répartissant le long des deux bords de l'"Austral", leurs filets sont remontés et pesés directement. Les poids bruts de langouste pêchés sont notés à mesure afin de suivre l'évolution de la pêche durant la campagne et déterminer quand le quota sera atteint. Le filet est ensuite vidé dans l'un des deux parcs, bâbord et tribord, avant d'être rendu au doris pour la suite de la pêche. Chaque embarcation file et vire ainsi près de 122 casiers chaque jour.

La pêche à bord de caseyeurs :

Un patron, un second et deux marins composent l'équipage de chacun des deux caseyeurs. Ces navires travaillent plus au large, par des fonds de 70 à 350 m. Chaque soir 6 à 8 filières de 20 casiers chacune sont posées pour être relevé au matin. Les casiers utilisés sont des casiers à armature fer et à maillage plastique rigide, ils sont équipés d'un panneau d'évasion afin d'éviter les captures fantômes lors de leur perte. Le patron manœuvre et choisit les lieux de pose des casiers, son bateau transporte une filière à la fois et fait la navette entre l'Austral et les lieux de pêche.

Ces opérations sont rendues très difficiles à cause de l'exposition plus grande au mauvais temps au large des côtes, hors de la zone de protection au vent située à l'abri des falaises dans l'Est des deux îles. Une autre difficulté importante est constituée par la présence de véritables "forêts" d'Antipathaires géants, redoutables pièges pour les casiers qui tombent sur eux. Ces Antipathaires (appelés "arbres" par les pêcheurs) extrêmement robustes sont la cause d'une perte importante de casiers.

La pêche aux poissons et aux céphalopodes

La pêche aux poissons et aux céphalopodes est ouverte annuellement du 15 novembre au 31 août.

La pêche aux poissons est réalisée simultanément depuis les doris, les caseyeurs ainsi que depuis le bord de l' « Austral ». Trois techniques de pêche sont autorisées et utilisées : la pêche à la ligne (tous), à la palangre (caseyeurs et navire) et au carrelet (uniquement navire).

A bord des doris et des caseyeurs, les matelots utilisent la palangre verticale ainsi que des lignes à la main. Sur l'« Austral », la pêche au carrelet vient compléter ce dispositif de pêche. Les espèces autorisées à la pêche sont pour les poissons: le cabot (*polyprion oxygeneios*), le « saint-Paul » appelé également « fausse morue » (*Latris lineata*), le rouffe antarctique ou gros yeux (*Hyperoglyphe antarctica*), le bleu (*Acantholatris monodactylus*), la sériole (*Seriola lalandii*) et le moro (*Mora moro*). Le prélèvement des pieuvres (*Octopus sp*.) est également autorisé, sans distinction d'espèces, c'est une capture accessoire des casiers.

4.3.2.2. Gestion et impact environnemental de l'activité de pêche dans les ZEE de St-Paul et Amsterdam :

La gestion de la pêche dans les eaux de St -Paul et Amsterdam est réalisée au sein du service Gemin sous l'autorité du préfet, administrateur supérieur. Les règles de pêche, l'attribution des permis et quotas sont fixés chaque année par arrêtés préfectoral. Les TAC sont définis après consultation de l'avis scientifique du département des milieux et peuplements aquatiques du MNHN.

Des contrôleurs de pêche sont embarqués à chaque marée, leur rôle est de veiller à la bonne application de la réglementation et aux bonnes pratiques de pêches. Ils sont également impliqués dans la réalisation d'un programme de suivi halieutique rigoureux destiné à acquérir la connaissance biologique et évaluer la biomasse exploitable. Leur travail contribue ainsi à la connaissance précise des méthodes de pêche qui évoluent et au contrôle des résultats obtenus.

La gestion mise en place a pour objectif d'assurer la conservation à long terme et l'utilisation optimale des ressources halieutiques dans les ZEE de St-Paul et Amsterdam. Ces activités de pêche sont conduites dans le souci de préserver l'écosystème dans lequel ces ressources se déploient.

La pêche à la langouste dans les eaux de St-Paul et Amsterdam est une des rares pêcheries françaises qui est suivie et gérée depuis l'origine. Des quotas d'exploitation existent depuis la campagne 1951-52.

Au cours des 57 années d'exploitation, seul l'été austral 1957-58 n'a pas connu de campagne de pêche.

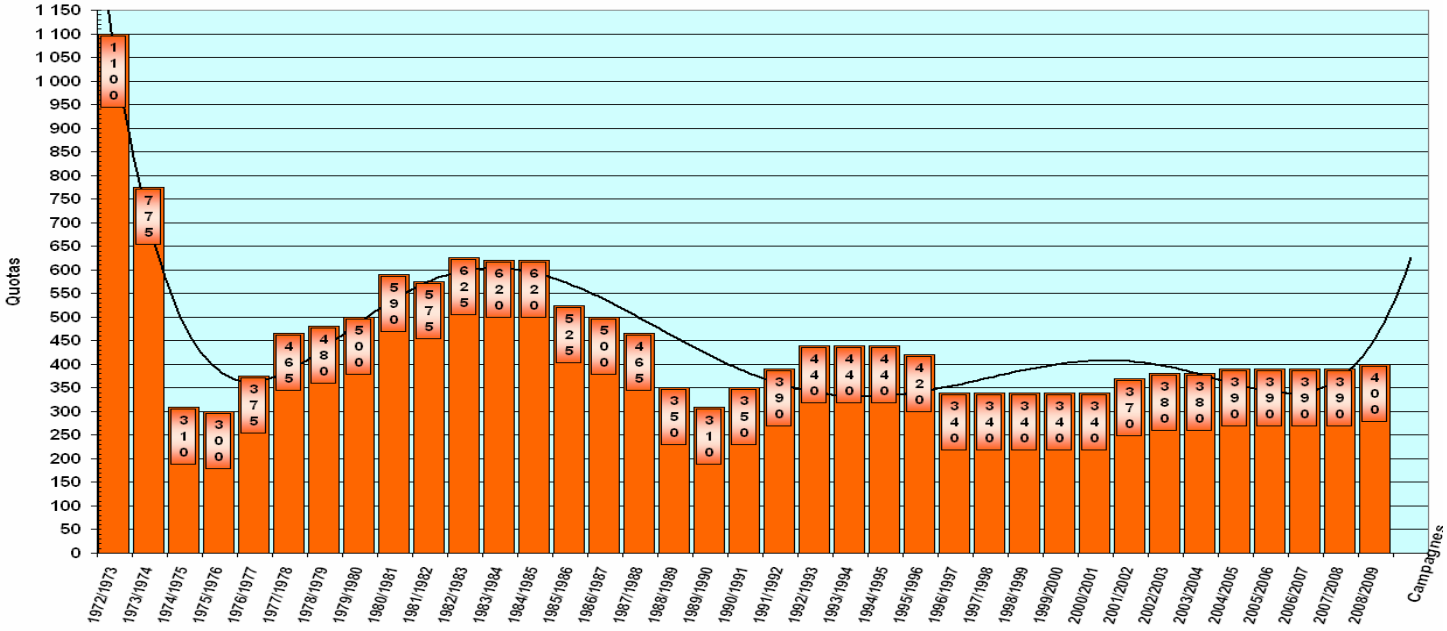


Tableau 87 Evolution des TAC de Langouste (*Jasus paulensis*) entre les campagnes de pêche de 1972/73 et 2008/09.

Dans l'ensemble les langoustes du large offrent des rendements beaucoup moins intéressants que les langoustes côtières, leurs principaux avantages étant leur taille supérieure et leur bel aspect extérieur, facteurs importants du point de vue commercial. Cependant, ces fonds du large, au stock plus fragile, ont été surexploités par le "Folgor", le "grand canot" (petit caseyeur) et les prélèvements pirates incontrôlés dans les années 70. Aujourd'hui encore la pêche dans les zones profondes est plus difficile et nécessite de différencier l'effort de pêche dans chacune des zones établies, soit des quotas plus important dans la zone côtière et plus faible dans la zone profonde.

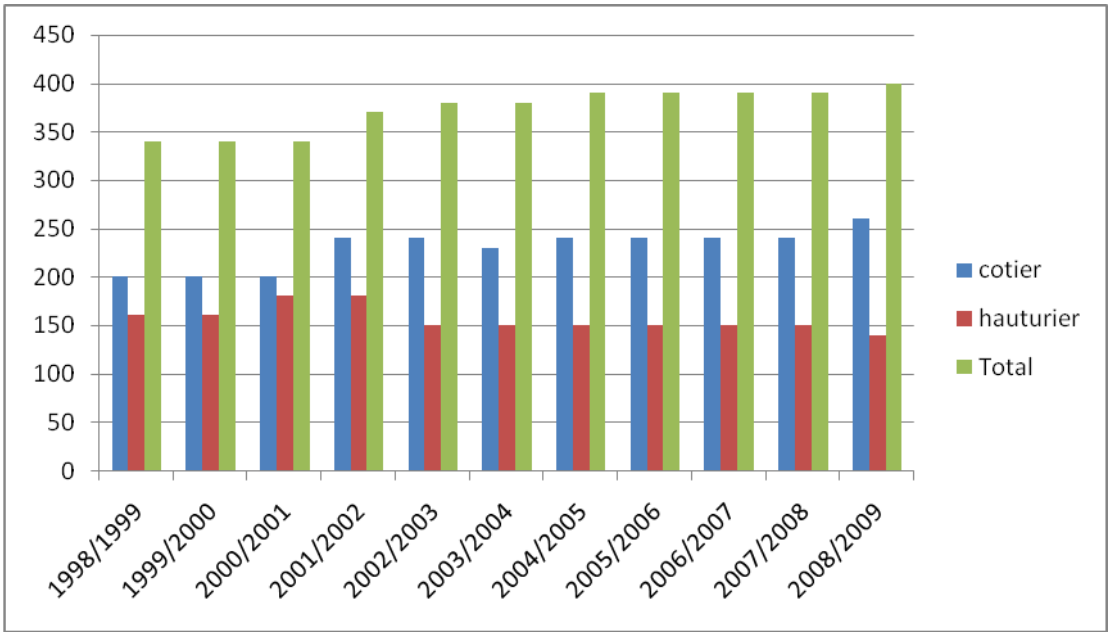


Tableau 88 : Evolution des TAC de langouste (Jasus paulensis) dans chacune des zones de pêche entre les campagnes 1998-1999 et 2008-2009

La tendance de ces 10 dernières années d'exploitation va vers une augmentation des quotas, ils sont passés de 340 à 400 tonnes avec un palier stable des TAC à 390t entre 2003 et 2007.

Evolution des quotas de poissons

En ce qui concerne les TAC de la ressource piscicole, les données en notre possession ne remontent pas au-delà de la campagne 1980-1981. A cette époque des contingents étaient déjà en place pour le cabot (*Polyprion oxygeneios*) et la fausse morue (*Latris lineata*), il s'agissait de TAC globaux pour les espèces ainsi que pour les zones de pêches. Ce n'est qu'ensuite que des contingents différenciés par espèce et par unités de gestion halieutiques ont été instaurés. La subdivision des quotas par zones à été supprimé au début de la saison de pêche 2008-2009, les stocks de poissons de roche ayant été identifiés comme les mêmes d'une unité à l'autre.

Les TAC concernent les espèces qui sont susceptibles d'être affectées rapidement et durablement par une surexploitation. Ils concernent dans les ZEE de St-Paul et Amsterdam, le cabot (*Polyprion oxygeneios*), le rouffe antarctique (*Hyperoglyphe antarctica*) et le saint-Paul (*Latris lineata*) espèces à intérêt commercial. La pêche dirigée vers les autres poissons comme le bleu (*Acantholatris monodactylus*) pêché au carrelet ou au moro (*Mora moro)* pêché à la palangre profonde, est uniquement soumise à permis. Aucune limitation n'est considérée pour les céphalopodes (*Octopus sp.)* ou la seriole (*Seriola lalandii*) car, étant des captures accessoires très aléatoires de la pêche à la ligne et au casier il n'y a pas de pêche spécifiquement dirigée sur ces espèces.

Tableau 89 : Tableau récapitulatif des TAC de poisson entre 2006 et 2009, en tonnes

Saison	Espèce	Zone	Quota	Total
2006-2007	Cabot (*Polyprion oxygeneios*)	Territoriale	50	59
		Hauturière	9	
	Rouffe Antarctique (*Hyperoglyphe antarctica*)	Territoriale	50	70
		Hauturière	20	
	Fausse morue (*Latris lineata*)	Territoriale	20	21
		Hauturière	1	
2007-2008	Cabot (*Polyprion oxygeneios*)	Territoriale	40	50
		Hauturière	10	
	Rouffe Antarctique (*Hyperoglyphe antarctica*)	Territoriale	40	60
		Hauturière	20	
	Fausse morue (*Latris lineata*)	Territoriale	20	25
		Hauturière	5	
2008-2009	Cabot (*Polyprion oxygeneios*)	Territoriale	50	
		Hauturière		
	Rouffe Antarctique (*Hyperoglyphe antarctica*)	Territoriale	60	
		Hauturière		
	Fausse morue (*Latris lineata*)	Territoriale	25	
		Hauturière		

Pour la campagne 2008-2009, les TAC ont été attribués à la SAPMER et ARMAS PECHE pour la langouste et le poisson (même arrêté 2007-58) et l' « Austral » est le navire détenteur de la licence.

Les prescriptions techniques

Les prescriptions techniques constituent le cadre réglementaire techniques de la pêche, il définit point par point les obligations des armements. Ces prescriptions sont révisées chaque année entre deux campagnes.

4.3.2.2.1. Les impacts environnementaux :

Les activités de pêche ont actuellement un impact relativement réduit sur l'écosystème et sur la ressource. Cependant il n'est pas nul et plusieurs points problématiques se doivent d'être examinés et approfondis afin de mieux appréhender leur impact, il s'agit :

-de la perte des casiers,

-de l'augmentation de la déprédation par les orques (*Orcinus orca*),

La perte de casiers

La perte de casiers en fer avec maillage en matière plastique est un problème rémanent (ceux en lattes de châtaignier s'avèrent biodégradables à plus ou moins longue échéance) pour des zones géographiques aussi limitées. Chaque année une trentaine de casiers sont perdus sur les fonds autour des îles, ces casiers peuvent constituer des pièges fantômes occasionnant une mortalité de la faune sous marine. Les prescriptions techniques ont été modifiées en 2008, dorénavant elle impose l'équipement de chacun des casiers fer et maillage plastique avec des panneaux d'évasion biodégradables. Il est important de suivre la bonne application de cette mesure.

La déprédation

Ce phénomène est déjà bien connu pour la légine (*Dissostichus eleginoides*) à Crozet mais se développe aussi à Saint-Paul et Amsterdam. Les orques viennent d'après les observations des contrôleurs de pêche, de plus en plus prédatés les poissons sur les lignes en surface, le rouffe antarctique (*Hyperoglyphe antarctica*), un des poissons les plus gras est leur cible privilégiée. C'est aussi, après le Cabot, un des poissons les plus intéressants pour les pêcheurs pour ça bonne valeur marchande. Les interactions récurrentes des orques *(Orcinus orca)* avec la pêcherie posent ainsi des problèmes à plusieurs niveaux. Au niveau de la gestion de la ressource, la biomasse prélevée par les cétacés est difficile à quantifier ce qui peut mener à une surexploitation des stocks. Ce phénomène doit toutefois être relativisé par le fait que la pêche pratiquée ne cible pas spécifiquement le rouffe antarctique et que les espèces pêchées simultanément sont également soumises à quotas. De ce fait, une fois le quota d'une espèce atteint, la pêche doit s'arrêter même si le quota des autres espèces lui, n'est pas atteint, limitant ainsi toute surpêche.

Au niveau économique, le rouffe antarctique étant une des espèces les plus rentables, les pertes en biomasse se répercutent irrémédiablement en pertes financières.

