

QUALITÉ DES ÉCOSYSTÈMES ET CONSERVATION DU PATRIMOINE NATUREL : LE CAS DE L'EUTROPHISATION LITTORALE ET L'HIVERNAGE DE LA BERNACHE CRAVANT *BRANTA B. BERNICLA* EN BAIE DE SAINT-BRIEUC (FRANCE)

Alain PONSERO¹, Patrick LE MAO², Pierre YÉSOU³, Jeremy ALLAIN¹ & Justine VIDAL¹

SUMMARY. — *Ecosystem quality and natural heritage preservation: the case of the littoral eutrophication and the wintering of Brent Geese Branta b. bernicla in the bay of Saint-Brieuc (France).* — The national nature reserve of Saint-Brieuc Bay, located in the north of Brittany, is a site of international importance for the wintering of the Black-bellied Brent goose *Branta bernicla bernicla* although its preferred food, eelgrass, is completely absent. Local monitoring points out that the green seaweeds *Ulva armoricana* represents 90% of the food eaten by the Brent geese. These algae are responsible for the spectacular green tides which greatly impact this bay each summer. The 400 odd tons consumed each winter by the Brent geese are insufficient to curb this phenomenon. However, the resorption policy of the nitrogenized surpluses arriving in the bay in order to fight against the aestival green tides could, in the long term, reduce this food resource and force geese to find a substitution food which, locally, could be a grass growing on salt-marshes (*Puccinellia maritima*) or winter cereals growing in arable lands bordering the bay. To avoid possible crop, the national nature reserve could have to increase the surface of *Puccinellia maritima* meadows by mowing or by converting to pasture on the climacic areas with *Halimione portulacoides* as is the practice on the Atlantic coast, in Aiguillon Bay. This will have to be done with caution, the areas with sea-purslanes being important feeding grounds for young fish during the high tides. It is quite singular to see that, in this bay, a wintering area of international interest for a water bird developed thanks to serious environmental perturbation and that this ornithological interest could be disrupted by current curative policies of water quality restoration, should no compensatory measures come to balance for the hoped reduction of the green tide.

RÉSUMÉ. — La réserve naturelle nationale de la baie de Saint-Brieuc, située dans le nord de la Bretagne, est un site d'hivernage d'importance internationale de la Bernache cravant à ventre sombre *Branta bernicla bernicla* bien que sa nourriture préférée, les zostères, en soit totalement absente. Les suivis réalisés ont permis de mettre en évidence que les Ulves *Ulva armoricana*, représentent 90 % de la nourriture ingérée localement par les bernaches. Ces ulves sont responsables des spectaculaires marées vertes qui impactent très fortement la baie chaque été. Les quelque 400 tonnes consommées chaque hiver par les bernaches ne permettent pas d'endiguer ce phénomène. Toutefois, la politique de résorption des excédents azotés arrivant en baie afin de lutter contre la prolifération estivale des ulves pourrait, à terme, réduire cette ressource alimentaire et amener les bernaches à devoir trouver une nourriture de substitution qui, dans la baie, pourrait être une graminée poussant sur les prés-salés (*Puccinellia maritima*) ou les céréales d'hiver semées dans les champs bordant la baie. Pour éviter d'éventuels dégâts dans les cultures, la réserve pourrait être amenée à agrandir les prairies salées à *Puccinellia maritima* existantes, soit par la fauche, soit par le pâturage sur les zones climaciques à Obiones *Halimione portulacoides* comme cela se pratique en baie de l'Aiguillon. Ceci devra se faire avec prudence, les zones à Obiones étant d'importantes zones de nourrissage pour les jeunes poissons fréquentant les prés-salés lors des marées hautes. Il est tout à fait singulier de voir que, dans cette baie, un hivernage d'intérêt international d'une espèce d'oiseau d'eau s'est développé grâce à un grave déséquilibre du milieu et pourrait être remis en cause par les mesures curatives en cours de mise en œuvre si aucune mesure ne vient compenser la diminution espérée des stocks d'ulves.

¹ Réserve Naturelle Nationale de la baie de Saint-Brieuc, site de l'étoile. F-22120 Hillion.

² IFREMER, Laboratoire Environnement et Ressources Finistère-Bretagne nord, BP 46. F-35402 Saint-Malo Cedex.

³ ONCFS, 39 Bd Albert Einstein, CS 42355. F-44323 Nantes.

La Bernache cravant à ventre sombre *Branta bernicla bernicla* est un herbivore strict, essentiellement spécialisé sur deux phanérogames de l'estran : les zostères marine et naine (*Zostera marina* et *Z. noltii*). Cette dépendance fut à l'origine de sa raréfaction dans le second tiers du XX^{ème} siècle, suite à la forte diminution des surfaces d'herbiers à zostères dans les années 1930 (Duncan, 1933 ; Short *et al.*, 1988 ; Godet *et al.*, 2008). Subissant par ailleurs une forte pression de chasse sur leur aire de reproduction (Nowak, 1995), les populations de Bernache cravant se sont effondrées, atteignant des seuils critiques avec une réduction des effectifs de 75 à 90 % (Ogilvie & Matthews, 1969). À partir des années 1950, les premières mesures visant à arrêter la chasse sont prises dans les pays situés sur le trajet migratoire des Bernaches cravants. À partir des années 1970, les effectifs progressent de 30 000 à 315 000 individus en 1993. Depuis 1994 la population européenne de bernaches décroît à nouveau (Boudewijn & Ebbinge, 1994 ; Summers *et al.*, 1996 ; Ebbinge *et al.*, 1999), pour atteindre environ 200 000 individus (Delany & Scott, 2006 ; Birdlife International, 2006).

Ganter (2000) a souligné l'importance des zostères *Zostera* spp. dans l'alimentation de toutes les sous-espèces de la Bernache cravant et la plupart des auteurs montrent qu'il s'agit de la nourriture favorite de ces oiseaux tant qu'elles restent accessibles en quantité suffisante sur le site fréquenté (Madsen, 1988 ; Portig *et al.*, 1994 ; Fox, 1996 ; Ganter, 2000 ; Hassal *et al.*, 2001 ; Bos *et al.*, 2005 ; Dalloyau, 2008). Mais avec l'augmentation des effectifs des bernaches dans les années 1970, on a observé des modifications de leur comportement alimentaire. Ainsi au cours de l'hiver et selon les secteurs occupés, les bernaches vont consommer préférentiellement *Zostera* sp. avant de se reporter sur une ressource alternative comme des *Ulvaceae* (Ogilvie & St Joseph, 1976 ; Madsen, 1988 ; Smith *et al.*, 1985) ou encore sur les herbus de prés-salés (Clausen *et al.*, 1998 ; Rowcliffe *et al.*, 1998 ; Milsom *et al.*, 2000 ; Ramenofsky & Wingfield, 2006). Depuis quelques dizaines d'années, les bernaches ont élargi la gamme de leurs ressources alimentaires en stationnant de façon plus prononcée sur des prairies pâturées ou encore des céréales d'hiver (Williams & Forbes, 1980 ; Yésou & Fouquet, 1983 ; Summers & Stansfield, 1991 ; Vickery *et al.*, 1994 ; Ebbinge *et al.*, 1999 ; Hassall & Lane, 2001 ; Hassall *et al.*, 2001). Ce comportement a été noté dans plusieurs pays (Danemark, Allemagne, Pays-Bas et Angleterre), mais reste marginal en France (Dalloyau, 2008). Les Bernaches cravants sont capables de sélectionner leur nourriture sur la base de la valeur nutritionnelle des items disponibles (*e.g.* Charman, 1979 ; Williams & Forbes, 1980 ; Mathers & Montgomery, 1997), exploitant successivement les aliments énergétiquement les plus rentables à leur disposition sur leurs sites de halte migratoire ou d'hivernage (Summers, 1990 ; Vickery *et al.*, 1995).

