

The logo for the UMR (Unité Mixte de Recherche) is displayed vertically in white on a black background. It consists of the letters 'U', 'M', and 'R' in a stylized, bold font, with a small 'ueb' logo above the 'U'.

université
de bretagne
occidentale

Nicolas Le Corre

Louis Brigand
Guillaume Géinaud

Le dérangement de l'avifaune sur les sites naturels protégés de Bretagne : état des lieux, enjeux et réflexions autour d'un outil d'étude des interactions hommes/oiseaux

Résumé de thèse, 2009



INSTITUT
UNIVERSITAIRE
EUROPÉEN
DE LA MER



Nicolas Le Corre

Louis Brigand
Guillaume Gélinaud

Le dérangement de l'avifaune sur les sites naturels
protégés de Bretagne :
état des lieux, enjeux et réflexions autour
d'un outil d'étude des interactions hommes/oiseaux

Résumé de thèse, 2009

Remerciements

A. Monsieur Bacle, chef du service Nature et Paysages à la Direction Régionale de l'Environnement Bretagne (DIREN Bretagne).

A. Monsieur Lasne, adjoint au chef du service Nature et Paysages à la Direction régionale de l'Environnement Bretagne (DIREN Bretagne)

A l'ensemble des gestionnaires des sites naturels de Bretagne qui ont répondu à notre enquête régionale et qui, par leur participation active, ont contribué à l'élaboration de cette étude

A l'ensemble des personnes qui ont accepté de nous rencontrer afin d'échanger sur une thématique commune : M. P. Yésou de l'Office Nationale de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS), M. B. Bargain de Bretagne Vivante, M. D. Bredin du Conservatoire du Littoral Bretagne, M. F. Beauchard de l'Ecole Nationale de Voile (ENV), Mme C. Boucher du Centre Régional d'Expertise et de Ressources (CRER), M. P. Le Mao du Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel de Bretagne (CSRPN), M. R. Mahéo du Comité Scientifique du site Ramsar golfe du Morbihan, M. B. Cadiou de Bretagne Vivante, Mme M. Magnier, anciennement coordinatrice du réseau des réserves associatives de Bretagne Vivante, M. A. Ponsoero et J. Allain de la Réserve naturelle de Saint-Brieuc, M. E. de Kergariou de la réserve associative des îlots de la baie de Morlaix, Mme N. Chapalain du site du Conservatoire du littoral les dunes de Keremma, Mme M.-C. Régnier du site Natura 2000 les Monts d'Arrée, Mme N. Delliou de la Réserve naturelle Saint Nicolas des Glénan, Mme M. Le Borgne du site Natura 2000 archipel des Glénan, Mme B. Carnot de la réserve associative de l'île des Moutons, M. Y. Picard de l'Office Nationale de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS), M. F. Mengual, Président commission palourde dans le golfe du Morbihan, M. C. Le Menac, maire adjoint de la commune de Saint-Armel.

A toute l'équipe de la Réserve naturelle des marais de Séné dans le golfe du Morbihan, en particulier à Guillaume Gélinaud, Lénaïc Depontailleur-Piriou, Cécile Rebout, Régis Le Billan et Camille Rousseau

A toute l'équipe des stagiaires et en particulier aux étudiants de licence 3 de géographie de l'Université de Bretagne Occidentale qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

Aux chercheurs et ingénieurs de Géomer pour leur soutien scientifique, en particulier à Laurence David (cartographe)

Cette étude s'inscrit dans les **travaux de recherche du laboratoire de géographie Géomer**, UMR 6554 LETG du CNRS, sur la thématique particulière de la gestion de la fréquentation d'espaces protégés. **L'étude sur le dérangement de l'avifaune constitue un champ d'investigation complémentaire** aux recherches habituellement menées sur le domaine maritime et côtier.

Ce rapport ne présente que quelques résultats sommaires d'une thèse soutenue en 2009 par Nicolas Le Corre. Il a essentiellement pour objectif de **synthétiser les réflexions méthodologiques** qui ont été développées pour **l'étude, l'analyse et la compréhension des interactions hommes/oiseaux** sur les sites naturels protégés de Bretagne.

Auteur du rapport : Nicolas Le Corre

Responsables scientifiques : Louis Brigand, Guillaume Gélinaud

Contributions à l'étude : Lenaïc Depontailier-Piriou, Cécile Rebout, Régis Le Billan et Camille Rousseau de la Réserve naturelle des marais de Séné ; Alexandre, Antoine, Cathy, Flora, Gaultier, Géraldine, Grégory, Marianne, Marie, Marion et Marion, Mélanie, Nicolas, Nolwenn, Pierre-Yves et Thomas de l'Université de Bretagne Occidentale

Saisies des données : Nicolas Le Corre, Lenaïc Depontailier-Piriou, Cécile Rebout, Régis Le Billan, Camille Rousseau

Traitement des données : Le Corre Nicolas, Lenaïc Depontailier-Piriou

Cartographie : Le Corre Nicolas, Laurence David, Lenaïc Depontailier-Piriou

REMERCIEMENTS	1
PREAMBULE	3
SOMMAIRE.....	5
1. LE DERANGEMENT DE L'AVIFAUNE SUR LES ESPACES NATURELS PROTEGES DE BRETAGNE : ETAT DES LIEUX	7
1.1. LE DERANGEMENT DE L'AVIFAUNE : UN IMPACT ENVIRONNEMENTAL A PART ENTIERE	7
1.2. DES EFFETS ET DES IMPACTS MULTIPLES ET VARIES	8
1.3. LA DIFFICILE MESURE DES IMPACTS DU DERANGEMENT DE L'AVIFAUNE.....	10
1.4. UN ENJEU DE GESTION COMPLEXE	10
1.5. PREMIER IMPACT DE LA FREQUENTATION HUMAINE SUR LES SITES NATURELS PROTEGES DE BRETAGNE.....	11
2. DEVELOPPER LES BASES D'UN NOUVEL OUTIL D'ETUDE PLURIDISCIPLINAIRE DES INTERACTIONS HOMMES/OISEAUX SUR LES SITES NATURELS.....	13
2.1. DES TRAVAUX INITIES PAR LE LABORATOIRE DE GEOGRAPHIE GEOMER (CNRS – UMR 6554)	13
2.2. LES CHAMPS SPATIAUX ET LES ESPECES D'OISEAUX ETUDIES	13
2.3. UNE METHODOLOGIE QUI SE DECOMPOSE EN TROIS PHASES :	16
2.4. QUELQUES RESULTATS CHIFFRES	19
2.5. QUELQUES EXEMPLES DE PRODUCTIONS CARTOGRAPHIQUES.....	21
3. LES LIMITES, LES APPORTS ET LES PERSPECTIVES DE LA RECHERCHE.....	35
3.1. LES LIMITES DE LA DEMARCHE	35
3.2. LES APPORTS DE LA DEMARCHE EN TERME DE RECHERCHE	35
3.3. LES APPORTS DE LA DEMARCHE EN TERME DE GESTION	37
3.4. LES PERSPECTIVES DE RECHERCHE	37
BIBLIOGRAPHIE.....	39

1. Le dérangement de l'avifaune sur les espaces naturels protégés de Bretagne : état des lieux

Dans une société en constante évolution, les espaces de nature représentent désormais des lieux idéalisés, convoités, qui connaissent une fréquentation croissante depuis un demi-siècle. Si ces derniers sont recherchés par certains visiteurs pour leurs aspects authentiques et jugés « sauvages », ils sont appréciés par d'autres car ils représentent des supports idéaux à la pratique de leurs activités de loisirs.

Face à cet engouement, scientifiques et gestionnaires s'interrogent, parfois s'inquiètent des impacts environnementaux liés à l'influence de ces flux de visiteurs. Les impacts de la fréquentation humaine, peuvent être multiples et remettre en cause la pérennité de certains sites : piétinement de la flore, dégradation des habitats, érosion des sols, prélèvements d'espèces végétales, dénaturation des paysages, etc. [Cole, 1993 ; Le Corre, 2004, b ; Mounet, 2000, 2004 ; Peuziat, 2005]. Ces derniers seront d'ailleurs d'autant plus problématiques et pris au sérieux qu'ils affecteront des espaces écologiquement rares, sensibles et/ou vulnérables. Enfin, l'impact n'est pas uniquement physique et écologique, il peut également avoir des conséquences sur le milieu humain lui-même qui peut se manifester par un sentiment de « foule » chez les visiteurs mais aussi par l'émergence de conflits d'usage [Le Berre, 2008 ; Mounet, 2000].

1.1. Le dérangement de l'avifaune : un impact environnemental à part entière

Le dérangement de l'avifaune fait partie des impacts de la fréquentation humaine. Le dérangement est défini par Triplet et Schricke (1999) comme « *tout événement généré par l'activité humaine qui provoque une réaction (l'effet) de défense ou de fuite d'un animal, ou qui induit directement ou non, une augmentation des risques de mortalité (l'impact) pour les individus de la population considérée ou, en période de reproduction, une diminution du succès reproducteur* ».

Le dérangement de l'avifaune n'a donc pas pour objet la destruction ou la dégradation physique des habitats des espèces mais les conséquences, à plus ou moins long terme, de la confrontation directe entre la pratique des activités humaines (récréatives, sportives ou professionnelles) et la présence d'oiseaux sauvages sur les mêmes milieux.

Bien que les contacts entre les populations humaines et la faune sauvage aient depuis toujours existé, le dérangement se révèle aujourd'hui, dans un contexte environnemental et sociétal incomparable à celui qu'il était il y a encore 50 ans. La disparition et la fragmentation contemporaine des milieux naturels ont conduit à une diminution et à une fragilisation généralisées des populations d'oiseaux. Parallèlement, les espaces naturels ont connu, ces dernières décennies, un engouement sans précédent de la part de nos contemporains, qui n'a d'ailleurs pas manqué d'interpeller les pouvoirs publics, les collectivités et les communes. Désormais aménagés par de nombreux points d'accès et réseaux de sentiers de randonnée, équipés d'observatoires, de panneaux signalétiques adaptés, de cales de débarquement, mis en valeur par le biais de moyens de promotion diversifiés, les espaces naturels sont devenus de véritables vecteurs de la valorisation touristique et économique des territoires. Si cette mise en

valeur est tout à fait louable, on constate néanmoins qu'elle a pour corollaire une accessibilité, une diffusion et une mobilité de plus en plus importantes des hommes sur l'ensemble des milieux naturels, y compris sur des espaces sensibles d'un point de vue naturaliste. Associée à de nouveaux usages et à de nouvelles formes d'occupation de l'espace, notamment avec le développement rapide des activités récréatives, sportives, touristiques, la fréquentation humaine est aujourd'hui, à l'origine de concurrences spatiotemporelles accrues entre les hommes et les populations d'oiseaux. Ainsi, si la cohabitation a été longtemps possible car les milieux naturels étaient suffisamment étendus et la pression anthropique plus faible (avec un souci de conservation nettement moindre), elle devient aujourd'hui de plus en plus complexe, parfois problématique lorsque le dérangement est régulier et qu'il concerne des espèces rares et/ou menacées. Les interactions qui en résultent posent aujourd'hui la question de la cohabitation entre les hommes et l'avifaune sauvage sur les espaces naturels.

1.2. Des effets et des impacts multiples et variés

La bibliographie scientifique (synthèse basée sur 272 articles scientifiques) met en évidence que les effets et les impacts théoriques du dérangement de l'avifaune sont multiples et variés. Rappelons que l'« effet » du dérangement est la réaction de l'animal (réaction qui peut être visible ou non) face à une source de dérangement (Blanc et al., 2006). L'effet est neutre, il n'est ni positif ni négatif, c'est un constat. On parlera en revanche d'« impact » lorsque les effets répétés du dérangement affecteront « *la dynamique de population des espèces par réduction de leur survie et/ou du succès de leur reproduction* » (Tamisier et al., 2003).

Le dérangement des oiseaux par les activités humaines va générer un stress chez les individus qui se matérialise par un changement de leurs paramètres physiologiques : augmentation du rythme cardiaque (Jarvis, 2005 ; Weimerskirch, et al., 2002), augmentation de la sécrétion en corticostérone (Holberton, et al., 1996 ; Romero et Remage-Healey, 2000). Ce stress va induire comme réactions immédiates chez les oiseaux un changement de comportement, notamment un arrêt de l'activité en cours (alimentation, repos, etc.), puis, une fuite de l'animal par la marche, la nage ou, le plus souvent, par l'envol (Platteew et al. 1997 ; Triplet et al., 2003).

En période de reproduction, le dérangement pourra avoir pour effets à court terme, d'augmenter la prédation sur les nids (Mikola, et al., 1994 ; Ahlund, et Götmark, 1989), de réduire l'attention portée par les parents à leurs couvées (Steidl et Anthony, 2000 ; Verhulst, et al., 2001), de générer un choc thermique sur les œufs ou les poussins (Gillett, et al., 1975) ou encore de contribuer à la désertion des nids (Blackmer, et al., 2004 ; Miller, et al., 1998). A moyen terme, il aura pour conséquences de réduire le succès reproducteur des individus (Blackmer, et al., 2004 ; Jeffery et Scott, 2005) ou encore de diminuer la densité de couples reproducteurs sur le site de reproduction (Finney, et al., 2005). A long terme, le dérangement est susceptible d'avoir pour impact une diminution du succès reproducteur de la colonie entière (Burger et Leonard, 2000) et enfin une diminution de la taille de la population d'oiseaux considérée.

En période d'hivernage ou de migration, le dérangement va avoir pour effets à court terme de modifier la répartition spatio-temporelle des oiseaux en fonction des activités humaines présentes sur les sites (Cornelius, et al., 2001 ; Evans et Warrington, 1997) ou encore de forcer

les oiseaux à se déplacer sur des sites alternatifs de moindre qualité (Galicia et Baldassarre, 1997 ; Quan, et *al.*, 2002). A moyen terme, si certains oiseaux peuvent s'habituer à la présence humaine (Scott, et *al.*, 1996 ; Webb et Blumstein, 2005), le dérangement peut également limiter l'accès aux milieux d'alimentation (il s'agit alors d'une perte d'habitat naturel) (Galicia et Baldassarre, 1997 ; Quan, et *al.*, 2002) et générer des compétitions intra et interspécifique entre les oiseaux (Triplet et *al.*, 2003). Enfin, le dérangement est également à l'origine d'une augmentation des dépenses énergétiques des oiseaux (par envols successifs) qui a pour effets d'affaiblir les individus (Bélanger et Bédard, 1990 ; Riddington, et *al.*, 1996 ; Féret, et *al.*, 2003) et donc d'augmenter le taux de mortalité (Béchet, et al., *in* Tamisier, et al., 2003) ou de réduire indirectement le succès reproducteur des oiseaux une fois de retour sur les sites de reproduction (Mainguy, et *al.*, 2002 ; Lepage, et al., 2000). A long terme, le dérangement est susceptible d'avoir pour impacts une réduction de la capacité d'accueil globale des sites d'hivernage ou de migration (Madsen, 1995 ; Gill, et *al.*, 1996 ; Stillman et *al.*, 2007 ; Tamisier, et *al.*, 2003) et donc de contribuer à une diminution de la biodiversité sur les sites.

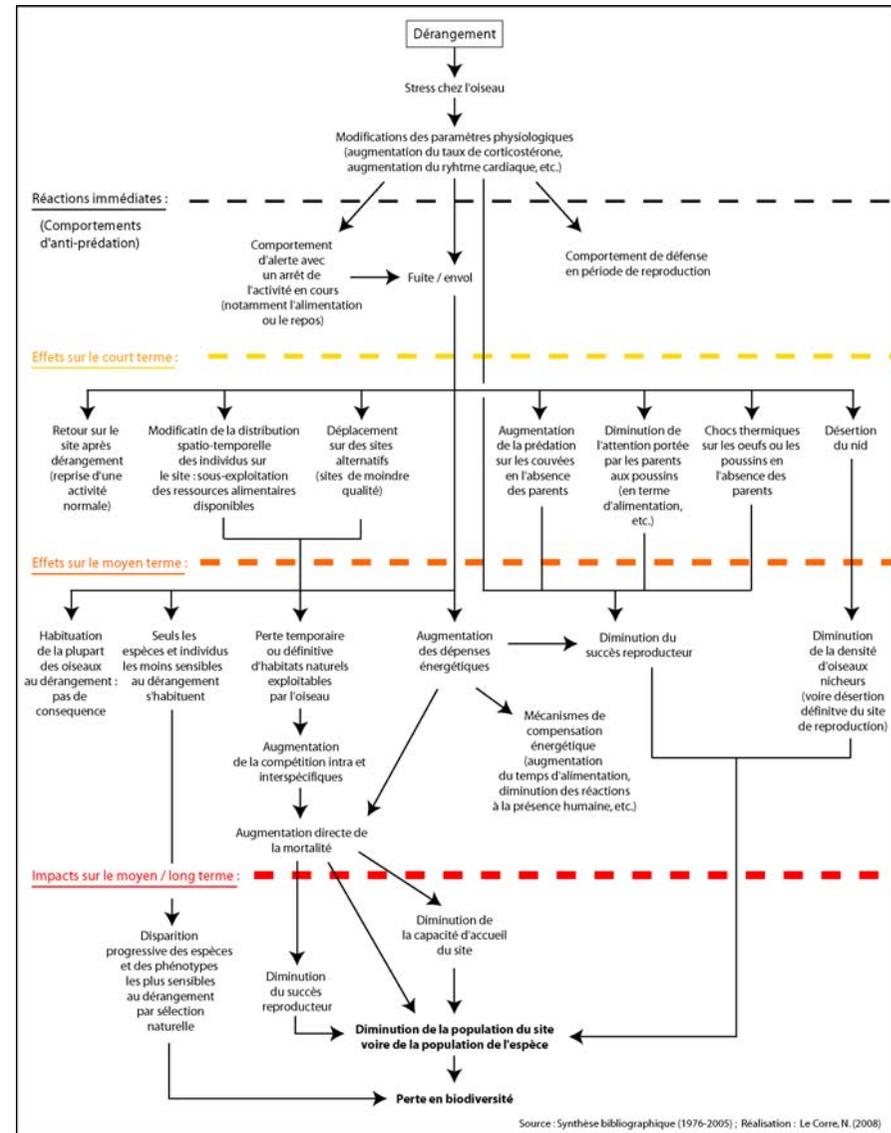


Illustration 1. Synthèse des effets et impacts théoriques du dérangement sur l'avifaune

1.3. La difficile mesure des impacts du dérangement de l'avifaune

Malgré des études de plus en plus sophistiquées, les chercheurs éprouvent, malgré tout, des difficultés à quantifier les conséquences du dérangement notamment sur le long terme. Cette limite n'est pas nouvelle mais a déjà été soulignée par de nombreux auteurs (Madsen, 1995 ; Keller, 1996 ; Platteeuw et Henkens, 1997 ; Blanc et al., 2006). En effet, peu nombreux sont les protocoles d'étude permettant de quantifier à long terme, les impacts du dérangement quelles que soient les espèces, les activités humaines, les milieux et les échelles d'étude concernés. Les scientifiques sont en effet confrontés à des espèces d'oiseaux aux sensibilités diverses face aux activités humaines, à des sources de dérangement qui varient selon les sites (avec des variations de fréquence dans le temps et dans l'espace), à des sites d'étude également peu comparables. Difficulté supplémentaire, la mobilité des oiseaux implique que le dérangement peut avoir des répercussions indirectes hors des zones d'étude qui sont souvent impossible à cerner. Enfin, les chercheurs doivent faire face à la difficulté de distinguer la part respective du dérangement de celle des autres facteurs environnementaux (comme la variation des ressources alimentaires, la modification ou la destruction des milieux naturels, les pollutions, etc.) qui peuvent également influencer la variation à long terme des populations aviennes (Blanc et al., 2006).

