

# Les Limicoles hivernants sur le littoral Nord - Pas-de-Calais : vers une typologie d'occupation de l'espace en lien avec les ressources alimentaires

CÉLINE ROLET, NICOLAS SPILMONT, ALAIN WARD et CHRISTOPHE LUCZAK

## Résumé

A partir des données de recensements annuels à la mi-janvier, pour le Wetlands International, sur la période 1988-2013, la distribution spatiale des Limicoles hivernant sur les zones intertidales (plages et estuaires) de la région Nord – Pas-de-Calais est analysée à une échelle globale et spécifique afin de : (1) caractériser leur répartition spatiale sur les différents secteurs du littoral, (2) rechercher une éventuelle typologie géographique de la présence des différentes espèces, (3) coupler leur distribution spatiale avec celles de leurs proies (macrofaune benthique) pour évaluer si cette distribution est liée à la disponibilité de leurs ressources alimentaires et (4) identifier de potentiels secteurs à enjeu de conservation. Durant cette période de suivi, 84 % des effectifs moyens (1988-2013) sont observés sur 6 principaux sites : baies de Canche et d'Authie, plages adjacentes à ces deux estuaires, plages de Dunkerque à la frontière belge, plage des Hemmes de Marck et Avant-Port-Ouest de Dunkerque. Ces sites présentent également les ressources alimentaires les plus importantes nous permettant d'affirmer que la répartition spatiale des Limicoles, de manière globale ou spécifique, est liée à celle des ressources disponibles, mais aussi à celle de leurs proies préférentielles. Cependant, il apparaît que ces sites présentent des fonctionnalités d'accueil différentes. Les deux baies (Authie et Canche), les plages qui leur sont adjacentes et celle des Hemmes de Marck sont les secteurs accueillant chaque année des effectifs importants de Limicoles et sont ainsi qualifiés de « hot-spot ». Le littoral dunkerquois (plages et Avant-Port-Ouest de Dunkerque) accueille un nombre important d'oiseaux uniquement lors de vagues de froid et sont de ce fait des « zones refuges ». Les autres sites accueillent, quant à eux, un faible nombre de Limicoles (< 600 individus) avec des fluctuations inter-annuelles peu marquées et peuvent ainsi être qualifiés de « zones secondaires » pour le stationnement et l'alimentation des Limicoles hivernants. De ce fait, des mesures de gestion et de conservation apparaissent primordiales pour maintenir la forte valeur patrimoniale des principaux sites d'intérêt ornithologique à l'échelle régionale, telle que la plage des Hemmes de Marck aujourd'hui menacée par la construction de nouvelles infrastructures dans le cadre du projet Calais 2015.

## Wintering shorebirds on the Nord - Pas-de-Calais coast: spatial distribution as function of food resources

### Summary

Using data from mid-January annual surveys (Wetlands International over the period 1988-2013), the spatial distribution of wintering shorebirds in intertidal areas (beaches and estuaries) on the Nord - Pas-de-Calais coastline was analysed at a global and a specific scale: to (1) characterise their spatial distribution, (2) search for a possible geographical typology in the different species occupancies, (3) combine their spatial distribution with those of their preys (benthic macrofauna) to assess whether there is a relationship between distribution and food resources availability and (4) identify potential areas of conservation issues. Over the study period (1988-2013), 84% of mean counted birds were observed on 6 main sites: the Canche and Authie estuaries, the beaches adjacent to these two estuaries, the beaches from Dunkerque to the Belgian border, the Hemmes de Marck beach and the western harbour of Dunkerque. These sites also held the most important food resources (i.e. benthic macrofauna) and we showed that spatial distribution of both total and specific shorebird abundances were linked to the available resources, but also to their preferred prey locations. However, it appeared that the functional importance of these sites was different. Estuaries (Authie and Canche) and their adjacent beaches, and the Hemmes de Marck beach are 'hot-spot' because these areas host a large number of shorebirds every year. A large number of birds are observed on the Dunkerque coastline (beaches and western harbour), but only during cold winters and are thereby described as «refuge areas». Other sites host a small number of shorebirds (<600 individuals) with slightly marked inter-annual fluctuations and appeared to be «minor areas» for staging and wintering shorebirds at this scale. Therefore, management and conservation issues appear essential to maintain the strong heritage of the main sites of ornithological interest at the regional scale, especially the Hemmes de Marck beach now threatened by the construction of new harbour infrastructures.

**Mots-clés :** Limicoles hivernants, répartition, plages, estuaires, ressources alimentaires, Nord – Pas-de-Calais.

**Key words:** Wintering shorebirds, distribution, beaches, estuaries, food resources, Nord – Pas-de-Calais coastline.

## Introduction

Les plages et estuaires, représentant environ 70 % du littoral mondial (MCLACHLAN & BROWN, 2006), ont un rôle majeur d'accueil et de nourricerie pour de nombreux organismes et notamment pour les oiseaux Limicoles. En effet, ces zones leur procurent à la fois un lieu de stationnement et des ressources alimentaires composées essentiellement d'invertébrés (vers, crustacés et mollusques) vivant enfouis dans le sable et la vase formant la macrofaune benthique. Ces proies leur sont uniquement disponibles autour de la marée basse (VAN DE KAM *et al.*, 2004). La distribution spatiale des Limicoles sur le littoral est ainsi fortement influencée par la répartition de leurs proies (PRATER, 1981 ; MCLUSKY & ELLIOTT, 2004), notamment lors des périodes d'hivernage et des haltes migratoires pré et post-nuptiales (PIERSMA *et al.*, 1993). Durant ces périodes, l'abondance et la diversité des Limicoles présents sur les estrans sableux et vaseux (plages et estuaires correspondant à la zone dite intertidale) dépendent tant de la biomasse disponible en invertébrés

benthiques (MOREIRA, 1997 ; Newton & BROWKIE, 1998), que de la superficie intertidale réellement accessible pour s'alimenter (PONSERO *et al.*, 2012), des perturbations anthropiques (FLAMANT *et al.*, 2005 ; SCHLACHER *et al.*, 2013 ; MARTIN *et al.*, 2014) et de l'existence de reposoirs à proximité (VAN GILS *et al.*, 2006).

La connaissance des sites de stationnement et des communautés macrobenthiques\* qui s'y trouvent est donc primordiale pour (a) tenter de caractériser dans l'espace les relations trophiques macrofaune (proies)/Limicoles (prédateurs) (PRATER, 1981) afin de (b) comprendre la distribution des Limicoles entre les différents écosystèmes littoraux tout en (c) prenant en compte d'autres facteurs explicatifs comme les dérangements pour (d) estimer la capacité d'accueil d'un site, qui correspond au nombre maximal d'oiseaux qu'une zone particulière peut accueillir à une période donnée de l'année en termes de ressource alimentaire (GOSS-CUSTARD *et al.*, 2002 ; GOSS-CUSTARD, 2012).

Les côtes françaises de la façade Atlantique/Manche/mer du Nord, situées sur la voie de migration Est-Atlantique (East Atlantic flyway), entité biogéographique englobant les côtes atlantiques de l'Europe (avec le Groenland) et de l'Afrique de l'Ouest (SMIT & PIERSMA, 1989), accueillent environ 600 000 Limicoles chaque année (DECEUNINCK & MAHÉO, 2000). Bien que le littoral de la région Nord – Pas-de-Calais ne fasse pas partie des grandes zones de stationnement privilégiées pour les Limicoles hivernants en France (MARZEC & LUCZAK, 2005), il accueille toutefois en moyenne près de 9000 oiseaux à la mi-janvier (MARZEC & LUCZAK, 2005 ; MAHÉO & LE DRÉAN-QUÉNEC'H DU, 2013). Une première étude sur la période 1988-2003 (MARZEC & LUCZAK, 2005) avait mis en évidence que ce littoral, composé de vastes étendues sableuses (plages et estuaires), de par sa situation entre de grandes zones de stationnement et d'hivernage (baie de Somme, baie de Seine et baie du Mont Saint-Michel au sud et estuaire de l'Escaut et mer des Wadden au nord), présentait un certain potentiel pour l'accueil d'oiseaux en période d'hivernage, mais surtout, il constituait un secteur de refuge en cas d'hiver très rigoureux, notamment pour l'Huîtrier pie *Haematopus ostralegus* (CAMPHUYSEN *et al.*, 1996). Cette première étude ne concernait que l'avifaune, et aucune relation entre les effectifs recensés et les ressources alimentaires potentielles, en tant que phénomène explicatif, n'avait été recherchée.

Les objectifs de cette étude, correspondant aux points (a) et (b) ci-dessus, sont :

- (1) d'analyser la répartition spatiale des Limicoles hivernants (abondances moyennes) de la baie d'Authie à la frontière belge ;
- (2) de rechercher une éventuelle typologie géographique des sites pour les différentes espèces (certains secteurs sont-ils privilégiés par certaines espèces ?) ;
- (3) de coupler la répartition spatiale des Limicoles (prédateurs) avec celle de la macrofaune benthique (proies) afin d'évaluer si la distribution des Limicoles hivernant à l'échelle du littoral Nord – Pas-de-Calais est liée à la répartition et à la disponibilité des ressources alimentaires ;
- (4) d'identifier de potentiels secteurs privilégiés à enjeu de conservation majeur le long du littoral de la région Nord – Pas-de-Calais.

## Matériels et méthodes

### Sites d'étude

Le littoral Nord – Pas-de-Calais s'étend sur 140 km de côtes depuis BRAY-DUNES (frontière belge) jusqu'à la baie d'Authie. Les estrans sont majoritairement constitués de zones sableuses avec la présence de quelques platiers rocheux et de deux principaux estuaires, dits de « type picard », situés au sud de la région : la baie de Canche (800 ha) et la baie d'Authie (1300 ha). Le littoral est fortement urbanisé (Observatoire de la biodiversité, 2011) et impacté par les activités principalement récréatives qui s'y développent et par la présence de trois grandes agglomérations portuaires spécialisées : DUNKERQUE (industries et transport de fret), CALAIS (transport de passagers) et BOULOGNE-SUR-MER (pêche) (DEWARUMEZ *et al.*, 2002).