Située en Bretagne septentrionale, la Réserve naturelle nationale de la baie de Saint-Brieuc est un site d'hivernage d'importance internationale pour la Bernache cravant à ventre sombre, bien que les zostères y soient totalement absentes compte tenu des courants de marées importants (Gros & Hamon, 1988). Il nous a donc semblé intéressant d'étudier la façon dont les bernaches exploitent ce site, qu'elles fréquentent annuellement en nombre important depuis près de 30 ans. Une première étude (Yésou, 1986) avait souligné le rôle important des algues vertes *Ulva armoricana* et *Enteromorpha* sp. dans leur alimentation. Il s'agit ici de vérifier l'importance de ces algues vertes dans le régime des Bernaches cravants, par rapport aux autres ressources alimentaires disponibles sur le site (une petite graminée halophile *Puccinellia maritima* et les céréales d'hiver cultivées), et de voir comment les bernaches exploitent les différents habitats (estran, prés-salés, champs cultivés près de la réserve, etc.). La compréhension des modes de sélection de plantes par des herbivores en fonction des apports nutritifs et des contraintes d'accessibilité des ressources sont des éléments importants pour la prévision de l'utilisation des habitats et la dynamique à long terme de la population de Bernaches cravants (Summers & Critchley, 1990 ; Vickery *et al.*, 1995 ; Stahl *et al.*, 2002).

La baie de Saint-Brieuc, comme de nombreux sites côtiers, est soumise à une augmentation importante des apports nutritifs d'origine continentale. La manifestation la plus visible de ce dérèglement local des phytocénoses consiste en une prolifération rapide d'algues vertes du genre *Ulva* (Ménésguen & Priou, 1995 ; Merceron, 1999). Initialement notée au début des années 1970, cette « marée verte » a pris une ampleur considérable pour plafonner dans les années 1990 (Ménésguen, 1998 ; Dion, 1999, Anonyme, 2004, etc.). L'impact de ce dévelop-

pement algal sur les différentes composantes des écosystèmes intertidaux sableux est complexe et encore mal connu (Everett, 1994 ; Grall & Chauvaud, 2002 ; Cardoso *et al.*, 2004). Il est en particulier important, dans une logique de conservation du patrimoine naturel, de mieux connaître les liens qui peuvent exister entre le stationnement hivernal des Bernaches cravants et le développement des algues vertes.

SITE D'ÉTUDE, MATÉRIEL ET MÉTHODES

SITE D'ÉTUDE

La baie de Saint-Brieuc (48°32' N ; 2°40' W) est située sur la côte nord de la Bretagne. Le rivage sud de cette baie est constitué par les anses d'Yffiniac et de Morieux (Fig. 1) qui s'étendent sur 2600 hectares d'estran sableux. Le marnage varie de 4 m en morte-eau à près de 13 m en vive-eau (marnage moyen : 6,5 m). Le plus haut niveau de l'anse d'Yffiniac est couvert de prés-salés sur une surface de 112 hectares. Ce marais maritime est composé de deux ensembles morphologiques, la slikke et le schorre. La haute-slikke sablo-vaseuse (16 ha) est colonisée par des espèces annuelles pionnières, essentiellement des salicornes *Salicornia* spp. Le schorre représente la grande majorité du pré-salé (96 ha), celui-ci est largement dominé par les peuplements à Obione *Halimione portulacoides* formant par endroits des fourrés bas qui ferment le milieu et limitent le développement des autres végétaux. Ces fourrés sont relayés par les prés-salés à Glycérie maritime (*Puccinellia maritima*) sur certains niveaux en rive ouest de l'anse d'Yffiniac et sur les surfaces pâturées du sud-est de l'anse. La succession des associations végétales du pré-salé s'effectue classiquement suivant les gradients topographiques, de salinité et de durée d'exondation par les eaux de mer, et est orienté parallèlement à la côte.

En 1973, l'anse d'Yffiniac a été classée en réserve de chasse sur le domaine public maritime. En 1998, les anses d'Yffiniac et de Morieux ont été classées en réserve naturelle nationale sur 1136 ha, réserve dont le premier objectif est de favoriser l'hivernage et la halte migratoire des oiseaux d'eau migrateurs (Ponsero *et al.*, 2003). Compte tenu des effectifs recensés, le fond de baie est d'intérêt national dans l'hivernage des limicoles et des anatidés, et même international pour la Bernache cravant, dont il accueille en moyenne 4,5 % environ de l'effectif national et plus de 1% de l'effectif mondial de la sous-espèce nominale (Gillier & Mahéo, 1999 ; Ponsero *et al.*, 2003 ; Jiguet, 2005).

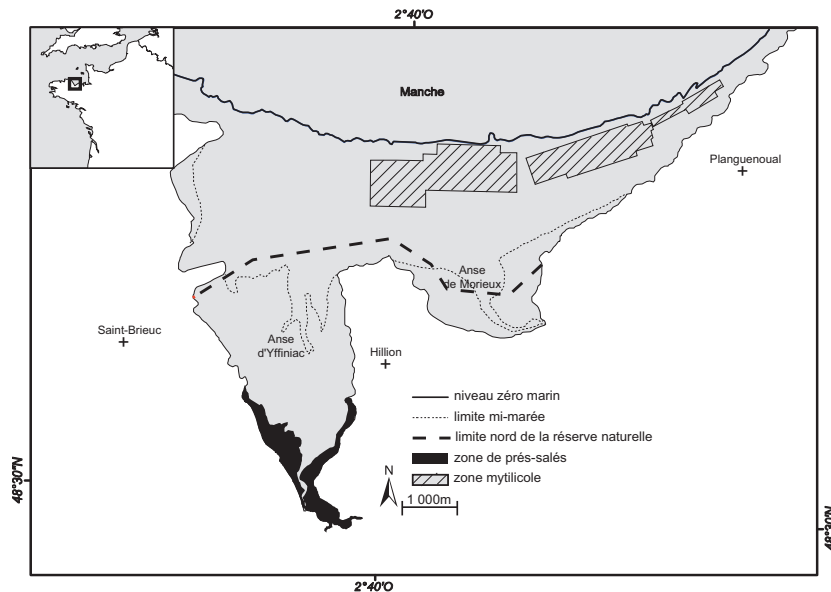


Figure 1. — Carte de localisation de la baie de Saint-Brieuc.

RECENSEMENTS

La baie de Saint-Brieuc profite d'un suivi ornithologique régulier depuis 1970, qui a été accru à partir de 1995 avec un rythme de recensement bi-hebdomadaire ou mensuel sur l'ensemble du site (anses d'Yffiniac et de Morieux).

COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

L'étude du comportement alimentaire a été réalisée entre novembre 2005 et février 2006 sur l'anse d'Yffiniac. Elle consistait dans l'observation des oiseaux deux fois par mois, une lors de marées de mortes-eaux et une lors des marées de vives-eaux, durant toute la période diurne. Les observations ont été réalisées avec une longue-vue à une distance suffisante pour que le risque de réaction des oiseaux à la présence de l'observateur soit écarté. Un dénombrement des bernaches a été effectué toutes les demi-heures et le type d'activité a été déterminé lors de ce dénombrement : ont été alors notés l'effectif total de chaque groupe d'oiseaux ainsi que les effectifs d'oiseaux en alimentation, la localisation géographique et le type de milieu (estran, prés-salés, champs cultivé, bord de l'eau, pleine mer). Nous avons différencié les oiseaux qui s'alimentaient sur l'estran sableux (distant des chenaux ou de la mer) des individus qui se nourrissaient au bord de l'eau (individus debout s'alimentant au bord de l'eau) ou dans l'eau (individus s'alimentant en nageant). Les oiseaux qui s'alimentaient dans les prés-salés en fond de baie ou sur les champs avoisinants (visibles depuis les points d'observation) ont été également notés.