Un travail de photo-identification a été initié à bord du bateau ces dernières années, cependant aucun programme réel de suivi des populations n'a été engagé. Il est primordial de mettre en place un programme de photo identification spécifique à Amsterdam et St-Paul afin de mieux connaître la population d'orques présente et de suivre l'évolution du phénomène. Une meilleure connaissance permettra de mieux quantifier l'impact des orques sur la ressource et ainsi d'en améliorer la gestion.

Mortalité aviaire

Il n'existe pas de mortalité accidentelle d'oiseaux de mer due aux activités de pêche au poisson comparable à la situation de la pêche palangre autour des îles Kerguelen et Crozet. Cependant il arrive que des accidents surviennent lors du virage des palangres (Com. Personnel. Pauvert). Des oiseaux (albatros à becs jaunes…) attirés par la remontée des poissons sont parfois accrochés par l'aile ou la patte (et libérés par la suite). Une attention toute particulière doit être apportée par le contrôleur sur ce phénomène qui nécessite d'être suivi.

4.3.3. Les activités de gestion

Encore relativement restreinte jusqu'à maintenant, la présence des gestionnaires sur le terrain est indispensable pour mener les actions de gestions. Au même titre que les activités scientifiques, elles sont génératrices d'emplois.

Il sera important de prendre en compte ces activités dans la fréquentation de la réserve et notamment des sites spécialement classés.

La vocation à accueillir et l'intérêt pédagogique de la réserve naturelle

Une réserve naturelle est un outil de sensibilisation à la connaissance de l'environnement et à sa préservation. Cependant, Il faut rappeler ici le contexte insulaire extrême de cette réserve qui ne permet pas au grand public d'y avoir accès en dehors des activités touristiques réduites ne représentant qu'une soixantaine de personnes par an.

La recherche menée sur ces territoires, parfois depuis 50 ans pour certains programmes, permet d'avoir une très bonne connaissance de certains mécanismes biologiques et écologiques. Il est important de pouvoir diffuser cette connaissance au plus grand nombre.

4.4. Sensibilisation du grand public :

Au cours de la rédaction de ce premier plan de gestion, les TAAF ont signé une convention avec la ligue de protection des oiseaux (LPO). La signature de cette convention devra permettre d'assurer une part de la communication vers le grand public autour des oiseaux de la réserve. En dehors de cette démarche et de quelques documentaires réalisés dans les Terres australes françaises, peu d'outils de sensibilisation du grand public ont été mis en place dans le cadre de la réserve naturelle.

Notons qu'en réponse à un appel d'offre de l'Agence Nationale pour la Recherche dans le cadre de l'Année Polaire Internationale un programme de culture scientifique, « Grand Sud », a été mis en place par la Zone Atelier de Recherches sur l'Environnement Antarctique et Subantarctique (CNRS, INEE). Ce programme comporte des conférences, des interventions en milieu scolaire et la mise en ligne (en cours) d'un site présentant les particularités des organismes et écosystèmes étudiés dans les TAAF (http://za-antarctique.univ-rennes1.fr/grandsud/).

De manières générale la sensibilisation et la communication vers le grand public pourra se faire via des supports tel que :

- Films et documentaires
- Expositions ponctuel et /ou itinérantes
- Exposition fixes (siège de l'organisme gestionnaire)
- Représentation dans les médias (presse, radio, télé)
- Site internet

Sensibilisation des jeunes :

À ce jour, les actions de sensibilisation auprès des scolaires sont quasiment inexistantes. Seules des présentations de l'ensemble des territoires gérés par les Terres Australes et Antarctiques Françaises sont dispensées à quelques classes réunionnaises, mais elles n'ont pas de réelle vocation à la sensibilisation du patrimoine naturel de la réserve.

En tenant compte du caractère inaccessible de la réserve, il est important de mettre en œuvre une stratégie de sensibilisation au patrimoine marin et terrestre de la réserve via le réseau de l'éducation nationale. Celui-ci devrait permettre de diffuser aux professeurs des supports de travail présentant les écosystèmes, les espèces de la réserve ainsi que sa gestion.

Formations :

L'expérience de gestion de la plus grande réserve naturelle de France doit pouvoir être utile à la formation des futurs gestionnaires d'espaces naturels. Il est donc important que le gestionnaire intervienne auprès d'un maximum de formations universitaires concernées pour présenter son mode

de fonctionnement et les actions engagées pour la préservation du patrimoine naturel. À ce jour, aucune démarche n'a été entreprise dans ce sens.

4.5. Sensibilisation des utilisateurs de la réserve

Ce chapitre est lié au chapitre « fréquentation de la réserve » p°34

Il apparaît clairement que de nombreux utilisateurs de la réserve n'ont pas conscience du statut de réserve de ces territoires. Ils n'ont donc que rarement conscience de la réglementation qu'elle implique et des enjeux de conservation. Une démarche de sensibilisation des utilisateurs devra être mise en place.

4.5.1. Sensibilisation du personnel des bases

Au moment de la rédaction de ce plan de gestion, le personnel présent sur les bases est peu informé des actions de gestion environnementale et de la réglementation de la réserve.

Il faut savoir que le personnel présent sur les bases est remplacé annuellement ce qui nécessite des phases répétées de sensibilisation avant chaque départ du Marion Dufresne vers la réserve.

Avant son départ, le personnel militaire présent sur les bases reçoit une formation d'une journée sur l'environnement de la réserve.

Le personnel technique civil des bases ne reçoit aucune formation portant sur l'environnement.

Les scientifiques ayant un statut de volontaires civils à l'aide technique (VCAT) reçoivent une formation à l'environnement de deux jours avant leur départ vers la réserve.

Le personnel des bases est soumis à l'autorité d'un chef de district, représentant du Préfet des Taaf et donc de l'organisme gestionnaire. À ce jour, chaque chef de district, présent pour un an sur le territoire, reçoit une formation sur la réserve naturelle de deux jours et demi. Ce laps de temps est extrêmement restreint pour transmettre l'ensemble des connaissances nécessaires à la personne qui sera garante de l'application de la réglementation et de la mise en œuvre du plan de gestion sur le terrain.

Il faut noter que la présence des différents scientifiques sur le terrain est un atout pour la sensibilisation à l'environnement de l'ensemble du personnel des bases. Il est cependant nécessaire de pouvoir cadrer cette sensibilisation.

Plusieurs supports de sensibilisation sont envisageables :

- Lettre d'information
- Panneaux illustrant les différentes zones de la réserve ainsi que la réglementation qui leur est propre.
- Site internet de la réserve
- Brochure de sensibilisation remis à chacun avant son départ
- Phase de formation avant le départ
- …

4.5.2. Sensibilisation des touristes

La soixantaine de touristes se rendant chaque année dans la réserve assiste à une présentation sur l'environnement et sur les règles à respecter avant chaque descente à terre. De plus, une brochure de sensibilisation existe à ce jour en version électronique. Elle nécessiterait d'être améliorée, éditée et de leur être diffusée. La diffusion auprès des touristes d'une lettre d'information sur la progression de la gestion de la réserve serait un réel atout.

4.5.3. Sensibilisation des autres utilisateurs de la réserve

Les bateaux de la marine nationale sont garants du respect de la réglementation dans les eaux françaises. Certains de ces navires sont amenés à transiter dans la réserve marine et l'équipage est susceptible de débarquer sur la partie terrestre de la réserve. Ils ne reçoivent à ce jour aucune sensibilisation au patrimoine naturel et à la réglementation de la réserve.

Les équipages des bateaux de pêche, en dehors de l'interdiction de pêcher dans les eaux territoriales (couvertes en partie par la réserve marine), ne sont pas sensibilisés au patrimoine naturel et à la réglementation de la réserve.

5. La valeur et les enjeux de la réserve naturelle

5.1. La valeur du patrimoine naturel de la réserve naturelle

5.1.1. Valeurs écologique

L'ensemble de cette première partie du plan de gestion précise les valeurs écologiques de la réserve. On pourra retenir ici plusieurs aspects majeurs :

- Site terrestre indispensable à la reproduction de nombreuses espèces marines (oiseaux et mammifère marins)
- Abondance de la faune marine reproductrice à terre
- Endémisme élevé
- Zones humides
- Spécificité des habitats
- Zone marine indispensable pour l'alimentation des oiseaux et des mammifères marins

5.1.2. Valeurs d'usage

Un grand nombre d'espaces naturels protégés fournissent des bénéfices vitaux et directs à l'Homme. L'exemple le plus souvent cité est la dépollution des eaux par les zones humides ou le maintien des sols par la végétation… Le maintien de l'équilibre écologique de la réserve naturelle des Terres australes françaises, milieu insulaire extrêmement éloigné de toute vie humaine, ne peut se targuer de présenter de nombreux bénéfices vitaux directs pour l'Homme (en dehors du maintien d'une pêche durable). En effet, des modifications des équilibres écologiques propre à la réserve ne viendraient pas perturber directement la vie de l'Homme ou ne lui apporterait pas directement une perte de bien être.

L'unique valeur d'usage apportant des bénéfices vitaux direct et exploitée (nourriture), provient de l'activité de pêche. Le maintient de ces bénéfice vitaux nécessite une activité raisonnée afin que la valeur extraite directement de la ressource naturelle puisse perdurer (Cf partie 2.6 et 4.3.2)

Au dela de l'exploitation de cette ressource primaire, la pêche est génératrice d'emplois et de bénéfices monétaires. L'activité du navire l'Austral dans les eaux territoriales de Saint-Paul et Amsterdam permet d'employer chaque année un grand nombre de personnes. La SAPMER et ARMAS, les deux armateurs de ces bateaux, tirent de cette activité un chiffre d'affaire de plus de 45 milions d'euros par an.

Les îles subantarctiques françaises sont par ailleurs d'une forte valeur pour la recherche scientifique, et cela 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.
- 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-milieux ; 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.

Au-delà de ces valeurs proprement scientifiques, il est utile de rappeler que les programmes développés dans ces îles reposent sur le personnel de l'IPEV (50 permanents), 25 VCATs en hivernage, et sur plusieurs centaines de scientifiques français et étrangers dont, pour certains, le sujet de recherche est uniquement focalisé sur la zone subantarctique. A titre d'exemple, ce sont en moyenne plus de 225 chercheurs qui sont accueillis chaque année dans les TAAF. Ils ont été près de 900 à séjourner sur les districts australs et antarctiques (hors Concordia) depuis 2004.

De nombreux photographes, écrivains, réalisateurs, par l'intermédiaire de leurs œuvres, tirent un bénéfice du patrimoine naturel, historique et contextuel de ces territoires.

5.1.3. Valeurs de non usage

Au travers des documentaires, des photos, des articles et autres supports de communications ces territoires représentent pour le plus grand nombre un émerveillement face à cette nature intact, éloignée et vaste. Elle est une image de la vie dans ce qu'elle a encore de naturelle. De plus les espèces et les paysages originaux que renferment la réserve a, dans l'imaginaire collectif, une valeur ésthétique indéniable. Comme cité précédement, cette valeur permets d'en tirer des valeurs monétaires (écrivains, photographes…)

En ces temps de prise de conscience écologique par le plus grand nombre, ces territoires sont des sites naturels encore préservés et représentent une image d'espoir pour la préservation de l'environnement à l'échelle globale. A ce titre, la réserve naturelle possède un fort poteniel pour la sensibilisation à l'environnement (cf. partie 4.4).

La réserve naturelle présente un patrimoine historique, lié au milieu marin, tout à fait intéressant. Les tentatives de mise en place d'activités économiques, liées à la pèche ou à l'élevage ont laissé des traces encore visibles aujourd'hui.

5.2. Les enjeux de la réserve naturelle

5.2.1. Les enjeux de conservation

5.2.1.1. Limites et lacunes concernant les oiseaux et mammifères marins

Bien que les données présentées dans ce premier plan de gestion soient une contribution considérable à la connaissance de ces espèces, le nombre d'espèces concernées, les caractéristiques de celles-ci ainsi que le nombre de sites expliquent qu'il demeure de nombreuses lacunes.

5.2.1.1.1. Les priorités qui émergent peuvent être organisées comme suit :

- **1. Poursuite des suivis à long terme**

Les résultats et informations présentés soulignent tout d'abord l'importance de poursuivre l'ensemble des suivis et études menés dans le cadre des programmes IPEV et tout particulièrement les suivis à long terme. Ce constat s'avère d'autant plus vrai dans un contexte de changements globaux, aussi bien climatiques (réchauffement, changement des régimes de vents et précipitations, etc.) qu'anthropiques (changements d'usage et évolution de l'activité de pêche, etc.).

- **2. Actualisation des dénombrements**

Une des priorités consiste à mettre à jour les dénombrements d'espèces pour des sites (îles, îlots ou secteurs) qui ont été très peu prospectés et pour lesquels nos connaissances ne sont plus d'actualité. Ces données sont synthétisées et reprises en annexe IV.

5.2.1.1.2. La mise en œuvre de cette priorité peut s'organiser selon les critères suivants :

- **1. Les espèces à statut patrimonial**

Sont concernées tout d'abord des espèces endémiques à certaines îles (qui abritent ainsi 100% de la population mondiale pour l'espèce) et les espèces pour lesquelles les sites hébergent une très grande proportion de la population mondiale -ou régionale-:

Albatros d'Amsterdam
Prion de MacGillivray
Canard d'Eaton
Sterne de Kerguelen (subantarctique)
Chionis
Cormoran de Kerguelen
Cormoran de Crozet

L'enjeu est majeur pour ces espèces dont le statut de conservation est fortement lié à leur distribution très localisée, les rendant vulnérables à certaines perturbations, surtout locales (mise à part l'albatros d'Amsterdam qui est le seul migrateur).

- **2. Les espèces représentant une biomasse importante de l'écosystème**

Ce sont principalement les espèces de manchots et de gorfous dont plusieurs sont des espèces -prédatrices- clés pour les écosystèmes du fait de l'importance de leurs populations.

Manchot royal

Manchot papou
Gorfou macaroni
Gorfou sauteur subtropical
Gorfou sauteur subantarctique
Eléphant de mer

Il est nécessaire d'assurer la continuité des suivis actuellement en cours et de les compléter pour les sites dont les dénombrements sont anciens ou partiels, voire non disponibles.

- **3. Les espèces affectées par les changements globaux (climat & anthropique)**

Les espèces concernées sont les espèces listées dans l'ACAP - Accord sur la conservation des albatros et des pétrels : tous les albatros ainsi que quatre espèces de pétrels (pétrels géants subantarctique & antarctique, pétrel à menton blanc et pétrel gris) comme espèces à protéger, étant potentiellement exposées à des menaces. Nous rajouterons à ces espèces, des espèces pour lesquelles nos suivis (notamment démographiques) ont démontré un impact des changements globaux sur la population (pétrel bleu).

Cependant, cette liste (tableau 8) a été établie en fonction de nos connaissances actuelles et pour l'environnement actuel et elle ne reste valable que dans ce contexte. Elle ne peut donc pas être considérée comme fixe et exhaustive.

Il est donc primordial d'actualiser les dénombrements pour ces espèces sur les sites insuffisamment prospectés, mais aussi d'assurer les suivis actuellement en cours (démographie, étude de la distribution en mer, étude du régime alimentaire …). Il est également souhaitable de poursuivre les estimations des impacts sur les populations d'oiseaux des mesures de conservation déjà effectuées, comme les dératisations de sites (St-Paul, I. du Château, I. Australia) ou l'élimination d'espèces introduites (I. Haute).