### Recensements des Limicoles

Depuis les années 70, les recensements des Limicoles à la mi-janvier sont coordonnés par le Groupe ornithologique et naturaliste du Nord – Pas-de-Calais (GON) dans le cadre du Wetlands International Census (ex-BIROE). Les dénombrements ont lieu sur 27 sites du littoral Nord - Pas-

de-Calais dont seulement 19 sont localisés en zone intertidale (plages et estuaires). Seize sites sont retenus pour cette étude (figure 1) car ils couvrent la totalité de la zone d'étude (i.e. région Nord - Pas-de-Calais) avec des recensements réguliers (tableau 1).

**Tableau 1.**- Noms et codes des 16 sites recensés sur le littoral Nord - Pas-de-Calais avec le nombre d'années de recensements, l'abondance moyenne des Limicoles avec l'écart type ( $\pm$  SD) et le nombre d'espèces recensées - Names and codes, number of counts (years), mean abundances of wintering shorebirds with standard deviation ( $\pm$  SD) and number of listed species for the 16 counting sites located on the "Nord - Pas-de-Calais" coastline.

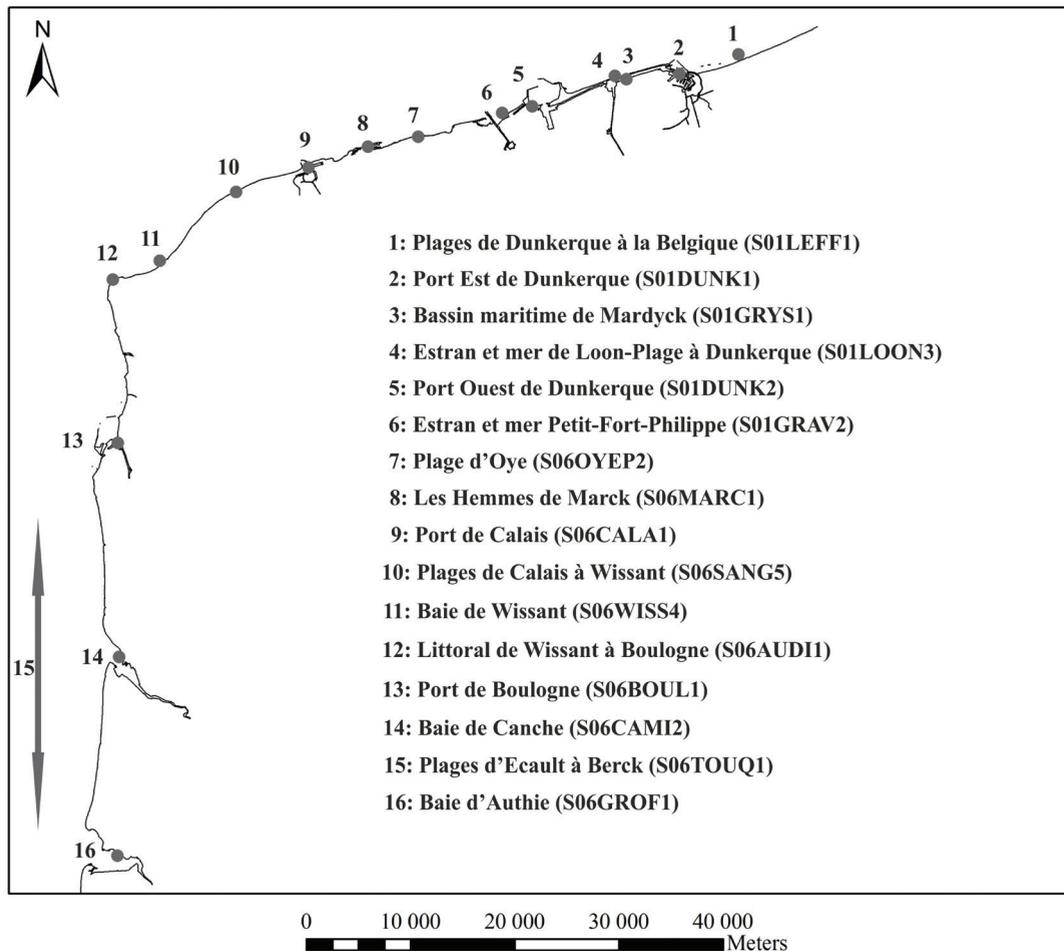
	Sites	Codes	Nombres de comptages (années)	Abondances moyennes $\pm$ SD	Nombres d'espèces recensées
1	Plages de DUNKERQUE à la frontière belge	S01LEFF1	17	1310 $\pm$ 3576	9
2	Port Est de DUNKERQUE	S01DUNK1	22	195 $\pm$ 379	12
3	Bassin maritime de Mardyck	S01GRYS1	15	50 $\pm$ 52	9
4	Estran et mer de LOON-PLAGE à DUNKERQUE	S01LOON3	18	262 $\pm$ 702	11
5	Port Ouest de DUNKERQUE	S01DUNK2	26	778 $\pm$ 2415	11
6	Estran et mer de PETIT-FORT-PHILIPPE	S01GRAV2	14	160 $\pm$ 342	6
7	Plage d'OYE	S06OYEP2	10	371 $\pm$ 460	7
8	Les Hemmes de MARCK	S06MARC1	23	934 $\pm$ 695	11
9	Port de CALAIS	S06CALA1	12	29 $\pm$ 18	9
10	Plages de CALAIS à WISSANT	S06SANG5	13	102 $\pm$ 116	8
11	Baie de WISSANT	S06WISS4	7	54 $\pm$ 45	7
12	Littoral de WISSANT à BOULOGNE	S06AUDI1	21	242 $\pm$ 269	11
13	Port de BOULOGNE	S06BOUL1	18	65 $\pm$ 115	11
14	Baie de Canche	S06CAMI2	26	2172 $\pm$ 1982	13
15	Plages d'Ecault à BERCK	S06TOUQ1	13	1213 $\pm$ 909	6
16	Baie d'Authie	S06GROF1	25	1836 $\pm$ 1187	13

Les données utilisées dans le cadre de cette étude couvrent la période 1988-2013 soit 26 ans. L'abondance moyenne des Limicoles ( $\pm$  écart-type\* noté SD exprimant la dispersion autour de la moyenne donc l'intensité des fluctuations) a été calculée et cartographiée pour chaque site afin de mettre en évidence ceux ayant le plus fort taux de fréquentation en période d'hivernage au cours de la période d'étude (1988-2013). Le nombre d'espèces de Limicoles recensées dans chacun des sites a également été noté.

Pour chacun des sites recensés, la proportion des espèces de Limicoles retenues ainsi que leurs abondances moyennes ont été calculées et cartographiées afin d'analyser leur répartition spatiale spécifique à l'échelle du littoral Nord - Pas-de-Calais. Les espèces suivantes ont été retenues (infra) : Huïtrier pie *Haematopus ostralegus*, Bécasseau variable *Calidris alpina*, Bécasseau sanderling *Calidris alba*, Courlis cendré *Numenius arquata*, Grand Gravelot *Charadrius hiaticula*, Tournepiere à collier *Arenaria interpres*, Pluvier argenté *Pluvialis squatarola* et Bécasseau maubèche *Calidris canutus*.

### Les communautés macrobenthiques des sédiments meubles du littoral Nord - Pas-de-Calais

Les communautés macrobenthiques ont été déterminées et cartographiées (ROLET *et al.*, 2014 ; ROLET *et al.*, 2015) à partir de l'échantillonnage de 358 stations, réparties régulièrement sur les plages et estuaires de l'ensemble du littoral Nord - Pas-de-Calais (depuis la frontière belge jusqu'à la baie d'Authie incluse). Les prélèvements ont été réalisés entre 1998 et 2012 principalement en fin d'hiver-début de printemps. Un total de 205 stations a été échantillonné sur les plages, 75 en



**Figure 1.-** Localisation des 16 sites de recensements à la mi-janvier des Limicoles hivernants (sites Wetlands International) sur le littoral Nord - Pas-de-Calais (numéro, lieu et code du site). La flèche représente le site de recensement n°15 (plages d'Ecault à Berck S06TOUQ1) - Map of the "Nord - Pas-de-Calais" coastline showing the location of the 16 sites (Wetlands International sites) covered by the mid-January counts of wintering shorebirds (number, area and code of the area). The arrow represents the counting site n°15 (Beaches from Ecault to Berck S06TOUQ1).

baie de Canche et 78 en baie d'Authie. A chaque station, la macrofaune a été prélevée à l'aide d'un carottier d'une surface de  $1/40^e$  de  $m^2$  sur une profondeur de 30 cm. L'échantillon a ensuite été tamisé sur mailles carrées de 1 mm. La macrofaune a été triée au laboratoire et les individus récoltés ont été identifiés jusqu'à l'espèce à chaque fois que cela a été possible (exception faite des Oligochètes, Némertes et Nématodes) puis dénombrés. La biomasse (masse de matière organique des organismes benthiques) de chaque espèce a été calculée par la méthode du poids sec libre de cendres (ICES, 1986) et cette biomasse est exprimée en  $g/m^2$ .