1.4. Un enjeu de gestion complexe

Le dérangement représente également un enjeu de gestion complexe auquel doivent faire face les gestionnaires de sites naturels. Les difficultés de gestion peuvent être de plusieurs ordres : une fréquentation humaine diffuse, peu connue et donc souvent mal appréhendée sur les sites concernés, une législation nationale floue concernant la réglementation du dérangement de l'avifaune sur les sites naturels, des statuts de protection pas toujours adaptés à la problématique locale, des mesures de gestion difficiles à appliquer sur le terrain en l'absence de surveillance, etc.

Quelque soit le statut de protection considéré, l'identification et la mesure des conséquences du dérangement de l'avifaune reste les premières difficultés des gestionnaires. Les questions que se posent ces derniers à ce sujet, sont nombreuses : quelles sont les espèces d'oiseaux que l'on peut considérer comme dérangées sur les sites ? A partir de quel moment une activité humaine doit être considérée comme dérangeante ? Comment mesurer le dérangement de l'avifaune ? Quelles sont les conséquences à court, moyen et long terme du dérangement sur les espèces locales ? Peut-on quantifier objectivement ces conséquences ? Finalement, le dérangement représente-t-il un risque majeur pour la conservation de l'avifaune des sites ?

Face à ces interrogations, on constate qu'il n'existe pas ou peu d'outils d'étude simples, opérationnels et aisément reproductibles permettant d'appréhender les interactions entre les activités humaines et les populations aviennes. Ainsi, les gestionnaires d'espaces protégés de la région Bretagne, interrogés à ce sujet, s'estiment être encore largement démunis pour appréhender une telle problématique. Les protocoles et les méthodes d'étude proposés à l'heure actuelle, qui émanent exclusivement de la biologie, restent encore trop expérimentaux (et/ou trop poussés) pour

représenter des outils d'étude et de gestion aisément exportables quelque soit le site concerné. De même, les statistiques et les modèles les plus aboutis démontrant les impacts du dérangement ne permettent pas tout le temps de prendre en compte toute la réalité et la complexité des sites, notamment tous les aspects humains et sociaux que les gestionnaires doivent également maîtriser [Le Corre, 2009].

Finalement, il apparaît que les gestionnaires qui observent les effets du dérangement sur leurs sites et qui ont de forts soupçons quant à ses impacts, peinent à justifier des mesures de gestion adaptées faute de preuves scientifiques objectives et quantifiées.

1.5. Premier impact de la fréquentation humaine sur les sites naturels protégés de Bretagne

Péninsule de 27.200 km² située à l'ouest de la France, la Bretagne est l'une des premières régions françaises pour l'accueil des populations d'oiseaux d'intérêt national et international, notamment pour les oiseaux marins [Bargain *et al.*, 2008 ; Cadiou, 2002]. Elle connaît par conséquent de forts enjeux de conservation. Cette région n'est pas épargnée par la problématique du dérangement comme le rappellent les diverses mesures de gestion qui existent à l'heure actuelle pour protéger certaines espèces : mise en place d'ex-clos pour protéger la nidification du gravelot à collier interrompu (*Charadrius alexandrinus*) des activités balnéaires, création de zones de tranquillité pour garantir la quiétude des populations d'oiseaux migrateurs en hivernage face notamment à la pêche à pied professionnelle, interdiction de débarquer sur nombre d'îlots pour ne pas perturber la reproduction des colonies de sternes et autres oiseaux marins, etc.

En l'absence d'une bibliographie conséquente et homogène sur l'ensemble de la région, nous avons réalisé une enquête auprès de l'ensemble des gestionnaires de sites naturels protégés de Bretagne pour évaluer l'importance de cette problématique. 122 questionnaires qui ont été expédiés aux responsables des terrains du Conservatoire du littoral, des réserves naturelles nationales de France, des réserves associatives de Bretagne Vivante-SEPNB et des sites Natura 2000.

Les résultats obtenus (basés sur 71 enquêtes soit un taux de retour de 58,2 %) sont tout à fait éloquentes puisque 71,8 % des gestionnaires des sites naturels bretons considèrent que leur site est confronté à un problème de dérangement. Plus révélateur encore, le dérangement est considéré comme le premier impact lié à la fréquentation humaine sur l'ensemble des sites naturels bretons. Ainsi, 52,1 % des gestionnaires estiment que le dérangement de l'avifaune est leur principale préoccupation en lien avec la fréquentation humaine.

Les caractéristiques biogéographiques du dérangement mettent notamment en évidence qu'il représente essentiellement une problématique littorale plus qu'intérieur, qui est principalement associée à la période de reproduction, plus qu'à la période d'hivernage et de migration de l'avifaune. Les espèces considérées comme les plus dérangées sont toutes inféodées aux milieux littoraux. Il s'agit, dans l'ordre, du gravelot à collier interrompu, de la sterne pierregarin, du tadorne de belon, du goéland brun, du goéland argenté, du grand gravelot, de l'huîtrier pie et de la sterne caugek, etc (cf. tableau 1). Les activités humaines considérées comme les plus dérangeantes d'un point de vue numérique sont des activités de pleine nature classiques comme la promenade, la promenade avec chien(s), la pêche à pied ou encore le canoë-kayak, etc. (cf. tableau 2).

Tableau 1. Les 8 espèces considérées comme les plus dérangées en Bretagne selon les gestionnaires

Rang	Les espèces d'oiseaux citées par les gestionnaires	Nombre de fois cité par les gestionnaires	Photos
1	Gravelot à collier interrompu	13	
2	Sterne pierregarin	13	
3	Tadorne de Belon	10	
4	Goéland brun	8	
4	Goéland argenté	8	
5	Grand gravelot	7	
5	Huîtrier pie	7	
5	Sterne caugek	7	

Tableau 2. Les 16 activités humaines numériquement les plus dérangeantes pour l'avifaune selon les gestionnaires bretons

Les activités humaines	Rang	Nombre de fois cité	%
Activités « ordinaires » :			
- Promenade / randonnée	1 ^{er}	35	10,3 %
- Promenade / randonnée avec chien(s)	2 ^{ème}	31	9,1 %
Activités spécifiquement « littorales » :			
- Pêche à pied (amateur et professionnel)	3 ^{ème}	19	5,6 %
- Canoë-kayak	4 ^{ème}	17	5,0 %
- Plaisance (bateaux à moteur)	5 ^{ème}	16	4,7 %
- Scooter des mers	5 ^{ème}	16	4,7 %
- Activités liées à la plage	6 ^{ème}	11	3,2 %
- Plaisance (bateaux à voile)	7 ^{ème}	13	3,9 %
- Kite-surf	8 ^{ème}	9	2,7 %
- Ski-nautique / wake-board	8 ^{ème}	9	2,7 %
- Planche à voile	9 ^{ème}	8	2,4 %
-Autres activités spécifiquement littorales	/	11	3,2 %
Autres :			
- Travaux d'aménagement / d'entretiens des sites	5 ^{ème}	16	4,7 %
- Chasse	5 ^{ème}	16	4,7 %
- Cyclisme / VTT	6 ^{ème}	11	3,2 %
- Vols d'hélicoptères	8 ^{ème}	9	2,7 %
- Autres	/	92	27,2 %
TOTAL :	/	339	100 %

2. Développer les bases d'un nouvel outil d'étude pluridisciplinaire des interactions hommes/oiseaux sur les sites naturels

2.1. Des travaux initiés par le laboratoire de géographie Géomer (CNRS – UMR 6554)

C'est dans le but d'apporter un éclairage nouveau et complémentaire sur le dérangement de l'avifaune que le laboratoire de géographie Géomer (CNRS – UMR 6554) a souhaité s'investir sur le terrain afin de mener une réflexion méthodologique sur l'étude des interactions hommes/oiseaux. L'approche développée se veut délibérément pluridisciplinaire puisqu'elle a la particularité d'unir les compétences respectives de géographes et de biologistes. En effet, celle-ci s'appuie sur les résultats d'études de fréquentation mais également sur un volet purement ornithologique qui n'aurait pu voir le jour sans la forte implication des ornithologues de la Réserve Naturelle des Marais de Séné dans le golfe du Morbihan (Bretagne Vivante-SEPNB).

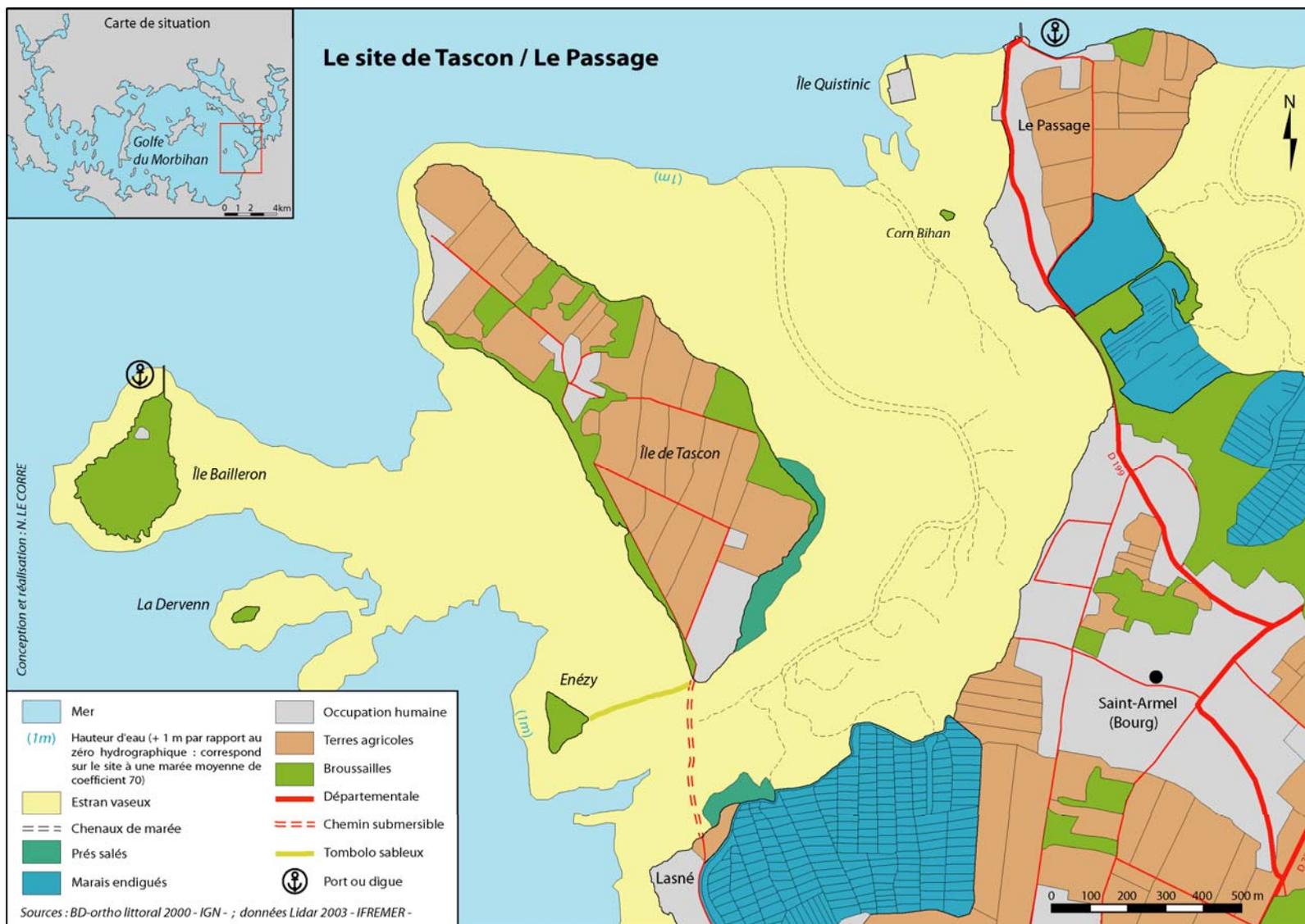
Cette recherche s'inscrit dans la lignée des réflexions et des travaux menés au laboratoire Géomer sur la thématique de la fréquentation touristique des espaces naturels [Brigand, Fichaut, *et al.*, 1998 ; Brigand, Richez, *et al.*, 2003 ; Brigand et Le Berre, 2006 ; Le Berre et Brigand, 2004 ; Le Berre, 2008 ; Peuziat, 2005]. Comme beaucoup de travaux menés à Géomer, cette étude sur la thématique du dérangement de l'avifaune se veut appliquée puisqu'elle répond, en partie, à une demande des gestionnaires dans le cadre de la gestion des populations d'oiseaux sur les sites Natura 2000 de Bretagne. Cette recherche-action associant la

Direction Régional de l'Environnement Bretagne (DIREN Bretagne), la Réserve naturelle des marais de Séné dans le golfe du Morbihan et Bretagne Vivante-SEPNB, implique ainsi une réflexion dans le champ du questionnement scientifique mais aussi la production de résultats aux services de l'action, ici de la gestion de la fréquentation.

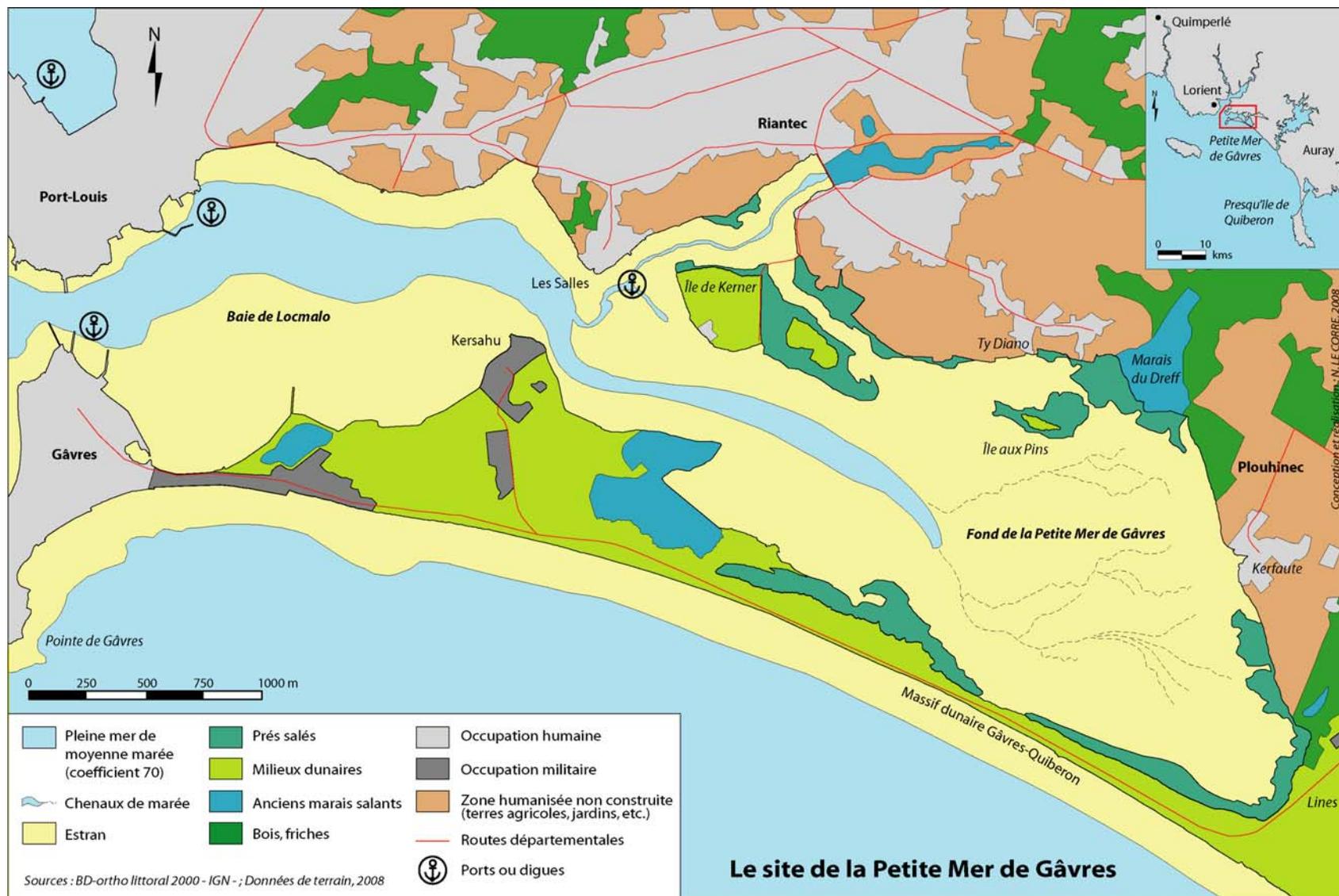
2.2. Les champs spatiaux et les espèces d'oiseaux étudiés

Deux zones humides ont été retenues comme terrain d'étude afin d'élaborer, de tester et de produire les premiers résultats de notre méthodologie. Il s'agit du site de Tascon dans le golfe du Morbihan et de la Petite Mer de Gâvres dans la région orientale, deux sites reconnus pour l'importance de leurs populations d'oiseaux hivernants, leurs enjeux en terme de conservation, leurs caractéristiques biogéographiques (type d'habitats, cadre physique), leur environnement socio-économique (diversité des activités humaines, sites périurbains, etc.) et pour la nature de leur protection (tous deux sont des zones de protection spéciale faisant partie du réseau Natura 2000) (cf. cartes 1 et 2).