La combinaison de ces paramètres a permis de décrire les modalités d'utilisation spatio-temporelle de l'anse d'Yffiniac par les bernaches. Au total près de 65 heures d'observation ont été effectuées sur 6 journées.

ANALYSE STATISTIQUE

Pour chaque groupe observé, le pourcentage d'oiseaux en alimentation a été calculé. On a étudié la distribution des proportions observées en fonction de la hauteur d'eau au moment de l'observation, et de la durée séparant le moment de l'observation de l'heure de marée haute. La dispersion des nuages de points a été analysée par la fonction de lissage « LOWESS », Locally Weighted Regression ou Régression Polynomiale locale (Tukey, 1977; Cleveland, 1981) établie à l'aide du logiciel R (Ihaka & Gentleman, 1996). Les paramètres de lissage étaient communs à toutes les analyses. Les valeurs moyennes calculées sont accompagnés de leur écart-type (\pm sd).

APPROCHE QUANTITATIVE DE LA CONSOMMATION DE NOURRITURE PAR LES BERNACHES

La consommation individuelle de chaque type de nourriture a été évaluée par l'équation simple de déplétion proposée par Inger *et al.* (2006) :

$$B = (D*P)/(E*A)$$

où :

B : biomasse d'une nourriture donnée, prélevée par jour par un individu, en kg de poids frais ;

D : besoins énergétiques quotidiens en kJ ;

P : proportion de la ressource alimentaire dans l'alimentation ;

E : valeur énergétique de la nourriture en Kjoules/kg de poids frais ;

A : efficacité d'assimilation de cette ressource alimentaire.

La Bernache cravant a bénéficié de nombreux travaux consacrés à ses besoins énergétiques (Drent *et al.*, 1978 ; Madsen, 1988 ; Mathers *et al.*, 1998 ; Inger *et al.*, 2006) et, dans une moindre mesure, à ses capacités d'assimilation de la nourriture consommée (Buchsbbaum *et al.*, 1986). Par ailleurs, la valeur énergétique des différentes catégories de nourriture a également été évaluée par plusieurs auteurs (Mathers & Montgomery, 1997 ; De Padua *et al.*, 2004). Les résultats de ces multiples études ont été utilisés ici.

Le calcul de la consommation est un exercice difficile, les résultats des équations étant directement liés aux hypothèses de départ (Hacquebart, 2003 ; Le Mao *et al.*, 2006). Ces hypothèses ne sont que des compromis et nécessitent de faire des choix parfois discutables parmi les nombreuses données publiées. Pour utiliser la formule de Inger *et al.* (2006), nous avons fait les choix suivants :

— Besoin énergétique quotidien (D) : nous avons retenu la valeur moyenne de 1152 KJ par oiseau et par jour proposée par Inger *et al.* (2006) dans un travail très complet associant mesures de terrain et modélisation.

— Valeur énergétique de la nourriture (E) : les valeurs utilisées sont calculées à partir des données proposées par Mathers & Montgomery (1997) pour les mois d'hiver (Tab. I).

TABLEAU I

Composition moyenne hivernale des différents types de nourriture utilisés par les Bernaches cravants par kg de poids frais d'après Mathers & Montgomery (1997)

	Matière sèche	Cellulose	Sucres solubles	Protéines	Valeur énergétique
<i>Ulva lactuca</i>	100 g	22,6 g	2,26 g	18,22 g	1040 KJ
<i>Puccinellia maritima</i>	186 g	86,3 g	26,6 g	19,85 g	2846 KJ
<i>Zostera noltii</i> (feuilles)	207g	61,7 g	23,4 g	26,0 g	2525 KJ

— Efficacité d'assimilation de la nourriture (A) : l'efficacité d'assimilation de la nourriture par les anatidés herbivores est inversement proportionnelle à la teneur de la nourriture en cellulose. Le taux d'assimilation des feuilles de *Zostera noltii* par les Bernaches cravants est de 43 % (Mathers *et al.*, 1998). En partant de ces données nous avons évalué les taux d'assimilation de la Bernache cravant pour les différentes sources de nourriture disponible (Tab. II).

TABLEAU II

Teneur en matière sèche et en cellulose des différentes ressources alimentaires de la Bernache cravant (Mathers & Montgomery, 1997) et évaluation de l'efficacité d'assimilation de ces sources alimentaires

	Matière sèche	Cellulose	Efficacité d'assimilation
<i>Ulva lactuca</i>	100 g	22,6 g	70%
<i>Puccinellia maritima</i>	186 g	86,3 g	40%
<i>Zostera noltii</i> (feuilles)	207g	61,7 g	43%

RÉSULTATS

RECENSEMENTS

Évolution interannuelle des effectifs

Depuis les années 1960, la Bernache cravant est présente en baie de Saint-Brieuc. Au début ce ne furent que quelques individus seulement (Yésou, 1986). À partir de 1970 des groupes d'une cinquantaine d'individus sont observés régulièrement. À cette époque, des passages de 50 à 400 bernaches sont notés en novembre et février mais le stationnement n'est que de courte durée. La présence de bernaches en continu durant toute la période hivernale est observée à partir de l'hiver 1976-1977. À partir de 1978-1979 les effectifs augmentent rapidement pour dépasser 3000 individus en 1982 (Yésou, 1986). La courbe des effectifs dénombrés à la mi-janvier (comptage *Wetlands International*) montre, malgré de fortes fluctuations interannuelles, une augmentation des effectifs jusque dans les années 1990, puis une stabilisation dans les années 2000 (Fig. 2).

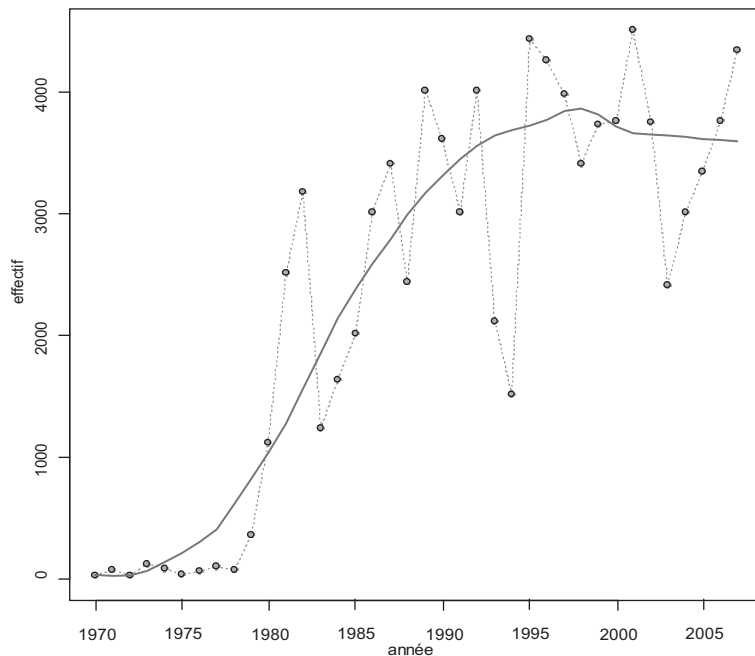


Figure 2. — Évolution des effectifs de Bernache cravant en baie de Saint-Brieuc à la mi-janvier, de 1970 à 2007 (comptage *Wetlands International*) et courbe de tendance.

Évolution intra-hivernale des effectifs

De 2001-2002 à 2005-2006, les arrivées en baie de Saint-Brieuc ont principalement eu lieu en novembre et décembre et ont atteint leur maximum dans la première quinzaine de janvier (Fig. 3).