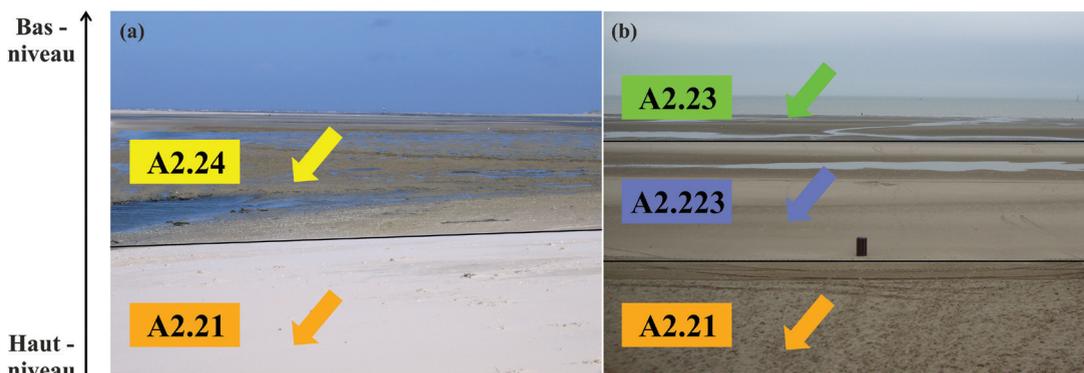
Quatre communautés macrobenthiques ont pu être définies grâce aux analyses statistiques (ROLET *et al.*, 2014), puis caractérisées et décrites selon la classification d'habitats EUNIS (niveaux 4 et 5 : CONNOR *et al.*, 2004 ; DAVIES *et al.*, 2004) et finalement cartographiées à l'échelle du littoral Nord - Pas-de-Calais (ROLET *et al.*, 2014 ; ROLET *et al.*, 2015). Ces quatre communautés sont :

- (1) la zone de dessiccation ou zone de sable sec (EUNIS A2.21) située en haut de plage ;
- (2) la communauté des sables fins à moyens intertidaux à Amphipodes et *Scolecipis spp.* (EUNIS A2.223) localisée sur toutes les plages de la région y compris dans les baies (Canche et Authie) mais absente des zones portuaires ; on la retrouve à partir des hauts niveaux de plage, faisant suite à la zone de dessiccation, jusqu'à la limite des basses mers de mortes-eaux ; elle couvre 30,5  $km^2$  de zone intertidale ;

(3) la communauté des sables fins intertidaux dominés par les Polychètes et Amphipodes (EUNIS A2.23) est située sur toutes les plages du littoral y compris aux embouchures des baies de Canche et d'Authie mais elle est absente des zones portuaires ; elle est caractéristique des bas niveaux de l'estran et s'étend vers la zone subtidale\* et couvre 56 km<sup>2</sup> de zone intertidale ;

(4) la communauté des sables envasés intertidaux dominés par les Polychètes et Bivalves (A2.24) est présente dans les fonds des baies d'Authie et de Canche et le long des chenaux de ces deux rivières ; on la retrouve également dans les hauts niveaux de deux plages de la région : les Hemmes de MARCK et PETIT-FORT-PHILIPPE. Elle couvre 12,75 km<sup>2</sup> de la zone intertidale ; trois sous-communautés (au niveau 5 de la classification EUNIS) ont pu être mises en évidence respectivement dans les moyens niveaux de la zone intertidale de l'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE, les hauts niveaux d'une partie de la plage du Casino de OYE-PLAGE et dans les bas niveaux des ports de DUNKERQUE et BOULOGNE-SUR-MER.

Ces différentes zones sur les plages et estuaires sont très souvent identifiables sur le terrain par une simple lecture du paysage (figure 2).



**Figure 2.** Identification sur le terrain des différentes communautés macrobenthiques. (a) Estuaire de la Canche avec la « zone de dessiccation » (A2.21) et la communauté des sables envasés intertidaux à Polychètes et Bivalves (A2.24 ; © C. LUCZAK) et (b) Plage de Zuydcoote avec la « zone de dessiccation » (A2.21), la communauté des sables fins à moyens intertidaux à Amphipodes et *Scolecipis* spp. (A2.223) et la communauté des sables fins intertidaux dominés par les Polychètes et Amphipodes (A2.23 ; © C. ROLET). La flèche représente les différentes zones observées depuis le haut vers le bas de la zone intertidale - Field identification of the different macrobenthic communities. (a) The Canche estuary with the "Strandline" (A2.21) and the Polychaete/Bivalve-dominated muddy sand shores community (A2.24 ; © C. LUCZAK). (b) Zuydcoote beach with the "Strandline" (A2.21), the Amphipods and *Scolecipis* spp. in littoral medium-fine sand community (A2.223) and the Polychaete/Amphipod-dominated fine sand shores community (A2.23 ; © C. ROLET). The arrow symbolises the different areas observed from the upper to the lower shore.

## Les relations Limicoles - macrofaune benthique

Pour l'étude des relations entre les Limicoles (prédateurs) et leurs ressources alimentaires potentielles, à savoir la macrofaune benthique (proies), trois espèces de Limicoles ont été ôtées des analyses : l'Avocette élégante du fait des effectifs très réduits (0,01 % de l'abondance totale) et de son mode d'alimentation de type « faucheur/sabrage » pour reprendre la terminologie de GÉROUDET (2008), le Bécasseau violet et le Tournepierre à collier se nourrissant principalement sur substrats rocheux (VANERMEN *et al.*, 2006 ; GÉROUDET, 2008 ; GODET, 2008).

Afin de tester l'existence d'une éventuelle relation « proie/prédateur » dans un cadre spatial, une corrélation a été recherchée entre la biomasse macrobenthique (en g/m<sup>2</sup>) et les effectifs moyens des Limicoles (tableau 1) à l'échelle du littoral Nord - Pas-de-Calais (corrélation de Pearson ; LEGENDRE & LEGENDRE, 2012). Cette analyse a été effectuée sur 12 sites pour lesquels des données de biomasse macrobenthique étaient disponibles (tableau 2).

## Résultats

### Effectifs et répartition spatiale

Dix-huit espèces de Limicoles ont été recensées en hivernage sur la période 1988-2013 sur les plages et estuaires du Nord - Pas-de-Calais (tableau 3). Entre 6 et 13 espèces différentes ont été dénombrées par site au cours de la période d'étude (tableau 1). Sur 16 sites recensés, 84 % des effectifs moyens sont concentrés dans les 6 principaux secteurs qui dépassent la moyenne

**Tableau 2.-** Correspondance entre les sites de recensements des Limicoles hivernants et ceux des prélèvements de macrofaune benthique (noms des communes). Sont indiquées pour chaque site, la biomasse moyenne (g/m<sup>2</sup>) ± écart-type (SD) de la macrofaune benthique sur l'intégralité du site, de la communauté A2.223 « Sables fins à moyens intertidaux à Amphipodes et *Scolecopsis spp* », de la communauté A2.23 « Sables fins intertidaux dominés par les Polychètes et Amphipodes » et de la communauté A2.24 « Sables envasés intertidaux dominés par les Polychètes et Bivalves » de chaque site. Le signe '-' correspond à l'absence de données pour la biomasse macrobenthique sur le site et/ou à l'absence de la communauté macrobenthique dans le site - Counting sites of wintering shorebirds and correspondence with benthic macrofauna sites (cities). Mean biomass (g/m<sup>2</sup>) ± standard deviation (SD) of benthic macrofauna for each site, for the "Amphipods and *Scolecopsis spp.* in littoral medium-fine sand community" (A2.223) of each site, for the "Polychaete/Amphipod-dominated fine sand shores community" (A2.23) of each site and for the "Polychaete/Bivalve-dominated muddy sand shores community" (A2.24) of each site. '-' corresponds to the absence of macrobenthic biomass data on the site and/or the absence of the macrobenthic community on the site.

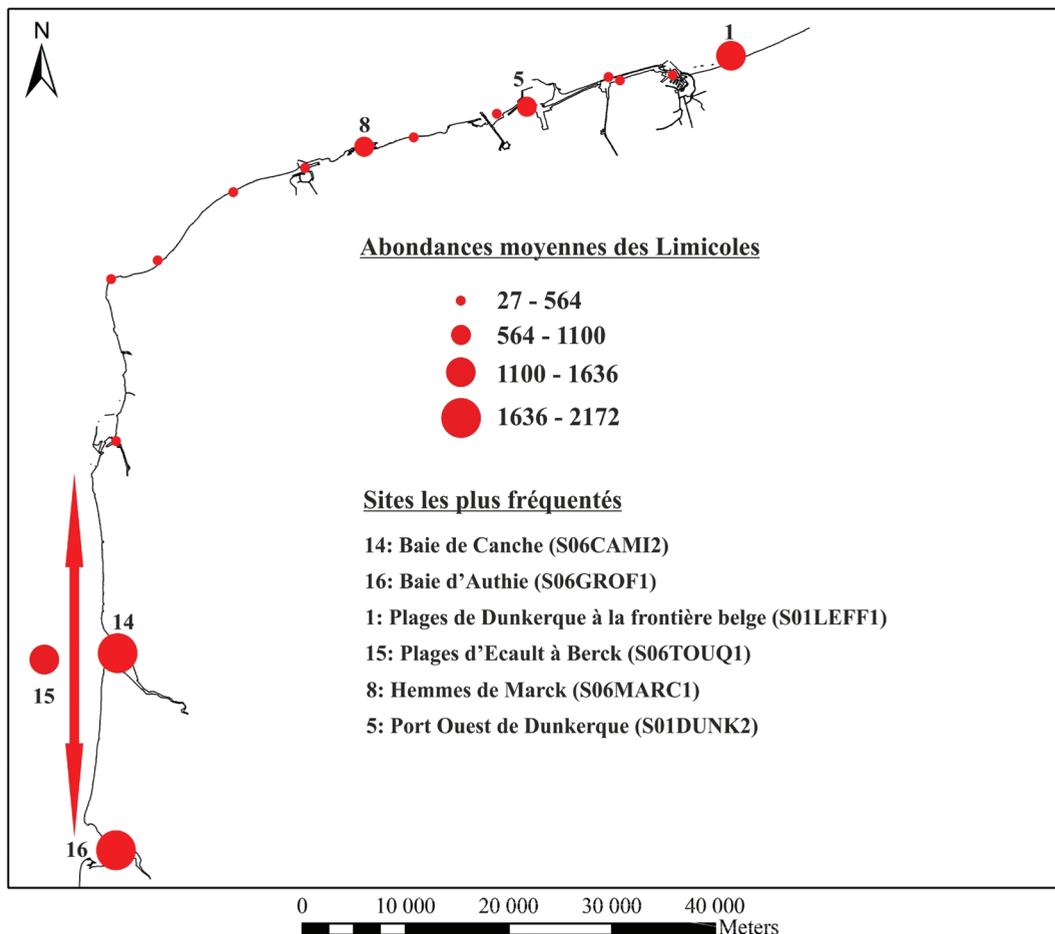
Sites à Limicoles		Sites à macrofaune benthique	Biomasses moyennes macrofaune ± SD (g/m <sup>2</sup> )			
			globale	en A2.223	en A2.23	en A2.24
1	S01LEFF1	Plages de BRAY-DUNES et ZUYDCOOTE	13,13 ± 22,89	1,34 ± 0,32	25,26 ± 28,80	-
2	S01DUNK1	-	-	-	-	-
3	S01GRYS1	-	-	-	-	-
4	S01LOON3	DUNKERQUE (digue du Braek)	0,75 ± 0,47	0,75 ± 0,41	0,75 ± 0,71	-
5	S01DUNK2	Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE	16,29 ± 9,74	-	-	16,29 ± 9,74
6	S01GRAV2	Plage de PETIT-FORT-PHILIPPE	4,66 ± 7,22	1,15 ± 0,85	1,63 ± 1,16	9,56 ± 10,08
7	S06OYEP2	Plage d'OYE-PLAGE	2,67 ± 5,46	3,82 ± 7,01	1,73 ± 2,84	-
8	S06MARC1	Hemmes de MARCK	3,94 ± 5,98	1,48 ± 1,82	3,24 ± 4,67	8,66 ± 8,48
9	S06CALA1	-	-	-	-	-
10	S06SANG5	Plages de WISSANT, ESCALLES, SANGATTE, et BLÉRIOT-PLAGE	2,57 ± 8,48	0,40 ± 0,54	4,98 ± 12,21	-
11	S06WISS4	Plages de TARDINGHEN et WISSANT	0,46 ± 0,50	0,22 ± 0,17	0,74 ± 0,63	-
12	S06AUDI1	Plages de WISSANT, TARDINGHEN, AUDRESSELLES, AMBLETEUSE, WIMEREUX et BOULOGNE-SUR-MER	1,85 ± 3,15	2,44 ± 4,06	1,26 ± 1,49	-
13	S06BOUL1	-	-	-	-	-
14	S06CAMI2	Baie de Canche	20,04 ± 24,69	3,16 ± 1,86	40,02 ± 68,13	50,18 ± 61,87
15	S06TOUQ1	Plages d'EQUIHEN-PLAGE, HARDELLOT, SAINTE-CÉCILE, LE TOUQUET, STELLA-PLAGE, MERLIMONT et BERCK	4,81 ± 11,27	2,54 ± 2,25	10,10 ± 17,84	-
16	S06GROF1	Baie d'Authie	24,72 ± 80,16	1,79 ± 1,66	17,65 ± 23,85	33,68 ± 98,92

