

environnement et biodiversité
d'un microcosme océanique

Loïc Charpy (coordinateur)

clipperton



PATRIMOINES NATURELS

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MUSÉUM
IRD ÉDITIONS

Clipperton

environnement et biodiversité d'un microcosme océanique

Loïc Charpy* (coordinateur)

(* IRD, UR 167 - Centre d'Océanologie de Marseille
rue de la Batterie des Lions
13007 Marseille - France
loic.charpy@univmed.fr

Publications scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle
IRD Éditions

Cette publication constitue le volume **68** de la collection Patrimoines Naturels

Directeur de la publication : Bertrand-Pierre Galey
Directeur général du Muséum national d'Histoire naturelle

Rédacteur en chef : Jacques Trouvilliez
Secrétaire de rédaction : Gwénaëlle Chavassieu

Photos 1^{re} de couverture :

a
b
c

 a : vue cocoteraie, lagon et Pacifique (photo C. Fresser)
b : fous masqués (photo L. Charpy)
c : vue aérienne intégrale de l'atoll (photo C. Fresser)

Photos 4^e de couverture :

d	e	f	g
---	---	---	---

 d : *Gecarcinus planatus* Stimpson, 1860 (photo L. Charpy)
e : fous masqués (photo L. Charpy)
f : échantillon de corail du genre *Pocillopora* (photo J.-F. Flot)
g : *Hymenocera picta* Dana, 1852 (photo G.-R. Allen)

Design : Catherine Lasnier

ISSN 1281-6213
ISBN MNHN 978-2-85653-612-4
ISBN IRD 978-2-7099-1660-8

© Publications scientifiques du MNHN, Paris ; IRD, Marseille - 2009

Cet ouvrage doit être référencé comme suit :
CHARPY L. (coord.) 2009. — *Clipperton, environnement et biodiversité d'un microcosme océanique*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; IRD, Marseille, 420 p. (Patrimoines naturels ; 68).

Table des matières

PRÉFACE	7
Fondation Total	
INTRODUCTION	9
De la découverte de l'île de Clipperton à nos jours	11
Jean-Louis Étienne	
Les grands questionnements et les expéditions scientifiques	17
Loïc Charpy, Marie-Josée Langlade	
L'ÎLE	21
Origine, situation et traits morphologiques généraux de l'île	23
Jean Trichet	
Évolution holocène, diagenèse carbonatée et sédimentation phosphatée	29
Françoise Bourrouilh-Le Jan	
Variations du niveau de la mer et du lagon	49
Laurent Testut, Gwénaële Jan, Antoine Guillot, Stéphane Calmant	
Un site test pour le mouvement tectonique absolu de la plaque Pacifique	55
Stéphane Calmant, Nicolas Bergeot, Marie-Noëlle Bouin	
Contexte océanographique	61
Martine Rodier, Loïc Charpy	
Biogéochimie du lagon	67
Loïc Charpy, Martine Rodier, Gérard Sarazin	
LES COMMUNAUTÉS PLANCTONIQUES	81
Le picoplancton photosynthétique	83
Loïc Charpy, Gérald Gregori, Martine Rodier	
Les virus planctoniques du lagon	89
Yvan Bettarel	
Les micro-algues	93
Alain Couté, Caroline Loez-Bley, Catherine Perrette-Gallet	
Le zooplancton	111
Marc Pagano	
Les punaises marines <i>Halobates</i>	119
Romain Garrouste, Lanna Cheng	
LES COMMUNAUTÉS DE LA PENTE EXTERNE ET DU PLATIER	127
La flore marine du complexe récifal et quelques aspects de la biodiversité et de la géomorphologie de l'île	129
Claude Payri, Jean-Louis Menou, Antoine N'Yeurt	
Les poissons	143
Philippe Béarez, Bernard Séret	
Les coraux	155
Jean-François Flot, Mehdi Adjeroud	
Les crustacés décapodes et stomatopodes, inventaire, écologie et zoogéographie	163
Joseph Poupin, Jean-Marie Bouchard, Laurent Albenga, Régis Cleva, Margarita Hermoso-Salazar, Vivianne Solís-Weiss	
En encadré : présence de deux sous-espèces de crevette <i>Alpheus lottini</i> à Clipperton	172
Alain Van Wormhoudt	

Les mollusques	217
Kristie-L. Kaiser	
Les échinodermes	235
Francisco-A. Solís-Marín, Alfredo Laguarda Figueras	
Les annélides polychètes de la cryptofaune benthique associée au corail mort	249
Vivianne Solís-Weiss, Pablo Hernández Alcántara	
Les bryozoaires	271
Jean-Loup d'Hondt	
LE MILIEU TERRESTRE	277
Un état des lieux de la flore et de la végétation terrestres et dulcaquicoles	279
Alain Couté, Romain Garrouste	
Existe-t-il un transport pollinique vers Clipperton?	297
Denis-Didier Rousseau, Patrick Schevin, Jackie Ferrier, Marie-Pierre Ledru, Danielle Duzer	
La faune des insectes	309
Romain Garrouste, Christophe Hervé	
Les arachnides	325
Christophe Hervé, Romain Garrouste	
Éléments d'écologie et nouveau recensement de la population du crabe terrestre <i>Gecarcinus planatus</i> Stimpson, 1860 (Decapoda : Brachyura)	333
Jean-Marie Bouchard, Joseph Poupin	
Les reptiles terrestres ou comment survivre en devenant "vampires"	347
Ivan Ineich, Sandrine Berot, Romain Garrouste	
L'avifaune et l'écologie des oiseaux marins	381
Henri Weimerskirch, Matthieu Le Corre, Charles-André Bost, Lisa T. Ballance, Robert L. Pitman	
Les vertébrés de Clipperton soumis à un siècle et demi de bouleversements écologiques	393
Olivier Lorvelec, Michel Pascal	

Le milieu

terrestre





et l'écologie des oiseaux marins

L'avifaune

Henri Weimerskirch, Matthieu Le Corre, Charles-André Bost, Lisa T. Ballance, Robert L. Pitman

Résumé

En janvier et en mars 2005 nous avons réalisé l'inventaire ornithologique de l'atoll de Clipperton qui apparaît comme un site d'importance mondiale pour les oiseaux marins. Treize espèces d'oiseaux y nichent. L'atoll abrite en particulier la plus grande colonie au monde de fous masqués avec plus de 100 000 individus, ainsi qu'une importante population de fous bruns. Nous avons mis en évidence pour la première fois la reproduction de la frégate du Pacifique sur ce site, ainsi que la présence d'une petite population de puffins du Pacifique. Les fous à pieds rouges, quatre espèces de sternes et le paille en queue à brin rouge s'y reproduisent en plus petits nombres, ainsi que la foulque américaine et la poule d'eau sur des îlots du lagon saumâtre. Malgré l'isolement de l'île, nous avons observé 24 espèces d'oiseaux terrestres visiteurs pendant notre séjour, notamment trois espèces de hérons, deux d'oies, six de canards et sept de limicoles. Nous avons étudié plus particulièrement l'écologie alimentaire des fous, en utilisant notamment des émetteurs satellites et des récepteurs GPS miniaturisés. Les fous masqués effectuent des trajets journaliers en moyenne à une centaine de kilomètres de l'île, le rayon maximal atteint étant de 280 km. Le prélèvement de la population de fous est de 80 tonnes de poissons par jour, soit près de 30 000 tonnes chaque année, essentiellement des poissons volants. La pêche à la senne très active autour de Clipperton (22 000 tonnes de thons capturés chaque année) constitue une menace pour la population de fous si elle amène la réduction des stocks de thons auxquels les fous s'associent obligatoirement pour se nourrir. De plus l'introduction récente de rats menace directement toutes les petites espèces d'oiseaux de mer nichant à terre. Il est important que des mesures de conservation à terre et en mer soient prises pour protéger l'avifaune dans l'avenir.