On peut calculer pour chaque hiver le nombre d'oiseaux-jours présents en baie de Saint-Brieuc (Tab. III).

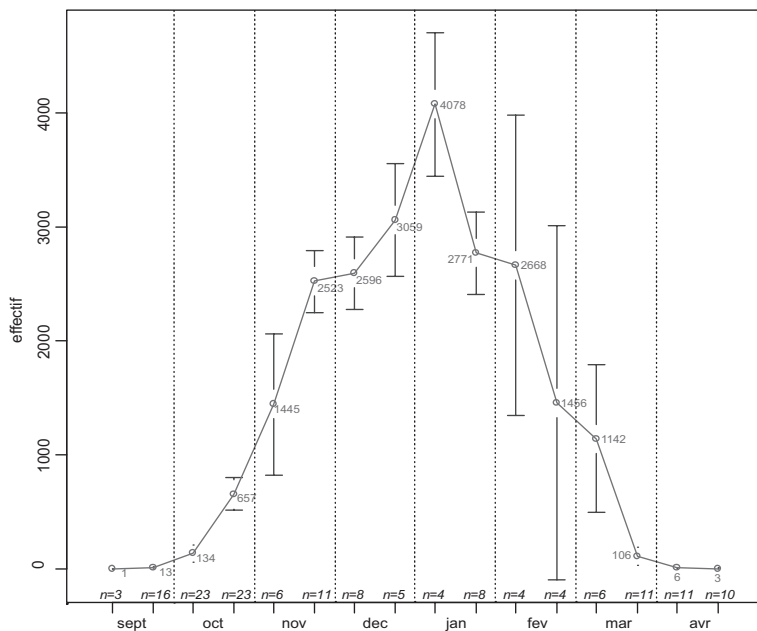


Figure 3. — Évolution des effectifs de Bernache cravant en baie de Saint-Brieuc au cours de l'hiver (moyenne des hivers 2001-2000 à 2006-2007 et écarts-types).

TABLEAU III

Fréquentation mensuelle de la baie de Saint-Brieuc pendant les périodes d'hivernage 2003-2004 à 2005-2006, en nombre d'oiseaux-jours

mois/saison	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007
Septembre	39	19	45	251
Octobre	12 386	13 430	8 618	17 706
Novembre	78 420	73 400	61 445	60 172
Décembre	103 695	82 150	87 985	93 920
Janvier	87 000	82 786	112 195	102 150
Février	56 160	42 000	60 168	21 286
Mars	5 785	13 681	10 144	1 936
Avril	30	89	75	140
Total hiver	343 515	307 555	340 675	297 561

COMPORTEMENT ALIMENTAIRE

Activité en fonction du cycle de marée

La dispersion du nuage de points (Fig. 4) témoigne de l'activité de nourrissage se déroulant quel que soit le moment du cycle de marée. La fonction de lissage "LOWESS" permet de visualiser les tendances. À marée haute, le taux moyen de bernaches s'alimentant est de $0,53 \pm 0,39$. Durant environ 1 heure après la marée haute, ce taux reste constant ; il augmente alors rapidement pour atteindre $0,90 \pm 0,33$ puis cette valeur se maintient tout au long du cycle de marée basse jusqu'à la mi-marée montante (soit 10 h environ après la marée haute précédente). Le pourcentage d'oiseaux s'alimentant diminue ensuite rapidement pour retrouver le taux initial de 53 % au moment de la marée haute. Les observations comportementales notées au cours de cette étude indiquent que le moment de la marée haute, ou juste après cette période (quelle que soit l'heure de la journée où se déroule la marée haute), est généralement consacré au toilettage ou au sommeil.

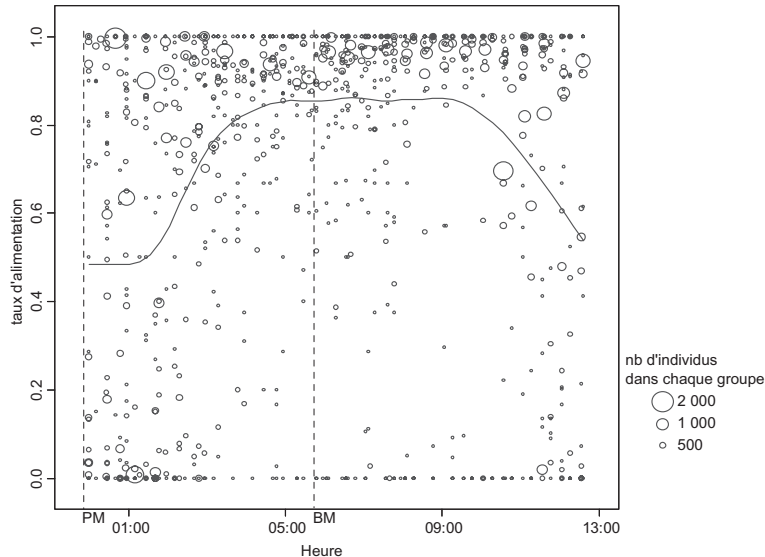


Figure 4. — Evolution de la proportion d'individus en alimentation en fonction du temps écoulé depuis la dernière marée haute. (Le diamètre des points correspond au nombre d'individus dans chaque groupe observé). PM = pleine mer ; BM = basse mer.

Fréquence de l'activité en fonction de la hauteur d'eau

La proportion d'oiseaux en alimentation diminue quand la hauteur d'eau augmente. Le taux d'alimentation est supérieur à 89 % lorsque la hauteur d'eau est inférieure à 6 m et diminue à 46 % pour une hauteur de 9 m (Fig. 5).

Fréquence d'alimentation en fonction du type de marée

La proportion d'oiseaux en alimentation est plus élevée lors des marées de mortes-eaux que lors des marées de vives-eaux (ANOVA ; $F_{(1,929)}=3,956$; $P=0.047$).

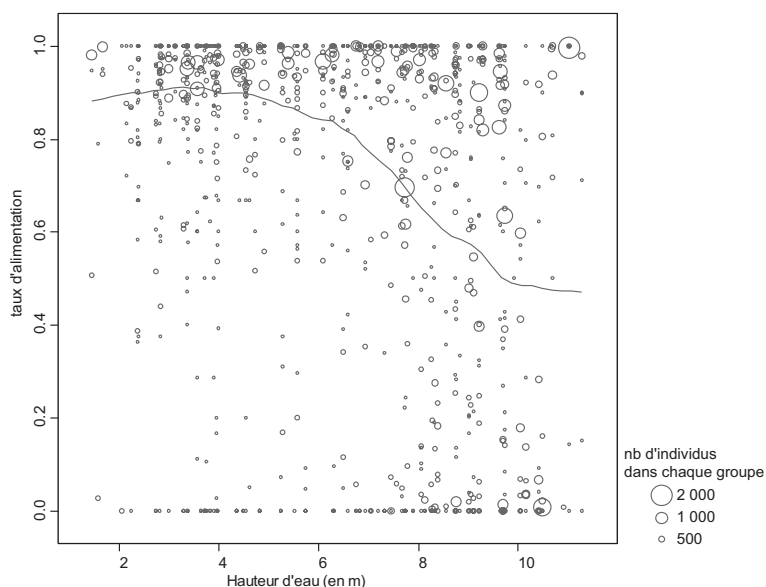


Figure 5. — Évolution de la proportion d'individus en alimentation en fonction de la hauteur d'eau. (Le diamètre des points correspond au nombre d'individus dans chaque groupe observé).

OCCUPATION DE L'ESPACE

La zone principale d'alimentation des bernaches se situe au bord de l'eau puis sur l'estran sableux découvert (66 % et 20 % des observations, respectivement). 9 % des bernaches observées s'alimentaient sur l'eau. Enfin, au cours de l'hiver, les prés-salés attirent 4 % des bernaches alors que les champs sont très peu fréquentés avec 0,5 % des observations (Tab. IV).