par site sur toute la période, soit 611 individus - moyenne des abondances du tableau 1 : la baie de Canche avec une moyenne de 2 172 (± 1 982) individus, la baie d'Authie avec 1 836 (± 1 187) individus, les plages de DUNKERQUE à la frontière belge avec 1 310 (± 3 576) individus, les plages adjacentes aux deux baies (ECAULT à BERCK) avec 1 213 (± 909) individus, la plage des Hemmes de MARCK avec 934 (± 695) individus et l'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE avec 778 (± 2 415) individus (figure 3 ; tableau 1). Si on s'intéresse aux fluctuations d'abondance d'une année à l'autre au cours de la période 1988-2013 pour ces 6 sites (évaluées par l'écart-type ; figure 4), des fluctuations inter-annuelles importantes sont observées pour deux secteurs de la région dunkerquoise où les écarts-types sont largement supérieurs au nombre moyen d'individus : les plages de DUNKERQUE à la frontière belge (S01LEFF1) avec 1 310 ± 3 576 individus et l'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE (S01DUNK2) avec 778 ± 2 415 individus (tableau 1). Pour les quatre autres sites, le nombre moyen de Limicoles et l'écart-type sont proches démontrant une certaine constance du nombre de Limicoles observés chaque année au cours de la période 1988-2013 (figure 4).

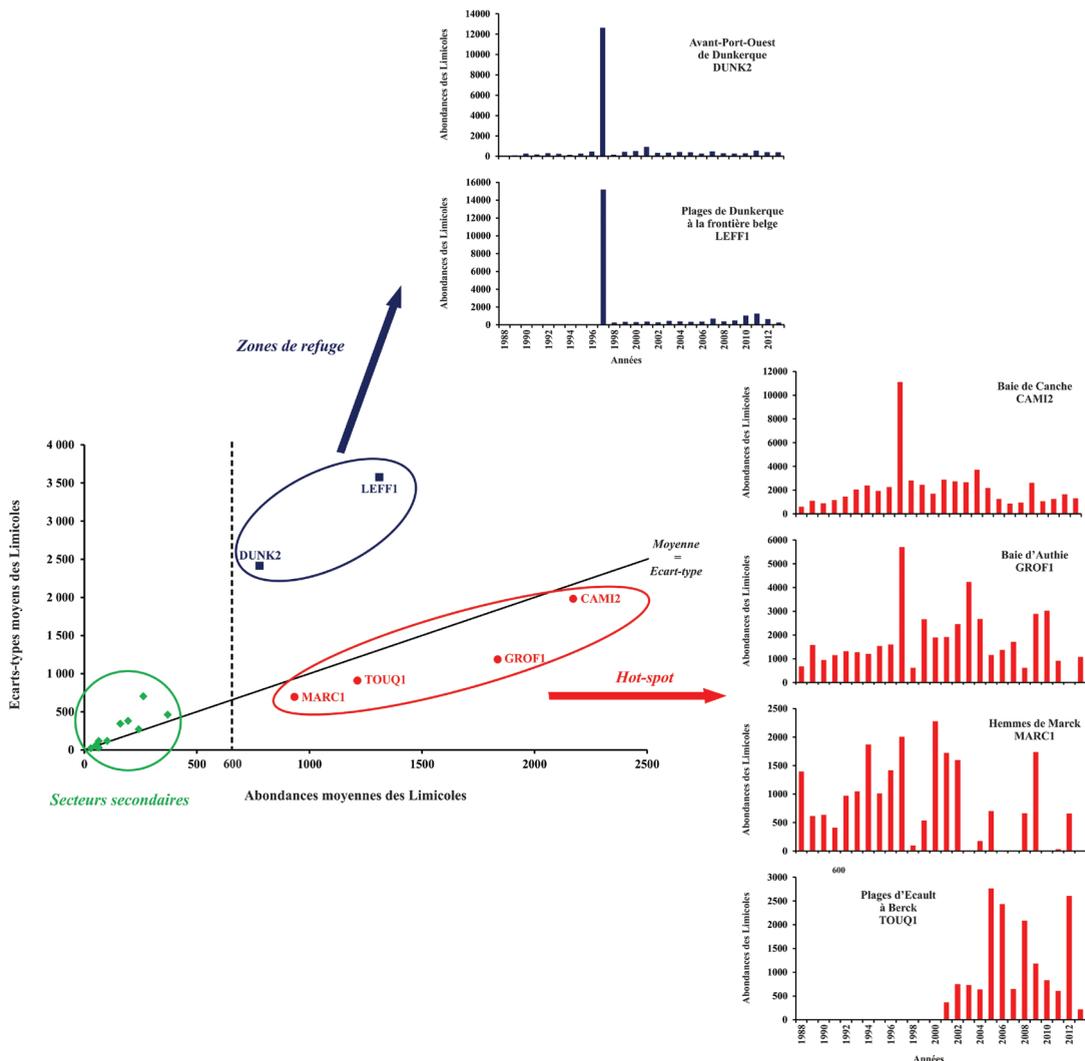
A l'échelle régionale, 3 espèces dominantes regroupent presque 89 % des effectifs moyens totaux (figure 5) : le Bécasseau variable (39,7 %), l'Huîtrier pie (29,2 %), et le Bécasseau sanderling (9,4 %). Quatre espèces ont leurs effectifs régionaux supérieurs à 1 % : le Courlis cendré (5 %), le Grand Gravelot (2,4 %), le Tournepiere à collier (1,6 %) et le Pluvier argenté (1,2 %) ; les

**Tableau 3.-** Liste des 18 espèces de Limicoles rencontrées lors des recensements « wetlands » de la mi-janvier sur le littoral Nord - Pas-de-Calais au cours de la période 1988-2013 - List of the 18 shorebird species encountered on the Nord – Pas-de-Calais coastline over the 1988-2013 period during the mid-winter counts.

Espèces de Limicoles recensées			
Noms communs	Noms latins	Noms communs	Noms latins
Avocette élégante	<i>Recurvirostra avosetta</i>	Chevalier culblanc	<i>Tringa ochropus</i>
Barge à queue noire	<i>Limosa limosa</i>	Chevalier gambette	<i>Tringa totanus</i>
Barge rousse	<i>Limosa lapponica</i>	Courlis cendré	<i>Numenius arquata</i>
Bécasseau maubèche	<i>Calidris canutus</i>	Grand Gravelot	<i>Charadrius hiaticula</i>
Bécasseau minute	<i>Calidris minuta</i>	Gravelot à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i>
Bécasseau sanderling	<i>Calidris alba</i>	Huitrier pie	<i>Haematopus ostralegus</i>
Bécasseau variable	<i>Calidris alpina</i>	Petit Gravelot	<i>Charadrius dubius</i>
Bécasseau violet	<i>Calidris maritima</i>	Pluvier argenté	<i>Pluvialis squatarola</i>
Chevalier arlequin	<i>Tringa erythropus</i>	Tournepièrre à collier	<i>Arenaria interpres</i>