Abstract

Clipperton Island is a major breeding ground for Pacific seabirds. In January and March 2005 the avifauna of this small, remote atoll was investigated, especially with respect to the foraging ecology of the seabird community. Thirteen species of birds are breeding on this island. The world's largest colony of masked boobies (20 000 pairs) and a large population of brown boobies are found there, together with red-footed boobies and four species of terns. We found the first evidence of breeding by great frigatebirds, and the presence of wedge-tailed shearwaters. In addition, two species of land birds, American coots and Common Moorhens, breed in the vegetation of the brackish waters of the permanent lake. Despite its isolation from the American continent, as many as 24 species of visitors have been observed during our stay. In particular, three species of heron, two of geese, six of ducks and seven of waders were observed permanently. The four other species of land birds (two raptors, a gallinule and a swallow) are probably straggling visitors. Clipperton appears as a unique place, as a site of international importance for seabirds, and as the only site of stopover for migrating or stray land birds because of the internal brackish-water lagoon. The large booby population forages at a range up to 280 km from the island while breeding, and overlaps extensively with large purse-net tuna fishery that operates mainly in January-March. Clipperton has no conservation status and we have identified three main threats that may reduce at short-term the high biological interest of this island: Black rats introduced a few years ago; and fishermen, who regularly land to collect coconuts, and possibly seabirds, and may introduce other invasive species. Finally the marine resources around the atoll and in the EEZ are heavily exploited, with illegal and unregulated fishing (tunas, sharks).

INTRODUCTION

Les îles océaniques jouent un rôle crucial pour les oiseaux. Elles abritent d'une part des colonies de reproduction d'oiseaux de mer, parfois considérables, mais constituent aussi des sites d'arrêt souvent essentiels pour les migrateurs trans-océaniques ou les individus égarés. Ces derniers sont fréquemment à l'origine de la colonisation de ces milieux souvent récents, car d'origine volcanique ou corallienne. L'arrivée de l'homme et de ses commensaux, comme les rats ou les chats, a modifié profondément les habitats de ces îles ainsi que les communautés végétales et animales,

en particulier les communautés d'oiseaux (King 1985). Très peu d'îles existent dans la région orientale de l'océan Pacifique tropical, alors que la partie centrale et occidentale est constellée d'îles et d'îlots. L'île de Clipperton est la plus isolée dans le secteur est. Découvert en 1711, l'atoll de Clipperton n'a été que très rarement visité par des ornithologues et ces visites ont été le plus souvent fort brèves. Tous ceux qui ont pu y aborder ont noté son intérêt comme site de reproduction pour les oiseaux marins ainsi que comme halte pour les migrateurs et égarés provenant

du continent américain. La première visite faisant état de l'avifaune date d'août 1825 et indique que l'île est littéralement couverte d'oiseaux marins tels les mouettes, les fous et pétrels (Morrell 1832). Des visites ultérieures confirment cette grande abondance d'oiseaux de mer et précisent notamment que les fous dominent largement (Snodgrass & Heller 1902 ; Beck 1907 ; Gifford 1913). Entre 1897 et 1917 l'île est occupée par des travailleurs mexicains qui exploitent le précieux phosphate extrait du guano déposé depuis des milliers d'années par cette forte concentration d'oiseaux marins. Ces travailleurs ont introduit des cochons qui retourneront rapidement à l'état sauvage. Cette introduction malencontreuse décima les colonies d'oiseaux marins. En 1958 l'ornithologue Ken Stager visita l'île et n'y compta plus que quelques centaines de fous sur les dizaines de milliers qui s'y reproduisaient au début du siècle (Stager 1964). Il décida alors d'éradiquer les 58 cochons encore présents sur l'île en espérant que les fous survivants pourraient reconstituer leurs populations. Les effets de cette action de réhabilitation portèrent leurs fruits bien au-delà des résultats espérés par Stager puisqu'en moins de 50 ans la population de fous masqués passa de 150 individus à plus de 100 000 (Pitman *et al.* sous presse). Clipperton apparaît ainsi comme un site très important pour les oiseaux marins tropicaux et notamment les fous.

Les oiseaux marins exploitent de vastes étendues océaniques où les ressources sont généralement rares, dispersées et imprévisibles. Dans la zone intertropicale, cette contrainte environnementale est encore plus forte car les océans tropicaux et équatoriaux sont caractérisés par une productivité océanique généralement très faible. Ces contraintes environnementales ont conduit à la mise en place de stratégies permettant de minimiser les dépenses énergétiques de la recherche alimentaire et à maximiser son efficacité (Ashmole 1971 ; Ballance & Pitman 1999 ; Weimerskirch *et al.* 2004, 2005). Les oiseaux marins tropicaux sont notamment connus pour s'associer aux bancs de thons et autres prédateurs de surface tels que les dauphins (Au & Pitman 1986). En poursuivant leurs proies sous l'eau, ces grands prédateurs, thons et dauphins, provoquent leur fuite vers la surface et les rendent ainsi accessibles à ces oiseaux

marins dont les capacités de plongées sont limitées. Cette interaction est particulièrement importante dans l'océan Pacifique oriental, où de grands bancs mixtes de thons et de dauphins sont très souvent accompagnés de groupes multispécifiques d'oiseaux marins (sternes, puffins, pétrels, fous) (Au & Pitman 1986 ; Ballance *et al.* 1997). Pour la plupart des espèces d'oiseaux tropicaux, s'associer aux bancs de thons ou dauphins est quasi obligatoire pour pouvoir capturer des proies.

La pêche thonière a depuis longtemps mis à profit cette interaction. Ainsi la plupart des grands senneurs ont à leur bord un observateur dont la fonction essentielle est de repérer les bancs d'oiseaux, indicateurs de thons accessibles. Plus récemment ces observateurs ont été remplacés par des "radars à oiseaux" ou des hélicoptères. Face à la pression grandissante de la pêche thonière industrielle dans les zones tropicales des océans Pacifique, Atlantique et Indien, il devient urgent de mesurer l'impact de ces prélèvements sur les populations exploitées, sur les espèces associées et sur le fonctionnement des écosystèmes pélagiques tropicaux. Cette question est particulièrement cruciale autour de Clipperton où opère la plus grande pêcherie au thon à la senne (IATTC 2007), en particulier dans la Zone économique exclusive française (ZEE).

Dans ce contexte l'expédition sur Clipperton de décembre 2004 à avril 2005 organisée par J.-L. Étienne constituait une opportunité exceptionnelle pour un programme d'ornithologie. Elle permit de répondre à un certain nombre de questions en suspens au sujet de ce territoire français mal connu. Les objectifs du programme "Oiseaux" sur Clipperton étaient donc :

- d'actualiser les données sur les populations d'oiseaux marins nicheurs et sur les visiteurs ;
- d'étudier par télémétrie les stratégies de recherche adoptées par les oiseaux marins (en particulier les fous) et leur régime alimentaire ;
- d'estimer si la pêche thonière industrielle, en réduisant la quantité de thons à grande échelle, était susceptible de réduire les possibilités de recherche alimentaire des oiseaux marins associés aux thons et, à long terme, affecter la dynamique des populations des oiseaux concernés.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Notre étude a été réalisée lors de deux séjours du 3 au 28 janvier 2005 (M. Le Corre et H. Weimerskirch) et du 3 au 28 mars 2005 (C.-A. Bost, R. Pitman, L. Ballance). L'île a d'abord été cartographiée par H. Weimerskirch qui a dressé les contours des côtes et de l'intérieur du lagon en les longeant à pied avec un GPS (Fig. 393). Les dénombrements de population ont été ensuite reportés sur cette carte. Ils ont été réalisés de manière exhaustive en parcourant l'ensemble des sites favorables et en divisant l'île selon les mêmes secteurs que ceux mis en place par Ehrhard (1971) et suivis lors des comptages suivants (Pitman *et al.* sous presse).