Tableau 90 : Espèces dont les suivis sont à maintenir et/ou actualiser de façon prioritaire

espèces	Patrimonial	UICN	biomasse	affectées	anciennement exploitées
Manchot royal		LC	√		√
Manchot papou		NT	√		
Gorfou macaroni		Vu	√		
Gorfou sauteur subtropical		EN	√		
Gorfou sauteur subantarctique		Vu	√		
Albatros d'Amsterdam	√	CR		√	
Grand albatros		Vu		√	
Albatros à sourcils noirs		EN		√	
Albatros à tête grise		Vu		√	
Albatros à bec jaune de l'Océan Indien		EN		√	
Albatros fuligineux à dos sombre		EN		√	
Albatros fuligineux à dos clair		NT		√	
Pétrel géant antarctique		NT		√	
Pétrel géant subantarctique		NT		√	
Pétrel à menton blanc		Vu		√	
Pétrel gris		NT		√	
Pétrel bleu		LC		√	

Prion de MacGillivray	√	LC			
Canard d'Eaton	√	Vu			
Cormoran de Kerguelen	√	LC			
Cormoran de Crozet	√	LC			
Sterne subantarctique	√	NT			
Chionis	√	LC			
Otarie à fourrure de Kerguelen		LC			√
Otarie à fourrure d'Amsterdam		LC			√
Eléphant de mer		LC	√		√

Statut de conservation Liste Rouge - UICN : LC – Préoccupation mineure, NT - Quasi menacé, Vu - Vulnérable, EN - En danger, CR - En danger critique d'extinction

IUCN 2009. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009.1. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on **28 May 2009**.

Les suivis (notamment les dénombrements), sont à actualiser selon quatre critères : statut patrimonial, importante biomasse, affectées par différentes menaces, anciennement exploitées

4. Les espèces anciennement exploitées

Les espèces concernées sont les pinnipèdes ou les manchots (royaux surtout), dont les populations ont été quasiment éteintes suite à leur exploitation par l'homme, puis ont récupéré une partie de leurs effectifs historiques. Leurs suivis sont donc à poursuivre.

5. Les espèces difficiles à dénombrer et/ou non dénombrées

Il ne faut pas non plus négliger les d'espèces pour lesquelles nos connaissances sont très limitées (ou nulles), qui sont en nombre important, et pour lesquelles il est donc très difficile de brosser un bilan et d'établir des priorités.

Sous ce critère sont rassemblées quasiment toutes les espèces déjà citées comme espèce côtière et non coloniale, espèce côtière à nidification coloniale et diffuse ou espèce à nidification en terrier diffuse et coloniale. La difficulté pour ce groupe d'espèces réside dans l'important effort de prospection à déployer sur le terrain nécessaire pour acquérir ces informations. Ceci est lié en partie à l'aspect logistique à mettre en place pour effectuer ces dénombrements, aussi bien en moyens matériels qu'humains.

Mise en œuvre des moyens nécessaires :

Les différents points évoqués ci-dessus et les priorités identifiées concernant les oiseaux et mammifères marins pinnipèdes impliquent la mise en œuvre d'investissements humain et logistique importants. Il serait ainsi souhaitable qu'une personne au minimum soit en charge de la gestion de l'application des moyens mobilisés pour atteindre les objectifs suivant l'ordre des priorités choisies. De plus, il est également indispensable que les efforts soient concertés dans les différents domaines que couvre la Réserve Naturelle des TAF (habitats, espèces introduites ….).

5.2.1.2. Limites et lacunes des dénombrements d'oiseaux et de mammifères marins

De manière générale, les dénombrements concernant les espèces se reproduisant sur les îles où dans des zones peu fréquemment prospectées sont souvent relativement anciens (années 1970 - 1980), fragmentaires, et pour de nombreuses espèces, se limitent à une information de

présence/absence de l'espèce sur le site. Ceci est lié en partie à l'aspect logistique à mettre en place pour effectuer ces dénombrements, aussi bien en moyens matériels qu'humains.

De plus, les espèces à nidification en terrier, diffuse et coloniale, notamment pour les espèces de petite taille, sont particulièrement difficiles à dénombrées, et l'état actuel des connaissances se limite souvent à de la présence/absence. Ces limites et lacunes d'origine diverses rendent très difficiles des dénombrements (ou des estimations) à l'échelle d'archipels entiers comme Crozet ou Kerguelen. Ceci explique que peu de dénombrements d'espèces sont disponibles à cette échelle et que les tendances des populations soient disponibles au mieux à l'échelle d'une colonie (colonie de suivi démographique) ou d'une île.

Ces lacunes revêtent une importance particulière lorsqu'elles concernent des espèces dont une forte proportion de la population mondiale -voire régionale- se reproduisent dans les TAAF et/ou surtout lorsqu'il s'agit d'espèces au statut de conservation problématique (notamment concernées par différentes menaces identifiées). C'est le cas par exemple du canard d'Eaton, espèce endémique des TAAF, pour lequel il n'existe qu'une estimation partielle et très ancienne de la taille de population, mais pour lequel un dénombrement exhaustif est quasiment impossible, et un suivi à long terme d'une partie de population très dispendieux en moyens humain et logistique.

5.2.1.3. Connaissances des zones d'alimentation

La connaissance des zones d'alimentation des espèces océaniques n'est accessible que depuis récemment grâce aux développements technologiques en matière de télémétrie satellitaire. Depuis 1989, date du premier suivi par balise Argos de grands albatros (Jouventin & Weimerskirch 1990), nos connaissances ont fait des progrès spectaculaires, mais sont restées limitées à un nombre réduit d'espèces (les plus grandes) et à la période de reproduction, quand les animaux font des allers-retours entre les îles et les zones d'alimentation. La miniaturisation encore plus poussée des émetteurs satellitaires et le développement de nouvelles technologies (géolocalisation, basée sur des mesures de lumière, peu précises mais technologie minuscule (<6 g) et avec enregistrement sur plusieurs années) permettent aujourd'hui d'élargir la palette des espèces étudiées, et d'étendre le suivi à la période de non-reproduction. Deux projets à large échelle (actuellement en cours) sur la distribution en mer des prédateurs marins de la Réserve Naturelle vont permettre d'élargir nos connaissances :

> Conservation des espèces menacées d'albatros et de pétrels de l'Océan Indien Sud, financé par la 'Fondation Prince Albert 2 de Monaco' (2007-2010)

> Conservation et gestion de la biodiversité marine en milieu polaire austral, financé par 'l'Agence Nationale de la Recherche' (ANR *GLIDES*, 2007-2011)

5.2.1.4. Cas particulier des populations de Pétrel à menton blanc

Il est extrêmement difficile d'acquérir des données sur les populations de *P. aequinoctialis*, car le fait que ces pétrels nichent en terrier rend ces habitats fragiles très sensibles au piétinement. Des suivis ont été menés récemment sur les principaux sites de reproduction et les résultats sont en cours de publication. Cependant, il existe très peu de jeux de données à long terme sur les paramètres démographiques, i.e. information sur le succès reproducteur, la survie juvénile, et le recrutement.

L'impact des prédateurs introduits demeure également non documenté pour la plupart des sites de reproduction. Des informations supplémentaires sur les niveaux de capture accidentelle pour l'ensemble des pêcheries sont nécessaires et des mesures d'effarouchement efficaces pour lutter contre la mortalité accidentelle liée aux pêcheries pour cette espèce nocturne capable de plonger relativement profondément nécessite d'être étudiée plus en détail.

Accord sur la Conservation des Albatros et des Pétrels. 2009. Evaluation des espèces: Pétrel à menton blanc. Téléchargé à partir de http://www.acap.aq

5.2.1.5. Les suivis démographiques

5.2.1.5.1. Base de données démographiques

Les populations d'oiseaux et de mammifères marins sont suivies à travers un réseau de sites antarctiques et subantarctiques par plusieurs pays, en particulier les USA, la Grande Bretagne, l'Afrique du Sud et l'Australie. C'est dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises que sont réalisés les suivis les plus longs (plus de 40 ans pour certaines espèces) et les plus détaillés, grâce au soutien continu de la Mission de Recherche des TAAF et aujourd'hui de l'IPEV. Cette base de données a une valeur unique pour la compréhension des changements qui s'opèrent dans l'environnement marin et de leurs conséquences. En effet, le suivi effectué constitue en quelque sorte une mémoire des changements passés et présents affectant le secteur Indien de l'Océan Austral, et il est maintenant possible de déterminer les causes des changements affectant les populations de prédateurs marins. La fonction observatoire de programmes de l'IPEV, dans le cadre de la Zone Atelier du CNRS, assure la pérennité de ce suivi ininterrompu et à long terme des populations d'oiseaux et de mammifères marins dans les 4 districts des TAAF. Ce travail de monitoring des populations s'inscrit dans le cadre des programmes internationaux centralisés par le SCAR (Scientific Commitee for Antarctic Research) et par la CCAMLR (Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources). Les informations sur le suivi de populations et le marquage-recapture concernent 26 espèces.

Cette base de données, organisée sur le terrain par des sessions de capture-recapture d'animaux marqués et des dénombrements nous permet d'obtenir des données de deux types :

1) sur les populations : nous pouvons grâce au suivi à long terme connaître les variations temporelles des paramètres démographiques des populations (survie adulte ou juvénile, succès reproducteur, recrutement, qualité des jeunes, sex ratio, etc….) et des variations de taille de populations,

2) sur les individus, avoir des informations essentielles sur leur âge, leur expérience reproductrice ('life time reproductive success'), qualité phénotypique etc…

Ces informations sont en partie transmises à la base de données ACAP et CCAMLR

5.2.1.5.2. Base de données spatialisées

Il existe également, centralisé au CEBC, une base de données spatialisée sur la distribution en mer des populations de prédateurs marins. Elle est basée : 1) sur le suivi individuel par télémétrie (suivi satellitaire et géolocation), et 2) sur les comptages qui sont réalisés systématiquement lors des transects du Marion Dufresne, notamment lors des campagnes OISO, durant lesquels des paramètres océanographiques sont également relevés. Avec ce type d'informations spatialisées, nous disposons également d'une dimension temporelle, puisque les observations en mer ont débuté au début des années 1980, et les études par télémétrie au début des années 1990 dans une base de données accessible par la Web (mise en place dans le cadre du programme REMIGE financé par l'ANR (http://remige.mpl.ird.fr/remige/informations.html)).

5.2.2. Les enjeux scientifiques

- garantir le maintien et le fonctionnement des observatoires de la planète (géophysique et physico-chimie de l'atmosphère),

- développer et garantir dans le domaine des sciences du vivant les observatoires qui seuls pourront permettre à l'avenir d'apprécier l'état de l'environnement de la réserve et de son évolution,
- développer et renforcer les recherches portant sur le milieu marin côtier ; pour ce faire, la présence d'un navire tel que La Curieuse au moins une partie de l'année autour de ces îles sera indispensable,
- développer et renforcer les recherches sur l'impact des espèces introduites et des pathogènes sur les communautés végétales et animales subantarctiques,
- renforcer la collaboration scientifique internationale afin de pouvoir bénéficier de l'expertise de scientifiques travaillant dans d'autres îles subantarctiques et, à l'inverse, permettre aux chercheurs français d'étendre leur connaissances à d'autres situations sous ces latitudes ; les communautés scientifiques australiennes, sud-africaines, néo-zélandaises et britanniques sont particulièrement concernées,
- conforter l'expertise des chercheurs français à travers ces programmes subantarctiques pour leur permettre de contribuer aux débats internationaux sur la protection des milieux insulaires en général, et des régions polaires en particulier,
- enfin, le dernier enjeu et non le moindre : créer les conditions pour que la France conserve le premier rang mondial qu'elle a su acquérir en matière de travaux et de publications scientifiques relatifs aux régions subantarctiques.

Cette excellence de la recherche française dans les îles australes a pu se construire progressivement avant que la réserve naturelle ne soit créée. L'enjeu essentiel est donc que les orientations de gestion de la réserve puissent non seulement permettre à la recherche scientifique de perdurer avec un tel niveau de qualité, mais aussi offrir les conditions d'une recherche encore plus épanouie.

6.Synthèse du Volet A

Cette synthèse du volet A a été rédigé par les personnes citées ci-dessous. Elle fait le lien entre le Volet A (Descriptif) et le Volet B (orientations de gestion) de ce plan de gestion.

Cottin Jean-Yves - Université Jean Monnet de Saint-Etienne & Comité de l'Environnement Polaire
Duhamel Guy - Laboratoire d'ichtyologie du Muséum National d'Histoire Naturelle & Comité de l'Environnement Polaire
Ferrere Ghislaine - Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
Frenot Yves - Centre National de la Recherche Scientifique, Institut Polaire français Paul-Emile Victor & Comité de l'Environnement Polaire
Lebouvier Marc - Centre National de la Recherche Scientifique & Comité de l'Environnement Polaire
Marteau Cedric - Terres Australes et Antarctiques Françaises
Pascal Michel - Institut National de la Recherche Agronomique & Comité de l'Environnement Polaire
Weimerskirch Henri - Centre National de la Recherche Scientifique & Comité de l'Environnement Polaire

6.1. Contexte

La réserve naturelle nationale des Terres Australes Françaises contribue par une très significative extension australe à l'important dispositif d'espaces bénéficiant de mesures de protection diverses qui a été constitué récemment par la France dans le sud de l'Océan Indien (Fig.1), océan le plus jeune du globe (120 Ma) qui, apparent paradoxe, héberge des îles océaniques parmi les plus vieilles (Kerguelen : 30 Ma). Ce dispositif comprend déjà, à la Réunion, le parc national de la Réunion (créé en 2007) et les réserves naturelles nationales marine de la Réunion (2007) et de l'Etang de Saint-Paul (2008), et, à Mayotte, le parc naturel marin (2010) et la réserve naturelle nationale de l'îlot M'Bouzi (2007). S'y ajoute la « réserve naturelle » des Îles Éparses qui fait l'objet d'une protection par arrêté du préfet des Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF) dans l'attente d'une protection de niveau national sur tout ou partie des îles. La réserve naturelle des Terres Australes Françaises étend le domaine biogéographique déjà couvert à la zone subtropicale sud (Îles Saint-Paul et Nouvelle-Amsterdam) et à la zone subantarctique (Archipels de Kerguelen et de Crozet).

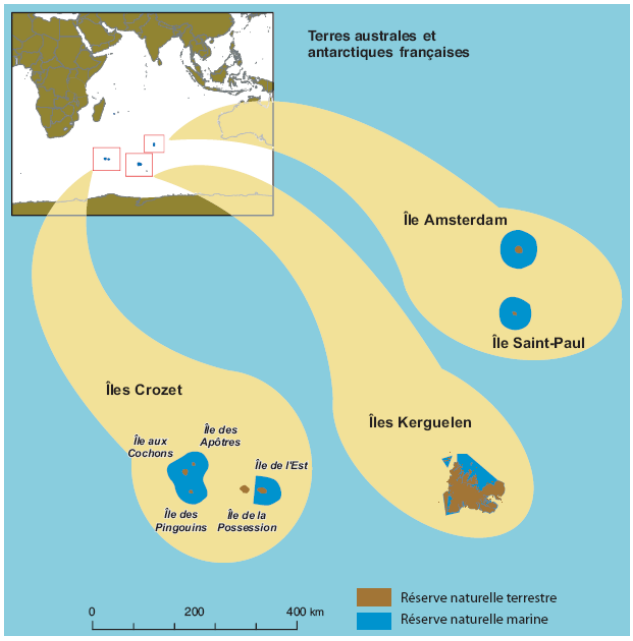


Figure 46 : La réserve naturelle nationale des Terres australes françaises

Cette réserve, créée très récemment (décret n°2006-1211 du 3 octobre 2006), couvre une superficie totale de 22 700 km^2 dont 7 000 km^2 de domaine terrestre et 15 700 km^2 de domaine maritime, soit la quasi-totalité des espaces terrestres des Terres Australes françaises, tous propriétés de l'État, et 52,5 % de leurs eaux territoriales (12 M.N. des côtes). Elle constitue actuellement la plus vaste réserve naturelle du pays représentant près de 80 % de la surface totale dévolue à ce type de protection (réserve naturelle nationale, régionale et de Corse) en métropole et dans les départements et territoires d'outremer (28 602 km^2). Par ailleurs, la Zone Economique Exclusive (ZEE) associée aux trois archipels, non intégrée dans le périmètre de la réserve naturelle, couvre 1 615 000 km^2 et contribue pour près de 15 % à la ZEE de la France qui, actuellement, exerce sa souveraineté sur la seconde plus vaste ZEE mondiale après les USA.