En choisissant ces deux sites, nous avons fait clairement le choix de nous intéresser à l'avifaune hivernante et plus particulièrement aux oiseaux d'eau qui fréquentent l'estran à basse mer. Les principaux ordres concernés dans notre étude sont les ansériiformes (famille des canards), les charadriiformes (familles des limicoles, goélands et autres oiseaux de rivage), les ciconiiformes (familles des grands échassiers).



Carte 1. Présentation géographique du site de Tascon (golfe du Morbihan)



Carte 2. Présentation géographique de la Petite Mer de Gâvres

2.3. Une méthodologie qui se décompose en trois phases :

La démarche proposée pour l'analyse de la fréquentation humaine et de ses interactions avec les populations aviennes dans une perspective de gestion environnementale se décline en trois phases (cf. ill. 2) :

I. L'étude de fréquentation : un préalable incontournable à l'étude du dérangement de l'avifaune

La première phase consiste à établir un diagnostic précis de la fréquentation humaine sur les deux sites d'étude [Brigand et Le Berre, 2006 ; Le Berre, 2008 ; Peuziat, 2005]. A travers quatre interrogations, qui, quoi, comment, où [Brigand, Le Berre, *et al.*, 2008], les géographes s'attachent à caractériser la fréquentation, analyser son organisation dans l'espace et dans le temps, et comprendre les relations qu'entretiennent les usagers avec lieux qu'ils fréquentent mais également avec la vie sauvage avec laquelle ils interagissent.

Les données quantitatives et comportementales qui sont obtenues sont alors intégrées à un système d'information géographique (SIG) pour cartographier les territoires de chaque catégorie d'usagers au cours de différentes journées-types : des journées de beaux et de mauvais temps, des journées de petits et de grands coefficients, des journées de basse mer et de pleine mer, des journées de vacances, des journées de semaine ordinaire et de week-end, etc.

II. Améliorer la connaissance sur l'avifaune des sites :

Réalisée en parallèle, la deuxième phase consiste à établir un diagnostic précis sur l'avifaune hivernante présente sur les sites. L'analyse de l'utilisation de l'espace par les oiseaux constitue le pendant naturaliste de l'étude de fréquentation. Ainsi, de la même façon que les géographes cherchent à comprendre quelles sont les activités humaines présentes sur les sites et comment ces dernières investissent l'espace, les ornithologues appliquent la même démarche scientifique sur l'avifaune hivernante. Ainsi, ces derniers s'attachent à déterminer, à cartographier et à quantifier quelles sont les espèces d'oiseaux qui exploitent les sites et comment ces dernières occupent l'espace dans le temps et dans l'espace. Ces informations sont intégrées et géoréférencées dans les mêmes bases de données géographiques permettant ainsi de localiser le domaine vital de chaque espèce en fonction des différents stades de la marée.

Les ornithologues s'attachent également à acquérir les plus simples indicateurs de dérangement qui existent à l'heure actuelle : les distances de fuite par espèce (cf. figure 1). Appliquées à chaque activité humaine sous la forme de « buffers »¹ (en mètres), ces dernières permettront de quantifier ultérieurement mais aussi de visualiser cartographiquement les zones sous influence des hommes où l'oiseau n'a plus accès car il est trop dérangé (cf. ill. 2).

¹ Un buffer est, dans notre cas, un disque dessiné autour de chaque activité récréative, touristiques, professionnelle, qui est censé représenter un territoire dans lequel l'oiseau n'a pas accès car il est trop dérangé par la présence humaine. Le rayon de ce disque est égal à la distance de fuite de l'espèce d'oiseaux considérée. Sa superficie est égale à $(\pi)r^2$.

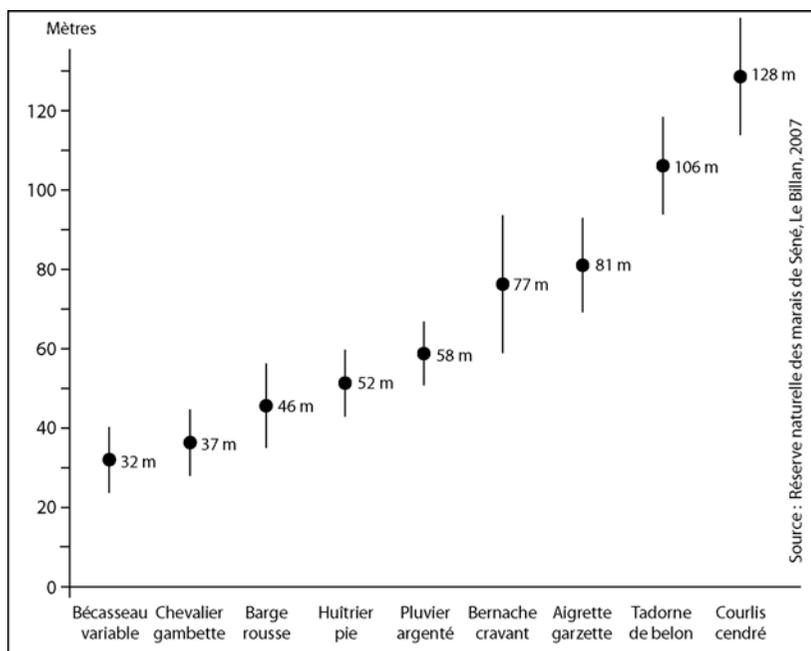


Figure 1. Distance d'envol (± écart-type) de quelques espèces d'oiseaux sur le site de la Petite Mer de Gâvres

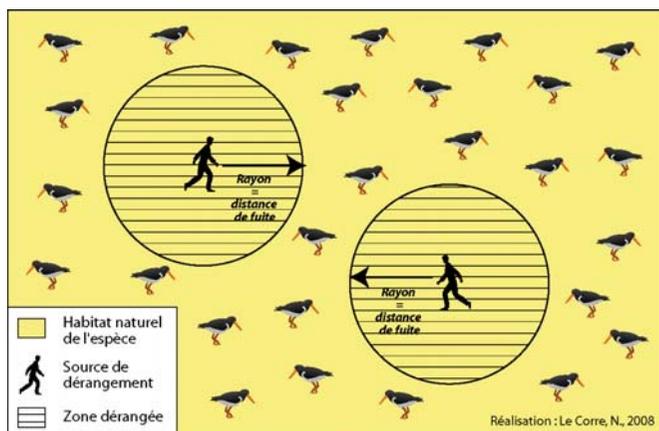


Illustration 2. Distance d'envol et perte d'habitat naturel chez l'oiseau

III. Croiser les données humaines et naturalistes dans le cadre de la législation européenne :

La troisième et dernière phase de notre démarche vise à croiser les données humaines et ornithologiques afin d'évaluer l'importance des concurrences territoriales entre les hommes et les oiseaux. Ainsi, c'est par le biais d'analyses spatiales réalisées sous SIG, qu'il est possible de déterminer très précisément les pertes d'habitat théoriques (ou « domaine vital ») qu'engendre chaque activité humaine chez les populations d'oiseaux concernées par le dérangement. Les résultats obtenus permettent ainsi de déterminer ce que la législation européenne considère comme des « perturbations significatives » [Mate, 2000]. Ces analyses sont particulièrement flexibles puisqu'elles peuvent se faire par journée-type et/ou par type d'usages et concerner n'importe quelles espèces d'oiseaux.

La force de notre démarche réside dans le fait de compléter le cadre biologique traditionnel par un cadre législatif reconnu et validé par tous les états européens. En effet, l'interprétation de la loi européenne prévue par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement considère que « tout évènement qui contribue à la réduction de la taille de l'habitat des espèces dans le site peut être considéré comme une perturbation significative » [MATE, 2000]. Or, en déterminant les activités humaines qui sont à l'origine de telles réductions par le biais de notre protocole, il est tout à fait possible d'identifier très précisément ces « perturbations significatives ». Il est vrai que les croisements effectués ne sont pas réalisés en temps réel mais « il n'est pas nécessaire de prouver qu'il y a des effets réels significatifs, mais la probabilité à elle seule suffit à justifier des mesures correctives. Cela peut être considéré comme compatible avec les principes de prévention et de précaution » [MATE, 2000].

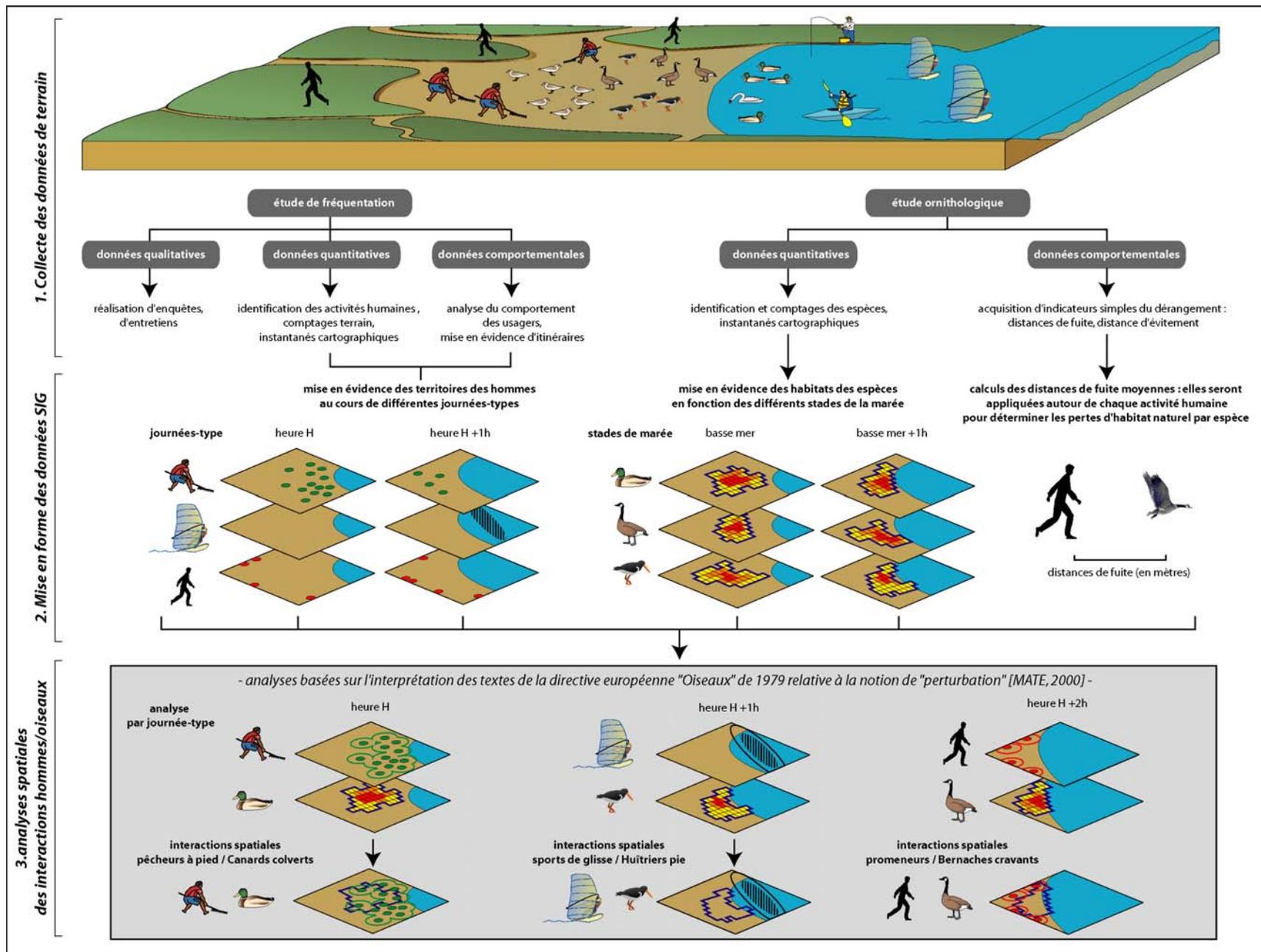


Illustration 2. L'analyse des interactions hommes/oiseaux sur les sites naturels : élaboration du protocole d'évaluation

2.4. Quelques résultats chiffrés

Sur le site de Tascon, trois grandes catégories d'usagers doivent être distinguées.

Les promeneurs, tout d'abord, empruntent peu les sentiers qui bordent les vasières lorsque la marée est basse et que la fréquentation est faible, notamment pendant les jours de semaine ordinaire d'automne et d'hiver. Ils restent alors essentiellement canalisés sur les routes intérieures de l'île de Tascon. Les interactions avec les populations d'oiseaux sont, dans ce cas, très faibles. Les pertes d'habitat exploité par les oiseaux (toutes espèces confondues) sont également minimales, le plus souvent inférieures à 5 % lors de la basse mer. Lors des journées de forte fréquentation (notamment les week-ends), la diffusion des promeneurs augmente sur l'ensemble du site, y compris sur les sentiers qui bordent les vasières. Les interactions avec les oiseaux augmentent : -11,1 % de pertes d'habitat exploité par le canard colvert à basse mer, -9,9 % pour le courlis cendré, -26,5 % pour le tadorne de Belon, -13,2 % pour la foulque macroule, le samedi 04 novembre 2006. Pendant ces journées spécifiques, les stades de marée les plus sensibles ne sont pas les basses mers mais les stades de marée intermédiaires : basse mer -3 heures, -2 heures, +2 heures, +3 heures. En effet, la ligne d'eau que suivent les populations d'oiseaux est alors proche des sentiers littoraux, les contacts entre les promeneurs et les oiseaux sont maximaux : jusqu'à -30,8 % pour le courlis cendré, -26,4 % pour la foulque macroule, -32,4 % pour le tadorne de Belon, -12,7 % pour le canard colvert. A pleine mer, quelque soit les journées considérées, les flux de promeneurs sont naturellement canalisés sur les sentiers littoraux continentaux. La fréquentation humaine est alors nulle sur l'île de Tascon et ses sentiers. Les interactions avec la plupart des espèces (bécasseaux variables, bernaches cravants, courlis cendrés, pluviers) sont pratiquement

inexistantes. Seules les interactions avec la foulque macroule et le tadorne de Belon restent notables.

En ce qui concerne les pêcheurs à pied amateurs, l'étude de fréquentation a permis de mettre en évidence qu'il n'y avait pas de réelle superposition temporelle entre la période de pratique de cette activité (qui est essentiellement estivale) et la période de stationnement des oiseaux hivernants sur le site de Tascon. Seul le début de l'automne peut être, éventuellement, problématique. Néanmoins, les résultats des analyses spatiales mettent en évidence que les pertes d'habitat restent relativement faibles pendant les journées de grandes marées : 0 % pour le bécasseau variable, -2,7 % pour la bernache cravant, -2,8 % pour la foulque macroule, le samedi 07 novembre 2006. Seules les interactions avec le canard colvert (-15,3 %) et le courlis cendré (-9,2 %) sont importantes.