La phénologie de la reproduction a été déterminée pour chaque espèce en évaluant le stade de développement des nids occupés sur une surface tirée au hasard dans la colonie. Des poussins également tirés au hasard ont été mesurés et leur âge a été estimé grâce aux courbes de croissance propres à chaque espèce (Nelson 1978).

Les trajets en mer ont été étudiés par télémétrie en déployant diverses balises et systèmes d'acquisition de données miniaturisés. Les trajets ont été déterminés d'une part avec des balises ARGOS (PTT 100, poids total : 20 g) et d'autre part avec des GPS miniaturisés (Newbehaviour, 32 g avec la protection étanche).

Les comportements en mer (type de vol, fréquence et profondeur des plonges) ont également été étudiés à l'aide d'accéléromètres (M190-D2GT, Little Leonardo, Tokyo, Japan). Pour plus de détails méthodologiques sur ces suivis téléométriques, on pourra se reporter aux publications de Weimerskirch *et al.* (2004, 2005). Le régime alimentaire a été étudié en

récoltant les contenus stomacaux d'oiseaux rentrant de leurs trajets en mer. Ces contenus, obtenus en récupérant les régurgitats spontanés des oiseaux lors de leur capture, n'ont pas de conséquence néfaste sur la survie de l'oiseau. Les contenus ont par la suite été analysés en laboratoire (voir Le Corre *et al.* 2003 pour les détails méthodologiques).

RÉSULTATS

... L'avifaune de Clipperton

Au cours de notre séjour nous avons observé 13 espèces d'oiseaux se reproduisant à Clipperton, dont 11 d'oiseaux marins (Tab.LXIII) auxquelles il convient d'ajouter 26 espèces d'oiseaux visiteurs. Ces derniers étaient essentiellement des oiseaux terrestres migrateurs (Tab.LXIV).

Deux espèces d'oiseaux d'eau se reproduisent à Clipperton, la foulque américaine (*Fulica americana* Gmelin, 1789) et la poule d'eau (*Gallinula chloropus* Linné, 1758). Ces deux espèces se reproduisent sur les îlots du lagon saumâtre et au "rocher" de Clipperton.

Les foulques sont présentes sur Clipperton depuis au moins 1901. Jusqu'en 1968 les oiseaux se reproduisaient tout le long de l'île, avec au moins 200 individus présents (Stager 1964). En 1958 la population souffrait d'une maladie ou de malnutrition (Stager 1964) et de 1987 jusque 1995 les foulques n'étaient plus présentes sur l'île (Pitman 1996). Un maximum de 60 individus a été observé en 2005. La taille de ponte était de cinq œufs (deux nids). Les foulques se nourrissent d'algues dans le lagon saumâtre. Elles sont en grand nombre près du "rocher" où se trouvent des grands bancs d'algues. À l'inverse la poule d'eau, citée pour la première fois en 1968, n'a pas été observée reproductrice avant 1987 (Pitman 1996). En 2005 les poules d'eau étaient localisées seulement sur l'île Egg et près du "rocher". Des œufs ont été trouvés en janvier et en mars de cette même année (trois nids contenant

Tableau LXIII : taille des populations d'oiseaux marins de Clipperton (janvier-mars 2005).

Population sizes of seabirds from Clipperton (January-March 2005).

	Nombre d'individus	Nombre de couples reproducteurs en janvier-mars 2005
Puffin du Pacifique (<i>Puffinus pacificus</i>)	< 100	2
Paille en queue à brins rouges (<i>Phaethon rubricauda</i>)	8	3
Fou masqué (<i>Sula dactylatra</i>)	100 000	20 000
Fou de Grant (<i>Sula grantii</i>)	< 50	10-15
Fou brun (<i>Sula leucogaster</i>)	7 000	0*
Fou à pieds rouges (<i>Sula sula</i>)	< 500	171
Frégate du Pacifique (<i>Fregata minor</i>)	1 350-1 675	3
Sterne fuligineuse (<i>Sterna fuscata</i>)	2 000	0*
Noddi brun (<i>Anous stolidus</i>)	< 1 000	0*
Noddi noir (<i>Anous minutus</i>)	< 1 000	0*
Sterne gygis (<i>Gygis alba</i>)	6	2*

* ces espèces étaient en période internuptiale au moment de nos deux missions

respectivement un, deux et quatre œufs). Les oiseaux marins constituent l'essentiel de l'avifaune, totalisant plus de 110 000 individus (Tab.LXIII). La



Figure 390 : frégate du Pacifique femelle sur un reposoir le long du lagon.
Female great frigatebird resting along the inner lagoon.



Figure 391 : frégate du Pacifique mâle.
Male great frigatebird.

Tableau LXIV : liste des oiseaux visiteurs de l'île de Clipperton entre janvier et mars 2005.
 List of the birds visiting Clipperton Island between January and March 2005.

Famille	Espèce		Effectifs
Fregatidae	Frégate magnifique	<i>Fregata magnificens</i>	< 5
Ardeidae	Héron garde-bœuf	<i>Bubulcus ibis</i>	> 20
	Aigrette neigeuse	<i>Egretta thula</i>	> 10
	Grande aigrette	<i>Casmerodius alba</i>	1 le 15 mars
	Grand héron	<i>Ardea herodias</i>	> 5
Rallidae	Talève violacée	<i>Porphyrio martinica</i>	1
Anseridae	Oie rieuse	<i>Anser albifrons</i>	7
	Bernache du Canada	<i>Branta canadensis</i>	1 en janvier ; présente jusqu'au 13 mars
Anatidae	Canard pilet	<i>Anas acuta</i>	20
	Canard souchet	<i>Anas clypeata</i>	20 en janvier ; 34 en mars
	Canard siffleur américain	<i>Anas americana</i>	10
	Sarcelle à ailes bleues	<i>Anas discors</i>	40 en janvier ; 60 en mars
	Sarcelle d'hiver américaine	<i>Anas crecca</i>	5
	Fuligule à tête noire	<i>Aythya affinis</i>	10 en janvier ; 6 en mars
Accipitridae	Balibuzard pêcheur	<i>Pandion haliaetus</i>	1
Falconidae	Faucon des prairies	<i>Falco mexicanus</i>	1
Charadriidae	Pluvier argenté	<i>Pluvialis squatorala</i>	4 en janvier ; 1 en mars
	Pluvier fauve	<i>Pluvialis fulva</i>	1 en janvier ; 1 en mars
Scolopacidae	Bécassine sp.	<i>Gallinago sp.</i>	1
	Chevalier solitaire	<i>Tringa solitaria</i>	1
	Tournepierre à collier	<i>Arenaria interpres</i>	5
	Chevalier errant	<i>Heteroscelus incanus</i>	20
	Bécassin à bec court	<i>Limnodromus griseus</i>	3
Laridae	Mouette atricille	<i>Larus atricilla</i>	> 50 ; 120 le 23 mars
Passeridae	Hirondelle des cheminées	<i>Hirundo rustica</i>	2 en janvier ; 1 du 21 au 25 mars

plupart des espèces ont été mesurées dans la mesure du possible (Tab. LXV). La communauté est dominée par une espèce, le fou masqué (qui représente plus de 95% des oiseaux marins de l'atoll) dont la colonie de Clipperton est la plus importante au monde.