Le préfet des Terres Australes et Antarctiques Françaises est assisté dans sa mission de gestion de la réserve par un Conseil scientifique constitué des membres du Comité de l'Environnement Polaire (CEP) et d'un Comité de gestion ayant pour membres ceux du Conseil consultatif des Terres Australes et Antarctiques Françaises.

Les trois archipels de la réserve sont constitués d'îles océaniques " vraies " qui n'ont donc jamais été en contact avec un continent. Cet isolement a pour conséquence 1) Une diversité spécifique des communautés animales et végétales réduite au regard de celle de zones continentales proches de superficie comparable ; 2) Le développement d'adaptations spécifiques des organismes à leur environnement (morphologique, physiologique, comportementale *etc.*) ; 3) Un fort taux d'endémisme strict (*Lyallia kerguelensis i.a.*) ou régional (*Pringlea antiscorbutica, Anatalanta aptera i.a.*) ; 4) L'absence de certains groupes fonctionnels et de taxons majeurs (dans le cas de ces îles : poissons d'eau douce, amphibiens et reptiles, mammifères terrestres, végétaux ligneux à l'exception du *Phylica arborea* de l'Ile Amsterdam, *i.a.*), phénomène baptisé " disharmonie " ; 5) Des chaînes trophiques simplifiées.

À ces caractéristiques propres aux îles océaniques et à la forte influence que la mer exerce sur leurs écosystèmes terrestres, s'ajoutent, pour les archipels de Kerguelen et de Crozet, sièges d'un volcanisme catastrophique récent, notamment à Kerguelen, les contraintes

climatiques caractéristiques de la zone subantarctique qui confèrent une forte originalité à la biologie de leurs espèces animales et végétales et au fonctionnement de leurs écosystèmes. Ces îles, sièges d'un fort retrait glaciaire depuis plus de 30 ans, constituent par ailleurs des observatoires uniques des modifications climatiques, non seulement de l'Océan Indien et de l'Océan Austral, mais plus globalement de l'hémisphère austral compte tenu de la rareté des terres émergées à ces latitudes.

À ces contraintes physiques s'ajoute une influence relativement récente de l'homme. Découvertes du XVIe au XVIIIe siècle (Ile Amsterdam : 1552; Saint-Paul : 1633; Kerguelen : 1772 ; Crozet : 1772), les îles de la réserve ont vu certaines de leurs ressources naturelles, grands cétacés, éléphants de mer du sud (*Mirounga leonina*), otaries (*Arctocephalus tropicalis* & *A. gazella*) et avifaune servant de carburant aux fondoirs des phoquiers et baleiniers, activement exploitées au cours du XIXe et du début du XXe siècle en dépit de leur isolement et de la rigueur de leur climat. À tel point que ces îles ont été plus fréquentées à cette époque qu'actuellement ! À ce jour, des ressources naturelles marines sont toujours exploitées, mais il s'agit uniquement de poissons et crustacés. Dans les ZEE des archipels de Crozet et de Kerguelen, il s'agit de la légine australe (*Dissostichus eleginoides*), de la raie d'Eaton (*Bathyraja eatonii*), de la raie rugueuse (*Bathyraja irrasa*), de la raie épineuse *(Raja taaf*), et du grenadier gros yeux (*Macrourus carinatus*), et, dans les ZEE des îles Saint-Paul et Amsterdam, de la langouste (*Jasus paulensis*), du cabot (*Polyprion oxygeneois*), du rouffe antarctique (*Hyperoglyphe antarctica*), du saint-paul (*Latris lineata*) et du bleu (*Acantholatris monodactylus*). Une partie essentielle des prélèvements relatifs à ces deux dernières îles est effectuée dans le périmètre de la réserve naturelle. Par ailleurs, la Grande-Terre de Kerguelen (ovins) et l'Ile Amsterdam (bovins) ont été le siège de tentatives de développement par l'élevage à la fin du XIXe et au début du XXe siècle, tentatives qui ont été à l'origine de l'introduction de nombreuses espèces animales et végétales.

L'installation des bases scientifiques permanentes de Port-aux-Français (Kerguelen, 1949), Paul Martin de Viviès (Amsterdam, 1949) et Alfred Faure (Crozet, 1963-1964), a radicalement changé les perspectives d'usage de ces territoires qui sont devenus des sites à forte activité scientifique, en dépit de quelques velléités de développement économique pendant les années 1950 qui sont demeurées sans suite. Ces velléités ont cependant eu pour conséquences l'introduction délibérée de plusieurs espèces de mammifères (rennes, *Tarandus rangifer*, mouflon de Corse, *Ovis aries musimon*), et de salmonidés (truite commune, *Salmo trutta*, omble chevalier, *Salvelinus alpinus* et omble de fontaine, *S. fontinalis*) *i.a.*

Ce demi-siècle d'études et de suivis scientifiques, activités actuellement mises en œuvre par l'Institut Polaire français *Paul Emile Victor* (IPEV) avec l'actif soutien logistique de l'administration des TAAF, offre une somme d'informations relatives au climat, à la géologie, à la pédologie, à la faune et à la flore inégalée à ce jour dans une réserve naturelle française. Nombre des programmes réalisés concernent directement des questions environnementales et demeurent indispensables non seulement pour parfaire les connaissances, mais également pour élaborer des stratégies de gestion. On peut citer à cet égard et sans exhaustivité, les programmes d'inventaires floristiques et faunistiques, les suivis de communautés végétales et de populations animales, y compris celles exploitées commercialement, ou bien encore les recherches sur l'impact des changements climatiques, celui des espèces introduites ou des activités humaines sur la biodiversité.

6.2. Climat, faune et flore : les enjeux

Les îles de la réserve sont les plus vastes des rares terres émergées de l'Océan Indien sud. C'est pourquoi elles constituent pour des espèces marines se reproduisant à terre des sites d'importance majeure pour cette phase clé de leur vie. Ces îles, considérées comme le " poumon " de l'avifaune de

l'Océan Indien sud, accueillent les reproducteurs de 34 espèces d'oiseaux marins et deux espèces endémiques d'oiseaux terrestres : le petit bec-en-fourreau, *Chionis minor*, et le canard d'Eaton, *Anas eatoni*. Parmi ces 34 espèces, onze sont classées menacées d'extinction à des degrés divers par l'IUCN. Sept sont classées « vulnérable », trois « en danger » et une « en danger critique d'extinction ». Il s'agit de l'endémique albatros d'Amsterdam (*Diomedea amsterdamensis*) dont l'unique population actuelle est estimée à 180 individus (30 couples reproducteurs sur site par an). Par ailleurs, l'archipel Crozet héberge la plus vaste colonie mondiale de manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus*), les plages de Kerguelen accueillent la seconde population mondiale d'éléphants de mer du sud et les eaux côtières de l'archipel abritent la seule population d'une sous-espèce du dauphin de Commerson (*Cephalorynchus commersonii ssp.*). D'importantes colonies d'otaries de Kerguelen (*Arctocephalus gazella*) et d'otaries d'Amsterdam (*A. tropicalis*) se reproduisent sur les plages de la réserve**.**

L'essentiel des ressources trophiques de ces espèces se trouve en mer et va du zooplancton aux poissons. L'inventaire systématique de ces derniers est pratiquement achevé. Les eaux qui s'étendent de la côte aux grands fonds de la zone subtropicale hébergent pas moins de 205 espèces de poissons marins dont les endémiques *Bovichthys veneris* et *Neomerinthe bauchotae*, et celles de la zone subantarctique, 125 espèces dont *Notothenia cyanobrancha, Lepidonotothen mizops*, *Channichtys rhinoceratus* et *C. velifer*, toutes endémiques du Plateau de Kerguelen. Parmi celles-ci, les deux dernières espèces font partie du très singulier et intéressant groupe des poissons à sang incolore. Les espèces du groupe des poissons-lanternes (Myctophidae) sont réputées constituer l'essentiel des ressources trophiques des populations d'oiseaux et mammifères marins si emblématiques de ces îles. Si l'inventaire de l'ichtyofaune est largement abouti, celui des invertébrés du benthos est loin d'être achevé. Cependant quelques taxons tels les mollusques, les crustacés et les échinodermes ont fait l'objet de travaux qui ont révélé la présence d'espèces endémiques comme *Halicarcinus planatus*, un petit crabe de Kerguelen, *Abatus cordatus*, l'oursin incubeur du même archipel*, Jasus paulensis*, la langouste des îles Saint-Paul et Amsterdam ou *Provocator pulcher*, la célèbre volute du Challenger.

Si la flore terrestre subantarctique est bien connue grâce aux travaux des botanistes de renom qui ont participé aux grandes expéditions de la fin du XIXe et du début XXe siècle, les travaux plus récents de paléobotanique, d'écologie, de génétique et de physiologie ont permis d'en retracer l'histoire évolutive et biogéographique. De ces travaux, il ressort actuellement que les îles Marion, Crozet, Kerguelen et Heard appartiennent à une même province biogéographique, siège d'un très fort endémisme (le chou de Kerguelen, *Pringlea antiscorbutica*, l'espèce emblématique de cette province est présent sur la totalité de ces îles), même si l'endémisme strict demeure peu développé chez les plantes supérieures, le seul exemple étant *Lyallia kerguelensis* à Kerguelen. Il apparaît également de façon de plus en plus évidente que ces espèces ont survécu au dernier maximum glaciaire dans des zones refuges et que des colonisations postérieures à la déglaciation sont peu probables. En dépit d'une longue histoire, la richesse spécifique demeure faible : 24 plantes vasculaires 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, *Phylica arborea*, est commun aux îles Tristan da Cunha, situées en Atlantique sud, et Amsterdam.

Aujourd'hui, ces communautés végétales sont confrontées à l'établissement de nombreuses espèces introduites (60 à 70 à Crozet, Kerguelen et Amsterdam), la plupart restant, pour le moment et fort heureusement, cantonnées aux bases, exception faite pour Amsterdam. Certaines d'entre elles (le pâturin annuel, *Poa annua,* la sagine, *Sagina procumbens,* le pissenlit, *Taraxacum officinale i.a.*) parviennent cependant à dominer les communautés, 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'Ile Amsterdam sont, à basse altitude,

majoritairement composées d'espèces européennes sauf, signe encourageant, 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 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 dans l'Archipel 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. 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.

La flore marine est encore mal connue en dépit d'importants travaux menés pendant les années 1960 et 1970. Les vastes champs d'algues brunes géantes constitués par *Durvillea antarctica* et *Macrocystis pyrifera*, frangent le pourtour de toutes les îles de la réserve, représentent une biomasse considérable et offrent une protection naturelle aux zones côtières et à bien des espèces marines. Les algues rouges méritent également un intérêt particulier, non seulement pour l'importance de leur rôle écologique, mais également pour leur intérêt potentiel en biotechnologies.

Si les habitats terrestres ont été répertoriés et relativement bien définis, ce n'est pas le cas des habitats marins. Ils n'en sont pas moins originaux et souvent uniques : canyons sous-marins des fjords de Kerguelen, moulières à seuil, fonds à spicules d'éponges siliceuses, fonds à Antipathaires de Saint-Paul et d'Amsterdam, massifs de coraux profonds d'eau froide de Crozet et Kerguelen et, faut-il le rappeler, « herbiers » à *Macrocystis pyrifera.*

Les variables démographiques de la plupart des espèces d'oiseaux marins et de pinnipèdes sont enregistrées depuis plusieurs dizaines d'années, voire, un demi-siècle pour certaines d'entre elles. Il en est de même de l'évolution des communautés animales et végétales de plusieurs habitats terrestres. Ces informations ont été mises en rapport avec l'évolution des ressources trophiques et/ou l'évolution du climat.

En effet, le changement climatique se manifeste sous ces latitudes non seulement par une élévation de la température moyenne (+1,3°C entre le milieu des années 1960 et le début des années 1980 à Kerguelen, où la température se maintient actuellement à un niveau élevé), mais également

par un déficit des précipitations annuelles. Depuis le début des années 1990, la pluviométrie annuelle à Kerguelen est régulièrement inférieure à 600 mm, voire 500 mm ces dernières années, alors que la moyenne sur la période 1951-1991 s'élevait à 800 mm. Cette évolution défavorise les espèces locales adaptées au froid et aux conditions humides, et favorise à l'inverse les espèces introduites, toutes originaires de régions plus tempérées, qui souvent se trouvent en condition limite de survie, et bénéficient donc d'une augmentation, même légère, des températures. Le long terme des enregistrements réalisés permet d'identifier et de quantifier l'impact du réchauffement global non seulement à l'échelle des communautés et des espèces, mais également, dans certains cas, à l'échelle des gènes, en termes de micro-évolution.

Dans le cadre de la mission d'observatoire des changements globaux impartie aux réserves naturelles, la réserve naturelle des terres australes françaises occupe une position exceptionnelle, non seulement par ce qu'elle couvre un ensemble de sites s'étendant du subtropical au subantarctique vrai, mais également par ce qu'elle héberge des populations végétales et animales terrestres particulièrement sensibles aux perturbations environnementales. Contrairement à d'autres régions plus tempérées ou tropicales, les augmentations de température, même de faible ampleur, ont de profonds effets sur ces communautés et permettent aujourd'hui l'installation de nouvelles espèces, alors que les rigueurs climatiques en interdisaient encore récemment l'établissement. Le fonctionnement de nombre des écosystèmes terrestres de la réserve naturelle est étroitement dépendant de la mer, notamment en raison de la présence de millions d'oiseaux et mammifères marins. Ces vertébrés sont également sensibles aux variations du climat et des conditions océaniques, comme le démontrent le suivi de leurs populations depuis plus de 50 ans et les études plus récentes portant sur leur vie en mer. C'est en cela que réside également un atout majeur de cette réserve : depuis les années 1950, elle bénéficie d'une importante présence scientifique permanente qui a choisi de mettre très tôt en place et de maintenir sur le long terme des observatoires de l'environnement qui perdurent grâce au soutien des TAAF, de l'IPEV et du CNRS (*Cf*. la Zone Atelier).

6.3. Perspectives

Plusieurs catégories d'agressions menaçant la biodiversité et certains habitats de la réserve naturelle des terres australes françaises sont à ce jour bien identifiées. 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 au cours du temps et continuent de l'être aujourd'hui. Les relations qu'entretiennent certaines de ces espèces entre elles et avec la flore et la faune locale sont relativement bien connues. C'est le cas, entre autres, des mammifères introduits (rongeurs, lapins, ongulés, félins). Ces connaissances sont à même de permettre l'élaboration à brève échéance de stratégies de gestions pertinentes à leur égard. Cependant, pour beaucoup de taxons, ces connaissances demeurent imparfaites. Or, elles sont indispensables à l'appréciation rigoureuse du risque que comportent les mesures de gestion envisagées et à l'élaboration des indispensables protocoles de suivi permettant d'en apprécier la portée. Par ailleurs, en amont de ces mesures de gestion, il importe de mettre en œuvre des mesures visant à réduire la probabilité de nouvelles introductions.

La seconde menace relève des effets des activités humaines en dehors des bases. Elles sont susceptibles de provoquer des perturbations dans les colonies d'oiseaux ou de

mammifères marins, de dégrader des milieux par piétinement et d'augmenter l'aire de répartition d'espèces allochtones. Des mesures réglementaires et une solide sensibilisation de l'ensemble des personnes séjournant sur les bases devraient permettre de réduire ces perturbations et une réelle réflexion sur la biosécurité devra être menée durant le premier plan de gestion afin de réduire efficacement la menace grandissante que constitue l'introduction et la dispersion d'espèces exogènes.

La troisième menace est à mettre en rapport avec le fonctionnement des stations permanentes qui génèrent des déchets et nécessitent une production d'énergie. Pour les déchets, il va s'agir d'en réduire la quantité à la source, d'en améliorer le tri, le traitement sur place et l'évacuation des phases ultimes. Pour l'énergie, il s'agira d'en réduire la consommation autant que faire se peut et de privilégier les énergies renouvelables, quand cela est possible et n'occasionne pas de perturbations significatives au fonctionnement des écosystèmes. De telles mesures n'auront de portée effective qu'à la condition de se voir appropriées par le personnel des bases, ce qui nécessitera information, éducation et formation.