Les pêcheurs à pied professionnels représentent la catégorie d'usagers la plus dérangeante notamment parce que ces derniers pénètrent directement sur le territoire des oiseaux d'eau : les vasières (contrairement aux pêcheurs amateurs qui restent sur les hauts d'estran). On notera également qu'ils sont présents sur le site pendant toute la basse mer (alors que les oiseaux ont nécessité de s'alimenter) et qu'ils exploitent le site de Tascon pendant une grande partie de l'hivernage de l'avifaune migratrice. Les résultats des analyses spatiales mettent en évidence que l'importance des interactions entre les pêcheurs à pied professionnels et les oiseaux n'est pas fonction du nombre d'usagers sur les vasières mais de la façon dont ces derniers se dispersent dans l'espace. Lorsque les pêcheurs sont nombreux mais regroupés, les pertes d'habitat restent faibles : -1,3 % d'habitat exploité à basse mer par le bécasseau variable, -4,3 % pour la bernache cravant, -4,9 % pour le tadorne de Belon, -0,9 % pour les pluviers, -8,9 % pour le courlis cendré, -15,4 % pour le canard colvert, le lundi 17 octobre 2005. Il n'en est pas de même lorsque les pêcheurs, même peu nombreux, sont dispersés et mobiles sur les vasières. Les interactions sont alors fortes

comme lors de la journée du mercredi 22 novembre 2006 : -15,8 % de pertes d'habitat exploité à basse mer pour le bécasseau variable, -11,4 % pour le canard colvert, -7,3 % pour le tadorne de Belon, -13,4 % pour les pluviers.

Sur la Petite Mer de Gâvres, si les logiques d'investissement spatial propres aux activités humaines et aux populations aviennes sont identiques à celles que l'on observe sur Tascon, en revanche, la nature et l'importance des interactions hommes/oiseaux varient du fait des caractéristiques physiques de ce site. Trois principales catégories d'usagers doivent être également distinguées : les promeneurs, les pêcheurs à pied amateurs et les adeptes des sports de glisse (kite-surf, planche à voile).

Les analyses spatiales montrent que si les interactions promeneurs/oiseaux existent autour des sentiers littoraux qui bordent la Petite Mer de Gâvres, ces dernières restent, à l'heure actuelle, minimales quelque soit la journée considérée, qu'il s'agisse de journées de faible ou de forte fréquentation. Les pertes d'habitat exploité au cours des différents stades de marée, sont le plus souvent inférieures à 5 %. La raison en est simple. Les promeneurs n'empruntent pas les sentiers (on devrait plutôt parler de hauts d'estran) où se concentrent naturellement les populations d'oiseaux (notamment en fond de la Petite Mer de Gâvres). Ces derniers sont en effet peu praticables et sous influence de la marée. Les contacts entre les promeneurs et l'avifaune sont donc réduits.

La pêche à pied amateur constitue l'activité la plus massivement pratiquée sur la Petite Mer de Gâvres. Nos résultats mettent en évidence que les interactions avec les populations d'oiseaux augmentent de façon importante à mesure que le nombre de pêcheurs s'accroît sur le site. Lors des petites marées, les pertes d'habitat sont le plus souvent inférieures à 5%, parfois même inexistantes. Lors des moyennes marées, elles augmentent mais restent inférieures à 10 % (sauf pour l'huîtrier pie). Lors

des grandes marées, qui sont particulièrement propices à la pratique de l'activité, les interactions sont autrement plus importantes. La fréquentation et l'éparpillement des pêcheurs à pied sur l'estran sont à leur maximum. Toutes les espèces interagissent fortement avec les usagers, avec des pertes d'habitat qui sont supérieures à 10-15-20 %. La situation est particulièrement problématique pour le courlis cendré ou l'huîtrier pie qui peuvent présenter des pertes supérieures à la moitié de la superficie totale de l'habitat exploité à basse mer (- 0,9 %, -55,3 %, le dimanche 08 octobre 2006).

Enfin, du fait qu'elles sont des activités nouvelles se pratiquant dans le cœur même de la Zone de Protection Spéciale (ZPS), une attention particulière a été portée aux sports de glisse, notamment au kite-surf et à la planche à voile. Les conclusions sont doubles. Elles mettent en évidence, d'une part, que les interactions entre les sportifs et les oiseaux restent faibles lors des journées de pratique ordinaire (c'est-à-dire un nombre de kite-surfeurs inférieurs à 10/15) et ceci, quelque soit la direction du vent. Les pertes d'habitat sont alors le plus souvent inexistantes ou inférieures à 5 % de l'habitat exploité à pleine mer par les différentes espèces. Seules les interactions restent notables avec la bernache cravant (jusqu'à -22,3 % de pertes d'habitat à pleine mer lors de la journée du dimanche 18 novembre 2007). D'autre part, les résultats ont également permis d'identifier des moments de la marée et des journées spécifiques pour lesquels le dérangement des oiseaux d'eau était particulièrement fort. Il s'agit notamment des stades intermédiaires de la marée montante (basse mer +3 heures, + 4 heures) où les pertes pour les oiseaux peuvent dépasser les 15 % de l'habitat exploité par les espèces : -15,8 % pour le courlis cendré, -20,8 % pour le bécasseau variable, -26,3 % pour la bernache cravant, -30,1 % pour le tadorne de Belon, le dimanche 08 octobre 2006. Il s'agit également des journées de forte fréquentation du plan d'eau. Les pertes d'habitat sont alors considérables : -45,7 % de perte d'habitat

exploité par le bécasseau variable à pleine mer, -54,3 % pour la bernache cravant, -54 % pour le pluvier argenté, -47,6 % pour le tadorne de Belon, le samedi 23 septembre 2006.

Les résultats obtenus sur les deux sites d'étude mettent mis en évidence que les pertes d'habitat relatives aux interactions hommes/oiseaux sont bien réelles mais varient considérablement en fonction des activités humaines, des cycles de marée, des heures de la journée ou encore des journées-types étudiées. Il est d'ailleurs apparu au terme de nos réflexions, que l'importance et la nature du dérangement de l'avifaune étaient spécifiques à chaque site et que les résultats, notamment en ce qui concerne l'identification des activités dérangeantes, étaient non-généralisables à d'autres sites naturels. Ainsi, l'étude des interactions entre les hommes et les oiseaux ne peut se faire qu'au cas par cas en prenant en compte, systématiquement, les caractéristiques naturelles et humaines de chaque site.

Finalement, c'est sur la base de nombreuses analyses spatiales qu'il nous a été possible de proposer diverses préconisations de gestion très concrètes, à destination des gestionnaires, pour améliorer la cohabitation entre les hommes et les oiseaux sur les sites étudiés : pérennisation de la zone de tranquillité dans le golfe du Morbihan, non-aménagement de certains sentiers (voire suspension de la certitude de passage) sur le site de Tascon et sur la Petite Mer de Gâvres, création d'une zone de quiétude en Petite Mer de Gâvres, etc. Ces préconisations sont ainsi des compromis

variables, selon les sites et les enjeux, qui privilégient, selon les cas, laisser-faire et ouverture au public ou bien, au contraire, restriction aux visiteurs et conservation des populations d'oiseaux.

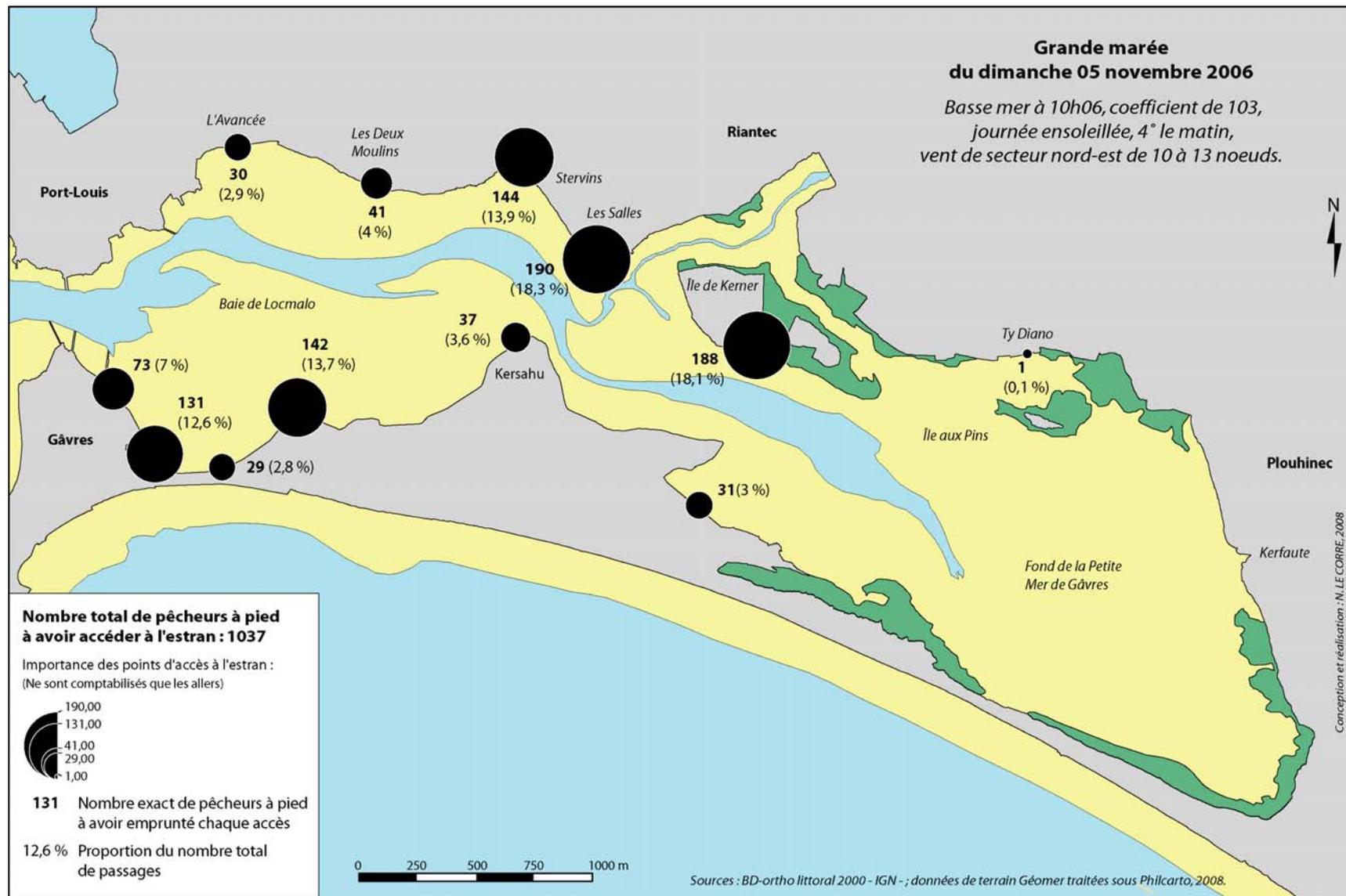
2.5. Quelques exemples de productions cartographiques

Les cartes présentées ci-après sont quelques exemples de documents cartographiques qui ont été produits dans le cadre de notre recherche. Ils permettent d'illustrer, à travers l'exemple de la Petite Mer de Gâvres et du site de Tascon, les trois phases de notre méthodologie.



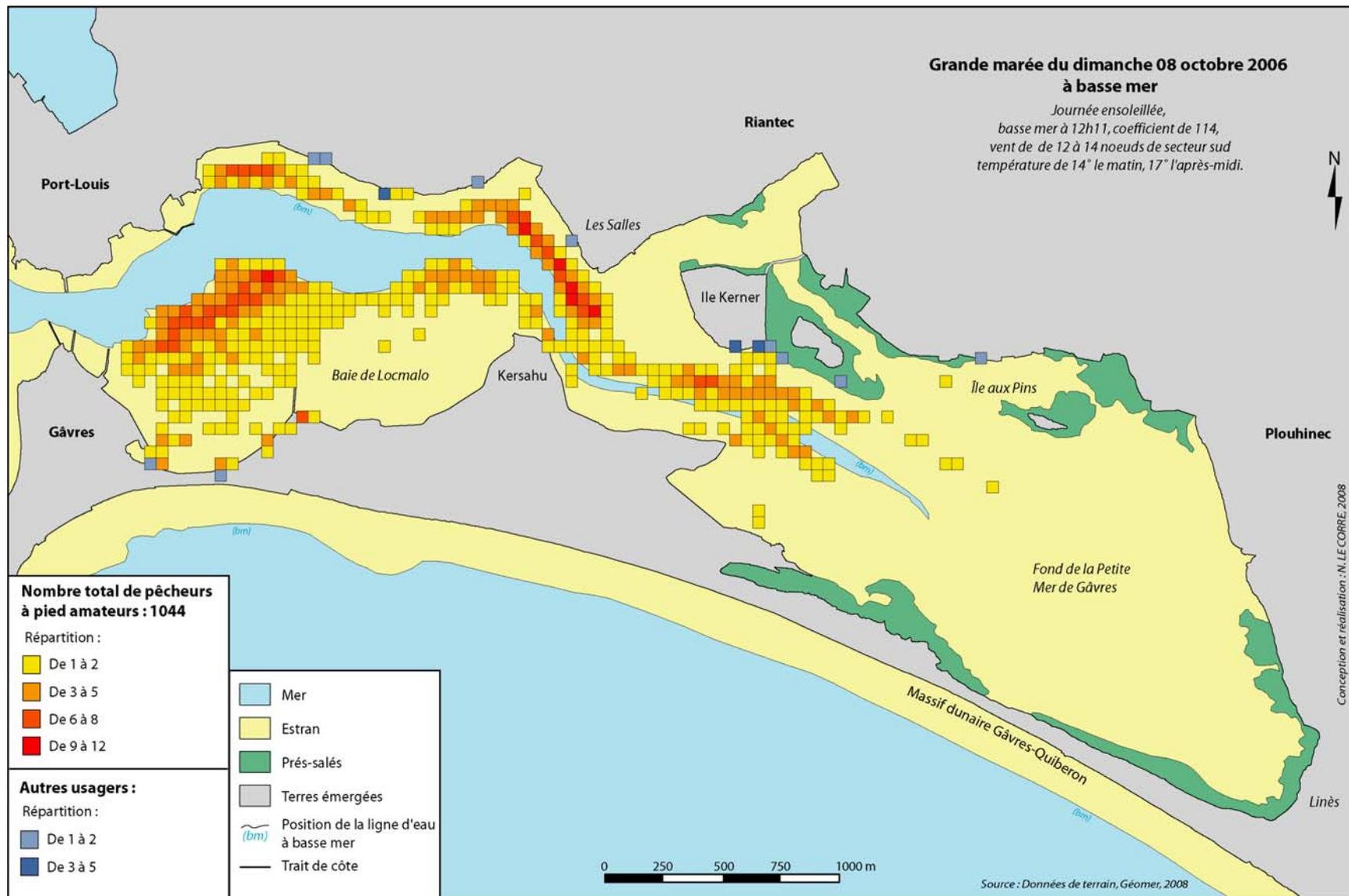
Carte 3. La fréquentation moyenne annuelle des sentiers de la Petite Mer de Gâvres

Commentaire : L'étude de fréquentation permet de recueillir des données chiffrées sur différentes facettes de la fréquentation comme le nombre de promeneurs à emprunter les sentiers pendant une journée entière, le nombre de pêcheurs à pied présents sur l'estran au moment de la basse mer ou encore le nombre de kite-surfeurs naviguant sur le plan d'eau lors de la pleine mer, etc. La carte 3 est un document visant à caractériser la fréquentation moyenne par sentier sur le site de Tascon.



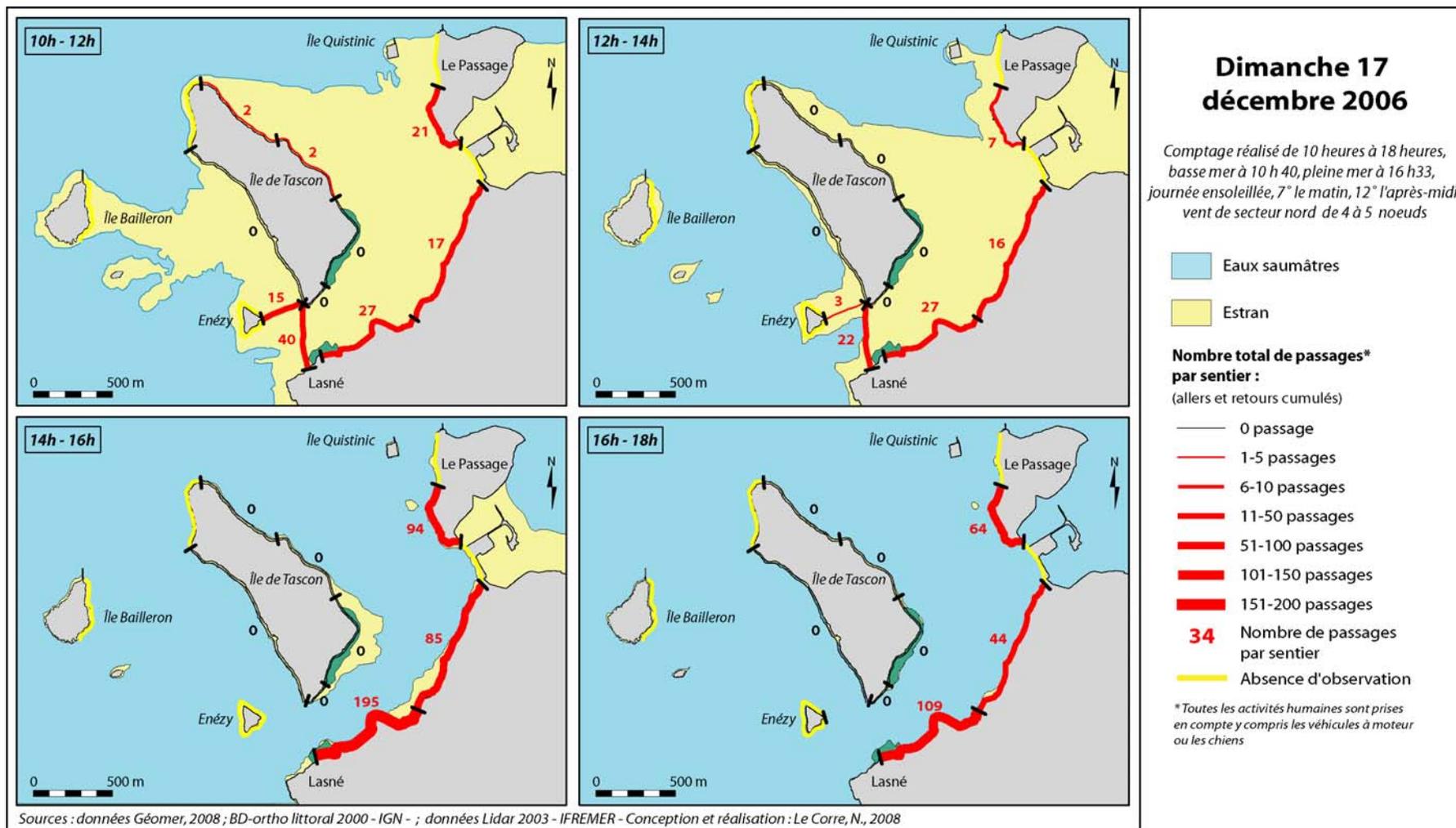
Carte 4. Les points d'accès empruntés par les pêcheurs à pied amateurs pour accéder à l'estran de la Petite Mer de Gâvres

Commentaire :. La carte 4 est un document visant à identifier, à localiser et à hiérarchiser l'ensemble des points d'accès utilisés par les pêcheurs à pied amateurs pour accéder à l'estran de la Petite Mer de Gâvres.