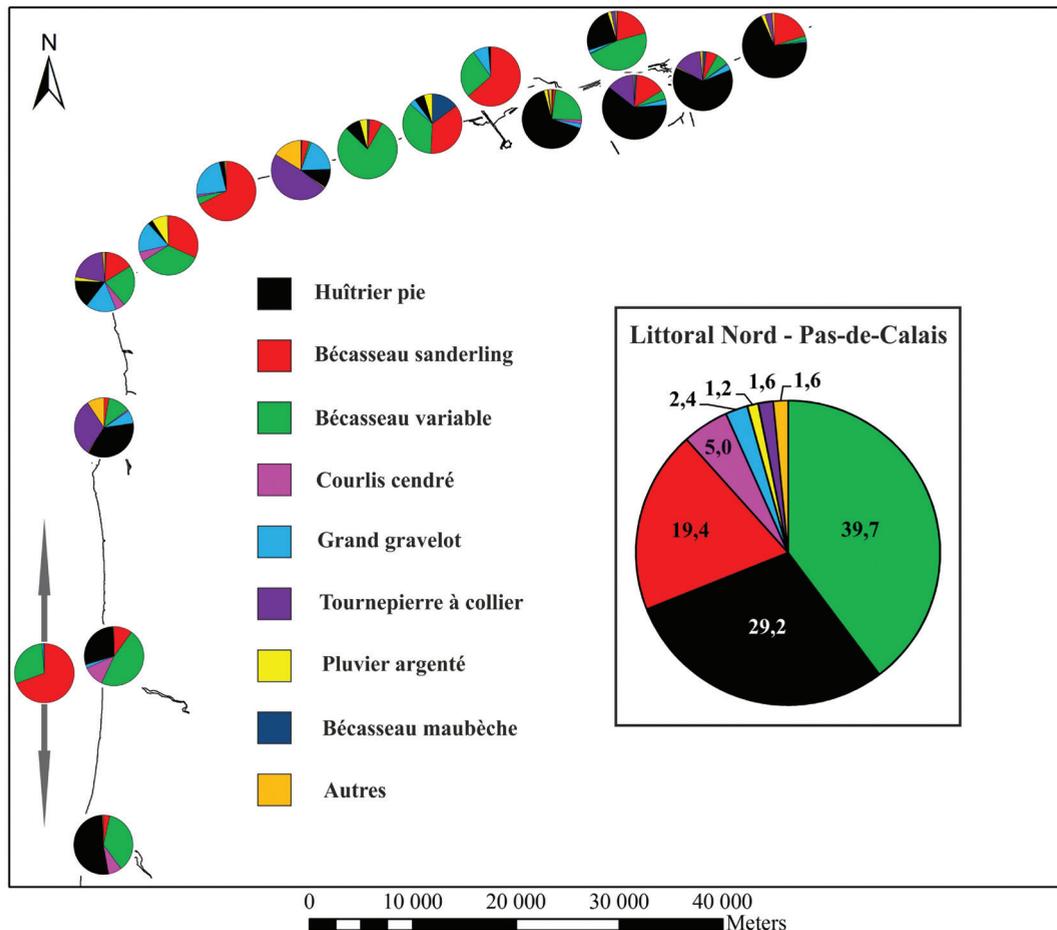
**Figure 3.-** Abondances moyennes des Limicoles hivernants à l'échelle du littoral Nord - Pas-de-Calais sur la période 1988-2013. Les sites les plus fréquentés sont cités par ordre décroissant. La flèche représente le site de recensement n°15 (Plages d'Ecault à Berck S06TOUQ1) - Bubble plot of the mean abundances of wintering shorebirds over the 1988-2013 period at the "Nord - Pas-de-Calais" scale. The most popular sites are listed in descending order. The arrow represents the counting site n°15 (Beaches from Ecault to Berck S06TOUQ1).



**Figure 4.-** Relation entre l'abondance moyenne et l'écart-type moyen des Limicoles. Le cercle bleu foncé les sites « refuge » et le cercle vert les sites où les abondances sont relativement constantes au cours du temps (secteurs secondaires). La droite noire symbolise la bissectrice (la moyenne est égale à l'écart-type). Les graphiques rouges correspondent aux abondances des Limicoles pour les zones « hot-spot » sur la période 1988-2013 et les graphiques bleus aux abondances des Limicoles pour les « zones de refuge » pour la même période. Le trait noir sépare les sites où le nombre moyen de Limicoles est inférieur ou supérieur à 600 individus (correspondant au nombre moyen de Limicoles à l'échelle du littoral) - Relationships between mean abundance and standard deviation of wintering shorebirds. The red ring represents the « hot-spot » sites, the dark blue ring the "refuge" sites and the green ring the sites where abundances are low and constant over the studied period (secondary sites). The black line symbolises the first bisectrix (mean is equal to standard deviation). Red graphs correspond to abundances of wintering shorebirds in the « hot-spot » areas over the 1988-2013 period and dark blue graphs correspond to abundances of wintering shorebirds in the "refuge" areas over the same period. The vertical black line separates the sites with a mean number of shorebirds inferior/superior to 600 individuals (corresponding of the mean number of shorebirds at the global scale).

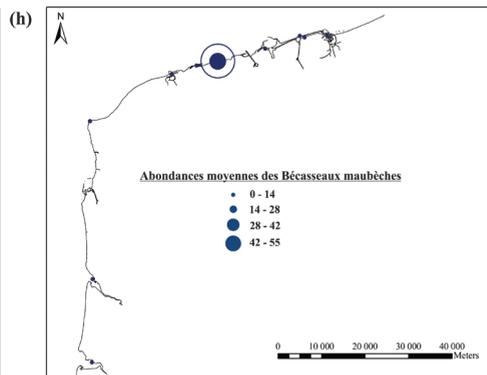
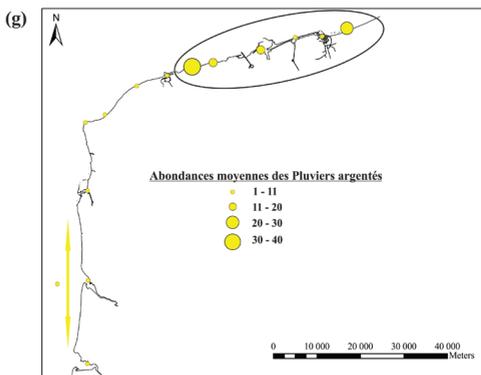
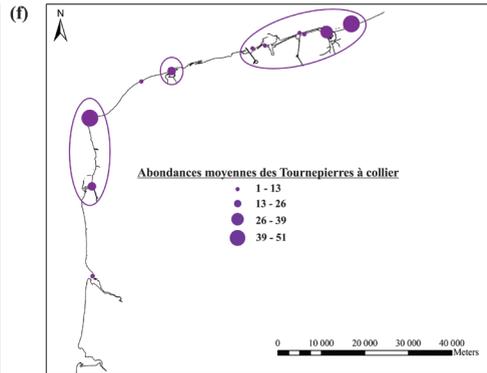
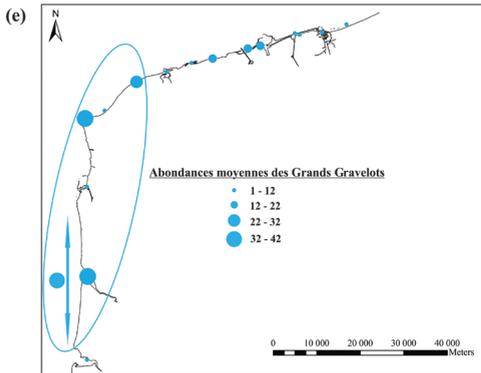
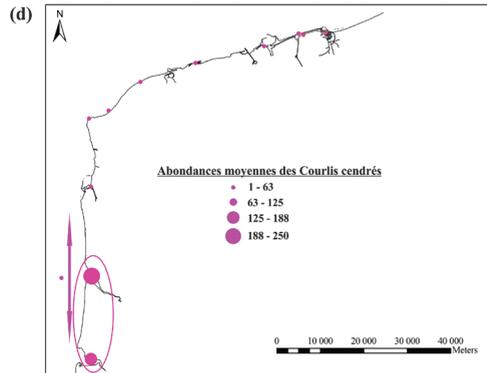
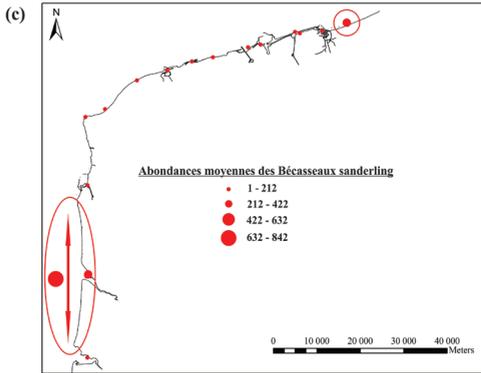
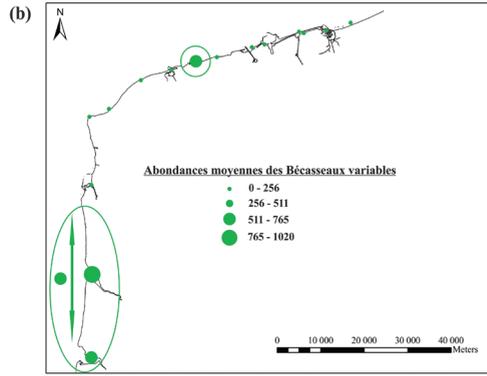
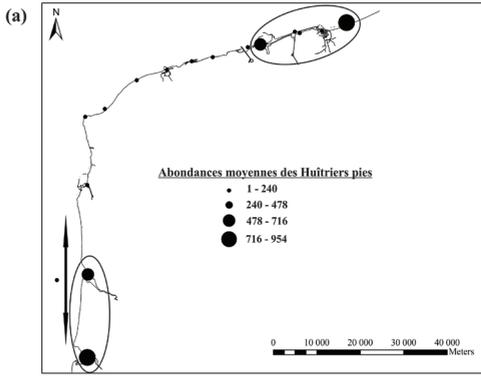
11 autres espèces présentes (i.e. Avocette élégante *Recurvirostra avosetta* ; Barge à queue noire *Limosa limosa* ; Barge rousse *Limosa lapponica* ; Bécasseau maubèche *Calidris canutus* ; Bécasseau minute *Calidris minuta* ; Bécasseau violet *Calidris maritima* ; Chevalier arlequin *Tringa erythropus* ; Chevalier culblanc *Tringa ochropus* ; Chevalier gambette *Tringa totanus* ; Gravelot à collier interrompu *Charadrius alexandrinus* et Petit Gravelot *Charadrius dubius*) représentent seulement 1,6 % des effectifs moyens totaux (figure 5).