TABLEAU IV

Répartition des effectifs d'oiseaux en alimentation et totaux en fonction du type d'habitat

Type d'habitat	Nb d'individus observés en alimentation	%	Nb total d'individus observés	Taux d'alimentation moyen par habitat
Estran sableux découvert	23 147	20,5	31 858	0,73
Bord de l'eau	10 181	9	19 303	0,53
Pleine eau	74 628	66	94 200	0,79
Prés-salés	4 478	4	6 011	0,75
Champs cultivés	563	0,5	607	0,93
Total	112 997	100	151 979	

Au cours du cycle de marées (Fig. 6), parmi les oiseaux présents au bord de l'eau, le taux de ceux en alimentation est assez stable ($0,79 \pm 0,38$). Le pourcentage d'oiseaux s'alimentant en nageant varie de 40 à 70 % (moyenne : $0,53 \pm 0,39$). Sur l'estran sableux le taux moyen est de $0,73 \pm 0,34$, mais le pourcentage peut varier entre 0 et 100 % au cours du cycle tidal. Lorsque ponctuellement les bernaches fréquentent les espaces agricoles avoisinants, c'est dans un but quasi exclusif d'alimentation (la proportion d'oiseaux en alimentation y est en moyenne de $0,93 \pm 0,07$).

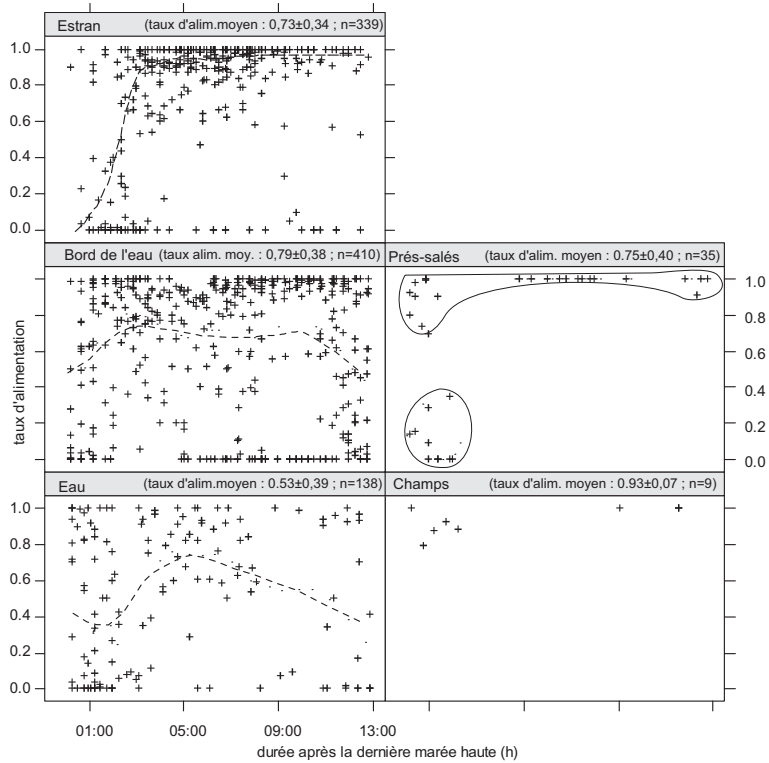


Figure 6. — Évolution de la proportion d'individus en alimentation dans les différents types d'habitats en fonction du cycle de marée.

RÉGIME ALIMENTAIRE

Ulva armoricana constitue 90 % du régime alimentaire, qui est complété par les entéromorphes et la végétation des prés-salés (Tab. V). En fin d'hiver, une partie des bernaches se nourrissent également dans les champs limitrophes sur une végétation de céréales d'hiver (Tab. V). Dans ce tableau, les pourcentages représentent la proportion du temps d'alimentation durant laquelle les bernaches prélèvent un type d'algues ou s'alimentent sur un type d'habitat, et non pas la proportion quantitative de chaque ressource exploitée, car nous ne connaissons pas l'efficacité de prélèvement pour chaque type de nourriture. Dans une première estimation, nous retiendrons la valeur moyenne de 90 % pour la proportion annuelle consommée d'*Ulva armoricana* et de 6 % pour celle de *Puccinellia maritima*, les autres ressources (*Enteromorpha* sp. et les céréales) n'étant consommées que marginalement.

TABLEAU V

Pourcentage d'oiseaux en alimentation en fonction du type de source de nourriture au cours de l'hiver

	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Moyenne ± sd
<i>Ulva armoricana</i>	86,01	93,06	90,59	96,54	91,11 ± 4,42
<i>Enteromorpha</i> sp.	9,80	0,54	-	-	2,79 ± 6,55
Vég. prés-salés	4,19	6,40	9,41	0,13	5,60 ± 3,91
Champs cultivés	-	-	-	3,33	0,50 ± 2,00

ESTIMATION DE LA CONSOMMATION DES RESSOURCES ALIMENTAIRES PAR LES BERNACHES

À partir de ces données on peut calculer les différents paramètres des équations de déplétion de Inger *et al.* (2006) pour les deux principales espèces consommées (*Ulva armoricana* et *Puccinellia maritima*, Tab. VI).

TABLEAU VI

Valeur des paramètres de l'équation de déplétion proposée par Inger *et al.* (2006) : $B = (D*P)/(E*A)$ avec $D = 1152Kj$

	E valeur énergétique en Kjoules/kg	A efficacité d'assimilation	P proportion de la ressource	B biomasse de nourriture prélevée par jour par un individu en Kg
<i>Ulva armoricana</i>	1040	0,7	0,9	1,42
<i>Puccinellia maritima</i>	2846	0,4	0,06	0,06

À partir du nombre d'oiseaux.jours présent durant les périodes hivernales en baie de Saint-Brieuc (Tab. III), la consommation totale d'*Ulva armoricana* fluctue entre 400 et 500 tonnes par saison d'hivernage, cette consommation s'exerçant sur le stock hivernal résiduel de la marée verte dont la biomasse totale locale n'est pas connue. La consommation de *Puccinellia maritima* est estimée à une vingtaine de tonnes de poids frais prélevées sur les prairies à Puccinellies dont la surface totale en baie atteint environ 45 ha (Tab. VII).

TABLEAU VII

Consommation totale des principales ressources alimentaires par les Bernaches cravants en baie de Saint-Brieuc, par saison d'hivernage

Saison hivernale (septembre à avril)	Nombre total d'oiseaux.jours	Consommation d'ulves (tonnes de poids frais)	Consommation de Puccinellie (tonnes de poids frais)
2003-2004	343 515	487,8	20,6
2004-2005	307 555	436,7	18,4
2005-2006	340 675	483,7	20,4
2006-2007	297 561	422,5	17,8

DISCUSSION

L'estran constitue pour la Bernache cravant la zone la plus importante d'alimentation en baie de Saint-Brieuc, avec comme principale ressource alimentaire l'ulve *Ulva armoricana* responsable des importantes marées vertes qui atteignent cette baie, principalement au printemps et en été. Les stationnements de bernaches sont donc en grande partie déterminés par l'eutrophisation littorale et il existe dans cette baie un lien déroutant entre déséquilibre environnemental et intérêt patrimonial. Ainsi que l'avait montré Yésou (1986), l'hivernage local de la Bernache cravant en baie s'est développé en parallèle à l'apparition puis l'augmentation du phénomène des marées vertes en baie, et à l'augmentation générale des effectifs globaux de cette sous-espèce. On peut s'interroger sur le rôle des bernaches dans la limitation des marées vertes. Le stock hivernal d'ulves, sur lequel s'exerce la prédation par les bernaches, est à l'origine du bloom du printemps suivant (Dion, 1999). Sur un site proche, la baie de la Fresnaye, une réduction de ce stock par ramassage a d'ailleurs été testée comme moyen de lutte contre la marée verte, cette expérience entraînant un écrêtement du pic estival d'abondance (Anonyme, 2004). Les modélisations de production d'ulves menées en baie de Saint-Brieuc (Menesguen,

1998) montrent que le principal facteur limitant est l'apport d'azote et que la taille du stock initial ne joue sans doute qu'un rôle faible par rapport à l'importance des apports azotés par les cours d'eau débouchant sur la baie. Bien que l'importance du stock hivernal d'ulves soit inconnue en baie de Saint-Brieuc, on peut supposer que la prédation des algues par les bernaches limite légèrement l'importance du pic estival d'abondance comme le font les opérations mécaniques de ramassage hivernal en baie de la Fresnaye.