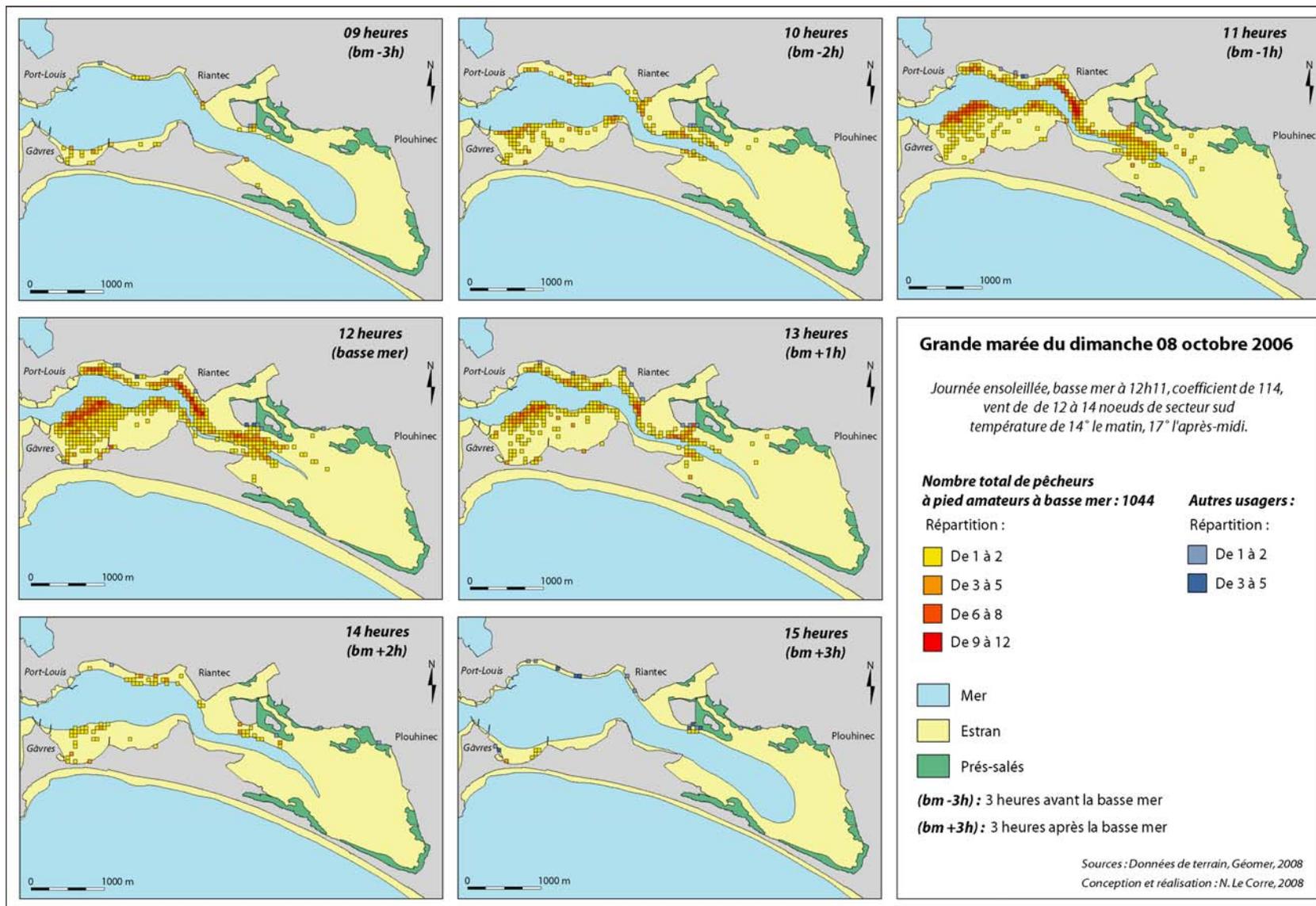
Carte 5. Répartition des pêcheurs à pied amateurs sur la Petite Mer de Gâvres lors de la grande marée du dimanche 08 octobre 2006

Commentaire : La pêche à pied amateur représente l'activité qui connaît l'emprise sociale et spatiale la plus importante sur la Petite Mer de Gâvres. La répartition de ces usagers est dépendante de trois facteurs essentiels : la proximité des zones d'habitation/zones de stationnement, la répartition de la ressource et la pénétrabilité de l'estran. Il en résulte une répartition spatiale déséquilibrée du territoire des pêcheurs à l'échelle du site comme en témoigne la carte 5.



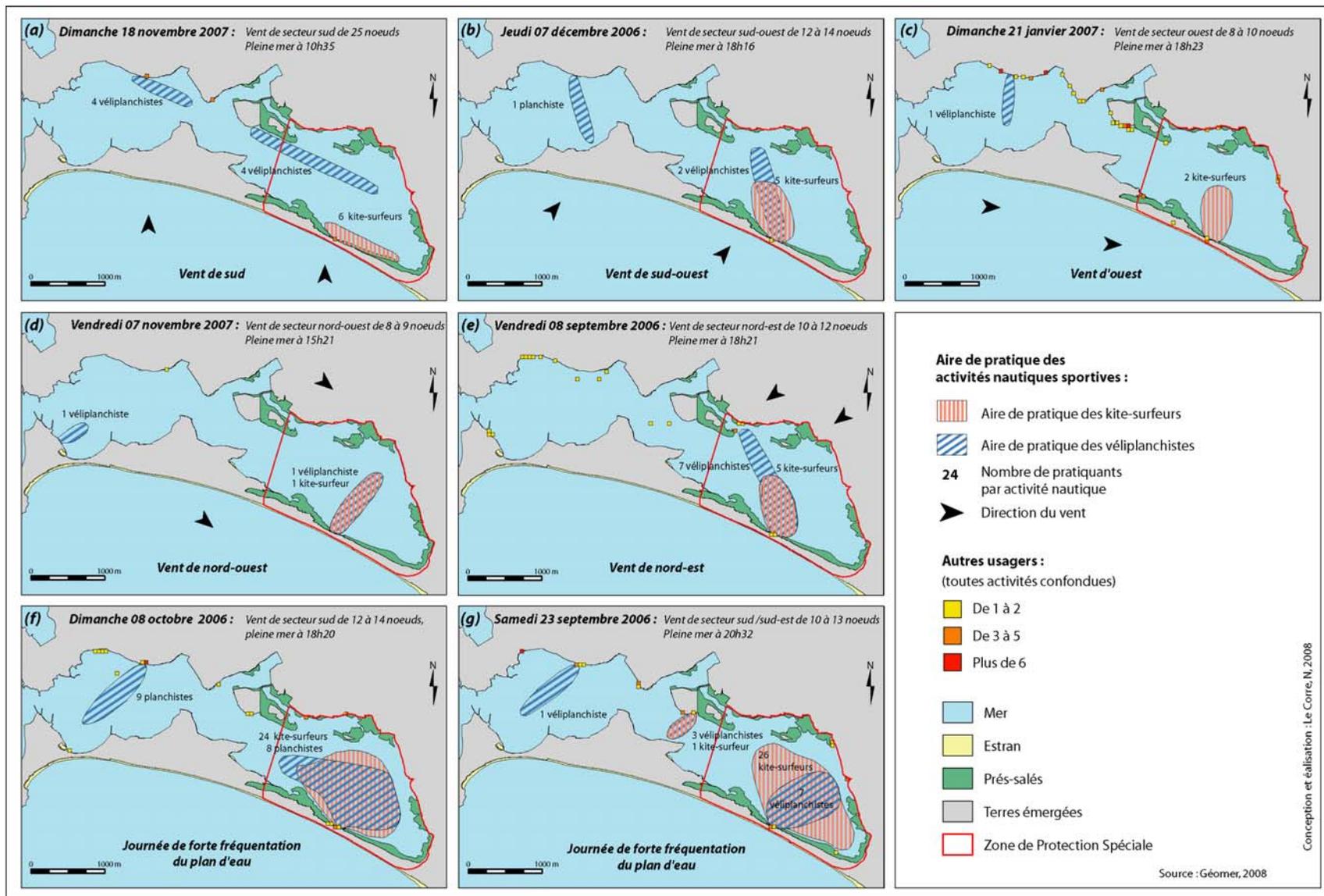
Carte 6. Une fréquentation humaine canalisée le long des sentiers côtiers continentaux lors de la pleine mer. L'exemple du dimanche 17 décembre 2006.

Commentaire : La pression de fréquentation sur les sentiers de l'île de Tascon est dépendante de quatre principaux facteurs : l'heure de la journée (un pic de fréquentation journalier a toujours lieu autour de 16 h), le niveau de praticabilité des sentiers (routes bitumées, sentiers des douaniers, hauts d'estran sableux, hauts d'estran caillouteux), la proximité des zones de stationnement et le stade de marée. La carte 6 montre comment, en permettant l'accès ou non à l'île de Tascon depuis le continent, la marée conditionne la façon dont les visiteurs vont investir l'espace.



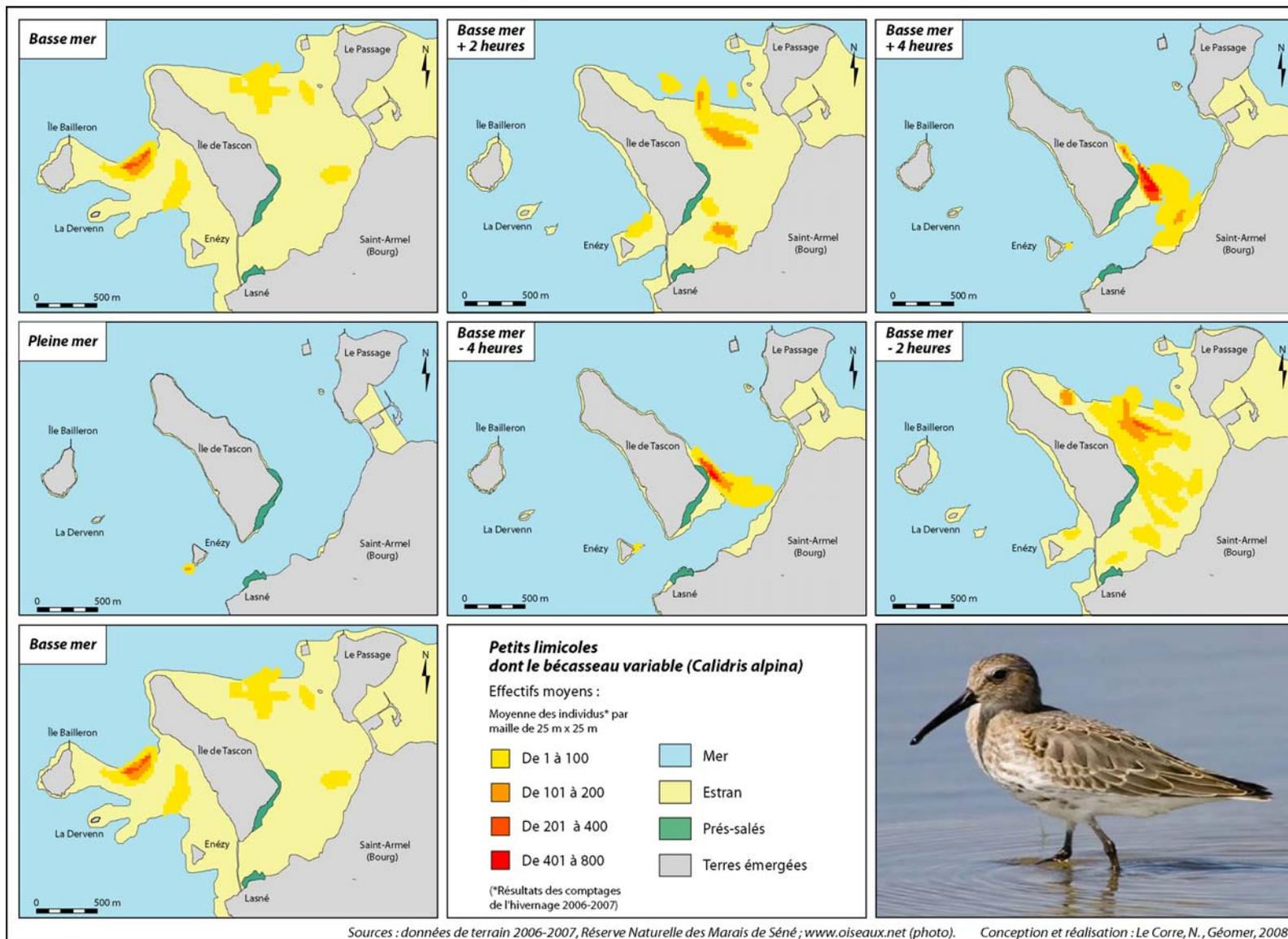
Carte 7. Evolution spatiale et temporelle de la fréquentation des pêcheurs sur la Petite Mer de Gâvres lors de la grande marée du dimanche 08 octobre 2006

Commentaire : Les pêcheurs à pied commencent à arriver sur le site à partir de 3 heures avant la basse mer pendant les grandes marées mais le pic des arrivées se situe toujours autour de 1 heure avant l'étales. Sur le plan spatial, on observe que les premiers pêcheurs arrivent d'abord en baie de Locmalo (à l'ouest) car l'estran y laisse découvrir les premières zones de pêche puis à l'est du site autour de l'île Kerner. La baie de Locmalo reste la partie du site qui est privilégiée par les pêcheurs à pied



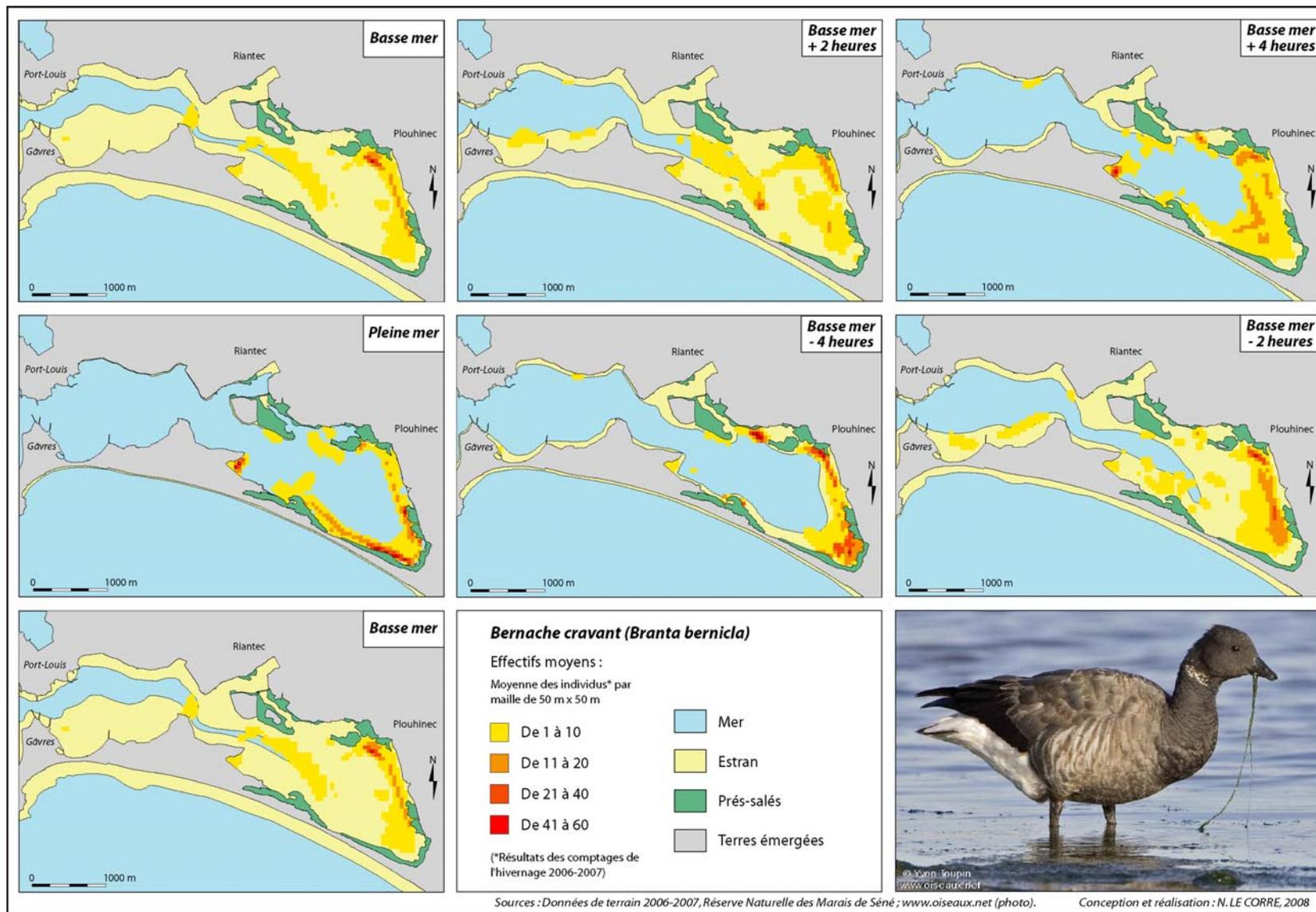
Carte 8. L'aire de pratique des activités nautiques sportives en Petite Mer de Gâvres en fonction de la direction du vent et du nombre de pratiquants

Commentaire : L'étude de fréquentation a permis de comprendre comment les sports de glisse investissent le plan d'eau de la Petite Mer de Gâvres. Le document 8 met ainsi en évidence que l'emprise spatiale des aires de pratique du kite-surf et de planche à voile est dépendante de deux facteurs essentiels : la direction du vent (carte 8 a, b, c, d et e) et l'importance de la fréquentation du plan d'eau par les usagers qui va conditionner l'importance de la superficie de la zone de pratique (carte 8 f et g).