La frégate du Pacifique (*Fregata minor* Gmelin, 1789) est présente en très grand nombre sur l'atoll, le long de la bordure sud du lagon où se situe le reposoir principal à même le sol (Fig. 390 et Fig. 391). Une centaine d'individus se reposaient aussi dans la cocoteraie. En janvier 2005 1 350 individus ont été dénombrés, mâles et femelles adultes ainsi qu'immatures. En mars, l'effectif s'élevait à 1 675, et trois nids dont deux

avec œuf ont été découverts sur la pointe à côté du "rocher". C'est la première observation de reproduction sur Clipperton pour cette espèce. La durée de notre séjour ne nous a pas permis de suivre les nids jusqu'à l'éclosion.

Les fous masqués (*Sula dactylatra* Lesson, 1831) (Fig. 392, espèce dominante sur l'île) nichent partout sur les zones plates avec les plus grosses concentrations notées sur les parties est et sud de l'atoll (Fig. 393). En janvier 36% des nids échantillonnés avaient des oiseaux sur œuf, 64% des poussins de taille variable (n=391 nids). Les fous masqués (et les fous de Grant) étaient également majoritairement en

Tableau LXV: mensurations (en mm, \pm un écart-type) et masse (en g, \pm un écart-type) des oiseaux marins de Clipperton.
Measurements (in mm, \pm one standard deviation) and mass (in g, \pm one standard deviation) of seabirds from Clipperton.

Espèce	Sexe	Nb. de spécimens examinés	Longueur du culmen	Longueur du tarse	Longueur de l'aile pliée	Masse
Fou masqué	Mâle	25	100,0 \pm 2,8		423,3 \pm 9,9	1 516,0 \pm 240,0
	Femelle	26	99,8 \pm 5,4		429,5 \pm 11,2	1 755,8 \pm 236,5
	Immature	4 (b)				1 462,5 \pm 102,1
Fou brun	Mâle	10 (a)	94,2 \pm 2,2		391,8 \pm 6,7	986,0 \pm 63,8
		9 (b)				1 118 \pm 62
	Femelle	10 (a)	100,6 \pm 2,7		416,2 \pm 9,4	1 285,0 \pm 82,1
		3 (b)				1 548 \pm 38
	Immature	6 (b)				1 070,0 \pm 107,7
Fou à pieds rouges	Mâle	9	83,1 \pm 2,0		399,4 \pm 7,4	924,1 \pm 38,4
	Femelle	11	85,3 \pm 2,7		409,4 \pm 16,0	1 108,9 \pm 51,8
Frégate du Pacifique	Mâle	5	95,6 \pm 5,6		590,4 \pm 16,9	1 213,3 \pm 65,3
	Femelle	4	104,6 \pm 2,1		573,5 \pm 34,3	1 050,0 \pm 205,7
Sterne fuligineuse		19	42,7 \pm 1,7	23,5 \pm 0,7	289,4 \pm 6,7	212,9 \pm 22,2
Noddi brun		6	39,4 \pm 1,6	26,2 \pm 0,7	273,7 \pm 8,3	194,2 \pm 15,3
Paille en queue à brin rouge		2	60,2-63,0		319-320	680-725
Puffin du Pacifique		2	37,8-40,0		290-312	440-490

(a) : données de janvier
(b) : données de mars



Figure 392: couple de fous masqués sur œuf dans la colonie du Sud de l'atoll de Clipperton.
Pair of masked boobies incubating eggs in the south part of Clipperton atoll.

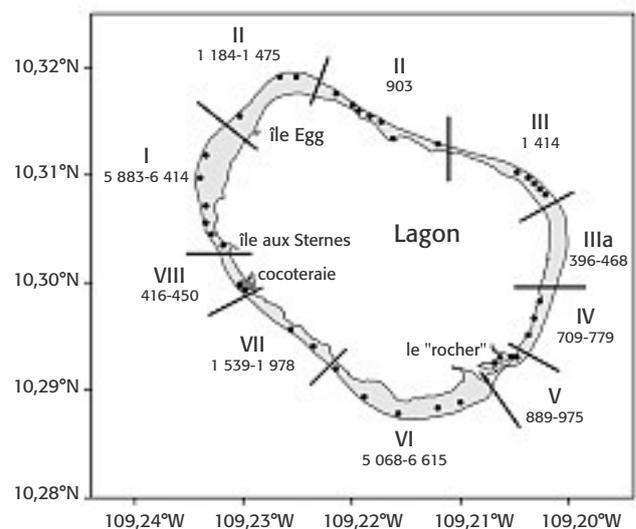


Figure 393: carte de Clipperton avec les noms des sites. Les points noirs indiquent les colonies de fous bruns. L'île a été divisée en secteurs numérotés de I à VIII suivant Ehrhard (1971), les chiffres indiquent pour chaque secteur les nombres de nids actifs de fous masqués en janvier 2005 (un ou deux dénombrements).

Map of Clipperton Islands with localities. Black dots indicate brown boobies colonies. The atoll has been separated into sectors numbered I to VIII following Ehrhard (1971), the numbers indicate the numbers of masked boobies active nests within each sector (one or two counts per sector).

élevage au mois de janvier avec 35 % des couples en incubation et 65 % en élevage (sur 391 nids visités). Les premiers vols ayant eu lieu vers la fin du mois de janvier, on peut estimer, considérant une incubation de 55 jours et une période d'élevage de 95 jours (Nelson 1978), que les premières pontes ont dû avoir lieu vers la fin du mois d'août 2004, avec un pic de ponte vraisemblablement en octobre. En mars 2005, la population était beaucoup moins dense, avec moins de poussins et surtout moins d'adultes en incubation. Ainsi 6,8 % des nids avaient des petits poussins ($n=200$), et seulement deux nids avec œufs ont été trouvés sur toute l'île. La plupart des poussins étaient en mue du premier plumage, avec un total de 10 375 poussins. Ceci suggère donc une fin de saison de reproduction entre mars et mai 2005.

Le dénombrement complet donne un total de 18 391 à 21 461 nids avec reproducteurs, avec une densité de $0,035 \pm 0,010$ nids/m² ($n=11$ échantillons circulaires de 1 000 m² choisis dans plusieurs colonies). Ce dénombrement de près de 20 000 nids actifs est un minimum car il n'inclut pas les couples qui ont échoué. On peut donc estimer le nombre de couples reproducteurs de Clipperton à au moins 40 000. Les fous étant des espèces longévives, nous pouvons estimer la fraction non reproductrice de la population à 40 000 individus (selon le ratio habituel immatures/adultes). Le comptage réalisé par Pitman en novembre 2003 donnait environ 120 000 individus pour la population totale.

Le fou de Grant ou fou de Nazca (*Sula granti* Rothschild, 1902) est une forme du fou masqué décrite récemment comme une espèce à part entière (Pitman & Jehl 1998). Elle est présente en petit nombre à Clipperton (10-15 couples reproducteurs, aux mêmes stades que les fous masqués)



Figure 395: couple de fous bruns, le mâle au premier plan avec sa tête blanche est caractéristique de la sous-espèce *leucogaster websteri* présente à Clipperton.

Pair of brown boobies, the male in the foreground showing the characteristic white head of the subspecies *leucogaster websteri* present on Clipperton.