Les prés-salés de l'anse d'Yffiniac ont, pour les bernaches, deux fonctions : d'une part une fonction d'alimentation complémentaire quel que soit le moment du cycle tidal, et d'autre part un rôle de refuge (zone de repos) à marée haute. Il n'a pas été possible de déterminer précisément de quelles espèces végétales les bernaches s'y nourrissent, mais il semble que la Puccinellie (*Puccinellia maritima*) soit une espèce privilégiée. D'autres espèces sont aussi potentiellement consommées : *Salicornia* spp., *Plantago maritima*, *Triglochin maritima*, présentes ici, ont été identifiées comme plantes consommées sur d'autres sites (Prop & Deerenberg, 1991 ; Rowcliffe *et al.*, 1998).

Compte tenu des programmes de limitation de l'eutrophisation du littoral mis en place depuis quelques années, on peut s'interroger sur le devenir de la population de Bernache cravant suite à la réduction attendue de sa principale source d'alimentation en baie de Saint-Brieuc. Les bernaches pourraient-elles trouver sur ce site une alimentation de substitution suffisante, en exploitant plus intensivement les prairies à *Puccinellia maritima* ? Cette option de stratégie alimentaire est tout à fait envisageable puisque les bernaches hivernant en baie du Mont-Saint-Michel s'alimentent quasi exclusivement sur cette ressource (Schricke, 1983 ; Beauvils, 2001). Une grande différence existe cependant entre les deux sites : en baie du Mont-Saint-Michel les prairies à Puccinellie sont très vastes (plusieurs centaines d'hectares) et correspondent en grande partie aux pâturages des moutons de prés-salés, alors qu'en baie de Saint-Brieuc les prairies à Puccinellie ne couvrent qu'une surface réduite (45 ha sur un total de 112 ha de prés-salés) sous la forme de taches de superficie limitée au contact des zones à Obione *Halimione portulacoides* et d'une prairie pâturée par des bovins. En baie du Mont-Saint-Michel la production annuelle de Puccinellie varie de 1,9 à 2,7 kg de poids frais/m² (soit 19 à 27 tonnes par hectare) sur les herbous pâturés (Lefevre *et al.*, 2000), avec une croissance hivernale en général nulle. Si cette plante devenait la source alimentaire unique en baie de Saint-Brieuc, le besoin alimentaire des bernaches serait de 300 à 340 tonnes de Puccinellie par saison d'hivernage, au niveau actuel des stationnements. Pour permettre un tel prélèvement, il faudrait que les oiseaux disposent d'une surface théorique d'alimentation d'environ 15 hectares, ce qui ne représente que le tiers des 45 hectares disponibles à l'heure actuelle.

CONCLUSION

Les marées vertes sont à l'évidence préjudiciables aux activités humaines et sont des contraintes économiques pour les communes affectées (Merceron, 1999). Il s'agit pourtant bien souvent d'un facteur favorisant l'hivernage des oiseaux d'eau en zone littorale (p. ex. Pounder, 1976 ; Beukema *et al.*, 1998 ; Le Mao *et al.*, 2006). L'hivernage des Bernaches cravants en baie de Saint-Brieuc en est un exemple supplémentaire.

La réserve naturelle nationale de la baie de Saint-Brieuc a été créée en 1998 afin de protéger ce site d'hivernage et de halte migratoire, en particulier l'accueil de la Bernache cravant, espèce pour laquelle cette baie est un site de stationnement d'importance internationale (Ponsero *et al.*, 2003). Il apparaît donc un dilemme de gestion entre la restauration de la qualité des eaux afin de restaurer la fonctionnalité de ces écosystèmes, et le maintien des stationnements d'une espèce d'intérêt patrimonial.

La seule nourriture de substitution disponible localement en quantité suffisante est *Puccinellia maritima* qui se développe à l'état naturel sur les herbous de la baie. Les surfaces disponibles sont, en théorie, suffisantes pour nourrir l'ensemble des bernaches de la baie. Toutefois cela ne présume pas de l'accessibilité réelle de la ressource : il faut en effet compter avec le risque de dérangement des oiseaux sur cet habitat, situé à proximité de secteurs de

fréquentation humaine, et avec la disponibilité réelle de la végétation : la production annuelle de puccinellies est loin d'être entièrement disponible en période hivernale, une partie s'étant dégradée naturellement dans le courant de l'été et de l'automne ou ayant été consommée par divers invertébrés. Il est probable que, pour permettre un maintien des effectifs actuels, il faille agrandir les prairies à Puccinellie disponibles en fauchant ou pâturant une partie des actuelles zones à Obione, afin de disperser la pression de pâturage par les bernaches et d'éviter des concentrations d'oiseaux pouvant accroître leur vulnérabilité aux prédateurs ou leur sensibilité aux fluctuations interannuelles de production végétale. Une gestion de ce type est actuellement pratiquée en baie de l'Aiguillon pour favoriser les stationnements d'anatidés herbivores, dont la Bernache cravant (Joyeux *et al.*, 2007). Elle nécessite cependant des précautions particulières : les zones à Obione sont des zones d'alimentation privilégiées des jeunes poissons (et en particulier des bars *Dicentrarchus labrax*) qui y trouvent en abondance leurs proies préférées, principalement le crustacé amphipode *Orchestia gammarella* (Lafaille *et al.*, 1998 ; Parlier, 2006). Un compromis consiste à favoriser de part et d'autre des chenaux parcourant les herbues une zone d'Obione suffisamment large pour préserver leur intérêt alimentaire pour les poissons qui utilisent ces chenaux comme voie de circulation à marée haute.

Il n'y a pas actuellement urgence à mettre en place ce type de gestion des prés-salés, mais l'option de gestion des zones à Puccinellie doit être préparée dès à présent pour pouvoir être appliquée quand le besoin s'en fera sentir. La protection renforcée de la zone des prés-salés, avec interdiction d'accès au public, mise en place lors de la création de la réserve naturelle, trouve ici une justification supplémentaire qui pourrait permettre d'éviter le report des bernaches et autres oiseaux herbivores (Canards siffleurs *Anas penelope* en particulier) vers les parcelles agricoles, avec les risques de conflit qui pourraient alors se poser avec les producteurs de céréales d'hiver.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous les ornithologues qui ont suivi l'avifaune de la baie de Saint-Brieuc depuis près de 40 ans.