Une quatrième menace est liée aux activités de pêche qui se déroulent dans la partie marine de la réserve. Il s'agit là exclusivement des eaux des îles Saint-Paul et Amsterdam. Outre le prélèvement, qui est cependant rigoureusement contrôlé, se pose le problème de la perte d'engins de captures tels les casiers à crustacés qui, s'ils ne demeurent plus pêchant, constituent cependant une éventuelle pollution des habitats. Améliorer les connaissances et quantifier l'importance de l'impact généré devrait permettre de le réduire en proposant des mesures adaptées et de faire évoluer les mesures réglementaires déjà existantes.

Enfin, 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. Dans ce cas, l'attention du gestionnaire devra dépasser la limite stricte de la réserve.

Faire face à ces diverses menaces, remplir la mission d'observatoire des changements, compléter les inventaires des faunes, des flores et des habitats nécessitera l'acquisition de connaissances, l'archivage sur le long terme des informations anciennes et nouvelles, la formulation de questions pertinentes et l'élaboration de procédures dévolues à l'extraction des informations permettant d'y répondre. Un tel programme ne peut se réaliser sans que se poursuive sur le long terme l'étroite collaboration entre gestionnaires et scientifiques œuvrant sur la réserve, ces derniers depuis plus d'un demi-siècle pour les raisons suivantes.

En effet, occupant des points singuliers sur la planète, à des latitudes où les espaces émergés sont rares, les îles de la réserve permettent 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. Ces observatoires jouent un rôle essentiel dans le maillage établi à l'échelle du globe et particulièrement lâche dans cette région du monde. Comme évoqué plus haut, le taux d'endémisme strict ou régional des faunes et des flores de ces îles est élevé, fournissant des modèles rares et remarquables permettant l'étude de l'évolution des espèces en milieux insulaires, et l'étude de leurs adaptations à de sévères contraintes environnementales, à l'origine marine de leurs ressources alimentaires et au déséquilibre de chaînes trophiques où dominaient les décomposeurs jusqu'à une période récente. Par ailleurs, la relative simplicité des écosystèmes subantarctiques, rend plus aisées qu'ailleurs les recherches portant sur les interactions entre espèces et les relations espèces - milieux. Elle rend également plus facile leur modélisation dans la perspective de leur généralisation à des environnements plus complexes. Ces îles offrent en outre la possibilité aux équipes

françaises de travailler sur un gradient allant du subtropical (Amsterdam) au subantarctique au niveau du Front Polaire (Kerguelen) en passant par le nord de ce front (Crozet). Cette situation est unique pour aborder les questions relatives aux changements climatiques (mimé ici par le gradient de latitude) et leurs conséquences sur la biodiversité et tout particulièrement pour tenter d'élucider les mécanismes à l'œuvre dans les trois étapes clés des invasions biologiques - colonisation, établissement et dissémination - et les interactions qu'entretiennent les espèces introduites avec les espèces autochtones. Enfin, ces îles constituent l'ultime étape avant le continent antarctique. Beaucoup d'enseignements sont à tirer de ce qui s'y passe actuellement pour éviter de reproduire en Antarctique certaines erreurs commises par le passé dans le Subantarctique.

Collaboration entre gestionnaires et scientifiques devrait permettre la production de documents de qualité destinés à faire découvrir au plus grand nombre la valeur patrimoniale de cette réserve et à promouvoir à l'échelle nationale et internationale la qualité des travaux qui y sont menées dans le domaine de la biologie de la conservation.

7. Bibliographie

Bibliographie oiseaux et pinnipède :

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 45:1460-1467

Barbraud C, Marteau C, Delord K, 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

Buckland S T, Anderson D R, Burnham K P, Laake J L, Borchers D L, Thomas L (2001) Introduction to distance sampling, estimating abundance of biological populations. 2sd ed. Oxford University Press Inc., Oxford.

Decante F, Jouventin PE, Roux J-P, Weimerskirch H (1987) Projet d'aménagement de l'île d'Amsterdam. Rapport SRETIE, TAAF, CEBC

Delord K, Besson D, Barbraud C, Weimerskirch H (2008) Population trends in a community of large Procellariiforms of Indian Ocean: Potential effects of environment and fisheries interactions. Biological Conservation 141: 1840-1856

Despin B, Mougin JL, 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

Derenne P, Lufbery JX, Tollu B (1974) L'avifaune de l'archipel Kerguelen. Com Nat Fr Rech Antarct 33:57-87;

Derenne P, Mougin JL, Steinberg C, Voisin JF (1976) Les oiseaux de l'île aux Cochons, archipel Crozet (46°06'S, 50°14'E). Com Nat Fr Rech Antarct 40:107-148

Thomas T (1983) Données récentes sur l'avifaune des îles Kerguelen (Terres Australes et Antarctiques Françaises). L'Oiseau et RFO 53:133-141

Guinard E, Weimerskirch H, Jouventin P (1998) Population changes and demography of the northern rockhopper penguin on Amsterdam and Saint-Paul islands. Colonial Waterbirds 21 : 222-228

Guinet C, Jouventin P, Weimerskirch H (1992) Population changes, movements of southern elephant seals on Crozet and Kerguelen archipelagos in the last decades. Polar Biol 12:349-356

Guinet C, Jouventin P, Georges JY (1994) Long term population changes of fur seals Arctocephalus gazella and Arctocephalus tropicalis on subantarctic (Crozet) and subtropical (St-Paul and Amsterdam) islands and their possible relationship to El Nino Southern Oscillation. Antarct Sci 6:473-478Jouventin P, Stahl JC, Weimerskirch H (1982) La recolonisation des îles Crozet par les otaries (Arctocephalus tropicalis et A. gazella). Mammalia 46:505-514

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? Antarct Sci 11:193-197

Jouventin P, Stonehouse B (1985) Biological survey of Ile de Croy, Iles Kerguelen. Polar Rec 22:688-691

Jouventin P (1990) Shy albatrosses Diomedea cauta salvini breeding on Penguin Island, Crozet Archipelago, Indian Ocean. Ibis 132:126

Lequette B, Berteaux D, Judas J (1995) Presence and first breeding attempts of southern gannets Morus capensis and M. serrator at Saint-Paul Island, Southern Indian Ocean. Emu 95:134-137

Mougin JL (1985) Pétrels, Pétrels-tempête et Pétrels plongeurs de l'île de Croy, îles Nuageuses, archipel des Kerguelen (48°38'15"S, 68°38'30"E). L'Oiseau et RFO 55:313-349

Nichols J D, Hines J E, Sauer J R, Fallon F W, Fallon J E, Heglund P J (2000) A Double-Observer approach for estimating detection probability and abundance from point counts. The Auk 117:393-408.

Roux JP (1987) Subantarctic fur seal, Arctocephalus tropicalis, in French Subantarctic Territories. NOAA Technical Report NMFS 51:79-81

Roux JP (1987) Recolonization processes in the subantarctic fur seal, Arctocephalus tropicalis, on Amsterdam Island. NOAA Technical Report NMFS 51:189-194

Segonzac M (1972) Données récentes sur la faune des îles Saint-Paul et Nouvelle Amsterdam. L'Oiseau et RFO 42:3-68

Thomas L, Laake JL, Strindberg S, Marques FFC, Buckland ST, Borchers DL, Anderson D., Burnham KP, Hedley SL, Pollard JH, Bishop JRB, Marques TA (2005). Distance 5.0. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/

Tollu B (1984) La Quille (île Saint-Paul, Océan Indien), sanctuaire de populations relictes. L'Oiseau et RFO 54:79-85

Weimerskirch H, and Wilson R P (2000) Oceanic respite for wandering albatrosses. Nature 406:955–956

Weimerskirch H, Zotier R, Jouventin P (1989) The avifauna of the Kerguelen Islands. Emu 89:15-29

Bibliographie Contribution IPEV 136 - Habitats, faune, flore terrestres

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* 13C-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 Gerophysical Research-Earth surface*, 114, F03005, doi:10.1029/2008JF001192

Bourelly P. & Manguin E., 1954. Contribution a la flore algale d'eau donee 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, SFEPM, 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 subanatrctic 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-twentiethy century. *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania*, 143 (sous presse)

Davaine P. & Beall E., 1982. Introduction de Salmonidés dans les Terres Asutrales et Antarctiques Françaises. *CNFRA*, 51 : 289-300.

Davies L. & Greene S.W., 1976. Notes sur la végétation de l'Ile de la Possession (Archipel Crozet). *CNFRA*, 41 : 1-20.

Decante F., Jouventin P., Roux J.P. & Weimerskirch H., 1987. *Projet d'aménagement de l'Ile 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.

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'Ile 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 Ectemnorrhininae*). *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 Ectemnorrhininae). *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 Ectemnorrhinae*). *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 *Disker* 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'Ile 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., 1992. 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., 1992. 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 Autral, 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'Ile 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'Ile 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.

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, Captown: 98-160.

Jolinon J.C., 1987. Les Phanérogames adventices sur l'Ile 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.

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., 2005. 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. & 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.

Lebouvier M., Frenot Y. & Dulac F. (soumis). Impact of climate change on vegetation and soil erosion at Kerguelen Island. Le Cohu 1982

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 1982. Les introductions végétales dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises. *CNFRA*, 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 Consrvation Union (IUCN) pp. 199-205.

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 *Phylica* (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 pollinisators 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.

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.

Tréhen P., Frenot Y., Lebouvier M. & Vernon P., 1990. Invertebrate fauna and their role in the degradation of cattle dung at Amsterdam Island. Berlin Heidelberg : *In* Kerry K.R., Hempel G. (eds.), Antarctic ecosystems.

Ecological Change and Conservation. Springer : 337-346.

Valentyn F. 1726. Oud en Nieuw Oost Indien Verhandeling der ZeeHorenkens Banda. Dordrecht, Amsterdam.

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.

Bibliographie Cétacé :

Abe, T., Iwani T. 1989. Notes on fishes from stomack of whales taken in the Antarctic, II : on Dissostichus and Ceratias. /NIPR Symposium Polar Biology/., 2 : 78-82.

Alling A., Dorsey E.M. & Gordon J.C.D. 1991. Blue whales (Balaenoptera musculus) off the Northeast coast of Sri Lanka: distribution, feeding and individual identification. UNEP Marine Mammal Technical Report 3, 247–258.

Bass A.H. & Clark C.W. 2002. The Physical Acoustics of Underwater Sound Communication. Acoustic Communication 16, 15-64.

Berchok C.L., Bradley D.L. & Gabrielson T.B. 2006. St. Lawrence blue whale vocalizations revisited: Characterization of calls detected from 1998 to 2001. Journal of Acoustical Society of America 120(4), 2340–2354.

Best P.B., Rademeyer R.A., Burton C., Ljungblad D., Sekiguchi K., Shimada H., Thiele D., Reeb D. & Butterworth D.S. 2003. The abundance of blue whales on the Madagascar Plateau, December 1996. Journal of Cetacean Research and Management 5, 253–260.

Borsa, P. 1997. Seasonal trends in the occurrence of marine mammals in the Gulf of Morbihan, Kerguelen Islands. Mar. Mamm. Sci. 13: 314–316.

Branch T.A., Stafford K.M., Palacios D.M., Allison C., Bannister J.L., Burton C.L.K., Cabrera E., Carlson C.A., Galletti Vernazzani B., Gill P.C., Hucke-Gaete R., Jenner K.C.S., Jenner M., Matsuoka K., Mikhalev Y., Miyashita T., Morrice M., Nishiwaki S., Sturrock V.J., Tormosov D., Anderson R.C., Baker A.N., Best P.B., Borsa P., Brownell R.L., Childerhouse S., Findlay K., Gerrodette T., Ilangakoon A.D., Joergensen M., Kahn D.K., Ljungblad D., Maughan B., McCauley R.D., McKay S., Norris T.F., OmanWhale and Dolphin Research Group, Rankin S., Samaran F., Thiele D., Van Waerebeek K. & Warneke R.M. 2007a. Past and present distribution, densities and movements of blue whales in the Southern Hemisphere and northern Indian Ocean. Mammal Review 37(2), 116-75.

Branch T.A., Abubaker E.M.N., Mkango S. & Butterworth D.S. 2007b. Separating southern blue whale subspecies based on length frequencies of sexually mature females. Marine Mammal Science 23(4), 803-33.

Branch T.A. 2008. Abundance of Antarctic blue whales south of 60°S from three complete circumpolar sets of surveys. Journal of Cetacean Research and Management 9(3), 253–262.

Brownell, R.L., Jr and Cipriano, F. 1999. Dusky dolphin — Lagenorhynchus obscurus (Gray, 1828). In: S.H. Ridgeway and R.Harrison (eds). Handbook of marine Mammals. The second book of dolphins and porpoises.. Academic Press, London

Budylenko G.A. 1977. Distribution and composition of sei whale Schools in the southern hemisphere. Paper SC/27/Doc8 presented to IWC Scientific Committee, 3pp. (Available from IWC, The Red House, 135 Station Road, Impington, Cambridge, CB4 9NP, UK, secretariat@iwcoffice.org).

Costa D.P. & Crocker D.E. 1996. Marine Mammals of the Southern Ocean. Foundations for ecological research west of the Antarctic Peninsula Antarctic Research Series, Vol 70, 287-301.

De Boer M.N., R. Baldwin, C.L.K. Burton, E.L. Eyre, K.C.S. Jenner, M-N.M. Jenner, S.G. Keith, K.A. McCabe, E.C.M. Parsons, V.M. Peddemors, H.C. Rosenbaum, P. Rudolph and M.P. Simmonds. 2003. Cetaceans In The Indian Ocean Sanctuary: A Review. A WDCS Science Report. 52p.

De Boer, M.N., Frizell, J., Sonntag, R. 1999. Cetacean observations in the Southern Ocean and Indian Ocean Sanctuaries. Paper SC/51/O12 presented to the IWC Scientific Committee, 16 pp

De Boer, M.N. 2000. Observations on Occurrence and Distribution of Cetaceans in the Southern Ocean Sanctuary and Southern part of the Indian Ocean Sanctuary. Paper SC/52/O9 presented to the IWC Scientific Committee.

De Buffrénil, V., Dziedzic, A., Robineau, D. 1989. Répartion et déplacements des dauphins de Commerson Cephalorhynchus commersonii (Lacépède, 1804) dans un golfe des îles Kerguelen; données du marquage individuel. Canadian Journal of Zoology 67:516-521

Guinet, C. 1991. L'orque (/Orcinus orca/) autour de l'Archipel Crozet, comparaison avec d'autres localités. /Revues d'Ecologie (La Terre et La Vie)/, 46 : 18-34.

Guinet, C., Jouventin P. 1992. La vie sociale des « baleines tueuses ». /La Recherche/, 220 : 508-510

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.

Kasamatsu F. & Joyce G.G. 1995. Current status of odontocetes in the Antarctic. Antarctic Science 7(4), 365-79.

Kasamatsu F., Matsuoka K. & Hakamada T. 2000. Interspecific relationships in density among the whale community in the Antarctic. Polar Biology 23, 466–473.

Kawamura A. 1978. An interim consideration on a possible interspecific relation in southern baleen whale from the viewpoint of their food habit. Report of the International Whaling Commission 28, 411-220.

Leatherwood, S., McDonald, D., Prematunga, W.P., Girton, P., Ilangakoon, A., McBrearty, D. 1991. In: S. Leatherwood and G. P. Donovan (eds). Cetaceans and cetacean research in the Indian Ocean sanctuary. Marine Mammal Technical Report No. 3. UNEP, Nairobi, Kenya. pp 33-65.

Ljungblad D.K., Clark C.W. & Shimada H. 1998. A comparison of sounds attributed to pygmy blue whales (Balaenoptera musculus brevicauda) recorded south of the Madagascar Plateau and those attributed to 'true' blue whales (Balaenoptera musculus) recorded off Antarctica. Report of the International Whaling Commission 48, 439–442.

Mackintosh N.A. 1966. Distribution of southern blue and fin whales. pp. 125–144. In: Whales, Dolphins, and Porpoises. K.S. Norris (ed). University of California Press, Berkeley, CA.