Figure 394: fou de Grant sur son nid au bord de la cocoteraie. *Nazca booby on its nest near the Grove.*

principalement près de la cocoteraie (Fig. 394). Deux couples mixtes (fou masqué avec fou de Grant) ont été observés.

Le fou brun (*Sula leucogaster* Boddaert, 1783), qui appartient à la sous-espèce *S. l. websteri*, constitue la seconde espèce la plus abondante sur Clipperton (Fig. 395). En janvier et en mars aucun nid avec œuf ou poussin n'a été trouvé. Pour l'essentiel, les oiseaux étaient des individus non reproducteurs, des couples en parade, ainsi que des juvéniles, certains d'entre eux étant encore nourris par leurs parents. Cette observation indique que la reproduction des fous bruns n'est pas continuée sur l'île comme cela était supposé, du moins pour l'année 2005. La présence de juvéniles encore nourris prouve que la ponte avait eu lieu entre avril et août 2004. Les colonies (indiquées par la présence des juvéniles encore nourris et de nids en construction) sont de petite taille, quelques centaines de nids sont dispersés tout autour de l'île, principalement dans des blocs de rochers, aux abords de la cocoteraie où l'espèce niche au sol, et également sur le "rocher".



Figure 396: forme blanche du fou à pieds rouges sur son nid au sol dans la cocoteraie.

White form of Red-footed booby on its nest on the ground in the Grove.

Au final, 6 736 individus adultes ont été dénombrés en janvier, ainsi que 969 juvéniles. Fin mars l'activité pré-reproductrice apparaissait en augmentation. L'essentiel des oiseaux vus sur les colonies étaient des mâles célibataires (84%). Seulement 15% des mâles vus étaient en couples. (n=100 nids). Cependant les mâles et les femelles montraient une augmentation de masse sensible (13 et 20% supérieure par rapport à janvier) en rapport probablement avec la préparation de la reproduction

Fous à pieds rouges (*Sula sula* Linné, 1766): sur Clipperton ces fous appartiennent plutôt au morphe sombre. En janvier, sur 60 individus (30 couples) 82% étaient de morphe sombre, 18% de morphe blanc. En mars, un comptage de 171 oiseaux montrait que 9% de la population reproductrice appartenait au morphe blanc. Ces fous nichent essentiellement dans la cocoteraie (Fig. 396), avec deux nids observés près de cocotiers isolés. Les nids sont installés à des hauteurs très variables, proches du sol ou à la cime des cocotiers. En janvier 172 couples (86 nids) étaient en reproduction, dont 33% des nids avec un œuf et 67% avec un poussin. En mars 124 nids étaient actifs. En janvier un individu de morphe blanc bagué comme poussin à Johnston Atoll, au sud de Hawaii, à 3 000 km de Clipperton a été capturé comme non reproducteur dans la colonie.

Le paille en queue à brin rouge (*Phaethon rubricauda* Boddaert, 1783) est rare sur Clipperton où il niche uniquement sur le "rocher". En janvier, seulement trois nids actifs ont été trouvés, un avec œufs, deux avec poussins. En mars aucun nid actif n'a été trouvé, mais des individus étaient présents en vol tout autour du "rocher".

Puffin du Pacifique (*Puffinus pacificus* Gmelin, 1783): une petite colonie avec cinq terriers a été découverte en mars sur la côte ouest, sur un banc de sable. Deux couples ont été observés de jour. Pour un couple qui a été capturé, un individu appartenait au morphe blanc, un au morphe sombre de l'espèce. Il n'y a pour le moment aucune



Figure 398: tête du Noddi brun.
Brown Noddi's head.



Figure 397: sternes fuligineuses s'installant sur l'île aux Sternes.
Sooty terns settling on Sternes Island.

preuve de reproduction sur Clipperton, mais cette observation suggère que celle-ci est vraisemblable, probablement en été. La rareté des substrats meubles permettant l'installation de terriers favorable est un facteur limitant pour cette espèce.

Les sternes fuligineuses (*Sterna fuscata* Linné, 1766) ne se reproduisaient pas pendant notre séjour, mais elles étaient présentes chaque soir, revenant et réalisant des parades nuptiales aériennes, à la tombée de la nuit et quittant l'île avant le lever du soleil. Fin janvier un groupe de 2 000 individus s'est installé pour quelques jours sur l'île aux Sternes (Fig. 397). En mars 1 000 oiseaux étaient présents sur l'île. La reproduction a lieu en été (Stager 1964), mais deux pontes ont été observées fin mars sur l'île aux Sternes, dont une a été détruite rapidement par les rats.

Le noddi noir (*Anous minutus* Boie, 1844) et le noddi brun (*A. stolidus* Linné, 1758) (Fig. 398) étaient présents sur Clipperton. Si cette dernière espèce n'a pas été trouvée reproductrice, quelques noddis noirs nourrissaient encore des grands poussins en janvier. Les noddis partent en mer au matin et reviennent à terre de nuit, en particulier dans la cocoteraie et sur le "rocher". En mars les noddis bruns étaient plus nombreux, en particulier sur l'île aux Sternes avec un maximum de 400 individus le 24 mars. Ils se reproduisent en été (Stager 1964).

La sterne gygis (*Gygis alba* Wagler, 1832) est rare sur Clipperton: un seul oiseau a été observé en janvier, six en mars, dont deux couples formés, paradant en hauteur sur les cocotiers. Stager (1964) avait trouvé 25 couples reproducteurs en été 1958.

Au total, 25 espèces visiteuses ont été observées pendant notre séjour (Tab. LXIV). Les plus visibles et abondantes avaient formé un groupe multi-spécifique de canards et d'oies qui fréquentaient l'île

Egg. Les oiseaux se nourrissaient activement dans le lagon autour de l'îlot. Leurs survols fréquents du lagon témoignaient de leur bonne condition physique. Aucun cadavre d'anatidé ne fut trouvé durant notre séjour. Trois espèces de hérons (Fig. 399) étaient observées régulièrement tout autour de l'atoll, pêchant sur les bords du lagon. La très faible biomasse en poissons présente n'offre pas des conditions favorables aux ardeidés qui visitent Clipperton. Plusieurs espèces de limicoles ont été observées également, ainsi que deux espèces de rapaces, dont un balbuzard pêchant un gros poisson dans le lagon. Les mouettes atricilles étaient régulièrement présentes sur l'île.

••• Écologie alimentaire des fous de Clipperton

••• Régime alimentaire

Nous avons pu étudier le régime alimentaire des fous masqués et des fous bruns en janvier (Tab. LXVI). Bien que les deux espèces s'alimentent du même type de proies (faune épipelagique du large), leur régime n'est pas le même. Ainsi le fou masqué consomme quasi exclusivement des poissons dont une grande majorité de poissons volants (Fig. 400) ainsi que des Hémiramphidae (une famille très proche des poissons volants), respectivement plus de 60% et 27% du régime en biomasse reconstituée. Notons que des daurades coryphènes juvéniles étaient aussi capturées (6% en biomasse). Les calmars étaient très rarement présents dans le régime de cette espèce en janvier. Le fou brun en revanche consomme 36% de calmars et 64% de poissons (surtout des poissons volants). Les fous bruns consomment par ailleurs des proies plus petites et rapportent un bol alimentaire toujours plus léger que les fous masqués.