RÉFÉRENCES

- ANONYME (2004). — *Programme régional et interdépartemental de lutte contre les marées vertes en Bretagne*. Rapport Prolittoral-Centre de Valorisation des Algues de Pleubian.
- BEAUFILS, M. (2001). — *Avifaune de la baie du Mont-Saint-Michel, 1979-1999. Enquête sur un site complexe*. Groupe Ornithologique Normand/Bretagne Vivante-SEPNB Ille-et-Vilaine.
- BEUKEMA, J.J., CADEE, G.C., & DEKKER, R. (1998). — How two large "experiments" illustrate the importance of enrichment and fishery for the functioning of Wadden Sea ecosystem. *Seickenbergiana maritima*, 29 : 37-44.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL (2006). — Species factsheet: *Branta bernicla*. by Elkstrom J., in <http://www.birdlife.org>.
- BOUDEWIJN, T. & EBBINGE, B.S. (1994). — General review. Pp 39-49 in: J. Van Nugteren (ed.). *Brent geese in the Wadden Sea*. Dutch Society for the Protection of Wadden Sea, Netherland.
- BOS, D., DRENT, R., RUBINIGG, M. & STAHL, J. (2005). — The relative importance of food biomass and quality for patch and habitat choice in Brent Geese. *Ardea*, 93: 5-16.
- BUCHSBAUM, R., WILSON, J. & VALIELA, I. (1986). — Digestibility of plants constituents by Canada Geese and Atlantic Brant. *Ecology*, 67: 386-393.
- CARDOSO, P.G., PARDAL, M.A., RAFFAELLI, D., BAETA, A. & MARQUES, J.C. (2004). — Macroinvertebrate response to different species of macroalgal mats and the role of disturbance history. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, 308: 207-220.
- CHARMAN, K. (1979). — Feeding ecology and energetics of the dark-bellied Brent goose *Branta bernicla bernicla* in Essex and Kent. In : R.L. Davy (ed.). *Ecological processes in coastal environments*. Oxford. Blackwell Scientific.
- CLAUSEN, P., MADSEN, J., PERCIVAL, S.M., O'CONNOR, D. & ANDERSON, G.Q.A. (1998). — Population development and changes in winter site use by the Svalbard light-bellied brent goose, *Branta bernicla hrota* 1980-1994. *Biol. Cons.*, 84: 157-165.
- CLEVELAND, W.S. (1981). — LOWESS: A program for smoothing scatterplots by robust locally weighted regression. *Amer. Statist.*, 35: 54.

- DELANY, S.N. & SCOTT, D.A. (2006). — Wetlands International's Flyway Atlas series: establishing the geographical limits of waterbird populations. Pp 574-581 In: G.C. Boere, C.A. Galbraith & D.A. Stroud (eds). *Waterbirds around the world*. The Stationery Office, Edinburgh, UK.
- DALLOYAU, S. (2008). — Réponse fonctionnelle et stratégies d'hivernage chez un *Anseridae* en lien avec la disponibilité de la ressource alimentaire. Cas de la Bernache cravant à ventre sombre (*Branta bernicla bernicla*) en hivernage sur le littoral atlantique (île d'Oléron – Charente Maritime – 17). Université de Montpellier II.
- DE PADUA, M., GROWOSKI FONTOURA, P.S. & MATHIAS, A.L. (2004). — Chemical composition of *Ulvaria oxysperma* Kützing Bliding, *Ulva lactuca* Linnaeus and *Ulva fasciata* Delile. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47: 49-55.
- DION, P. (1999). — Eutrophisation & marées vertes. *Inf'ODE, bulletin de liaison de l'Observatoire Départemental de l'Environnement des Côtes d'Armor*, 22: 1-16.
- DRENT, R.H., EBBINGE, B. & WELJAND, B. (1978). — Balancing energy budgets of arctic-breeding geese throughout the annual cycle: a progress report. *Verhandl. Ornith. Gesellsch. Bayern*, 23 : 239-264.
- DUNCAN, F.M. (1933). — Disappearance of *Zostera marina*. *Nature*, 132: 483.
- EBBINGE, B.S., BERREVOETS, C., CLAUSEN, P., GANTER, B., GÜNTHER, K., KOFFIJBERG, K., MAHÉO, R., ROWCLIFFE, J.M., ST JOSEPH, A.K.M., SÜDBECK, P. & SYROECKOVSKIY, J.E.E. (1999). — Dark-bellied Brent Goose *Branta bernicla bernicla*. In: J. Madsen, G. Cracknell & A.D. Fox (eds). *Goose populations of the Western Palearctic*. Wageningen : Wetlands International.
- EVERETT, R.A. (1994). — Macroalgae in marine soft-sediment communities : effects on benthic faunal assemblages. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 175: 253-274.
- FOX, A.D. (1996). — *Zostera* exploitation by Brent geese and wigeon on the Exe estuary, southern England. *Bird Study*, 43: 257-268.
- GANTER, B. (2000). — Seagrass *Zostera* spp. as food for Brent geese *Branta bernicla*: an overview. *Helgol. Mar. Res.*, 54: 63-70.
- GILLIER, J.M. & MAHÉO, R. (1999). — Bernache cravant *Branta bernicla*. Pp 374-375 In : G. Rocamora & D. Yeatman-Berthelot (eds). *Oiseaux menacés et à surveiller en France. Liste rouge et recherche de priorité*. SEOF/LPO, Paris.
- GODET, L., FOURNIER, J., VAN KATWIJK, M.M., OLIVIER, F., LE MAO, P. & RETIÈRE, C. (2008). — Before and after wasting disease in common eelgrass *Zostera marina* along the French Atlantic coasts: a general overview and first accurate mapping. *Dis. Aquat. Org.*, 79: 249-255.
- GRALL, J. & CHAUVAUD, L. (2002). — Marine eutrophication and benthos: the need for new approaches and concepts. *Global Change Biology*, 8: 813-830.
- GROS, P. & HAMON, D. (1988). — *Typologie biosédimentaire de la baie de Saint-Brieuc (Manche ouest) et estimation de la biomasse des catégories trophiques macrozoobenthiques*. IFREMER.
- HACQUEBART, P. (2003). — *Estimation des flux trophiques entre le macrobenthos & les limicoles en milieu estuarien*. DEA « Interfaces & Dynamiques en Environnement », Université de Lille Côte d'Opale.
- HASSALL, M. & LANE, S.J. (2001). — Effects of varying rates of autumn fertilizer applications to pastures in eastern England on feeding sites selection by brent geese *Branta b. bernicla*. *Agric., Ecosyst. Envir.*, 86: 203-209.
- HASSALL, M., RIDDINGTON, R. & HELDEN, A. (2001). — Foraging behaviour of brent geese, *Branta b. bernicla*, on grasslands: effects of sward length and nitrogen content. *Oecologia*, 127: 97-104.
- IHAKA, R. & GENTLEMAN, R. (1996). — R: a language for data analysis and graphics. *J. Comput. Graph. Stat.*, 5: 299-314.
- INGER, R., RUXTON, G.D., NEWTON, J., COLHOUN, K., MACKIE, K., ROBINSON, J.A. & BEARHOP, S. (2006). — Using daily models and stable isotope analysis to predict biomass depletion by herbivores. *J. Appl. Ecol.*, 43: 1022-1030.
- JIGUET, F. (2005). — Statut et identification des bernaches cravants en France. *Ornithos*, 12: 335-346.
- JOYEUX, E., DURANT, D., CORRE, F., SIMONET, D., BOUNINEAU, G., YÉSOU, P. & BOURSIER, M. (2007). — La gestion des prés-salés pour l'oie cendrée en baie de l'Aiguillon. *Faune Sauvage*, 278: 35-39.
- LAFAILLE, P., BROSSE, S., FEUNTEUN, E., BAISEZ, A. & LEFEUVRE, J.C. (1998). — Role of fish communities in particulate organic matter fluxes between salt marshes and coastal marine waters in Mont Saint-Michel Bay. *Hydrobiologia*, 373/374: 121-133.
- LEFEUVRE, J.C., BOUCHARD, V., FEUNTEUN, E., GRARE, S., LAFAILLE, P. & RADUREAU, A. (2000). — European salt marshes diversity and functioning: the case of the Mont-Saint-Michel bay, France. *Wetlands Ecol. Managt.*, 8: 147-161.
- LE MAO, P., PASCO, P.Y. & PROVOST, S. (2006). — Consommation de la macro-faune invertébrée benthique par les oiseaux d'eau en baie du Mont-Saint-Michel. *Alauda*, 74: 23-36.
- MILSON, T.P., LANGTON, S.D., PARKIN, W.K., PEEL, S., BISHOP, J.D., HART, J.D. & MOORE, N.P. (2000). — Habitat models of bird species distribution: an aid to the management of coastal grazing marshes. *J. Appl. Ecol.*, 37: 706-727.
- MADSEN, J. (1988). — Autumn feeding ecology of herbivorous wildfowl in the Danish Wadden Sea and the impact of food supplied and shooting movements. *Danish Rev. Game Biol.*, 13: 2-33.
- MATHERS, R.G. & MONTGOMERY, W.I., (1997). — Quality of food consumed by over wintering pale-bellied brent geese *Branta bernicla hrota* and wigeon *Anas penelope*. *Biol. Envir.: Proc. R. Irish Acad.*, 97: 81-89.