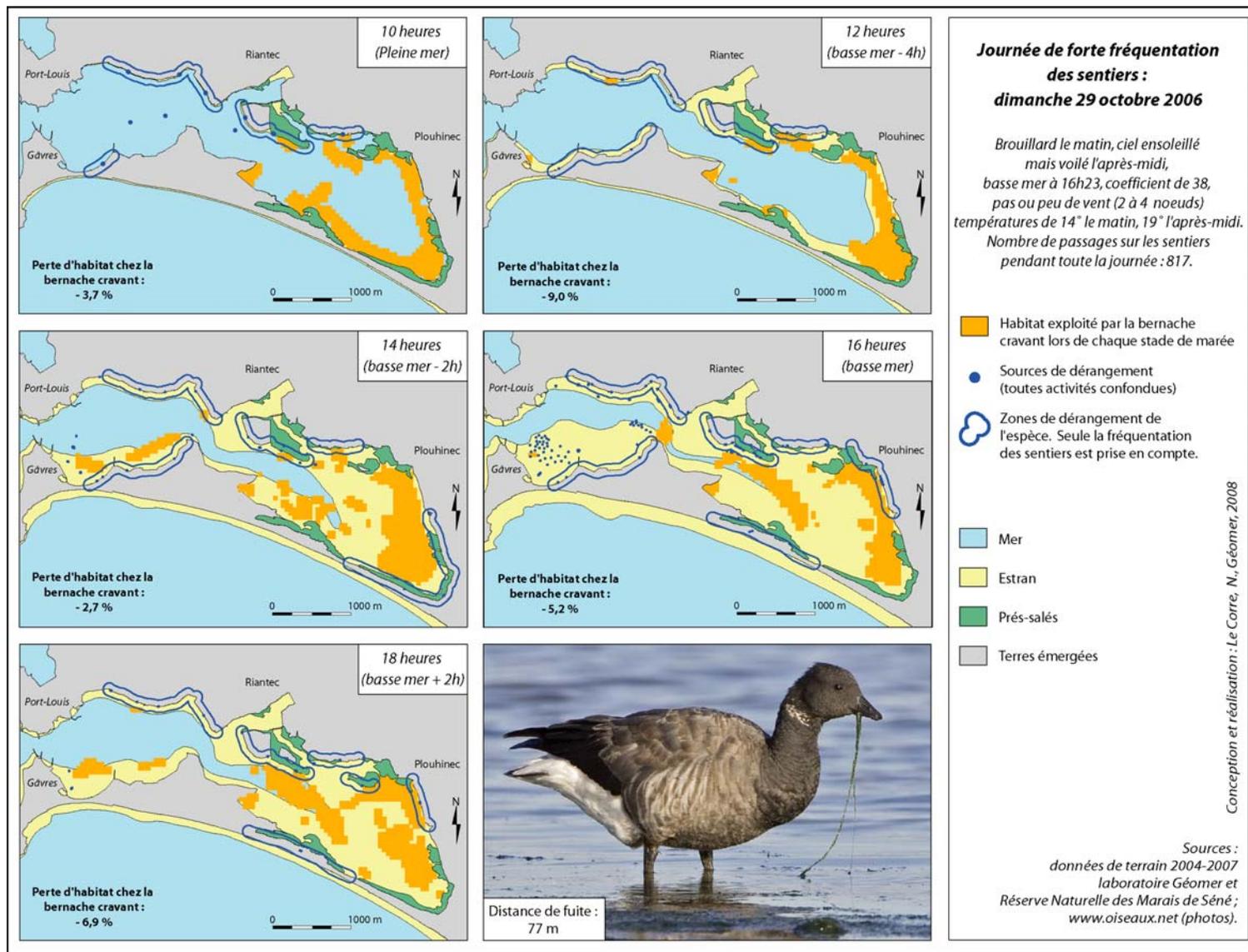
Carte 9. Répartition spatiale des petits limicoles sur le site de Tascon en fonction du cycle de marée

Commentaire : Le volet ornithologique constitue un élément fort de notre démarche méthodologique. Ainsi, les biologistes se sont attachés à identifier et à cartographier les territoires des oiseaux d'eau en fonction de la marée. Ce sont 7 espèces d'oiseaux d'eau représentatives qui ont été sélectionnées sur le site de Tascon : la bernache cravant, le courlis cendré, le canard colvert, la foulque macroule, le tadorne de Belon, le pluvier argenté et le groupe des petits limicoles (carte 9).



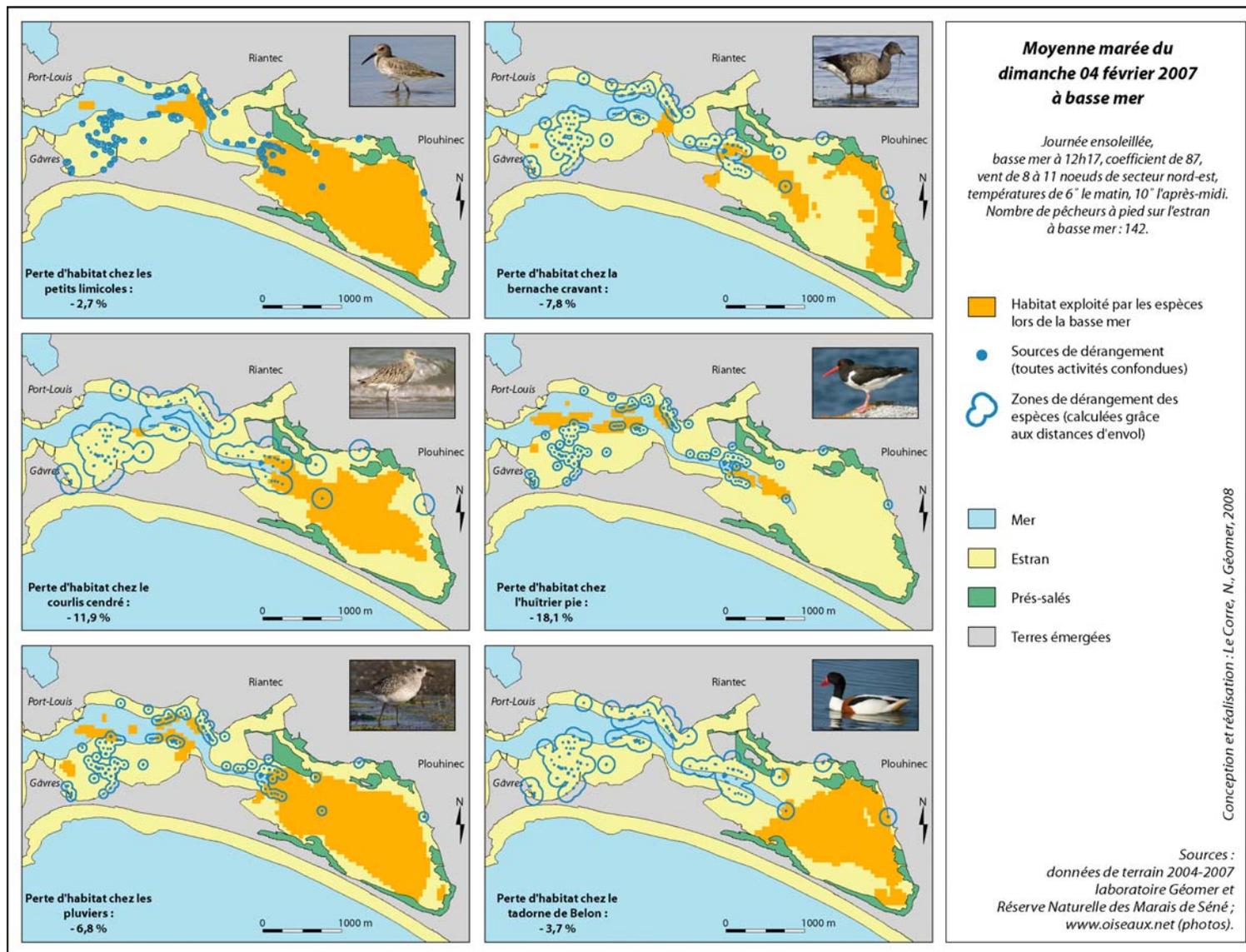
Carte 10. Répartition spatiale de la bernache cravant (*Branta bernicla*) sur le site de la Petite Mer de Gâvres en fonction du cycle de marée

Commentaire : Malgré des différences, la plupart des oiseaux auront tendance à suivre le déplacement de la ligne d'eau au fur et à mesure de l'évolution de la marée. A basse mer, les oiseaux vont se répartir de façon plus ou moins diffuse sur les vasières en fonction de leurs niches écologiques avant de se faire repousser progressivement vers l'est lors du flux. A pleine mer, la majorité des espèces présentes sur le site est concentrée autour des prés-salés qui longent le bassin maritime à l'est du site.



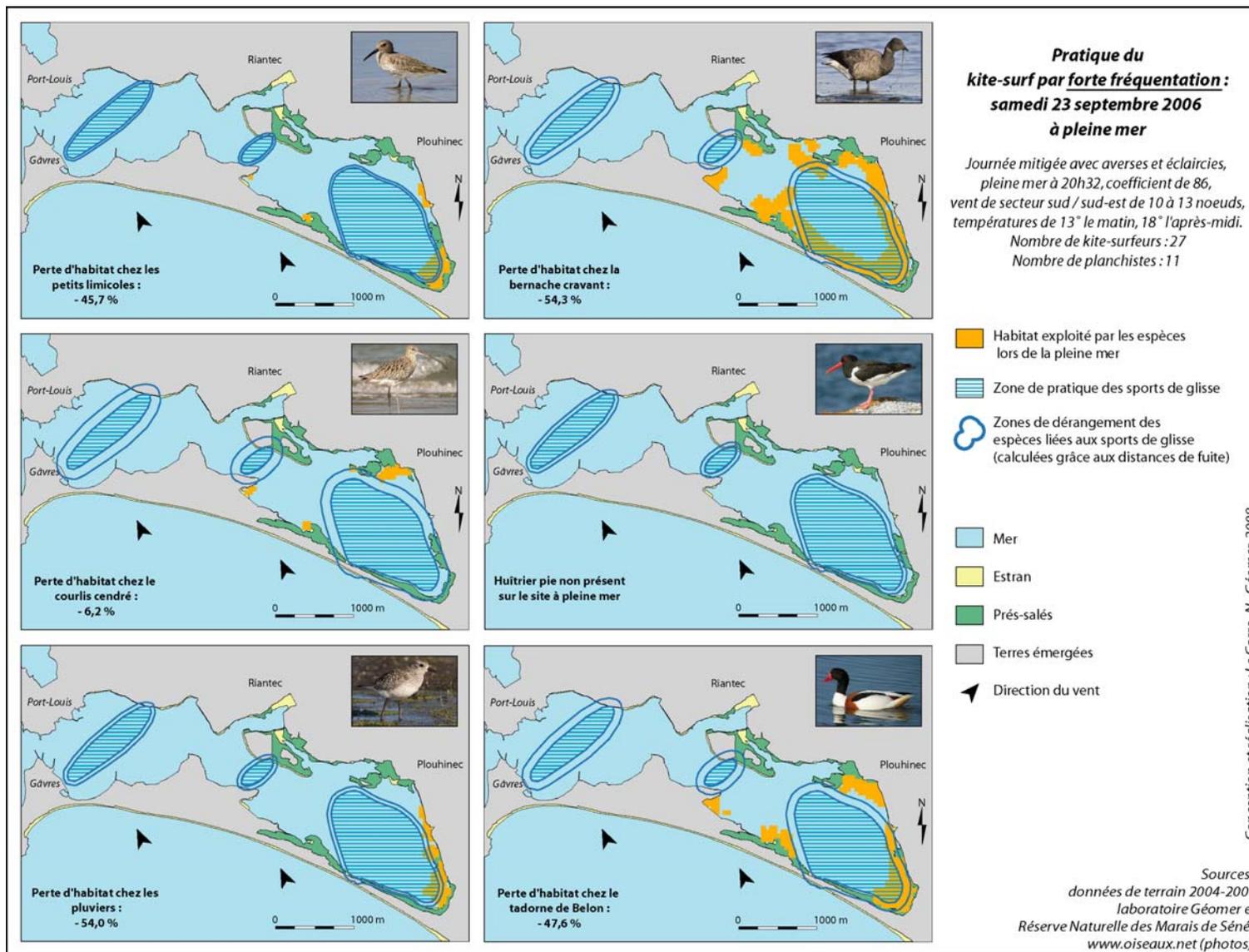
Carte 11. Les interactions sentiers littoraux/bernaches cravants pendant une journée de forte fréquentation : le dimanche 29 octobre 2006

Commentaire : Les analyses spatiales montrent que si les interactions promeneurs/oiseaux existent autour des sentiers littoraux qui bordent la Petite Mer de Gâvres, ces dernières restent faibles quelque soit la journée considérée. Ainsi, lors du dimanche 29 octobre 2006, les croisements obtenus chez la bernache font état de pertes d'habitat naturel le plus souvent égales ou inférieures à 5 %. Seule la marée descendante (basse mer -4 heures) présente des pertes égales à 9 % de l'habitat de l'espèce.



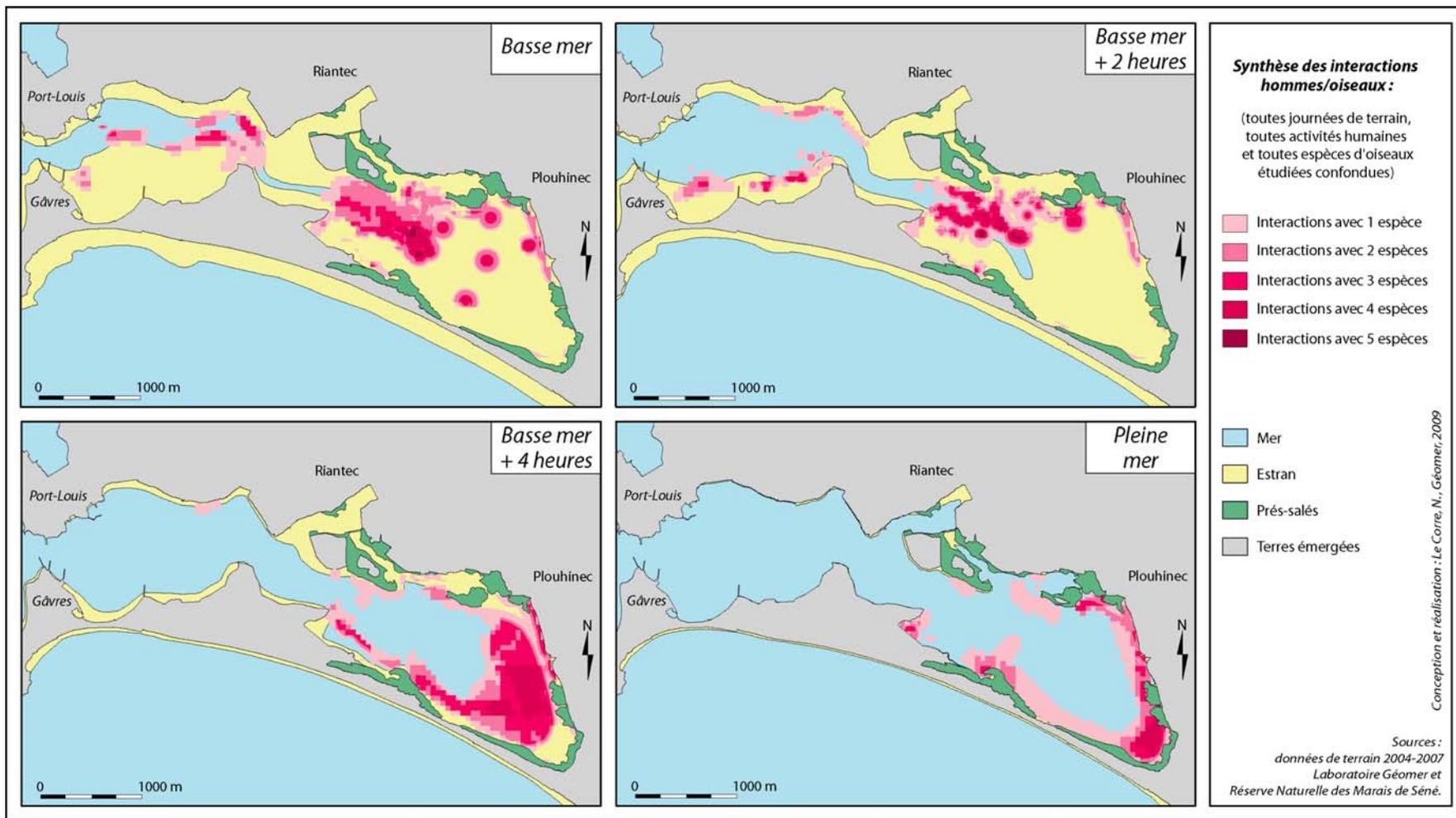
Carte 12. Les interactions pêcheurs à pied amateurs/avifaune au cours d'une moyenne marée : l'exemple du dimanche 04 février 2007 à basse mer

Commentaire : Les interactions entre les pêcheurs à pied et les populations d'oiseaux augmentent de façon importante à mesure que le nombre de pêcheurs à pied amateurs s'accroît sur le site. Lors des moyennes marées, les pertes d'habitat naturel sont égales ou inférieures à 10 % (carte 10). Lors des grandes marées, les pertes d'habitat sont supérieures à 10-15-20 % pour l'ensemble des espèces et jusqu'à -67 % et -55 % pour le courlis cendré et l'huîtrier pie.