••• Zones d'alimentation

Comme le montre la figure 401, les fous masqués ne semblent pas privilégier une zone océanique



Figure 399: grand héron.
Great blue heron.

particulière lorsqu'ils partent s'alimenter en mer. Au contraire, leurs trajets alimentaires rayonnent autour de Clipperton jusqu'à une distance maximale moyenne de 100 km. Ces trajets en mer sont de durée très variable, de 2 à 12 heures en général chez les fous masqués (moyenne 8,9 heures), plus longs chez les fous à pieds rouges (moyenne des absences du nid: 33,5 heures), avec typiquement un départ en mer à l'aube et un retour au coucher du soleil. Cependant, chez ces deux espèces, il peut y avoir des trajets beaucoup plus longs incluant une partie de nuit pour une distance maximale de 280 km.

Tableau LXVI: régime alimentaire des fous bruns et des fous masqués de Clipperton en janvier 2005.
Diet of brown and masked boobies in January 2005.

	Fous bruns	Fous masqués
Masse moyenne des contenus stomacaux (g)	139 ± 66	213 ± 92
Nb moyen de proies par contenu	7,5 ± 6,2	6,9 ± 3,9
% poissons (% du poids frais)	95,5 %	99,8 %
% calmars (% du poids frais)	4,5 %	0,2 %
Familles de proies (% du nombre de proie)		
Ommastrephidae	35,9 %	2,7 %
Coryphaenidae	1,4 %	5,9 %
Exocetidae	49,3 %	60,6 %
Hemiramphidae	9,9 %	26,7 %
Autres	3,5 %	4,1 %



Photo H. Weimerskirch

Figure 400 : poussin de fou masqué tentant d'avalier un grand poisson volant que son parent vient de rapporter de la mer.
A large masked booby chick try to swallow a large flying fish delivered by its parent returning from the sea.

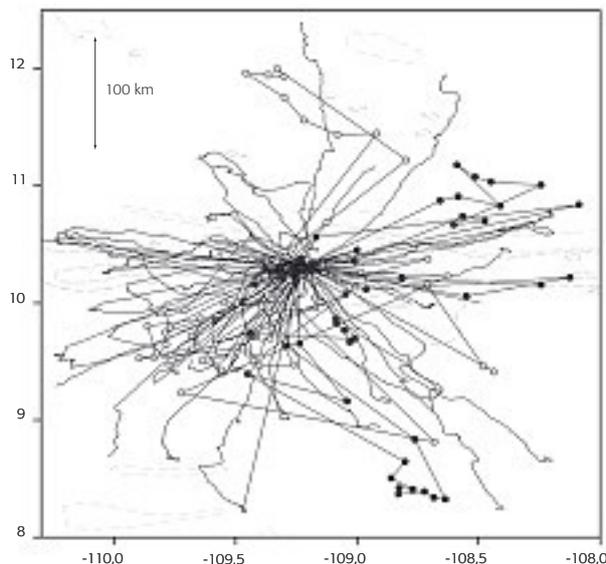


Figure 401 : trajets des fous masqués élevant un poussin suivis par GPS (traits pleins continus) et de ceux incubant un œuf suivis par balise Argos (traits avec points noirs et gris) en janvier 2005.
Foraging trips of masked boobies rearing chicks tracked with GPS (continuous lines) and incubating eggs, tracked with Argos transmitters (lines with black or grey dots).

Ainsi, si on considère pour le fou masqué un rayon de prospection maximal de 280 km tout autour de Clipperton, la surface potentielle de recherche alimentaire est de $\pi \times 280^2 = 246\,000 \text{ km}^2$. Nous n'avons pas pu réaliser de suivi télémétrique de fous bruns car ils n'étaient pas en reproduction et les oiseaux équipés n'étant pas attaché à un nid, risquaient de désertier l'île. Les durées d'absence notées en mars pour ces oiseaux qui construisaient leur nid étaient en moyenne de 12 heures pour les mâles et de 24 heures pour les femelles. La durée d'absence plus longue de ces dernières pourrait correspondre au début de l'acquisition de réserves pour la ponte. Les données bibliographiques existantes (Gilardi 1992)

suggèrent que le rayon de prospection de cette espèce durant l'élevage est probablement égal ou inférieur aux deux précédentes.

... Changements saisonniers

En fin de saison d'élevage (mars), les fous masqués ont considérablement augmenté leur effort alimentaire. Ainsi la durée des trajets atteignait en moyenne 2,5 jours. Seulement 30% revenaient nourrir leur jeune le soir suivant leur équipement à l'aurore et certains oiseaux sont restés jusqu'à neuf jours avant de revenir nourrir leur poussin. Les trajets complets de ces oiseaux n'ont pu être déterminés pour des raisons techniques (mémoire des GPS saturée). Il est douteux que ces oiseaux soient revenus à la colonie ou à ses abords pendant ces longues absences en raison de l'effort de contrôle. Des difficultés marquées à trouver les proies (aussi bien pour les oiseaux élevant un petit ou un gros poussin) sont certainement la cause de cet effort alimentaire accru. Les oiseaux suivis avec succès pendant deux jours et demi sont allés au maximum à 170 km mais nous ignorons si les autres oiseaux partis une semaine ont été beaucoup plus loin. À cette période, les fous semblaient réussir à maintenir leur masse corporelle (même poids pour les mâles et les femelles qu'en janvier) mais en partant plus longtemps en mer et en rapportant généralement moins (30% en moyenne). Les femelles nourrissaient plus fréquemment que les mâles (55% des nourrissages). Les ressources alimentaires présentaient une bien plus grande imprévisibilité. Ainsi la fréquence des retours des reproducteurs sur les colonies fluctuait considérablement. Des retours massifs étaient observés certains soirs suivis de longues périodes de désertion.

En fin de reproduction, les fous masqués de Clipperton apparaissent devoir faire face à un stress alimentaire parfois très important pour certains poussins. En effet, nous avons pu estimer que 4%



Photo C.-A. Bos

Figure 402 : immature de fou masqué avec une malformation de l'aile.
Immature masked booby with a malformation of the wings.

des poussins en fin d'élevage présentaient des malformations irréversibles au niveau des os des ailes, les condamnant à terme malgré les soins alimentaires prolongés de certains parents (Fig. 402). De telles malformations pourraient être issues de carences en certains nutriments (calcium ?) à un stade critique du développement.

... Importance trophique des fous de Clipperton

Nous pouvons estimer que la communauté des fous de Clipperton (125 500 individus toutes espèces confondues) exploite une surface totale de 246 000 km² soit 0,5 fou/km². Clipperton est probablement l'endroit de la planète où la densité de fous en mer est la plus importante, suggérant une très forte disponibilité en proies pour ces prédateurs.