- MATHERS, R.G., MONTGOMERY, W.I. & PORTIG A.A. (1998). — Exploitation of intertidal *Zostera* species by Brent Geese *Branta bernicla hrota*: why dig for your dinner? *Biol. Envir.: Proc. R. Irish Acad.*, 98: 147-152.
- MENESGUEN, A. (1998). — Détermination d'objectifs de qualité en nutriments dissous pour les rivières alimentant les marées vertes des baies de Saint-Brieuc et de Lannion. IFREMER.
- MENESGUEN, A. & PIRIOU, J.Y. (1995). — Nitrogen loadings and macroalgal (*Ulva* sp.) mass accumulation in Brittany (France). *Ophelia*, 42: 227-237.
- MERCERON, M. (1999). — *Pollutions diffuses : du bassin versant au littoral. Actes du colloque 23 et 24 septembre 1999, Saint-Brieuc*. IFREMER, Ploufragan.
- MILLINGTON, R. (1997). — Separation of black brant, dark-bellied brent goose and pale-bellied brent goose. *Birding word*, 10: 11-15.
- NOWAK, E. (1995). — Jagdaktivitäten in der Vergangenheit und Heute als Einflussfactor auf Gänsepopulationen und andere Vögel Nord Sibiriens. In: P. Prokosh & H. Hötker (eds.). *Faunistik und Naturschutz auf Taimyr - Expeditionen 1989-1991. Corax*, 16: 143-159.
- OGILVIE, M.A. & MATTHEWS, G.V.T. (1969). — Brent geese, mudflats and man. *Wildfowl*, 20: 119-125.
- OGILVIE, M.A. & ST JOSEPH, A.K.M. (1976). — Dark-bellied Brent geese in Britain and Europe, 1955-1976. *Brit. Birds*, 69: 422-439.
- PARLIER, E. (2006). — *Approche quantitative de la fonction de nourricerie des systèmes estuariers-vasières. Cas du bar européen Dicentrarchus labrax, L. 1758 ; a.k.a. Morone labrax dans cinq nourriceries du Ponant : estuaire de la Seine, estuaire de la Loire, baie du Mont Saint-Michel, baie de Saint-Brieuc & baie de l'Aiguillon*. Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle.
- PONSERO, A., VIDAL, J. & ALLAIN, J. (2003). — *Plan de gestion de la réserve naturelle de la baie de Saint-Brieuc - 2004-2008 - Description et évaluation du patrimoine naturel de la baie de Saint-Brieuc - vol.A.*, Réserve Naturelle de la baie de Saint-Brieuc.
- PORTIG, A.A., MATHERS, R.G., MONTGOMERY, W.I. & GOVIER, R.N. (1994). — The distribution and utilisation of *Zostera* species in Stangford Lough, Northern Ireland. *Aquat. Bot.*, 47: 317-328.
- POUNDER, B. (1976). — Waterfowl at effluent discharges in Scottish coastal waters. *Scot. Birds*, 6: 159-176.
- PROP, J. & DEERENBERG, C. (1991). — Spring staging in brent geese *Branta bernicla*: feeding constraint and the impact of diet on the accumulation of body reserves. *Oecologia*, 87: 19-28.
- RAMENOFSKY, M. & WINGFIELD, J.C. (2006). — Behavioral and physiological conflicts in migrants: the transition between migration and breeding. *J. Orn.*, 147: 135-145.
- ROWECLIFFE, J.M., WATKINSON, A.R. & SUTHERLAND, W.J. (1998). — Aggregative responses of brent geese on salt marsh and their impact on plant community dynamics. *Oecologia*, 114: 417-426.
- SCHRICKE, V. (1983). — *Distribution spatio-temporelle des populations d'Anatidés en transit & en hivernage en baie du Mont Saint-Michel, en relation avec les activités humaines*. Thèse de Doctorat, Université de Rennes I.
- SHORT, F.T., IBELINGS, B.W. & DEN HARTOG, C. (1988). — Comparison of a current eelgrass disease to the wasting disease in the 1930's. *Aquat. Bot.*, 30: 295-304.
- SMITH, L.M., VANGILDER, L.D. & KENNAMER, R.A. (1985). — Foods of wintering Brant in Eastern North America. *J. Field Orn.*, 56: 286-289.
- STAHL, J., BOS, D. & LOONEN, M. (2002). — Foraging along a salinity gradient - The effect of tidal inundation on site choice by dark-bellied brent geese *Branta bernicla* and barnacle geese *B. leucopsis*. *Ardea*, 90: 201-212.
- SUMMERS, R.W. (1990). — The effect of grazing on winter wheat by brent geese *Branta b. bernicla*. *J. Appl. Ecol.*, 29: 35-40.
- SUMMERS, R.W. & CRITCHLEY, C.N.R. (1990). — Use of grassland and field selection by brent geese. *J. Appl. Ecol.*, 27: 834-846.
- SUMMERS, R.W. & STANSFIELD, J. (1991). — Changes in the quantity and quality of grassland due to wintering grazing by brent geese (*Branta bernicla*). *Agric., Ecosyst. Envir.*, 36: 51-57.
- SUMMERS, R.W., UNDERHILL, L.G., HOWELLS, R.J., VICKERY, J.A. & PRYS-JONES, R.P. (1996). — Phenology of migration and use of wintering sites by the increasing population of Dark-bellied Brent Geese *Branta bernicla bernicla*. *J. Zool.*, 239: 197-208.
- TUKEY, J. W. (1977). — *Exploratory Data Analysis*. Reading Massachusetts: Addison-Wesley.
- VICKERY, J.A., SUTHERLAND, W.J. & LANE, S.L. (1994). — The management of grass pastures for brent geese. *J. Appl. Ecol.*, 31: 282-290.
- VICKERY, J.A., SUTHERLAND, W.J., WATKINSON, A.R., ROWCLIFFE, J.M. & LANE, S.J. (1995). — Habitat switching by Dark-bellied Brent Geese *Branta b. bernicla* (L.) in relation to food depletion. *Oecologia*, 103: 499-508.
- WILLIAMS, G. & FORBES, J.E. (1980). — The habitat and dietary preferences of dark-bellied brent geese and wigeon in relation with agricultural management. *Wildfowl*, 31: 151-157.
- YÉSOU, P. (1986). — Contribution à l'étude de l'évolution récente des conditions d'hivernage de la Bernache cravant *Branta bernicla bernicla* en France : le cas de l'anse d'Yffiniac, nord Bretagne. *Gibier Faune Sauvage*, 3: 243-259.
- YÉSOU, P. & FOUQUET, M. (1983). — La fréquentation des cultures par la bernache cravant en baie de Bourgneuf (Vendée), durant l'hiver 1982-1983. *Bull. mens. O.N.C.*, 74: 7-11.