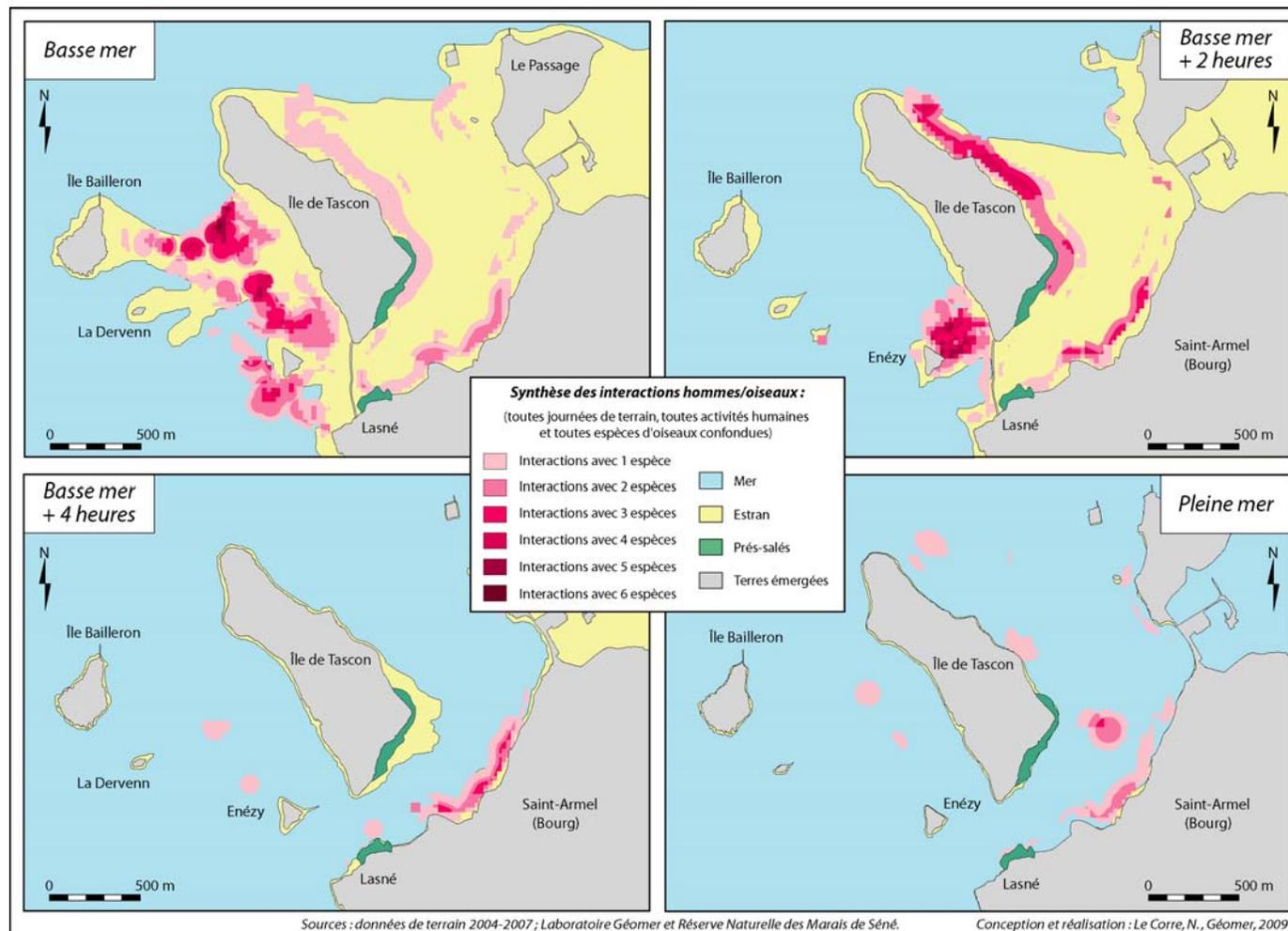
Carte 13. La pratique des sports de glisse par forte fréquentation du plan d'eau : l'exemple du samedi 23 septembre 2006 à pleine mer

Commentaire : Lors des marées montantes (basse mer + 4 heures) ou lorsque le nombre de kite-surfers et de véliplanchistes est important sur la Petite Mer de Gâvres, les concurrences territoriales sont fortes avec des pertes d'habitat pouvant atteindre plus de la moitié de l'habitat naturel exploité par les oiseaux à pleine mer (cf. carte 13). C'est le cas pour les petits limicoles (-45,7 % d'habitat naturel), la bernache cravant (-54,3 %), les pluviers (-54 %) ou encore le tadorne de Belon (-47,6 %).



Carte 14. Synthèse des interactions hommes/oiseaux observées sur le site de la Petite Mer de Gâvres (toutes journées de terrain, toutes activités et toutes espèces d'oiseaux confondues)

Commentaire : Les cartes 14 et 15 sont deux synthèses relatives aux concurrences territoriales hommes/oiseaux pour nos deux sites d'étude. Ces dernières ont pour objet de proposer une vision d'ensemble de la problématique étudiée au cours d'un cycle de marée entier. Certaines précautions doivent néanmoins être prises à la lecture et à l'interprétation de ces documents. En effet, il ne s'agit, en aucun cas, d'une moyenne mais d'un cumul de l'ensemble des zones d'interactions hommes/oiseaux que nous avons pu identifier au cours de l'ensemble de nos journées de terrain (toutes activités humaines et toutes espèces d'oiseaux confondues). Ces deux documents permettent de parfaitement visualiser où sont situées les zones où peuvent potentiellement avoir lieu les interactions entre les hommes et les oiseaux en fonction du cycle de marée. Ils permettent également de déterminer quelles sont les zones les plus sensibles d'un point de vue du dérangement de l'avifaune.



Carte 15. Synthèse des interactions hommes/oiseaux observées sur le site de Tascon (toutes journées de terrain, toutes activités et toutes espèces d'oiseaux confondues)

Commentaire : La carte 15 met en évidence trois grandes périodes dans le cycle de marée en ce qui concerne le dérangement de l'avifaune. A basse mer, les concurrences territoriales entre les hommes et les oiseaux sont essentiellement liées à la présence de pêcheurs à pied professionnels évoluant sur les vasières situées à l'ouest de l'île de Tascon. A basse mer + 2 heures, lorsque la ligne d'eau se rapproche du rivage (les oiseaux suivent la ligne d'eau), le dérangement est essentiellement provoqué par les promeneurs qui se baladent sur le pourtour de l'île de Tascon ainsi que sur le sentier côtier situé sur le continent. A basse mer + 4 heures ainsi qu'à pleine mer, la fréquentation est principalement canalisée sur le sentier côtier continental. Les concurrences territoriales diminuent alors fortement car les hommes n'ont plus accès ni aux vasières ni aux sentiers situés autour de l'île de Tascon.

3. Les limites, les apports et les perspectives de la recherche

3.1. Les limites de la démarche

Si notre démarche a le mérite d'aborder la problématique étudiée par le biais d'un angle inhabituel, celui de la géographie, il est certain qu'elle ne permet pas de régler définitivement le problème des interactions entre les hommes et les oiseaux, notamment en ce qui concerne la mesure de l'impact du dérangement sur le long terme. De nombreuses questions restent en suspens sur nos sites et pour lesquelles notre protocole d'étude ne permet pas d'y répondre : quelles sont les conséquences du dérangement sur le bilan énergétique des oiseaux ? Les oiseaux dérangés ont-ils des possibilités de compensation nutritionnelles ? Quelles sont les conséquences du dérangement sur la survie des oiseaux d'eau hivernants du site de Tascon et de la Petite Mer de Gâvres ? Quelles sont ses conséquences sur la dynamique des populations d'oiseaux ?

L'absence de réponses à ces questions met en évidence la nécessité, pour les biologistes, de continuer à développer des recherches monospécifiques sur les impacts du dérangement sur la dynamique des populations *lato sensu* (impacts sur les populations des sites mais aussi sur les populations des espèces) (Hill, Hockin, *et al.*, 1997 ; Blanc, Guillemain, *et al.*, 2006).

Comme toute évaluation environnementale, notre travail pose la question de l'état de référence de l'environnement sur nos sites. Ainsi, si notre protocole permet effectivement de mettre en évidence les concurrences spatiales actuelles entre les hommes et les oiseaux, il ne permet pas, en revanche, d'évaluer les effets du dérangement passé sur l'avifaune. En d'autres termes, notre démarche ne permet pas de répondre

à la question suivante : quelle était la superficie de l'habitat naturel des espèces et l'importance des populations d'oiseaux présentes sur les sites avant l'arrivée des hommes (en tous les cas, lorsque la pression anthropique était moindre) ? En l'absence de telles données, nos travaux constituent alors un état initial (état zéro) sur le site de Tascon et la Petite Mer de Gavres qu'il conviendrait de réévaluer dans le temps pour estimer les évolutions futures.

3.2. Les apports de la démarche en terme de recherche

Sur le plan de la recherche, les travaux permis de contribuer à une meilleure connaissance de la fréquentation humaine des zones humides littorales. Ainsi, la réalisation de deux études de cas a abouti à une production d'informations concrètes et précises sur les activités pratiquées sur les sites-ateliers, de caractériser la fréquentation humaine, d'analyser son organisation dans l'espace et dans le temps, de comprendre les liens qui unissent les usagers aux lieux qu'ils fréquentent et de mettre en évidence les enjeux économiques, sociaux et culturels liés à la fréquentation. Les résultats obtenus permettent ainsi de combler localement les lacunes en terme d'informations sur les usages et les pratiques des hommes dénoncées plus généralement sur les sites ornithologiques [Platteeuw et Henkens, 1997 ; Davidson, 1997 ; Mathevet et Poulin, 2006].

La méthodologie développée est spécifique sur le plan conceptuel et méthodologique. En effet, elle prend le parti, contrairement à la grande majorité des études actuelles, de ne pas focaliser toute l'attention sur l'oiseau (en tant qu'être vivant) et sur les conséquences du dérangement sur le plan comportemental ou physiologique de l'animal. En revanche, elle privilégie l'identification, l'étude et la compréhension des causes du dérangement de l'avifaune c'est-à-dire les activités humaines. Enfin, elle

s'appuie sur des analyses spatiales de territoires (humains et aviens) pour démontrer que le dérangement implique des pertes d'habitats naturels différenciées selon les activités humaines et les populations d'oiseaux concernées.

Enfin, on ne saurait oublier que la démarche adoptée a été l'occasion d'explorer un aspect trop rarement abordé dans les études spécialisées : l'analyse de la perception du dérangement de l'avifaune par les usagers des sites naturels (analyse réalisée par le biais d'enquêtes et d'entretiens). Celle-ci nous a permis de parvenir à un certain nombre de conclusions. Ainsi, il n'existe pas une mais des perceptions du patrimoine naturel, des mesures de protection et du dérangement de l'avifaune en fonction des catégories d'usagers interrogés. Les résultats ont montré que la plupart des visiteurs a conscience que la fréquentation humaine peut engendrer des conséquences sur les oiseaux (problèmes de reproduction, envol, stress, etc.) (cf. fig.1). En revanche, la majorité d'entre eux pense que leur propre présence personnelle n'a aucun effet sur les oiseaux qu'ils côtoient (cf. fig.2). Ainsi, différents discours sont généralement adoptés pour se déculpabiliser et se dissocier de toute implication personnelle. Il existe ainsi, selon les cas :

- la revendication de pratiquer une activité « écologique » qui ne peut pas être néfaste pour les oiseaux.
- un décalage entre la connaissance théorique qu'ont les usagers du dérangement et la perception qu'ils ont de leur impact personnel sur les oiseaux. Il y a rarement une remise en cause personnelle.
- une tendance à se décharger sur les autres usagers : « *ce n'est pas nous, ce sont les autres !* ».
- le développement d'un sentiment de solitude sur les sites qui poussent les usagers à sous-estimer l'effet de nombre et à oublier qu'ils ne sont pas seuls à côtoyer les oiseaux.

- une tendance à généraliser des comportements d'espèces d'oiseaux à forte accoutumance à l'homme (goélands, mouettes, pigeons, étourneaux, etc.) au détriment d'autres espèces plus rares et plus sensibles.

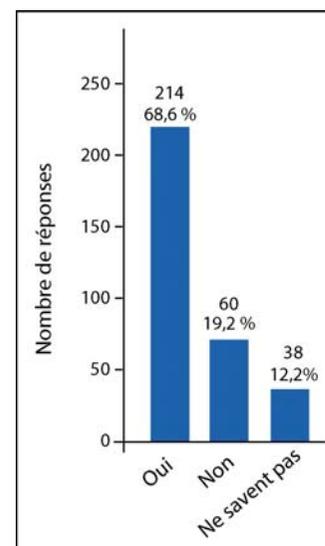


Figure 1. La fréquentation humaine engendre-t-elle, selon vous, des conséquences sur les oiseaux ?

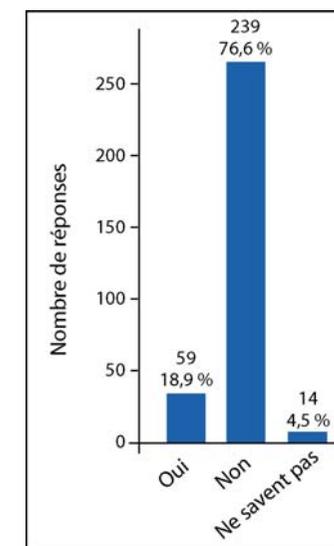


Figure 2. Pensez-vous que votre présence personnelle sur ce site a des conséquences sur les oiseaux ?

Les différentes perceptions du dérangement sont en réalité le fait des multiples rapports que les individus ou les groupes d'individus entretiennent avec la nature. En règle générale, nous avons constaté que plus ces derniers étaient sensibilisés à l'environnement et plus ils avaient conscience d'évoluer dans un milieu vivant et sauvage dans lequel ils n'étaient pas les seuls acteurs et inversement.