Les différents sites régionaux sont également caractérisés par la dominance de certains groupes d'espèces (figure 5). La plupart des zones portuaires (le port Est de DUNKERQUE, le bassin maritime



**Figure 5.-** Proportion de chaque espèces dominantes de Limicoles hivernant sur l'ensemble du littoral et sur chacun des sites de la région Nord - Pas-de-Calais : Huîtrier pie *Haematopus ostralegus*, Bécasseau sanderling *Calidris alba*, Bécasseau variable *Calidris alpina*, Courlis cendré *Numenius arquata*, Grand Gravelot *Charadrius hiaticula*, Tournepieuvre à collier *Arenaria interpres*, Pluvier argenté *Pluvialis squatarola*, Bécasseau maubèche *Calidris canutus* et autres Limicoles : Avocette élégante *Recurvirostra avosetta* ; Barge à queue noire *Limosa limosa* ; Barge rousse *Limosa lapponica* ; Bécasseau minute *Calidris minuta* ; Bécasseau violet *Calidris maritima* ; Chevalier arlequin *Tringa erythropus* ; Chevalier culblanc *Tringa ochropus* ; Chevalier gambette *Tringa totanus* ; Gravelot à collier interrompu *Charadrius alexandrinus* et Petit Gravelot *Charadrius dubius* - Dominant species (%) wintering on the whole coastal area and on each site of the "Nord - Pas-de-Calais" coastline : Oystercatcher, Sanderling, Dunlin, Curlew, Ringed plover, Ruddy turnstone, Grey plover, Red knot and other shorebird species: Avocet ; Black-tailed godwit ; Bar-tailed godwit ; Little stint ; Purple sandpiper ; Spotted redshank ; Green sandpiper ; Common redshank ; Kentish plover and Little ringed plover.

de Mardyck et le port de BOULOGNE-SUR-MER) présentent une proportion importante d'Huîtriers pies et de Tournepieuvres à collier, espèces auxquelles se rajoute le Grand Gravelot pour le port de CALAIS. L'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE et les deux estuaires (Canche et Authie) sont dominés en proportion par l'Huîtrier pie, les Bécasseaux variable et sanderling et par le Courlis cendré. Les grandes plages sableuses adjacentes à ces deux estuaires (plages d'Ecault à BERCK) accueillent principalement les Bécasseaux sanderling et variable, auxquels vient s'ajouter le Grand Gravelot pour d'autres plages de la région (plage de PETIT-FORT-PHILIPPE, plages de CALAIS à WISSANT, baie de WISSANT). Le secteur entre CALAIS et l'embouchure de l'Aa (Hemmes de MARCK et OYE-PLAGE) est caractérisé par les trois espèces de Bécasseaux, l'Huîtrier pie et le Pluvier argenté alors que les plages du littoral dunkerquois le sont par deux principales espèces : l'Huîtrier pie et le Bécasseau sanderling. Les plages de BOULOGNE-SUR-MER jusqu'au cap Gris-Nez et celles allant de LOON-PLAGE à DUNKERQUE sont caractérisées quant à elles par la dominance relative de quatre espèces : Bécasseaux variable et sanderling, Huîtrier pie et Tournepieuvre à collier.



**Figure 6.** - Abondances moyennes des 8 principales espèces de Limicoles hivernant sur le littoral Nord - Pas-de-Calais : (a) Huitrier pie *Haematopus ostralegus*, (b) Bécasseau variable *Calidris alpina*, (c) Bécasseau sanderling *Calidris alba*, (d) Courlis cendré *Numenius arquata*, (e) Grand Gravelot *Charadrius hiaticula*, (f) Tournepierre à collier *Arenaria interpres*, (g) Pluvier argenté *Pluvialis squatarola*, (h) Bécasseau maubèche *Calidris canutus*. La flèche représente le site de recensement n°15 (Plages d'Ecault à BERCK S06TOUQ1). Les bulles représentent les secteurs où l'espèce est la plus abondante - Mean abundances of the 8 main shorebird species wintering on the "Nord - Pas-de-Calais" coastline : (a) Oystercatcher, (b) Dunlin, (c) Sanderling, (d) Curlew, (e) Ringed plover, (f) Ruddy turnstone, (g) Grey plover, (h) Red knot. The arrow represents the counting site n°15 (Beaches from Ecault to BERCK S06TOUQ1). Bubbles represent the sites where the species is the most abundant.

La distribution spatiale quantitative détaillée de chaque espèce montre que les effectifs moyens les plus importants d'Huitriers pies sont notés dans le nord de la région (littoral dunkerquois et Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE) et au sein des deux estuaires picards (Canche et Authie ; figure 6a). Le Bécasseau variable présente une répartition homogène sur le littoral, avec toutefois des effectifs plus importants aux Hemmes de MARCK, dans les baies de Canche et d'Authie et sur les plages adjacentes à ces deux estuaires (figure 6b). Le Bécasseau Sanderling, présent également sur tout le littoral, domine sur les plages sableuses (plages adjacentes aux baies, plages du littoral dunkerquois) et en baie de Canche, mais cette espèce présente des effectifs beaucoup plus faibles dans les zones portuaires (figure 6c). Le Courlis cendré occupe principalement en hiver le sud de la région : les baies de Canche et d'Authie (figure 6d). Le Grand Gravelot est présent sur tout le littoral avec les effectifs les plus importants entre BERCK et CALAIS (figure 6e). Le Tournepierre à collier est principalement recensé dans ou à proximité des zones portuaires (DUNKERQUE, CALAIS et BOULOGNE-SUR-MER) mais également sur des plages entre BOULOGNE-SUR-MER et le cap Gris-Nez et entre DUNKERQUE et la frontière belge (figure 6f). Le Pluvier argenté ainsi que le Bécasseau maubèche sont principalement localisés sur les plages à l'est de CALAIS (Hemmes de MARCK, Platier d'OYE et littoral dunkerquois ; figures 6g et 6h).

### Relations macrofaune benthique - Limicoles (proies – prédateurs)

Afin de tester si les effectifs importants de Limicoles étaient fonction de la ressource alimentaire disponible, la biomasse macrobenthique moyenne ( $g/m^2$  ; tableau 2) des différents secteurs littoraux a été mise en relation avec le nombre moyen de Limicoles hivernants à la mi-janvier. Une relation significative a été obtenue à l'échelle du Nord - Pas-de-Calais (R de Pearson = 0.84 ;  $p < 0.001$  ; figure 7). Cette relation montre que 71 % de la typologie de répartition des Limicoles hivernants à l'échelle du littoral Nord - Pas-de-Calais est expliquée par la répartition des ressources alimentaires potentielles (figure 7). Ce résultat nous permet d'affirmer que la répartition des Limicoles hivernant sur les zones intertidales de la région Nord - Pas-de-Calais est liée à la ressource alimentaire potentielle.

Cela signifie que les sites les plus fréquentés (par toutes les espèces de Limicoles confondues, à l'exception de l'Avocette élégante, du Bécasseau violet et du Tournepierre à collier) sont ceux présentant les biomasses macrobenthiques les plus élevées (figure 7) : les baies de Canche (S06CAMI2) et d'Authie (S06GROF1), l'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE (S01DUNK2) et les plages du littoral dunkerquois (S01LEFF1). De plus, les secteurs comportant trois communautés macrobenthiques différentes, donc une diversité de communautés d'invertébrés plus grande, semblent avoir les effectifs moyens de Limicoles les plus importants (figure 7). A titre d'exemple, les baies de Canche et d'Authie, ayant les effectifs moyens de Limicoles hivernants les plus élevés, possèdent 3 communautés macrobenthiques distinctes : la communauté des sables envasés intertidaux dominés par les Polychètes et Bivalves (A2.24), la communauté des sables fins à moyens intertidaux à Amphipodes et *Scolecopsis spp.* (A2.223) et la communauté des sables fins intertidaux dominés par les Polychètes et Amphipodes (A2.23). D'autres secteurs, composés de deux communautés macrobenthiques (i.e. A2.223 et A2.23), comme les plages de DUNKERQUE à la frontière belge (S01LEFF1) et les plages adjacentes aux deux baies (S06TOUQ1), présentent également des biomasses macrobenthiques importantes par rapport aux autres sites (par exemple la plage d'OYE et les plages entre le cap Gris-Nez et CALAIS) présentant pourtant les mêmes communautés (figure 7). En effet, pour ces deux secteurs (S01LEFF1 et S06TOUQ1), la communauté des sables fins intertidaux dominés par les Polychètes et Amphipodes (A2.23) présentent des biomasses élevées en invertébrés benthiques ( $25,26 \pm 28,80$  et  $10,10 \pm 17,84$   $g/m^2$  respectivement ; tableau 2) ; biomasses importantes dues à la présence de nombreux Mollusques

Bivalves : les espèces *Macoma balthica* et *Donax vittatus* (photos a et b) qui peuvent de ce fait attirer potentiellement plus de Limicoles hivernants. Quant à l'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE, la présence exclusive de la communauté sablo-vaseuse (A2.24) et une biomasse en invertébrés benthiques élevée, semble également attirer les Limicoles en hivernage.