La zone d'alimentation des fous de Clipperton chevauche très nettement la pêcherie au thon en activité (Fig. 403). Le prélèvement total estimé pour les fous masqués est de 69 tonnes de poissons capturés chaque jour (Weimerskirch *et al.* 2008). Si l'on ajoute les fous bruns et les autres espèces d'oiseaux marins reproducteurs, le prélèvement journalier atteint environ 80 tonnes par jour, soit

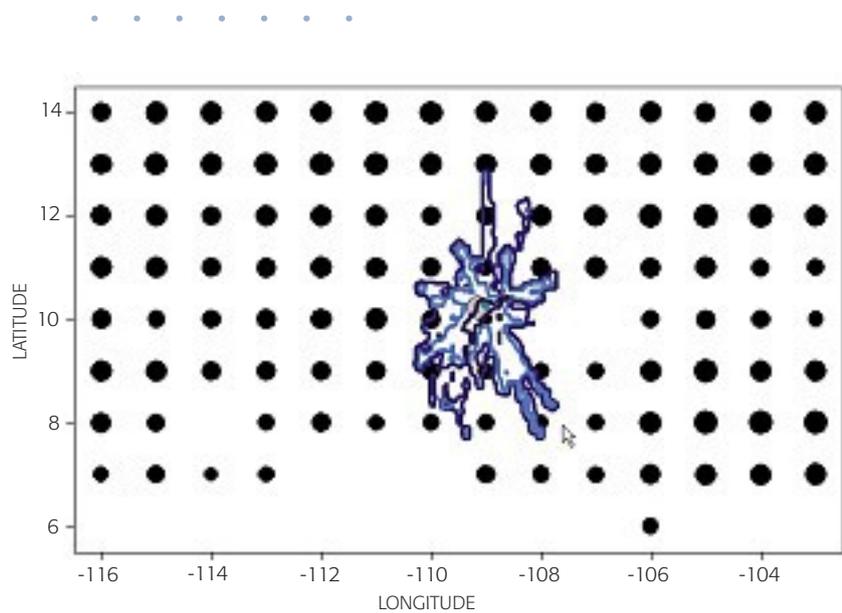


Figure 403 : carte du secteur de Clipperton (position de l'île en gris) avec les efforts de pêche à la senne en 2005 par 1°latitude × 1°longitude (ronds noirs, la taille du rond est proportionnelle à l'effort de pêche) superposés sur la carte des densités des localisations de fous masqués.

Map of the Clipperton area (location of island represented with grey dot) showing the fishing effort of the tuna purseine fishery in 2005 by squares of 1°latitude × 1°longitude (the size of circles is proportional to the fishing effort) overlaid with density plot of masked boobies locations.

29 200 tonnes par an. Le prélèvement total de la pêcherie dans la zone de prospection des fous de Clipperton est de 21 600 tonnes de thons, principalement du thon albacore (IATTC 2007). L'impact actuel des pêcheries sur les prédateurs des proies de ces oiseaux marins est donc considérable.

DISCUSSION

... Visiteurs

Étant située à 1 280 km du continent américain, il peut paraître surprenant qu'autant de visiteurs soient observés sur Clipperton, durant une période aussi courte (voir aussi Howell *et al.* 1993). Mis à part les chevaliers solitaires qui migrent régulièrement au-dessus de la mer de l'Amérique du Nord jusqu'à Hawaï et le Sud de l'Océanie (Gill *et al.* 2002), la plupart des espèces observées sont des oiseaux déplacés de leur route migratoire le long de la côte d'Amérique centrale. En tant qu'atoll, Clipperton est exceptionnel par la présence d'un lagon fermé avec de l'eau saumâtre où se développent des algues et autres sources de nourritures pour plusieurs espèces comme les foulques ou les anatidés. La disparition des foulques dans les années 1980, et leur réapparition ces dernières années (Pitman 1996), montre que les conditions du lagon sont probablement limitantes certaines années pour ces oiseaux. De plus le passage de cyclones sur Clipperton peut se traduire par le recouvrement des terres émergées qui dans ce cas entraîne probablement la disparition des espèces terrestres. Toutefois le nombre de visites montre que cet afflux régulier de visiteurs permettrait une colonisation si les conditions étaient favorables pour certaines espèces.

... Oiseaux marins

En raison de son isolement dans le Pacifique oriental, Clipperton est un important site de reproduction pour les oiseaux marins. Les eaux environnantes ont une production relativement élevée par rapport au reste du Pacifique oriental et il n'est pas surprenant que la population de fous soit considérable (Ballance *et al.* 1997). Celle de fous masqués est en effet la plus importante au monde (Pitman *et al.* sous presse) et le prélèvement en biomasse sur les ressources est conséquent. Les fous, comme les autres espèces (sternes fuligineuses), sont associés aux prédateurs de sub-surface comme les thons et les dauphins qui poussent à la surface leurs proies, notamment les poissons volants (Au & Pitman 1986; Ballance & Pitman 1999). Les eaux environnantes sont exploitées par la pêche à la senne au thon jaune (*Thunnus albacares*) qui s'effectue principalement entre janvier et mars (IATTC 2007), quand les fous élèvent leurs poussins. La saisonnalité de la reproduction chez le fou masqué de Clipperton est probablement liée à l'augmentation de productivité marine dans le secteur en janvier-mars (Weimerskirch *et al.* 2008). Les fous masqués et les fous à pieds rouges sont les seuls à se reproduire en hiver pendant ce pic de production et quand les thons sont abondants autour

de l'île. Cette phénologie de la reproduction s'est vraisemblablement mise en place en raison de la dépendance de ces espèces à la présence des thons pour se nourrir.

La taille de la population de fous masqués a considérablement changé depuis la découverte de l'île. Ainsi, des milliers d'oiseaux étaient présents pendant l'exploitation du phosphate (Beck 1907). La population a failli disparaître après l'introduction des cochons pour atteindre un minimum de 150 individus en 1958 (Stager 1964). L'éradication des cochons a permis une reconstitution spectaculaire des effectifs pour atteindre 11 2000 individus en 2006 (Pitman *et al.* sous presse). Nous manquons d'informations sur l'évolution démographique des autres espèces d'oiseaux marins. Curieusement Taxit & Erhardt (1981) estiment la population de fous bruns à 25 500 individus en 1980, chiffre très supérieur à notre dénombrement. Il est cependant clair que les fous bruns ont également reconstitué leurs effectifs après l'éradication des cochons. Le nombre de frégates du Pacifique présentes a également augmenté très notablement, passant de 250 individus en 1958 à 1 350 en 2005. Les observations de reproduction en 2005 pourraient être les prémices d'une colonisation par l'espèce.

••• Conservation

Par son isolement, Clipperton semble au premier abord à l'abri des activités humaines. Malheureusement il n'en est rien et deux menaces majeures mettent en danger les populations d'oiseaux de l'atoll.

••• Les rats

L'introduction de mammifères est bien connue pour être extrêmement négative pour les populations d'oiseaux sur les îles (voir chapitre "Les vertébrés de Clipperton soumis à un siècle et demi de bouleversements écologiques"). Dans les îles, les oiseaux marins ont souvent pu évoluer comme les autres espèces en l'absence de prédateurs terrestres. L'introduction puis l'éradication des cochons constitue un cas d'école pour la conservation des écosystèmes insulaires. Réalisée par une seule personne (K. Stager), l'éradication a évité la disparition pure et simple des fous masqués de l'île ce qui a permis la reconstitution spectaculaire des effectifs. Cet exemple montre que les programmes d'éradication doivent être mis en place le plus rapidement possible quand l'introduction d'espèces invasives nuisibles est constatée.

Les rats (*Rattus rattus*) ont été introduits récemment sur Clipperton, probablement à la fin des années 1990. Encore absents en 1987 et probablement en 1998-1999, un individu a été observé en 2000 et ils étaient présents partout sur l'île en 2003 (Pitman comm. pers.) et 2005. Les rats constituent une menace majeure pour les petites espèces d'oiseaux de mer, ou celles laissant leurs jeunes seuls au nid très tôt comme les pétrels (puffins), les noddis, les pailles en queue ou les sternes fuligineuses. La présence de rats devrait entraîner la disparition rapide

de toutes ces espèces sur Clipperton et appauvrir considérablement l'avifaune. Nous n'avons pas observé d'impact direct des rats sur les fous pendant notre présence, mais la situation pourrait évoluer. Il est donc regrettable que ceux-ci n'aient pu être éradiqués pendant la mission. Leur élimination sur Clipperton doit être une priorité dans l'avenir, c'est d'une urgence majeure si l'on ne veut pas voir disparaître de l'île certaines espèces.