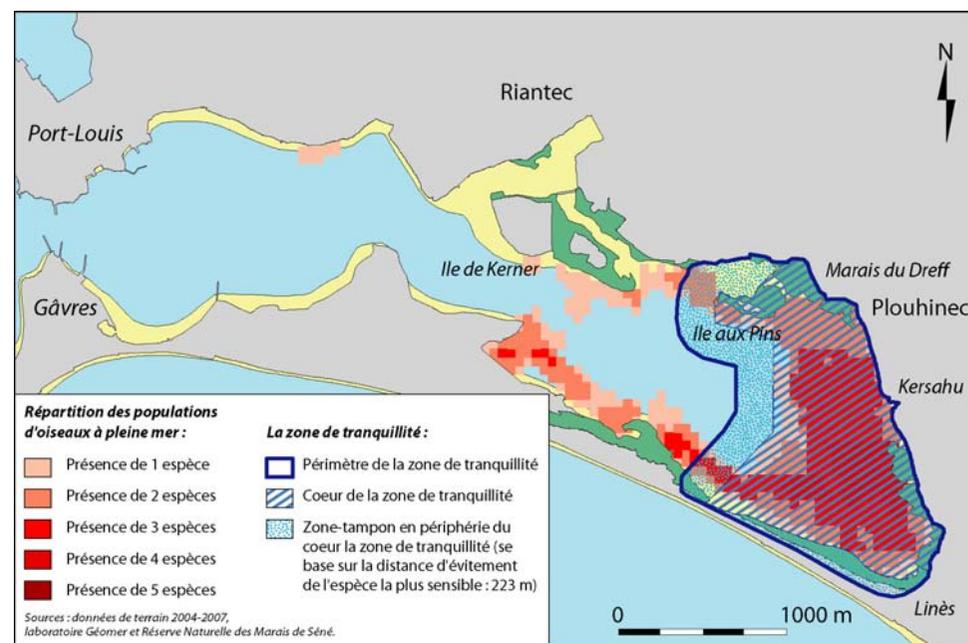
3.3. Les apports de la démarche en terme de gestion

Outre les objectifs de recherche, la méthodologie développée a été également conçue pour répondre aux besoins des responsables de sites naturels en matière d'aide à la gestion de la fréquentation et de ses impacts sur l'avifaune. Le protocole proposé vise, en effet, à apporter aux gestionnaires l'ensemble des informations élémentaires, nécessaires à la compréhension des interactions entre les hommes et les populations d'oiseaux sauvages sur leur site. Ses résultats, notamment à travers des préconisations de gestion très concrètes, doivent ainsi accompagner la mise en œuvre d'une politique de gestion durable et cohérente des sites qui tienne compte à la fois des enjeux de conservation des populations d'oiseaux mais aussi des enjeux géographiques et socio-économiques liés à la fréquentation humaine locale. Ces recommandations sont ainsi des compromis variables, selon les sites et les enjeux, qui privilégient, selon les cas, laisser-faire et ouverture au public ou bien au contraire, restriction des visiteurs et conservation des populations d'oiseaux. En voici quelques exemples :

- pérennisation de la zone de tranquillité sur Tascon,
- réflexion autour du déplacement de certaines activités dans le calendrier annuel (notamment la pêche à pied professionnelle),
- suspension de la servitude de passage sur certains sentiers,
- fermeture de certains accès à l'estran,
- création d'une zone de quiétude en Petite Mer de Gâvres (cf. carte 16),
- etc.

Cette démarche pluridisciplinaire présente, enfin, l'avantage de produire une connaissance et des résultats démonstratifs et communicatifs, voire pédagogiques. En effet, l'interprétation de ces derniers n'est plus

affaire de spécialistes mais peut être comprise et appropriée par n'importe quels publics, connaisseurs ou non, grâce à des cartographies réalistes.



Carte 16. Proposition d'une zone de tranquillité sur la Petite Mer de Gâvres adaptée à la problématique du dérangement

3.4. Les perspectives de recherche

La thématique des impacts de la fréquentation sur l'environnement, dans laquelle s'inscrit également ces travaux, reste un champ d'investigation important et porteur du fait des nombreux enjeux qui en découlent [Brigand, Le Berre, *et al.*, 2008 ; Le Berre, 2008 ;

Peuziat, 2005]. D'ailleurs, l'intérêt porté par la DIREN Bretagne pour cette recherche a témoigné du caractère actuel de la question du dérangement de l'avifaune. Il prouve ainsi que les attentes des gestionnaires confrontés aux problématiques des interactions hommes/oiseaux sont fortes ainsi que la nécessité de développer de nouveaux outils techniques et méthodologiques standardisés permettant de mettre en œuvre une gestion durable des sites naturels.

Ainsi, c'est dans la continuité de la démarche que nous avons entreprise, que le laboratoire Géomer souhaite exporter son expérience et sa méthodologie sur d'autres sites confrontés aux mêmes problématiques. Ces dernières s'appuyant sur la législation européenne relative aux directives « Oiseaux » et « Habitats », il apparaît que les sites Natura 2000 sont des champs d'investigation géographiques privilégiés pour leurs diversités aussi bien naturelles que culturelles ou socio-économiques et pour la nature de leurs interactions hommes/oiseaux.

Toujours dans le même esprit, nous souhaiterions pouvoir adapter notre méthodologie à d'autres espèces d'oiseaux et pourquoi pas à d'autres espèces animales. En l'état actuel, seuls les espaces naturels accueillant des populations d'oiseaux d'eau hivernants ou migrateurs semblent, pour l'instant, les plus à même d'en faire l'objet. En effet, la majorité des oiseaux d'eau que nous avons étudiés (notamment les charadriiformes et les ansériformes) présentent la caractéristique d'être des animaux grégaires dont l'habitat naturel est aisément reconnaissable car localisé géographiquement : des zones humides, des estuaires, des baies, etc. En privilégiant de telles espèces, la mise en œuvre de notre protocole, et notamment des analyses spatiales, s'en trouvait donc facilité. Toutes les espèces d'oiseaux ne pourraient pas faire l'objet d'une telle étude. Néanmoins, nous croyons que le protocole pourrait être adapté à des cas de figure particuliers notamment à certains sites de reproduction.

L'étude du dérangement d'autres espèces animales pourraient être également envisageable. En effet, notre implication sur le terrain ne demande pas une connaissance aussi pointue en biologie animale que ne l'aurait demandé une étude traditionnelle à un biologiste de formation. Rappelons encore une fois que notre démarche privilégie avant tout l'étude des causes du dérangement donc l'étude des activités humaines pouvant interférer avec la faune. Ainsi, il pourrait être intéressant d'exporter notre méthodologie à certaines espèces de mammifères dont les sites de repos, de reproduction, ou d'alimentation peuvent être tout aussi localisés géographiquement et sensibles au dérangement : phoques, dauphins, etc.

Enfin, dans le cadre d'une recherche appliquée et considérant que la fréquentation humaine des sites naturels doit faire l'objet d'une gestion durable mais aussi adaptative dans le temps, il apparaît enfin que notre démarche pourrait s'inscrire dans le cadre de la mise en place de suivis, donc d'observatoires de la fréquentation [Le Berre, 2008]. L'analyse des évolutions est un aspect essentiel des recherches en environnement. Pour notre étude, par exemple, l'analyse des interactions hommes/oiseaux constitue un apport de connaissance en soi pour des sites ornithologiques majeurs à l'échelle régionale et nationale. Mais celles-ci prendraient une toute autre dimension si l'on pouvait les réactualiser d'ici 5 à 10 ans afin de souligner les évolutions, de les mettre en relation avec d'éventuels nouveaux modes de fréquentation ou d'autres facteurs naturels ou anthropiques.

- Ahlund, M. et Götmark, F. (1989). Gull predation on eider ducklings *Somateria mollissima* : effects of human disturbance. *Biological Conservation*, n° 48, pp. 115-127.
- Augustin, J.-P. et Florin, D. (1994). Les pratiques d'activités sportives de bord de mer, éléments d'un questionnaire. In : Augustin, J.-P. (sous la dir.). *Surf atlantique. Les territoires de l'éphémère*. Maison des Sciences de l'Homme d'Aquitaine, Talence, pp. 205-210.
- Bargain, B., Cadiou, B. *et al.* (2008). Listes des oiseaux menacés et à surveiller en Bretagne. *Penn ar Bed*, n° 202, pp. 1-13.
- Bélanger, L. et Bédard, J. (1990). Energetic cost of man-induced disturbance to staging snow geese. *Journal of Wildlife Management*, vol. 54, n° 1, pp. 36-41.
- Blackmer, A.L., Ackerman, J.T., *et al.* (2004) Effects of investigator disturbance on hatching success and nest-site fidelity in a long-lived seabird, Leach's storm-petrel. *Biological Conservation*, n° 116, pp.141-148.
- Blanc, R., Guillemain, M., *et al.* (2006). Effects of non-consumptive leisure disturbance to wildlife. *Rev. d'Ecol. (Terre Vie)*, n° 61, pp. 117-133.
- Brigand, L., Fichaut, B., *et al.* (1998). *Archipel de Chausey. Etude de fréquentation*. Rapport Géosystèmes, Université de Bretagne Occidentale, Conservatoire du Littoral, Brest, 101 p.
- Brigand, L., Richez, G., *et al.* (2003). *Etude de fréquentation touristique des îles de Port-Cros et Porquerolles*. Rapport Laboratoire Géomer, IUEM, Université de Bretagne Occidentale, Université de Provence, Parc National de Port-Cros, Brest, 100 p.
- Brigand, L. et Le Berre, S. (2006). *Etude de fréquentation de l'archipel des îles Chausey*. Rapport Laboratoire Géomer, IUEM, Université de Bretagne Occidentale, Conservatoire du Littoral, Brest, 115 p.
- Brigand, L. Le Berre, S., Le Corre, N., *et al.* (2008). Connaître et suivre la fréquentation touristique. Une clé pour mieux gérer les espaces insulaires ? Actes du colloque international pluridisciplinaire « *Le littoral : subir, dire, agir* », Lille, France, 16-17-18 janvier 2008, 8 p.

- Burger, J. et Leonard, J. (2000). Conflict resolution in coastal waters : the case of personal watercraft. *Marine Policy*, vol 24, n° 1, pp. 61-67.
- Cadiou, B. (2002). *Les oiseaux marins nicheurs de Bretagne*. Edition Biotope, coll. Les Cahiers naturalistes de Bretagne, Mèze, 135 p.
- Cole, D. N. (2001). Visitor use density and wilderness experiences : a historical review of research. Actes du colloque « *Visitor use density and wilderness experience : proceedings* », US, Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Missoula, 1-2 juin 2000, pp. 11-20.
- Cornelius, C., Navarrete, S. A., *et al.* (2001). Effects of human activity on the structure of coastal marine bird assemblages in central Chile. *Conservation Biology*, vol. 15, n° 5, pp. 1396-1404.
- Evans, D. M. et Warrington, S. (1997). The effects of recreational disturbance on wintering waterbirds on a mature gravel pit lake near London. *Intern. J. Environmental Studies*, vol 53, n° 3, pp. 167-182.
- Féret, M., Gauthier, G., Béchet, A, Giroux, J.-F., Hobson, K.A., 2003. Effect of a spring hunt on nutrient storage by greater snow geese in southern Quebec. *Journal of Wildlife Management*, 67, 4, pp. 796-807.
- Finney, S. K., Pearce-Higgins, J. W., *et al.* (2005). The effects of recreational disturbance on an upland breeding bird, the golden plover *Pluvialis apricaria*. *Biological Conservation*, n° 121, pp. 53-63.
- Galicia, E. et Baldassarre, G. A. (1997). Effects of motorized tourboats on the behavior of nonbreeding american flamingos in Yucatan, Mexico. *Conservation Biology*, vol. 11, n° 5, pp. 1159-1165.
- Gill, J. A., Sutherland, W. J., *et al.* (1996). A method to quantify the effects of human disturbance on animal populations. *Journal of Applied Ecology*, vol 33, n° 4, pp. 786-792.
- Gillett, W. H., Hayward, J. L., *et al.* (1975). Effects of human activity on egg and chick mortality in a Glaucous-winged Gull colony. *The Condor*, vol. 4, n° 77, pp. 492-495.
- Holberton, R. L., Helmuth, B., *et al.* (1996). The corticosterone stress response in gentoo and king penguins during the non-fasting period. *The Condor*, vol. 98, n° 4, pp. 850-854.

- Jarvis, P. J. (2005). Reactions of animals to human disturbance, with particular reference to flight initiation distance. *Recent Res. Devel. Ecol.*, n° 3, pp. 1-20.
- Jeffery, R. G. et Scott, H. A. (2005). Breeding success of african oystercatchers *Haematopus moquini* at cape Agulhas, Western cape, from 1978/79 to 2001/02. *Ostrich*, n° 76, pp. 8-13.
- Keller, V. (1996). Effects and management of disturbance of waterbirds by human recreational activities : a review. *Gibier Faune Sauvage, Game Wildlife*, n° 13, pp. 1039-1047.
- Le Berre, S. (2008). *Les observatoires de la fréquentation, outils d'aide à la gestion des îles et des littoraux. Volume 1 : L'envers du décor*. Thèse de doctorat nouveau régime, Université de Bretagne Occidentale, Laboratoire Géomer, Brest, 341 p.
- Le Billan, R. (2007). *Interactions entre oiseaux d'eau et activités humaines*. Rapport interne, Réserve Naturelle de Séné, Séné, 70 p.
- Le Corre, N. (2004). *Impacts de la fréquentation sur l'écosystème et le sociosystème. Résultats d'une recherche bibliographique*. Rapport de stage, Université de Bretagne Occidentale, Conservatoire du littoral, Brest, 189 p.
- Le Corre, N., Brigand, L., Gélinaud, G. (2009). Bird disturbance on conservation sites in Brittany (France) : the standpoint of geographers. *Journal of Coastal Conservation*.
- Lepage, D., Gauthier, G., *et al.* (2000). Reproductive consequences of egg-laying decisions in Snow Geese. *J. Anim. Ecol.*, n° 69 : pp. 414-427.
- Madsen, J. (1995). Impacts of disturbance on migratory waterfowl. *Ibis*, n° 137, pp. 67-74.
- Mainguy, J., Bêty, J., *et al.* (2002). Are body condition and reproductive effort of laying greater snow geese affected by the spring hunt ? *The Condor*, n° 104 : pp. 156-162.
- Mathevet, R. et Poulin, B. (2006). From conservation biology to conservation geography. *Bull. Ass. Geog. Fr.*, n°3, pp. 341-354.
- MATE (2000). *Perturbation des oiseaux et Zones de Protection Spéciales*. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, Paris, 38 p.

- Mikola, J., Miettinen, M., *et al.* (1994). The effects of disturbance caused by boating on survival and behaviour of velvet scoter (*Melanitta fusca*) ducklings. *Biological Conservation*, vol 67, n° 2, pp. 119-124.
- Miller, S. G., Knight, R. L., *et al.* (1998). Influence of recreational trails on breeding bird communities. *Ecological Applications*, vol. 8, n° 1, pp. 162-169.
- Mounet, J.-P. (2000). L'impact des loisirs de nature sur le milieu humain. *Cahier Espaces*, n° 67, pp. 216-225.
- Mounet, J.-P., Nicollet, J.-P., *et al.* (2000). L'impact des activités sportives de nature sur l'environnement naturel. *Montagnes Méditerranéennes*, n° 11, pp. 67-76.
- Mounet, J.-P. (2004). *Sports de nature et environnement. Elaboration d'un instrument d'évaluation environnementale pour le Plan Départemental des Espaces, Sites et Itinéraires relatifs aux sports de nature de l'Ardèche*. Laboratoire SENS, Association Cohérence, Conseil général de l'Ardèche, 79 p.
- Peuziat, I. (2005). *Plaisance et environnement - Pratiques, représentations et impacts de la fréquentation nautique de loisir dans les espaces insulaires. Le cas de l'archipel de Glénan (France)*. Thèse de Géographie, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 344 p.
- Platteeuw, M. et Henkens, R. (1997). Possible impacts of disturbance to waterbirds : individuals, carrying capacity and populations. *Wildfowl*, n° 48, pp. 225-236.
- Quan, R. C. Xianji, W., *et al.* (2002). Effects of human activities on migratory waterbirds at Lashihai Lake, China. *Biological Conservation*, n° 108, pp. 273-279.
- Riddington, R., Hassal, M., *et al.* (1996). The impact of disturbance on the behaviour and energy budgets of Brent Geese *Branta b. bernicla*. *Bird Study*, vol. 43, n° 3 pp. 269-279.
- Romero, M. et Remage-Healey, L. (2000). Daily and seasonal variation in response to stress in captive starlings (*sturnus vulgaris*) : corticosterone. *General and Comparative Endocrinology*, vol 119, n° 1 pp. 52-59.
- Scott, G. W., Niggebrugge, A. R., *et al.* (1996). Avian habituation to recreational disturbance on the North Yorkshire coast. *Naturalist*, vol 121, n° 1016, pp. 11-15.

- Steidl, R. J. et Anthony, R. G. (2000). Experimental effects of human activity on breeding bald eagles. *Ecological Applications*, vol. 10, n° 1, pp. 258-268.
- Stillman, R. A., West, A. D., *et al.* (2007). Predicting the effect of disturbance on coastal birds. *Ibis*, n° 149, pp. 73-81.
- Tamisier, A., Béchet, A., *et al.* (2003). Effets du dérangement par la chasse sur les oiseaux d'eau. *Rev. d'Ecol. (Terre Vie)*, n° 58, p. 435-449.
- Triplet, P. et Schricke, V. (1998). Les facteurs de dérangement des oiseaux d'eau : synthèse bibliographique des études abordant ce thème en France. *Bulletin mensuel de l'Office national de la chasse*, n° 235, pp. 20-27.
- Triplet, P., Sournia, A., *et al.* (2003). Activités humaines et dérangements : l'exemple des oiseaux d'eau. *Alauda*, vol. 71, n° 3, pp. 305-316.
- Triplet, P., Mequin, N., *et al.* (2007). Prendre en compte la distance d'envol n'est pas suffisant pour assurer la quiétude des oiseaux en milieu littoral. *Alauda*, vol. 75, n° 3, pp. 237-242.
- Verhulst, S., Oosterbeek, K., *et al.* (2001). Experimental evidence for effects of human disturbance on foraging and parental care in oystercatchers. *Biological Conservation*, vol 101, n° 3, pp. 375-380.
- Webb, N. V. et Blumstein, D. T. (2005). Variation in Human Disturbance Differentially Affects Predation Risk Assessment in Western Gulls. *The Condor*, n° 107, pp. 178-181.
- Weimerskirch, H., Shaffer, S. A., *et al.* (2002). Heart rate and energy expenditure of incubating wandering albatrosses : basal levels, natural variation, and the effects of human disturbance. *The Journal of Experimental Biology*, vol 205, n° 4, pp. 475-483.