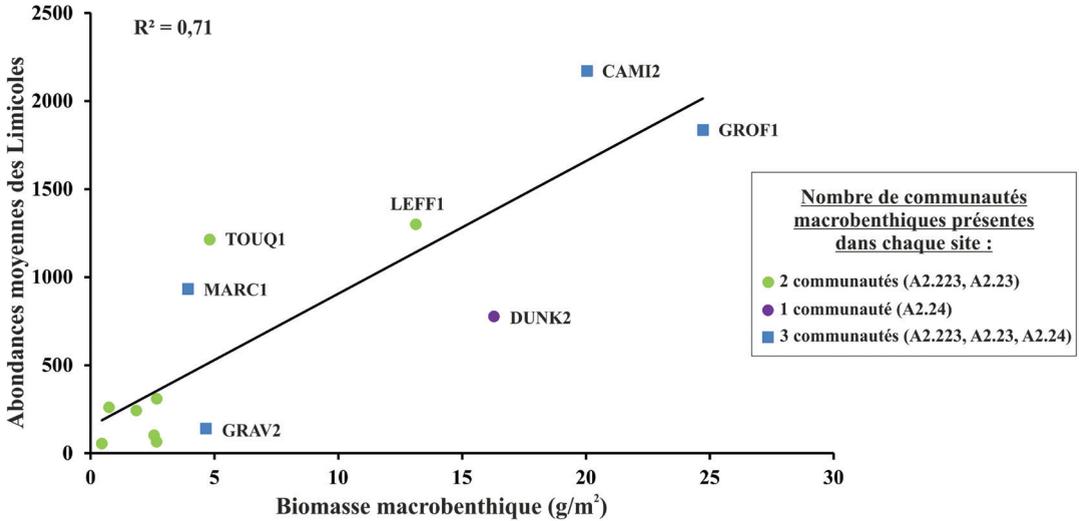


Figure 7.- Relations entre l'abondance moyenne des Limicoles et la biomasse macrobenthique moyenne (g/m²). La couleur des points représente le nombre de communautés macrobenthiques présentes sur les sites de recensements : 2 communautés (vert), 1 communauté (violet) et 3 communautés (bleu). La droite de régression linéaire est symbolisée en noir et le coefficient de détermination R² vaut 0,71 - Relationships between mean abundances of wintering shorebirds and the mean macrobenthic biomass (g/m²). The color of points represents the number of macrobenthic communities listed on the counting sites : two communities (green), one community (purple) and three communities (blue). The linear regression is symbolised in black and the coefficient of determination R² is equal to 0.71.



Photos a et b.- Mollusques Bivalves (a) *Donax vittatus* - da Costa, 1778 (22-23 mm) et (b) *Macoma balthica* - Linnaeus, 1758 (12-13 mm) - Molluscs Bivalves (a) *Donax vittatus* - da Costa, 1778 (22-23 mm) and (b) *Macoma balthica* - Linnaeus, 1758 (12-13 mm) © C. LUCZAK.

### Discussion

Entre 1988 et 2013, dix-huit espèces de Limicoles ont été dénombrées sur le littoral de la région Nord - Pas-de-Calais (de la baie d'Authie à la frontière belge, tableau 3), représentant 67 % de la diversité observée à l'échelle nationale (27 espèces ; DECEUNINCK & MAHÉO, 2000 ; MAHÉO & LE DRÉAN-QUÉNEC'H DU, 2013). Parmi elles, 7 espèces (tableau 4 sauf le Bécasseau maubèche) représentent 98,5 % des effectifs régionaux au cours de la période étudiée et 3 espèces (Bécasseau variable, Huître pie et Bécasseau sanderling) dominent numériquement (89 % des effectifs). Le Bécasseau variable et l'Huître pie sont également les deux espèces les plus dénombrées dans d'autres secteurs littoraux de la Manche, notamment en baie de Somme (SUEUR *et al.*, 2003), en baie du Mont Saint-Michel (LE MAO *et al.*, 2006) et en baie de

Saint-Brieuc (PONSERO & LE MAO, 2011). L'attraction du littoral du Nord - Pas-de-Calais pour les Limicoles hivernants peut varier sensiblement d'une année à l'autre. Certaines années, il peut être reconnu d'importance nationale pour : l'Huîtrier pie, le Tournepierrre à collier, le Grand Gravelot, le Courlis cendré et le Bécasseau sanderling (MAHÉO & LE DRÉAN-QUÉNEC'H DU, 2013) et voire même d'importance internationale avec plus de 1 % de la population de la voie migratoire Est-Atlantique pour l'Huîtrier pie (DELANY *et al.*, 2009). Situé à proximité de sites internationalement reconnus pour l'hivernage tels que le littoral picard pour les Bécasseaux variable, sanderling et maubèche et les côtes belges pour le Tournepierrre à collier (DEVOS, 2008 ; DELANY *et al.*, 2009), le littoral de la région présente également un certain potentiel d'accueil pour ces 4 espèces. Il faut cependant noter que les effectifs du Bécasseau maubèche restent faibles à l'échelle régionale avec 0,93 % des effectifs totaux régionaux alors que sur les côtes françaises, la sous-espèce *Calidris canutus islandica* représente 9 % de la population hivernante de la voie Est-Atlantique, en restant toutefois concentrée sur 6 sites (BOCHER *et al.*, 2012).

La répartition spatiale des Limicoles n'est pas homogène à l'échelle régionale. Certains secteurs sont privilégiés en période d'hivernage notamment le littoral dunkerquois, l'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE, la plage des Hemmes de MARCK, les baies de Canche et d'Authie ainsi que les plages adjacentes à ces deux baies. Cette fréquentation plus élevée est due en premier lieu à d'importantes ressources alimentaires et donc à de potentielles proies disponibles pour les Limicoles dans ces sites. Ce résultat est conforme à de nombreuses autres études ayant montré que l'abondance, la diversité et la composition spécifique des Limicoles présents dans la zone intertidale dépendent étroitement de sa biomasse en invertébrés benthiques (PRATER, 1981 ; MCLUSKY & ELLIOTT, 2004 ; PONSERO *et al.*, 2012). Les secteurs du littoral Nord - Pas-de-Calais présentant de fortes biomasses d'invertébrés benthiques, variant de 3,94 à 24,72 g/m<sup>2</sup>, jouent un rôle important en permettant de subvenir aux besoins énergétiques accrus des Limicoles en hivernage sur le littoral (PIERSMA, 1990 ; VAN DE KAM *et al.*, 2004). De plus, trois de ces sites (les baies de Canche et d'Authie et la plage des Hemmes de MARCK) sont également caractérisés par la présence d'une diversité importante des communautés macrobenthiques (3 communautés différentes), avec notamment la présence de la communauté des sables envasés à Polychètes et Bivalves (A2.24) connue pour abriter une faune d'invertébrés benthiques importante et être attractive pour de nombreux Limicoles (ROLET *et al.*, 2015). En effet, cette communauté sablo-vaseuse présente les biomasses macrobenthiques moyennes les plus élevées de la région, avec un minimum de 8,66 g/m<sup>2</sup> aux Hemmes de MARCK et un maximum de 50,18 g/m<sup>2</sup> en Baie de Canche (tableau 2). Le secteur de PETIT-FORT-PHILIPPE possède également ces trois communautés macrobenthiques et une biomasse disponible importante (4,66 g/m<sup>2</sup> à l'échelle du site et 9,56 g/m<sup>2</sup> à l'échelle de la communauté sablo-vaseuse A2.24), mais il semble toutefois délaissé par les Limicoles hivernants ; les explications les plus probables de cette sous-occupation sont, d'une part, la petite surface de plage de ce site qui ne peut accueillir qu'un nombre restreint d'oiseaux, et d'autre part, sa localisation en milieu aménagé (digue, base nautique...) qui engendre des dérangements très fréquents (LUCZAK, observation personnelle). L'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE, comportant seulement une communauté macrobenthique mais de nature sablo-vaseuse (i.e. la communauté des sables envasés intertidaux à Polychètes et Bivalves (A2.24) sous deux faciès : la communauté des sables envasés intertidaux à *Cerastoderma edule* et Polychètes - A2.242 et la communauté des sables intertidaux à *Lanice conchilega* - A2.245), possède une biomasse macrobenthique moyenne très importante de 16,29 g/m<sup>2</sup> (tableau 2), lui permettant d'être attractif en termes de ressources alimentaires pour les Limicoles en halte migratoire et en hivernage sur le littoral. Pour ce site de l'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE, la surface n'est pas très importante, mais sa fréquentation par les Limicoles y est élevée à la différence de ce qui se passe sur le site de PETIT-FORT-PHILIPPE (supra), ce qui tendrait à confirmer que c'est bien l'impact anthropique qui est le facteur limitant.

Deux autres sites, les plages d'Ecault à BERCK (S06TOUQ1) et de DUNKERQUE à la frontière belge (S01LEFF1), présentent deux communautés macrobenthiques distinctes de nature sableuse (A2.223 et A2.23) et apparaissent également fortement fréquentés par les Limicoles hivernants. En effet, contrairement aux autres secteurs de plages sableuses où les biomasses

**Tableau 4.-** Proies (espèces macrobenthiques) par ordre de préférence pour les principales espèces de Limicoles et communautés EUNIS où sont trouvées les proies : A1 « Substrat rocheux », A2.21 « Zone de dessiccation », A2.223 « Sables fins à moyens intertidaux à Amphipodes et *Scolecipis spp* », communauté A2.23 « Sables fins intertidaux dominés par les Polychètes et Amphipodes » et communauté A2.24 « Sables envasés intertidaux dominés par les Polychètes et Bivalves ». Les données concernant les proies potentielles proviennent de la littérature : CRAMP & SIMMONS, 1983 ; LUCZAK *et al.*, 2001 ; DEL HOYO *et al.*, 1996 ; GEROUDET, 2008 - Preys (macrobenthic species) in order of preference for the main wintering species shorebirds and the EUNIS communities where the preys are found : A1 "Littoral rock", A2.21 "Strandline", A2.223 "Amphipods and *Scolecipis spp.* in littoral medium-fine sand community", A2.23 "Polychaete/Amphipod-dominated fine sand shores community" and A2.24 "Polychaete/Bivalve-dominated muddy sand shores community". Data of potential preys provide from the literature: CRAMP & SIMMONS, 1983 ; LUCZAK *et al.*, 2001 ; DEL HOYO *et al.*, 1996 ; GEROUDET, 2008