McCauley R.D., Jenner C., Bannister J.L., Burton C.L.K., Cato D.H. & Duncan A. 2001. Blue Whale Calling in the Rottnest Trench – 2000, Western Australia. Report CMST 2001 6 / CMST 241.

McCauley R., Bannister J., Burton, C. Jenner, C. Rennie & Kent C.S. 2004. Western Australian Exercise Area Blue Whale Project. Final summary report. Milestone 6. For Australian Defence. CMST Report R2004-29, Project – 350.

McDonald M.A. 2006. An acoustic survey of baleen whales off Great Barrier Island, New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 40, 519–529.

McDonald M.A., Calambokidis J., Teranishi A.M. & Hildebrand J.A. 2001. The acoustic calls of blue whales off California with gender data. Journal of the Acoustical Society of America 109, 1728-1735.

Mellinger D.K., Stafford K.M., Moore S.E., Dziak R.P. & Matsumoto H. 2007. An overview of fixed passive acoustic observation methods for cetaceans. Oceanography 20(4):36-45.

Moore J.K. & Abbott M.R. 2000. Phytoplankton chlorophyll distribution and primary production in the Southern Ocean. Journal of Physical Research 105 (C12), 28709:28722.

Oleson E.M., Calambokidis J., Burgess W.C., McDonald M.A., LeDuc C.A., Hildebrand J.A. 2007. Behavioral context of call production by eastern North Pacific blue whales. Marine Ecology Progress Series 330, 269–284.

Pakhomov E.A., Perissinotto R. & McQuaid C.D. 1994 Comparative structure of the macrozooplankton micronekton communities of the subtropical and Antarctic polar fronts. Marine Ecology Progress. Series 111, 155–169.

Petiau E. 2007. Taux de rencontre des Cétacés et Pinnipèdes observes à bord du Marion Dufresne entre 1978 et 2005. Rapport de D.U. Université de Angers.

Pollard R.T., Venables H.J., Read J.F. & Allen J.T. 2007. Large-escale circulation around the Crozet Plateau controls an annual phytoplankton in the Crozet Basin. Deep Sea Research Part II 54, 1915-1929.

Poncelet, E., Barbraud C., Guinet C. 2008. Population dynamics of killer whales (/Orcinus orca/) in Crozet Archipelago, southern Indian Ocean : a mark recapture study from 1977 to 2002. /The Journal of Cetacean Research and Management/ Sous Presse.

Rankin S., Ljungblad D., Clark C. & Kato H. 2005. Vocalisations of Antarctic blue whales, Balaenoptera musculus intermedia, recorded during the 2001/2002 and 2002/2003 IWC/SOWER circumpolar cruises, Area V, Antarctica. Journal of Cetacean Research and Management 7, 13–20.

Read J.F., Pollard R.T. & Allen J.T. 2007. Sub-mesoscale structure and the development of an eddy in the Subantarctic Front north of the Crozet Islands. Deep Sea Research Part II 54, 1930-1948.

Rice D.W. 1998. Marine Mammals of the World: Systematics and Distribution. K.S. Lawrence (ed). Allen Press Inc.

Robineau D. & Duhamel G. 1984. Régime alimentaire du Dauphin de Commerson Cephalorhynchus commersonii (Lacepède, 1804) aux îles Kerguelen, pendant l'été Austral. Bull. Mus. natn. Hist. nat. Paris, 4ème série, 6, section A, n°2 : 551-559.

Robineau, D. 1989. Les cétacés des îles Kerguelen. Mammalia 53: 265–278.

Robineau D. & Duhamel G. 2006. Nouvelles données sur les cétacés des îles Kerguelen. Mammalia : 28-39.

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 déprédation levels. /CCAMLR Science/ , 14 : 67-82.

Samaran 2008. Analyse des signaux hydroacoustiques d'origine biologique enregistrés dans l'Océan Indien: Implications dans le recensement et le suivi des mouvements saisonniers des cétacés. Thèse de doctorat de l'Université de La Rochelle. 224p + annexes.

Širovic´ A., Hildebrand J.A., Wiggins S.M., McDonald M.A., Moore S.E. & Thiele D. 2004. Seasonality of blue and fin whale calls and the influence of sea ice in the Western Antarctic Peninsula. Deep-Sea Research II 51, 2327–2344.

Širovic´ A. 2006. Blue and fin whale acoustics and ecology off Antarctic Peninsula. Thèse de doctorat. University of San Diego, San Diego.

Stafford K.M., Nieukirk S. L. & Fox C.G. 2001. Geographic and seasonal variation of blue whale calls in the North Pacific. Journal of Cetacean Research and Management 3, 65-76.

Stafford K.M., Bohnenstiehl D.R., Tolstoy M., Chapp E., Mellinger D.K. & Moore S.E. 2004. Antarctic type blue whale calls recorded at low latitudes in the Indian and eastern Pacific Oceans. Deep-Sea Research I 51, 1337–1346.

Stafford K.M., Bohnenstiehl D.R., Chapp E. & Tolstoy M. 2005. Location, location, location: acoustic evidence suggests three geographic stocks of 'pygmy' blue whales in the Indian Ocean. In: 16th Biennial Conference on the Biology of Marine Mammals, San Diego, California, pp. 266–267.

Stahl J.C., Bartle J.A., Jouventin P., Roux J.P. & Weimerskirch H. 1996. Atlas of seabird distribution in the south-west Indian ocean, pp. 226.

Thiebot, J.B. 2005. Les Stratégies des prospections alimentaires chez les oiseaux marins : associations privilégiées avec les mammifères marins dans quatre communautés du sud de l'océan Indien. Rapport de master II. Université de La Rochelle.

Thode A.M., D'Spain G.L. & Kuperman W.A. 2000. Matched-field processing, geoacoustic inversion, and source signature recovery of blue whale vocalizations. Journal of the Acoustical Society of America 107, 1286-1300

Tixier, P. 2008. Interactions des orques et des cachalots avec les pêcheries à la légine australe dans la ZEE de l'archipel de Crozet. Mémoire de Master Université de la Méditerranée.

Tonnessen, J.N. and Johnsen, A.O. 1982. The history of modern whaling. Hurst, London & Austr. Nat. Univ. Press, Camberra:1-798

Voisin, J.-F. 1976. On the behaviour of the killer whale (/Orcinus orca/). /Norwegian Journal of Zoology/, 24 : 69-71.

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., Mikhaliev, 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., Mikhaliev, 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 géologie :

A partir du site animé par G. Michon : http://www.univ-st-etienne.fr/taaf/

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*.
Bellair P., Carron J.P., Nougier J. & Trichet P. (1965). Niveaux intercalaires dans les strates de basaltes des plateaux de l'archipel de Kerguelen. *Geologische Runddschau, 55 342-354.*

Berthois L;, Schlich R. &Patriat P. (1969). Carte bathymétriquedu 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 ans hotspot-related activity. *Geophysiccal 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., Gladczenko 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.*

Delpech 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.

Delpech 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. *Earh 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. *G^3, 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'sgovernement 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 centutries. *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 trands 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. *Earh 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, IFRTP, 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 vielles 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 hypothetic 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 dedicaced 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 felspar veinlets and the budget of high-field strenght 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 sismic 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. & Sandrea 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.*

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-LyonI, 47p.

Marot A. & Zimine S. (1976). Les complexes annulaires de syenites et granites alcalinsdans 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 environnment 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 amphiboleand/ 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 Strengh 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.

Munschy, M. & Schlich, R. (1987). Structure and evolution of the Kerguelen-Heard Plateau (Indian Ocean) deduced from seismic stratigraphy study. *Mar. Geol., 76, 131-152.*

Munschy M., Fritsch B., Schlich R. & Rotstein Y. (1994). Tectonique extensive sur le plateau de kerguelen. In Shlich R & GiretA. (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). $^{40}Ar/^{39}Ar$ 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. *Earh 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 editions et éditions Belin, 492 p.

Roth J. (1875). Uber die gesteine von Kerguelen's Land. *Monatsbetitchte des König, Berlin, Prussian Akademie der Wissenschtein, 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 Shlich R & GiretA. (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 azt 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 occurence 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, SoutheasternIndian Ocean; Contrasts in geomafnetic secular variations during the Brunhes epoch. *Earth and Planet. Sci. Let., 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.& Baski 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 Maago : 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 basament 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) Theinfluence 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.*

WeisD., 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 ^{40}AR-^{39}Arages 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. *G^3, 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.*

A partir du site animé par G. Michon : http://www.univ-st-etienne.fr/taaf/

Bibliographie complémentaire :

Arnaud p., beurois j., couesnon p., le mouël j.-f., 2007. *Phoquiers de la desolation*. Françoise jambois. 267p.

Accord sur la conservation des albatros et des petrels. 2009. Evaluation des especes: petrel a menton blanc. Telecharge a partir de http://www.acap.aq le 28 février 2011.

Accord sur la conservation des albatros et des petrels. 2008. Evaluation des especes: l'albatros d'amsterdam. Telecharge a partir de http://www.acap.aq le 2 juillet 2008

Berthier et al 2009, *ice wastage on the kerguelen islands (49° s, 69°e) between 1963 and 2006, journal of geophysical research, vol. 114, f03005, doi:10.1029/2008jf001192, 2009*

birdlife international (2004). *Tracking ocean wanderers: the global distribution of albatrosses and petrels. Results from the global procellariiform tracking workshop, 1-5 september, 2003, gordon's bay, south africa. Birdlife international: cambridge uk. Et gales r (1998). Albatross populations: status and threats. In: albatross biology and conservation (ed. Robertson g and gales r) pp. 20-45. Surrey beatty & sons: chipping norton).*

Convey & lebouvier 2009, *environmental change and human impacts on terrestrial ecosystems of the sub-antarctic islands between their discovery and the mid-twentieth century*. Papers and proceedings of the royal society of tasmania, 141p sous presse.

Dreux et al. 1988, *polar record 24(150), 235-238.*

Duhamel g., gasco n. Et davaine p. 2005 . *– poissons des iles kerguelen et crozet. Guide regional de l'ocean austral. Museum national d'histoire naturelle, paris, 419 p. (patrimoines naturels, 63).*

Observatoire national sur les effets du rechauffement climatique *2009*. *Impacts du changement climatique dans les iles subantarctiques. Paris: onerc.*

Rolland v., barbraud c., weimerskirch h. *Assessing the impact of fisheries, climate and disease on the dynamics of the indian yellow-nosed albatross. Biological conservation. 2009, 142, 1084–1095*

Shirihai h (2002). *A complete guide to antarctic wildlife. Alula press: degerby.*

Soubeyran y. (2008). *Especes exotiques envahissantes dans les collectivites françaises d'outre-mer. Etat des lieux et recommandations. Collection planete nature. Comite français de l'uicn, paris, France.*

Henri weimerskirch 2004, *diseases threaten southern ocean albatrosses. Polar biol (2004) 27: 374–379.*

Index des cartes

Carte 1 : Situation géographique de la réserve 16
carte 2 : Délimitation de la réserve naturelle : district d'Amsterdam 17
carte 3 : Délimitation de la réserve naturelle : district de Crozet 17
carte 4 : Délimitation de la réserve naturelle : district de Kerguelen 18
Carte 5 : Situation géographique de l'archipel de Crozet 19
Carte 6 : Géographie de l'archipel de Kerguelen 20
Carte 7 : Géographie de l'île d'Amsterdam 21
Carte 8 : Géographie de l'île de Saint-Paul 21
Carte 9 : Fréquentation des sites spécialement protégés dans le Golfe du Morbihan 35
Carte 10: Refuges et abris de Kerguelen (Données refuges IPEV). 36
Carte 11 : fréquentation touristique de l'île de la Possession 38
Carte 12 : fréquentation touristique de Kerguelen 39
Carte 13 : Fréquentation touristique d'Amsterdam 40
Carte 14 : Zone CCAMLR et ZEE 45
Carte 15 : Carte du sanctuaire de l'océan indien (source www.pbs.org) 45
Carte 16 : Zones de la CTOI 46
Carte 17 : Zone de la CCSBT (source : fao.org) 47
Carte 18 : Les différents statuts de protection de la réserve naturelle (Crozet) 51
Carte 19 : Les différents statuts de protection de la réserve naturelle. Détail de l'île de la Possession 52
Carte 20 : Les différents statuts de protection de la réserve naturelle (Kerguelen) 52
Carte 21 : Les différents statuts de protection de la réserve naturelle à Kerguelen. Détail des îles du Golfe du Morbihan. 53
Carte 22 : Les différents statuts de protection de la réserve naturelle (Amsterdam) 53
Carte 23: Statuts de protection d'Amsterdam et Saint-Paul 54
Carte 24 : Ile de la Possession, réseau hydrographique, carte IPEV136 d'après la carte de reconnaissance IGN au 1/50 000 (levés de 1964) 66
Carte 25 : Croquis topographique IGN des îlots des Apôtres, IGN 4450 C (TAAF : Cochon/apôtres/Pingouins, 1986) 67
Carte 26 : Croquis topographique IGN de l'île des Pingouins : IGN 4450 C (TAAF : Cochon/apôtres/Pingouins, 1986) 67
Carte 27 : Carte topographique de l'île aux Cochons : IGN 4450 C (TAAF : Cochon/apôtres/Pingouins, 1986) 68
Carte 28 : Modèle Numérique de Terrain de l'île de l'Est montrant les reliefs et les dépressions : La Baie de l'Abondance est ici au Sud (à partir des croquis de H. de Corbiac (1969), amélioré en 1977 à l'aide des photographies aériennes de 1976, Michon 2004) 68
Carte 29 : Île de l'est vue du Marion Dufresne (Photo Cottin 1999) 68
Carte 30 : Sur la côte Sud de l'Île de l'Est (Archipel Crozet) les entablements de coulées volcaniques sont entaillés par la vallée en Auge qui débouche dans la baie de l'Abondance (Photo Cottin 1999) 69
Carte 31 : Île de la Possession vue de l'Est, Base de Port Alfred, localisé sur le plateau volcanique juste derrière la baie du Marin abritant une importante manchotière. (Photo Cottin 2002) 69
Carte 32 : Extrait de la carte de reconnaissance IGN à 1/50 000 (1964) et MR TAAF 1986 de l'île de La Possession (archipel Crozet) 70
Carte 33 : 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 71
Carte 34 : Carte géologique simplifiée de La Possession d'après Chevalier et Nougier , 1981, modifiée par Michon (2005) http://www.univ-st-etienne.fr/iaaf/ 73
Carte 35 : Modèle Numérique de Terrain avec report de la géologie de l'île de La Possession (Michon 2005) http://www.univ-st-etienne.fr/iaaf/ 73
Carte 36 : Localisations (vert) d'une espèce côtière et coloniale : le manchot royal à l'Ile de le Possession (Crozet). Localisation des colonies de reproduction 104
Carte 37 : Iles Kerguelen ; réseau hydrographique et principaux lacs. 124
Carte 38 : (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) 125