••• Impact de la pêche aux thons

La présence d'une grosse pêcherie aux thons autour de l'île est une seconde menace pour l'avifaune de Clipperton. L'impact de cette pêcherie se manifeste d'abord en termes de risques accrus d'autres espèces invasives (souris) mais aussi au niveau d'un fort dérangement. En effet, les senneurs viennent se mettre à l'abri de l'île par mauvais temps (jusqu'à sept grands senneurs sous le vent de l'île en janvier 2007) et l'équipage en profite pour pêcher autour de l'île et débarquer à terre (en bateau ou en hélicoptère). Des atterrissages ont été constatés au milieu de colonies de fous. Une seconde menace concerne les risques de surexploitation des ressources autour de Clipperton et surtout de réduction des bancs de thons. La pêcherie a atteint récemment des captures record dans ce secteur du Pacifique (IATTC 2007) et les risques de surexploitation sont sérieux. La disparition ou la raréfaction des thons autour de l'île aurait un impact catastrophique sur les fous, puisqu'ils dépendent obligatoirement de leur association avec ces grands prédateurs pour se nourrir (Au & Pitman 1986). De plus une mortalité directe a été observée lors de visites de bateaux de pêche sportive, les fous bruns et les fous à pieds rouges étant capturés aux hameçons en tentant de prendre les appâts.

L'île de Clipperton n'a malheureusement pas de statut juridique malgré la présence d'une communauté avienne si originale et dont les effectifs ont une importance très significative au niveau mondial. L'isolement de cette île française et son éloignement de la Polynésie française dont elle dépend juridiquement, ne permettent pas un contrôle des eaux territoriales et de la zone économique exclusive (ZEE, 425 000 km²) par la Marine nationale.

Il est ainsi devenu urgent que des mesures efficaces soient prises pour d'une part éradiquer les rats de l'île, et d'autre part mieux protéger l'île des débarquements non autorisés. Il est également indispensable de réduire l'impact de la pêche dans la ZEE avant l'effondrement des stocks de thons. L'éradication des rats est un objectif réalisable à peu de frais et doit être une priorité absolue. Le contrôle de la ZEE est beaucoup plus complexe et risque de rester un vœu pieux.

Éden perdu du Pacifique, Clipperton est un site ornithologique unique et il serait très regrettable qu'il perde ses richesses à brève échéance. La France a le devoir d'en assurer la pérennité et de faire de cet atoll un modèle exemplaire de gestion des ressources et de la protection de la biodiversité.

- ASHMOLE N.-P. 1971. – Seabird ecology and the marine environment. *Avian Biology* 1 : 223-286
- AU D.-W.-K. & PITMAN R.-L. 1986. – Seabird interactions with dolphins and tuna in the eastern tropical Pacific. *Condor* 88: 304-317.
- BALLANCE L.-T. & PITMAN R.-L. 1999. – Foraging ecology of tropical seabirds, in ADAMS N.-J. & SLOTOV R.-H. (Eds), *Proceedings of the 22th International ornithological Congress, Durban, Johannesburg, Birdlife South Africa* : 2057-2071.
- BALLANCE L.-T., PITMAN R.-L. & REILLY S.-B. 1997. – Seabird community structure along a productivity gradient: Importance of competition and energetic constraint. *Ecology* 78 : 1502-1518.
- BECK R.-H. 1907. – Notes from Clipperton and Cocos Islands. *Condor* 9 : 109-110.
- EHRHARDT J.-P. 1971. – Census of the birds of Clipperton Island. *Condor* 73 : 476-480.
- GIFFORD E.-W. 1913. – Expedition of the California Academy of Sciences to the Galápagos Islands, 1905-1906. VIII. The birds of the Galápagos Islands, with observations on the birds of Cocos and Clipperton islands (Columbiformes to Pelecaniformes). *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 4th Series 2 : 1-132.
- GILARDI J.-D. 1992. – Sex-specific foraging distributions of brown boobies in the eastern tropical Pacific. *Colonial Waterbirds* 15 : 148-151.
- GILL R.-E., MCCAFFERY B.-J. & TOMKOVICH P.-S. 2002. – Wandering Tattler (*Heteroscelus incanus*), in POOLE A. & GILL F. (Eds), *The Birds of North America*, N° 201-202. Academy of Natural Sciences, Philadelphia ; American Ornithologists' Union, Washington D. C. : 642-648.
- HOWELL S.-N.-G., PYLE P., SPEAR L.-B. & PITMAN R.-L. 1993. – North American migrant birds on Clipperton Atoll. *Western Birds* 24 : 73-80.
- IATTC 2007. – *Annual Report of the Inter- American Tropical Tuna Commission 2005*. IATTC La Jolla, California, 152 p.
- KING W.-B. 1985. – Island birds: will the future repeat the past?, in MOORS P.-J. (Ed.), *Conservation of Island Birds*. International Council for Bird Preservation, Cambridge : 3-15. (Technical Publication ; 3).
- LE CORRE M., CHEREL Y., LAGARDE F., LORMÉE H. & JOUVENTIN P. 2003. – Seasonal and inter-annual variation in the feeding ecology of a tropical oceanic seabird, the red-tailed tropicbird *Phaethon rubricauda*. *Marine Ecology Progress Series* 255 : 289-301.
- MORRELL B. 1832. – *A Narrative of four voyages to the South sea, North and South, Pacific ocean, Chinese sea, Ethiopic and Southern Atlantic ocean, Indian and Antarctic ocean from the year 1822 to 1831*. J. & J. Harper, New York, 492 p.
- NELSON J.-B. 1978. – *The Sulidae: gannets and boobies*. Oxford University Press, Oxford, 1012 p.
- PITMAN R.-L. 1996. – Almost atoll. *Natural History Magazine* 105 : 60-64.
- PITMAN R.-L. & JEHL JR J.-R. 1998. – Geographic variation and reassessment of species limits in "masked" boobies of the eastern Pacific. *Wilson Journal of Ornithology* 110 : 155-170.
- PITMAN R.-L., BALLANCE L.-T. & FLUTY J. sous presse. – The masked boobies (*Sula dactylatra*) of Clipperton Island: recovery and status of the world's largest population. *The Auk*.
- SNODGRASS R.-E. & HELLER E. 1902. – Papers from the Hopkins Stanford Galapagos Expedition, 1898-1899. XI. The Birds of Clipperton and Cocos Islands. *Proceedings of the Washington Academy of Sciences* 4 : 501-520.
- STAGER K.-E. 1964. – The birds of Clipperton Island, eastern Pacific. *Condor* 66 : 357-371.
- TAXIT R. & EHRHARDT J.-P. 1981. – Précarité de l'écosystème lagunaire de Clipperton. *Revue internationale d'Océanographie médicale* 63-64 : 49-63.
- WEIMERSKIRCH H., LE CORRE M., JACQUEMET S., POTIER M. & MARSAC F. 2004. – Foraging strategy of a top predator in tropical waters: great frigatebirds in the Mozambique Channel. *Marine Ecology Progress Series* 275 : 297-308.
- WEIMERSKIRCH H., LE CORRE M., ROPERT-COUDERT Y., KATO A. & MARSAC F. 2005. – *The three dimensional flight of red-footed boobies: adaptations to foraging in a tropical environment*. *Proceedings of the Royal Society London B*, 272 : 53-60.
- WEIMERSKIRCH H., LE CORRE M. & BOST C.-A. 2008. – Foraging strategy of masked boobies from the largest colony in the world: relation with environmental conditions and fisheries? *Marine Ecology Progress Serie* 362 : 291-302.