Carte 39 : NORD OUEST KERGUELEN (à partir de la carte topographique au 1/100 000 IGN, modifiée avec tracés géologiques et failles –Michon 2000-) 128
Carte 40 : SUD OUEST KERGUELEN (à partir de la carte topographique au 1/100 000 IGN modifiée avec tracés géologiques et failles – Michon 2000-) 128
Carte 41 : EST KERGUELEN (à partir de la carte topographique au 1/100 000 IGN, modifiée avec tracés géologiques et failles –Michon 2000-) 129
Carte 42 : 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) (voir légendes ci-dessous) 130
Carte 43 : Carte et coupe géologiques schématiques du complexe plutonique de l'île de l'Ouest (Giret 1983) 137
Carte 44 : Carte Schématique des îles Nuageuses montrant les rapports entre complexe plutonique et basaltes. (Giret 1983) 138
Carte 45 : Carte et coupe géologiques schématiques de l'île de Croy montrant les relations entre une intrusion de syénite différenciée (microsyénite, syénite monzonitique, gabbro, norrmakite) mise en place au sein des basaltes de plateaux 139
Carte 46 : Modèle Numérique de Terrain de la Péninsule Rallier du Baty 151
Carte 47 : Carte hydrogéologique de Kerguelen EST (masque bleu de la Carte topographique IGN à 1/100 000, traitement G. Michon 2009) 153
Carte 48 : Carte hydrogéologique Kerguelen Sud (masque bleu de la Carte topographique IGN à 1/100 000, traitement G. Michon 2009) 154
Carte 49 : Carte hydrogéologique de Kerguelen Nord (masque bleu de la Carte topographique IGN à 1/100 000, traitement G. Michon 2009) 155
Carte 50 : Carte des sols de l'Ile Verte. Source : Chapuis *et al*. 2000a 159
Carte 51 : Carte des sols de l'Ile Guillou. Source : Chapuis *et al*. 2000a 160
Carte 52 : Carte schématique de la géologie des îles Kerguelen avec les gisements d'enclaves de péridotites 166
Carte 53 : Localisations des gisements à Kerguelen (G. Michon 2009) 167
Carte 54 : Zones de dispersions des ponces trachytiques suite aux éruptions très explosives du volcanisme très récent de l'archipel de Kerguelen (Péninsule Rallier du Baty et Mont Ross) (G. Michon 2009)..... 168
Carte 55 : Zones de volcanisme considérées comme éteintes (G. Michon 2009) 169
Carte 56 : Modélisation d'une carte de risque de type Tsunamis après l'effondrement en mer du Mont Ross (G. Michon 2009) 171
Carte 57 : Carte des distributions d'utilisation (UDs ; de janvier à juillet 2008) d'immatures de grands albatros de Kerguelen, Péninsule Courbet (2 mâles & 2 femelles) 199
Carte 58 : Carte des localisations (de novembre 2007 à juillet 2008) de poussins de grands albatros de Kerguelen, Péninsule Courbet (10 individus) 199
Carte 59 : Carte des distributions d'utilisation (UDs ; de janvier à juillet 2008) de pétrels à menton blanc reproducteurs de Kerguelen, Canyon des Sourcils Noirs (7 individus ; de décembre 2008 à janvier 2008) 200
Carte 60 : Carte des localisations (d'avril à juin 2008) de poussins de pétrels à menton blanc de Crozet, île de la Possession (4 individus) 201
Carte 61 : Sites de suivis des colonies de pinnipèdes, île de la Possession 236
Carte 62 : Sites de suivis des colonnies de pinnipèdes, Kerguelen 237
Carte 63 : Extrait de la carte topographique IGN d'Amsterdam-Saint-Paul 256
Carte 64 : Extrait de la carte topographique IGN Amsterdam-Saint-Paul 258
Carte 65 : Carte géologique d'Amsterdam (d'après Nougier 1982, modifié par J. Dyon et G. Michon -MNT- in Richet *et al.* 2007) 260
Carte 66 : Carte géologique schématique de Saint-Paul. D'après Nougier 1982 261
Carte 67 : Carte des sols de l'île Amsterdam 262
Carte 68 : Fronts hydrologiques autour de Saint-Paul et Amsterdam 284
Carte 69 : Installations humaines, chemins de transits et dispersion de *Sagina procumbens* sur l'île de la Possession, Crozet (d'après Frenot *et al.* 2008) 308
Carte 70: Distribution en 2005-2006 du coléoptère introduit *Merizodus soledadinus* dans le secteur est de Kerguelen. En encadré la répartition en présence (rouge) - absence (vert) en 1995. Sources : Chevrier 1996, Lebouvier & Lambret 2006. La présence en un point isolé à Estacade suggère l'introduction avec du matériel apporté par des visiteurs de la cabane localisée sur ce site. 313
Carte 71 : Répartition des parcs à moutons sur l'île Longue 319

Carte 72 : Carte des rivières et des lacs peuplés (en rouge) ou non (en bleu) des salmonidés introduits à Kerguelen. Aire d'extension en 2003. Source : Duhamel G., 2005 322
Carte 73 : laboratoires animant les programmes de recherche soutenus par l'IPEV dans les Iles Australes Françaises 359

8.Index des figures

Figure 1 : Nombre de touriste par opération portuaire depuis 2002 37
Figure 2 : principale données climatiques de l'île de la Possession (Données Météo-France) 64
Figure 3 : Evolution des températures annuelles de l'air et des précipitations totales annuelles sur l'île de la Possession (source : IPEV 136 d'après données Météo France, station Alfred Faure) 65
Figure 4 : Ile de la Possession, archipel Crozet. Analyse des eaux de rivières le long d'un transect Pointe Basse, Col 600, Vallée des Branloires. Source : Frenot 1987 66
Figure 5 : Evolution de la survie adulte (gauche) et du succès reproducteur (droite) de l'albatros à sourcils noirs de la colonie du Canyon des Sourcils noirs à Kerguelen (à partir de Rolland et al. 2008 J. Applied Ecology) 110
Figure 6 : Distributions d'utilisation (UDs) de grand albatros reproducteurs à Crozet, île de la Possession (de 1989 à 2003 ; 124 mâles & 77 femelles). Etablie à partir de données CEBC-CNRS non publiées. 111
Figure 7 : Distributions d'utilisation (UDs ; de février à juillet 2008) d'immatures de grands albatros de Crozet, île de la Possession (2 mâles & 3 femelles). Carte établie à partir de données CEBC-CNRS non publiées. 112
Figure 8 : Données de suivi par satellite d'adultes reproducteurs P. aequinoctialis (Nombre de suivi= 39). Carte basée sur les données fournies par la base de données de suivi Procellariiform Tracking de BirdLife International [57] 113
Figure 9 : Estimation du nombre annuel de couples reproducteurs de cinq espèces de pétrels et albatros .. 116
Figure 10 : Evolution du nombre de terriers de pétrels à menton blanc sur l'île de la Possession entre 1983 et 2004 117
Figure 11 : Profil climatologique de Kerguelen – 119
Figure 12 : évolutions des températures et des précipitations sur Kerguelen depuis 1950 (source : IPEV 136 d'après données Météo France, Port aux Français) 120
Figure 13 : évolutions des températures et des précipitations sur Kerguelen depuis 1950 (source : IPEV 136 d'après données Météo France, Port aux Français) 121
Figure 14 : Image satellite des glaciers de la péninsule Rallier du Baty 122
Figure 15 : Image satellite de la calotte polaire COOK 123
Figure 16 : Col Glacé (Péninsule Rallier du Baty, Vue sur la vallée de LARMOR et sur les reliefs arrondis de la Péninsule Rallier du Baty qui sont caractérisés par des roches plutoniques du type syénite, particulièrement érodés par les glaciers) dessins originaux de Michon G, (2001) 132
Figure 17 : Péninsule Rallier Du Baty : Massif des 2 Frères (détails du complexe annulaire de Rallier du Baty Sud, Marot et Zimine 1976, Lameyre et al.1981) 132
Figure 18 : Péninsule Rallier Du Baty : Massif des 2 frères (détails du complexe annulaire de Rallier du Baty Sud, Marot et Zimine 1976, Lameyre et al.1981) 132
Figure 19 : Péninsule Rallier Du Baty : Mont du Commandant, contact entre le complexe plutonique et les basaltes de plateaux (détails du complexe annulaire de Rallier du Baty Sud, Marot et Zimine 1976, Lameyre et al.1981) 133
Figure 20: Péninsule Rallier du Baty : Anse du Gros Ventre, aboutissement en mer, vers le sud de la vallée des Sables (Péninsule Rallier du Baty Sud) (Marot et Zimine 1976 ; Lameyre et al.1981) 134
Figure 21 : Péninsule Rallier Du Baty : Panorama de l'Arête Jérémine (détails du complexe annulaire de Rallier du Baty Sud et de ses relations avec les coulées très récentes (historiques), nappant les sommets (Marot et Zimine 1976, Lameyre et al.1981, Gagnevin *et al*. 2003) 134
Figure 22 : Plateau Central, région du centre Nord : (détails des Monts Ballons, intrusion de syénite néphélinique mise en place au sein des basaltes de plateau montrant une stratification horizontale) (Giret 1983) 134
Figure 23 : Relation basaltes de plateaux et sill intrusif de gabbros (bombement des coulées de basaltes) : Vallée du Thermomètre, Péninsule Loranchet (Giret 1983) 135
Figure 24: Rebroussement des basaltes de plateaux (en sombre et stratifiés) au contact avec l'intrusion de gabbros différenciés du Righi (en clair) (Peninsule Loranchet - Giret ,1983-) 135
Figure 25 : Coulées de basaltes de plateaux, bombée par une intrusion sous jacente (invisible à l'affleurement), dessinant un pli (brachyanticlinal) (Mont Lignite, Péninsule Loranchet – Giret, 1983-) 136
Figure 26 : Intrusion de syénite néphélinique à structure concentrique (anneau externe de gabbro) de la Presqu'île de la Société de Géographie (Giret 1983) 136

Figure 27 : Ile de l'Ouest : complexe de bordure de l'intrusion avec mise en place de filons de microsyénite dans l'encaissant basaltique (Giret 1983) 138
Figure 28 : Contact entre une intrusion syénitique et son toit de basaltes de plateaux (île de CROY) : 140
Figure 29 : Péninsule Rallier du Baty (photos G. Michon 2001) 146
Figure 30 : Localisation du pétrel à menton blanc à Kerguelen 194
Figure 31 : Estimation des couples reproducteurs de pétrels à menton blanc dans l'ensemble de son aire de répartition 197
Figure 32 Observations de *C. commersonii* faites sur et en bordure du plateau des îles Kerguelen. Les numéros se réfèrent aux observations publiées par Robineau (1985, 1989) 246
Figure 33 Observations de *C. commersonii* dans les eaux côtières des îles Kerguelen, en dehors de golfe du Morbihan (GM). Les numéros se réfèrent aux observations publié es par Robineau (1985, 1989) 246
Figure 34 : Profil climatologique d'Amsterdam 252
Figure 35 : Evolution des températures annuelles de l'air (°C) à Amsterdam 254
Figure 36 : Evolutions des précipitations totales annuelles (mm) à Amsterdam 254
Figure 37 : Localisations (bleu) d'une espèce à nidification en surface, diffuse et coloniale, l'albatros d'Amsterdam 277
Figure 38 : Nombre d'œufs pondus par année ajusté d'une simple ligne de régression, de Weimerskirch (2004) 278
Figure 39 : Cartes de Kernel de densité (h=0.5) -ou distributions d'utilisation : UDs- d'albatros d'Amsterdam 280
Figure 40 : Distribution de l'albatros à bec jaune de la colonie d'Amsterdam 281
Figure 41 : Iles Kerguelen – érosion aérienne à la Pointe du Morne
Source : Lebouvier et al. soumis 305
Figure 42 : 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. 306
Figure 43 : timbre à l'effigie de la langousterie de Saint-Paul 356
Figure 44 : Répartition des travaux dans les îles subantarctiques de 1975 à 2007 358
Figure 45 : Distribution des recherches dans le domaine de l'écologie terrestre dans les îles subantarctiques de 1975 à 2007 359
Figure 46 : La réserve naturelle nationale des Terres australes françaises 382

9.Index des tableaux

Tableau 1 : Ensemble des espèces présentes au sein de la réserve et mentionnées par les annexes CITES : 41
Tableau 2 : Espèces des TAAF inscrites sur les annexes de la convention de Bonn 42
Tableau 3 : Espèces inscrites à l'ACAP 43
Tableau 4 : Sites réservés à la recherche scientifique et technique 49
Tableau 5 : Zones de protection intégrale 50
Tableau 6 ; Quelques valeurs de pH et conductivité des eaux douces relevées à Crozet et Kerguelen lors d'études sur les diatomées par Van de Vijver et coll. 66
Tableau 7 : Espèces d'oiseaux et de mammifères marins dénombrées par comptage complet selon leurs caractéristiques de reproduction 106
Tableau 8 : Liste des espèces d'oiseaux suivies annuellement par comptage complet sur l'île de la Possession dans le cadre du programme IPEV n°109 dans les TAAF 106
Tableau 9 : Espèces d'oiseaux dénombrées par échantillonnage selon leurs caractéristiques de reproduction 107
Tableau 10 : Liste des espèces d'oiseaux suivies par comptage incomplet sur l'île de la Possession dans le cadre du programme IPEV n°109 dans les TAAF 107
Tableau 11 : estimation de la taille de population des différentes espèces nicheuses dans l'archipel Crozet. 108
Tableau 12 : liste des espèces faisant l'objet d'un suivi démographique sur l'île de la Possession dans le cadre du programme « 109 » 109
Tableau 13 : Espèces d'oiseaux de Crozet dont les suivis sont à maintenir et/ou actualiser de façon prioritaire 114
Tableau 14 : Tendances des populations de 8 espèces d'oiseaux se reproduisant sur l'île de la Possession de l'archipel Crozet 115
Tableau 15 : Températures et précipitations sur Kerguelen 118
Tableau 16 : Iles Kerguelen - Val Studer (fin décembre 2003 – fin janvier 2004) : température de l'air en surface. (+10 cm sous abri) et dans le sol (-2.5, -5, -10 cm) - (source : programme IPEV 136) 119
Tableau 17 : Comparaison des températures moyenne de l'air et des précipitations à basse altitude entre Port aux Français (PAF, données Météo France) et la Plaine Ampère (données programme IPEV 136). Contrairement aux températures, les précipitations sont très différentes avec des valeurs trois fois supérieures dans l'ouest par comparaison avec le secteur est. 120
Tableau 18 : Quelques valeurs de pH et conductivité des eaux douces relevées à Kerguelen relevées lors d'études sur les diatomées par Van de Vijver et coll. 124
Tableau 19 : Liste des espèces d'oiseaux se reproduisant à Kerguelen 192
Tableau 20 : Liste des espèces d'oiseaux suivies annuellement par comptage complet sur Kerguelen dans le cadre du programme IPEV n°109 dans les TAAF 194
Tableau 21 : Résultat des principaux dénombrements sur Kerguelen 196
Tableau 22 : liste des espèces faisant l'objet d'un suivi démographique à Kerguelen, dans le cadre du programme « 109 » 197
Tableau 23 : Espèces d'oiseaux de Kerguelen dont les suivis (notamment les dénombrements) sont à maintenir et/ou actualiser 201
Tableau 24 : Tendances des populations de 9 espèces d'oiseaux se reproduisant à Kerguelen 203
Tableau 25 : Surfaces des ZEE et réserve marine à Crozet et Kerguelen 203
Tableau 26 : bloc diagramme des masses d'eaux et fronts hydrologiques présents au niveau des îles Crozet et Kerguelen 207
Tableau 27 : position géographique des fronts hydrologiques au large des îles Crozet et Kerguelen 208
Tableau 28 : provinces biogéographiques identifiées pour l'ichtyofaune démersale peu profonde de l'océan Austral 222
Tableau 29 : dominance des espèces démersales dans les captures côtières (2-30 m) au filet trémail (90 mx 1,50 m) du golfe du Morbihan (façade est des Iles Kerguelen) 224
Tableau 30 : réseau trophique mettant en évidence la place des poissons communs dans l'écosystème du plateau de Kerguelen (hors oiseaux et mammifères marins) 225
Tableau 31 : Suivi séquentiel des distributions de tailles du plateau nord-est de Kerguelen permettant de construire la courbe de croissance moyenne d'une cohorte théorique de poisson des glaces *Champsocephalus gunnari* 225

Tableau 32 : estimation de l'âge de la légine (*Dissostichus eleginoides*) à partir de la lecture des anneaux de croissance sur des otolithes provenant de la zone de Kerguelen 226
Tableau 33 : cycle vital de la légine (Dissostichus eleginoides) autour des îles Kerguelen (les proies représentées ne sont pas à l'échelle). 227
Tableau 34 : cycle vital du colin de Kerguelen (*Notothenia rossi*) au niveau des îles Kerguelen 227
Tableau 35 : migrations de la légine (*Dissostichus eleginoides*) observées à partir de marquage effectués par l'Australie autour de l'île Heard et de recaptures enregistrées lors de la pêche à la palangre française à Kerguelen et Crozet: (chaque pointe de flèche représente le lieu de recapture d'un spécimen). 228
Tableau 36 : évolution de l'index ovarein et du diamètre ovocytaire chez une femelle du colin austral (*Lepidonotothen squamifrons*) au niveau des îles Kerguelen 228
Tableau 37 : Fécondité de quelques espèces de notothenioids (Kerguelen, Crozet et océan austral) 229
Tableau 38 : Cartes de distributions des captures de certains cétacés 234
Tableau 39 : Distribution des captures de baleines bleues dans les eaux subantarctiques des TAAF 235
Tableau 40 : Liste des espèces de mammifères marins se reproduisant sur les archipels Crozet et Kerguelen 236
Tableau 41 Liste des mammifères marins suivis dans le cadre du programme IPEV n°109 a Crozet et Kerguelen 238
Tableau 42 Estimations récentes et fiables de la taille de population de mammifères marins (nombre annuel de nouveau-nés) à l'échelle d'un site 238
Tableau 43 : Localisation des principaux front et zones océaniques de l'océan Australe (d'après Orsi et al., 1995; Belkin et Gordon, 1996; Park et Gambéroni, 1997) 239
Tableau 44: Exemple de 8 parcours différents (ligne blanche) d'éléphant de mer dans l'océan austral. PF: Polar Front; SAF: Subantarctic Front; STF: Subtropical Front (Sources: Belkin and Gordon, 1996; Park and Gambéroni, 1997). The source of bathymetry is ETOPO5 database. 241
Tableau 45 : Espèces de pinnipèdes dans les Taaf dont les suivis sont à maintenir et/ou actualiser de façon prioritaire 241
Tableau 46 : Tendances des populations de 3 espèces de pinnipèdes se reproduisant à Kerguelen 242
Tableau 47 : récapitulatif des observations de mysticètes dans les eaux subantarctiques 243
Tableau 48 : récapitulatif des observations d'odontocètes dans les eaux subantarctiques 245
Tableau 49 : Espèces de cétacé dont les suivis (notamment les dénombrements) sont à maintenir et/ou actualiser 250
Tableau 50 : Statut et tendance des populations de cétacés 251
Tableau 51 : Températures et précipitations depuis 1950 (données Météo-France, Amsterdam, Martin de Viviès) 252
Tableau 52 : Ile Amsterdam. Différences de températures selon l'altitude 253
Tableau 53 : Ile Amsterdam. Différences de précipitations selon l'altitude 254
Tableau 54 : Liste des espèces d'oiseaux se reproduisant à Amsterdam et Saint-Paul 276
Tableau 55 : liste des espèces d'oiseaux suivies annuellement par comptage complet sur l'île d'Amsterdam dans le cadre du programme IPEV n°109 277
Tableau 56 : Résultats des principaux dénombrements 277
Tableau 57 : Liste des espèces d'oiseaux suivies par comptage complet et incomplet sur l'île d'Amsterdam dans le cadre du programme IPEV n°109 dans les TAAF 278
Tableau 58 : Espèces d'oiseaux d'Amsterdam dont les suivis sont à maintenir et/ou actualiser de façon prioritaire 281
Tableau 59 : Tendances des populations de 4 espèces d'oiseaux se reproduisant sur St-Paul et Amsterdam 282
Tableau 60 : Surfaces des ZEE et réserves marines d'Amsterdam et Saint-Paul 283
Tableau 61 : Coupe schématique des fonds de pêche autour d'Amsterdam (Beurois, 1975) 285
Tableau 62 : Bathymétrie et environnement biologique des fonds de pêche s'étendant autour d'Amsterdam (Duhamel, 1980) 287
Tableau 63 : Environnement benthique autour de l'île Saint Paul (Duhamel, 1980) 289
Tableau 64 : Schéma de l'étagement des peuplements benthiques sur les fonds de pêche des îles Saint Paul et Amsterdam 291
Tableau 65 : Distribution géographique des poissons des îles St-Paul et Amsterdam dans l'hémisphère sud 294
Tableau 66 : récapitulatif des observations de mysticètes dans les ZEE d'Amsterdam et St-Paul 298
Tableau 67 : récapitulatif des observations d'odontocètes dans les eaux d'Amsterdam et St-Paul. 299

Tableau 68 : Espèces de cétacé dont les suivis (notamment les dénombrements) sont à maintenir et/ou actualiser 301
Tableau 69 : Principales plantes envahissantes de Kerguelen, Crozet et Amsterdam 309
Tableau 70 : Principaux invertébrés exotiques envahissants à Crozet et à Kerguelen. 311
Tableau 71 : Date d'introduction des mammifères exotiques dans la réserve naturelle des terres australes françaises D'après Chapuis et al. 1994. 314
Tableau 72 : Inventaire, distribution et statut des populations exotiques pérennes ou en semi-liberté de vertébrés de la réserve naturelle des terres australes françaises 315
Tableau 73: Résumé des menaces connues pour *P. aequinoctialis* sur les sites de reproduction de Crozet (source : Accord sur la Conservation des Albatros et des Pétrels. 2009. Evaluation des espèces: Pétrel à menton blanc http://www.acap.aq) 316
Tableau 74 : Résumé des menaces connues pour *P. aequinoctialis* sur les sites de reproduction de Kerguelen. source : Accord sur la Conservation des Albatros et des Pétrels. 2009. Evaluation des espèces: Pétrel à menton blanc. http://www.acap.aq 316
Tableau 75 : Méthode de pêche à la palangre de fond (type pêche à la légine) 327
Tableau 76 : Méthode de pêche à la palangre pélagique (type pêche aux thons) 327
Tableau 77 : Trajets alimentaires de pétrels à menton blanc de Crozet pendant la période d'incubation (Catard et al., 2001) 328
Tableau 78 : Représentation de la Zone CCAMLR et des ZEE de Kerguelen (58.5.1) et Crozet (58.2) 330
Tableau 79 : Représentation des ZEE de Kerguelen (58.5.1) et Crozet (58.6) 330
Tableau 80 : Banderole d'effarouchement mis à l'arrière des bateaux pour limiter les captures accidentelles d'oiseaux marins 331
Tableau 81: Nombre total d'oiseaux morts par prise accidentelle dû à la pêche légale dans les ZEE de Crozet et Kerguelen (de 2002 à 2009) 332
Tableau 82 : Evolution de la mortalité accidentelle dans la sous zone 58.5.1 (Kerguelen) de 2007 à 2009. Sur le graphique apparaît également le cycle reproducteur du pétrel à menton blanc (histogramme coloré), et les périodes de fermeture totale de la pêche (en gris) 332
Tableau 83 : Découpage géographique mondial des secteurs de pêche 334
Tableau 84 : Reprises des bagues de pétrels à menton blanc (bagués à Crozet) par des bateaux de pêche entre 1986 et 2006 334
Tableau 85 : Estimation du nombre de pétrel à menton blanc tués accidentellement par les palangriers légaux et illégaux exploitant la zone de pêche de Kerguelen et de Crozet 335
Tableau 86 : Estimation du nombre de pétrels gris tués entre 1996 et 2004 par les palangriers légaux et illégaux pêchant la légine dans le secteur de Kerguelen 336
Tableau 87 Evolution des TAC de Langouste (*Jasus paulensis*) entre les campagnes de pêche de 1972/73 et 2008/09. 365
Tableau 88 : Evolution des TAC de langouste (Jasus paulensis) dans chacune des zones de pêche entre les campagnes 1998-1999 et 2008-2009 365
Tableau 89 : Tableau récapitulatif des TAC de poisson entre 2006 et 2009, en tonnes 366
Tableau 90 : Espèces dont les suivis sont à maintenir et/ou actualiser de façon prioritaire 376

10. Index des photos

Photo 1 : Siège des TAAF à Saint-Pierre 23
Photo 2 : Première mission à Crozet 26
Photo 3 : Base Alfred Faure 27
Photo 4 : La baie du Marin 27
Photo 5 : base de Port-aux-Français (au fond le Marion Dufresne) 28
Photo 6 : Serres, déchetterie et incinérateur de Kerguelen 29
Photo 7 : Le Centre National d'Etudes Spatial à Kerguelen 29
Photo 8 : Base de Martin-de-Viviès 30
Photo 9 : Le Marion Dufresne 31
Photo 10 : Opération logistique du Marion Dufresne 31
Photo 11 : La Curieuse 32
Photo 12 : La Curieuse dans le Golfe du Morbihan (Kerguelen) 32
Photo 13 : Le Chaland de Kerguelen 33
Photo 14 : L'Osiris bateau de surveillance des pêches dans les Taaf 60
Photo 15 : Océanic Viking. Bateau de surveillance des pêches australien 61
Photo 16 : Ile de La Possession, Crozet – Illustration de la diversité des habitats côtiers 79
Photo 17 : Ile de La Possession, Crozet - Sites représentatifs des habitats herbeux du complexe des habitats côtiers soumis aux embruns 81
Photo 18 : Ile de La Possession, Crozet - Photographies illustrant les deux types de formations pédologiques qu'il est possible de retrouver sur les sols de fell-field des îles subantarctiques françaises 82
Photo 19 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples d'habitats du complexe de fell-field 84
Photo 20 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples de sites appartenant au complexe des pentes herbeuses 86
Photo 21 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples de sites appartenant au complexe des prairies enrichies 90
Photo 22 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples de sites appartenant au complexe des pelouses enrichies 91
Photo 23 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples de sites du complexe des milieux humides et tourbières 94
Photo 24 : Ile de la Possession, Crozet - Exemples de sites illustrant l'habitat à graminées introduites 97
Photo 25 : Dénombrement des manchots royaux 107
Photo 26 : Monts du Commandant, Péninsule Rallier du Baty montrant l'intrusion de syénite (roches claires) dans les basaltes de plateaux plus anciens (roches sombres) 133
Photo 27 : Vue de Kerguelen depuis les Monts Aubert de la Rue 141
Photo 28 : Glacier Ampère vu du refuge de la Mortatelle 142
Photo 29 : Le Cap des Aiguilles vu du massif de Val Gabbro –Presqu'île Jeanne d'Arc 143
Photo 30 : Gisement d'enclaves de péridotites, de pyroxénites et de métagabbros 145
Photo 31 : Mont Ross (Grand Ross et Petit Ross) et le glacier Buffon vus du Point Sublime (Péninsule Aubert de la Rue) (Photo B. Moine, Prog IPEV CARBONATOKER, 2002) 147
Photo 32 : La calotte Cook et sa langue glaciaire du Naumann au niveau du Plateau des Alouettes (photo A. Giret 1994) 148
Photo 33 : Plateau des Drumlins (péninsule Courbet) avec vue au Sud sur la presqu'île Ronarc'h 148
Photo 34 : Photo du pointement phonolitique de la Tête de l'Homme (presqu'île Ronarc'h) (Photo J.Y. Cottin 1999) 149
Photo 35 : Sols polygonaux dus à l'érosion glaciaire (Massif du mont Ross) (Photo G. Michon 1991) 150
Photo 36 : Le halage des Naufragés (Photo J.Y. Cottin 2002, prise depuis Ronarc'h) 150
Photo 37 : Fumerolles de la Péninsule Rallier du Baty : Nord du Pic Saint Allouarn (photos A Giret 1986 156
Photo 38 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du Sud de la Péninsule Rallier du Baty 156
Photo 39 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du Sud de la Péninsule Rallier du Baty 157
Photo 40 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du Sud de la Péninsule Rallier du Baty 157
Photo 41 : Sources chaudes de Val Travers (Plateau central)(Photo G. Michon 1992) 158
Photo 42 : Bombes volcaniques en fuseau 161
Photo 43 : Plateau des Drumlins (Péninsule Courbet Sud) (Photo J.Y. Cottin 1999) 162
Photo 44 : Moraine glaciaire de la rivière des Macaronis (Nord du Cap Mac Lear, Presqu'île Ronarc'h) (phot J.Y. Cottin 2002) 163
Photo 45 : Port Jeanne d'Arc, Ravin du Charbon montant au plateau du Vent (Photo Cottin 2002) 164
Photo 46 : Pipe de lamprophyres (photo Cottin 2007) 165
Photo 47 : Clinopyroxène de type augite automorphe (photo J.Y. Cottin 2007) 165

Photo 48 : Photo satellite (Google Earth) montrant la base de Port aux Français et la piste reliant la station CNES 170
Photo 49 : Iles Kerguelen - Habitats côtiers soumis aux embruns 175
Photo 50 : Iles Kerguelen - Exemples de sites avec habitats appartenant au complexe de fell-field 177
Photo 51 : Iles Kerguelen - Habitats appartenant à la communauté fermée en absence de lapins, ou « groupement primitif » (complexe des communautés herbeuses) 180
Photo 52 : Iles Kerguelen - Sites caractéristiques des autres communautés du complexe des communautés herbeuses 182
Photo 53 : Iles Kerguelen - Exemples de sites appartenant au complexe des prairies enrichies 184
Photo 54 : Iles Kerguelen - Exemples de sites appartenant au complexe des pelouses enrichies 185
Photo 55 : Iles Kerguelen - Illustration de quelques sites appartenant à l'habitat à graminées introduites 187
Photo 56 : Iles Kerguelen - Sites appartenant aux habitats enneigées, englacées et désenglacées 188
Photo 57 : Vestiges de la station baleinière Norvégienne de Port-Jeanne d'Arc, sud est de Kerguelen (Photographie P. Didelot). 233
Photo 58 : Île de la d'Amsterdam vue de La Curieuse, depuis le Nord (photo Cottin 1995) 256
Photo 59 : Petit cône de lave cordée (5m de hauteur) sur le chemin entre la base St Martin du Viviès la cabane Antonelli (photo Cottin 1993) 257
Photo 60 : La Caldeira d'Amsterdam (photo Giret 1978) 257
Photo 61 : Photo du cratère de Saint-Paul pris du pont culminant (244 m) (Photo Giret 1988) 258
Photo 62 : Fumerolles de Saint-Paul, au fond du cratère, juste à l'aplomb de la crête de la Novara (Photo Cottin 1995) 259
Photo 63 : Ile Amsterdam – Principaux habitats (clichés M. Lebouvier) 267
Photo 64 : Ile Amsterdam – Principaux habitats (clichés M. Lebouvier, sauf F.) 270
Photo 65 : Ile Saint-Paul – Principaux habitats (clichés M. Lebouvier, 2007) 272
Photo 66 : Iles Kerguelen, Ile Verte – Evolution du couvert végétal en relation avec les déficits hydriques accentués depuis le début des années 1990. 306
Photo 67 : 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) 308
Photo 68 : *Stellaria alsine* (cliché Y. Frenot) 308
Photo 69 : Localisation de la serre de Crozet 312
Photo 70 : Mouflons sur l'Ile Haute à Kerguelen (avant la fin de l'éradication en 2009) 314
Photo 71 : Rat noir 316
Photo 72 : chats à Kerguelen 317
Photo 73 : Lapin à Kerguelen 317
Photo 74 : Rennes à Kerguelen 318
Photo 75 : Moutons sur l'île Longue (cliché J. Buffin) 319
Photo 76 : Azorelle dégradée sur l'île Haute 320
Photo 77 : Ferme aquacole d'Armor inactive (cliché 2009) 321
Photo 78 : Rat surmulot 323
Photo 79 : oiseaux suiveurs des bateaux de pêches austraux 326
Photo 80 : Pétrel à menton blanc avec hameçon dans le bec 326
Photo 81 : Pétrels à menton blanc noyés par des palangres 331
Photo 82: Emprise des infrastructures dans la colonie de manchots royaux de la baie du marin (Crozet) 341
Photo 83 : Port Jeanne d'Arc en fonctionnement 353
Photo 84 : Port Jeanne d'Arc en fonctionnement 353
Photo 85 : Port Jeanne d'Arc en 2009 354
Photo 86 : Port Couvreux dans les années 60 355
Photo 87 : Vestiges de la langousterie de Saint-Paul 355