Limicoles	Proies préférentielles	Communautés EUNIS
<b>Bécasseau maubèche</b>	<i>Macoma balthica</i>	A2.24, A2.23, A2.223
	<i>Cerastoderma edule</i>	A2.24, A2.23, A2.223
	<i>Peringia ulvae</i>	A2.24
	Amphipodes et Polychètes	A2.24, A2.23, A2.223
<b>Bécasseau sanderling</b>	<i>Scolecipis squamata</i>	A2.223, A2.23
	Amphipodes et Isopodes	A2.223, A2.23, A2.24
	<i>Peringia ulvae</i>	A2.24
<b>Bécasseau variable</b>	<i>Hediste diversicolor</i>	A2.24
	<i>Nephtys spp</i>	A2.23, A2.223
	<i>Peringia ulvae</i>	A2.24
	<i>Macoma balthica</i> et <i>Cerastoderma edule</i> juvéniles	A2.24, A2.23
	Polychètes et Amphipodes	A2.24, A2.23, A2.223
<b>Courlis cendré</b>	<i>Hediste diversicolor</i>	A2.24
	<i>Arenicola marina</i>	A2.24, A2.23, A2.223
	<i>Nephtys spp</i>	A2.23, A2.223
	<i>Macoma balthica</i>	A2.24, A2.23
	<i>Cerastoderma edule</i>	A2.24
	<i>Carcinus maenas</i>	A2.24, A2.23
<b>Grand Gravelot</b>	Amphipodes et Isopodes	A2.223, A2.23, A2.24
	Polychètes ( <i>Capitellidae</i> et <i>Spionidae</i> )	A2.223, A2.23, A2.24
	<i>Peringia ulvae</i>	A2.24
	<i>Macoma balthica</i>	A2.23, A2.24
<b>Huîtrier pie</b>	<i>Cerastoderma edule</i>	A2.24, A2.23, A2.223
	<i>Macoma balthica</i>	A2.24, A2.23, A2.223
	<i>Mytilus edulis</i>	A1
	<i>Hediste diversicolor</i>	A2.24
	<i>Nephtys spp</i>	A2.23, A2.223
	<i>Arenicola marina</i>	A2.24, A2.23, A2.223
	<i>Scolecipis squamata</i>	A2.23, A2.223
<b>Pluvier argenté</b>	<i>Hediste diversicolor</i>	A2.24
	<i>Nephtys spp</i>	A2.23, A2.223
	<i>Arenicola marina</i>	A2.24, A2.23, A2.223
	<i>Macoma balthica</i>	A2.24, A2.23, A2.223
	<i>Cerastoderma edule</i>	A2.24, A2.23, A2.223
	<i>Peringia ulvae</i>	A2.24
	<i>Corophium spp</i>	A2.24, A2.223
<b>Tournepie à collier</b>	Crustacés (Amphipodes et crabes)	A1, A2.223, A2.23
	Balanes	A1
	Polychètes ( <i>Eulalia viridis</i> )	A1
	<i>Mytilus edulis</i>	A1
	Insectes	A1, A2.21

en invertébrés benthiques restent relativement faibles au sein de la communauté des sables fins à Polychètes et Amphipodes (A2.23) qui est localisée en bas de plage, celles obtenues pour ces deux secteurs sont importantes (10,10 g/m<sup>2</sup> pour les plages d'Ecault à BERCK et 25,26 g/m<sup>2</sup> pour les plages de DUNKERQUE à la frontière belge ; tableau 2). Ce résultat s'explique par la présence de nombreux Mollusques Bivalves des espèces *Donax vittatus* et *Macoma balthica* (photos a et b) dans les échantillons, mais également observées en abondance sur le terrain (ROLET, observation personnelle) ; ces deux espèces procurent une ressource alimentaire énergétique importante pour les Limicoles (ZWARTS, 1996 ; VAN DE KAM *et al.*, 2004). Une particularité des plages d'Ecault à BERCK est leur localisation adjacente aux baies de Canche et d'Authie, sites les plus fréquentés du littoral ; elles servent de ce fait probablement de zone secondaire de nourrissage pour les oiseaux fréquentant ces deux estuaires, et même de zone majeure pour le Bécasseau sanderling connu pour apprécier ces plages extérieures aux estuaires (PRATER & DAVIES, 1978 ; FULLER, 1982).

La mise en perspective de l'ensemble des résultats permet d'identifier de potentiels secteurs à enjeu de conservation majeur le long du littoral de la région Nord - Pas-de-Calais. Les sites présentent ainsi des fonctionnalités d'accueil différentes (figure 4) :

- quatre sites accueillent un nombre important de Limicoles hivernants chaque année et tout au long de la période étudiée (1988-2013) : il s'agit des baies de Canche (S06CAMI2) et d'Authie (S06GROF1), des plages adjacentes à ces deux baies (S06TOUQ1) et des Hemmes de MARCK (S06MARC1) ; ces sites peuvent être qualifiés de « hot-spot » ;
- deux autres sites, les plages de Dunkerque à la frontière belge (S01LEFF1) et l'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE (S01DUNK2), apparaissent plus fréquentés lors de certains hivers très froids comme en 1996/1997 où le nombre de Limicoles présents, constitué majoritairement d'Huîtres pies, a été très important (15 145 Limicoles comptés sur les plages de DUNKERQUE à la frontière belge et 12 590 Limicoles à l'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE) ; ces sites peuvent être qualifiés de « zones de refuge » ;
- les autres sites du littoral présentent, quant à eux, un nombre de Limicoles moyen inférieur à 600 individus (nombre moyen d'individus par site sur toute la période) en période d'hivernage et des fluctuations inter-annuelles peu marquées ; ces sites peuvent être qualifiés de « secteurs secondaires ».

D'un point de vue spécifique, la répartition des Limicoles diffère également selon les secteurs.

Le Bécasseau variable, ayant une répartition homogène sur l'ensemble du littoral, présente cependant des effectifs plus importants dans certains sites qu'il fréquente préférentiellement : les deux estuaires (Canche et Authie) et les Hemmes de MARCK où est présente la communauté sablo-vaseuse caractérisée par des Polychètes et Bivalves (A2.24 selon la classification EUNIS). En effet, ce Limicole est connu pour consommer préférentiellement des Annélides Polychètes *Hediste diversicolor* et des Mollusques Bivalves de petite taille : coques *Cerastoderma edule* et macomes juvéniles *Macoma balthica*, ainsi que le gastéropode Hydrobie *Peringia ulvae* (CRAMP & SIMMONS, 1983 ; VANERMEN *et al.*, 2006 ; tableau 4), espèces caractéristiques de cette communauté. Sa présence sur le reste du littoral et notamment sur les plages sableuses est à relier à une seconde communauté macrobenthique où il retrouve ses proies secondaires (Polychètes et Amphipodes ; DIERSCHKE *et al.*, 1999) : la communauté des sables fins dominés par les Polychètes et Amphipodes (A2.23).

L'Huître pie présente une répartition similaire à celle du Bécasseau variable. Il domine également dans les deux estuaires du fait de la présence de la communauté sablo-vaseuse (A2.24) lui procurant ses ressources alimentaires favorites (coques et macomes) mais également sur le littoral dunkerquois (plages et Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE) lorsque les conditions météorologiques sont défavorables en mer des Wadden (CAMPHUYSEN *et al.*, 1996) telles les grandes vagues de froid comme celle de 1997 où ce secteur a joué un rôle de « zone refuge » avec l'accueil de 41 264 Huîtres pies (31,2 % des effectifs nationaux ; MARZEC & LUCZAK, 2005). Après la mi-janvier 1997, LECLERCQ *et al.* (1999) rapportent un dénombrement de 83 770 oiseaux de BOULOGNE-SUR-MER à la frontière belge, dont 45 000 à l'est de DUNKERQUE (donc le secteur S01LEFF1) et 20 000 dans l'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE (S01DUNK2). A noter que cette



Bécasseau sanderling *Calidris alba* - Sanderling (© V. GAVÉRIAUX).



Bécasseau variable *Calidris alpina* - Dunlin (© T. TANCREZ).

espèce affectionne tout particulièrement le secteur de BOULOGNE-SUR-MER au cap Gris-Nez, notamment à cause de la présence de nombreux platiers rocheux où l'une de ses proies favorites est présente en grande abondance : la moule *Mytilus edulis* (GOSS-CUSTARD, 1996 ; CALDOW *et al.*, 2003 ; ROYCROFT *et al.*, 2004 ; tableau 4). La qualité de refuge du littoral Nord - Pas-de-Calais et plus particulièrement des secteurs du dunkerquois et des zones rocheuses entre BOULOGNE-SUR-MER et CALAIS, apparaît d'autant plus importante et cruciale dans la dynamique de l'espèce à l'échelle ouest-européenne que cette espèce subit ces dernières années une baisse de sa survie et de son succès reproducteur aux Pays-Bas (DURIEZ & TRIPLET, 2014). En effet, un déclin moyen de 9 % de la survie annuelle entraînant une réduction de moitié de l'espérance de vie des oiseaux a été constaté, d'où une diminution importante des hivernants avec une perte de près de 200 000 oiseaux à l'échelle européenne (DURIEZ & TRIPLET, 2014).

Le Tournepierre à collier affectionne également ce secteur à platiers rocheux (i.e. plages de BOULOGNE-SUR-MER au cap Gris-Nez) puisqu'il recherche ses proies au sein de cet habitat (tableau 4 ; CRAMP & SIMMONS, 1983 ; VANERMEN *et al.*, 2006 ; GODET, 2008). Sa présence au sein des zones portuaires de la région (BOULOGNE-SUR-MER, CALAIS et DUNKERQUE) est conditionnée par les nombreux substrats durs (digues...) lui procurant un lieu de stationnement (FULLER, 2003 ; VANERMEN *et al.*, 2006).

Le Courlis cendré fréquente préférentiellement les baies de Canche et d'Authie, affectionnant les espèces macrobenthiques de la communauté sablo-vaseuse (CRAMP & SIMMONS, 1983 ; A2.24 ; tableau 4). Deux espèces ont quant à elles une répartition hétérogène sur le littoral avec les stationnements les plus importants entre CALAIS et la frontière belge : il s'agit du Pluvier argenté et du Bécasseau maubèche. Affectionnant les Polychètes et les Mollusques de la communauté macrobenthique sablo-vaseuse (A2.24 ; tableau 4), le Pluvier argenté stationne préférentiellement aux Hemmes de MARCK. Ses effectifs importants sur les plages de DUNKERQUE à la frontière belge sont à relier aux stationnements observés dans ce secteur à la mi-janvier 1997 avec l'accueil de 400 individus lors de la vague de froid (MARZEC & LUCZAK, 2005).

Le Bécasseau maubèche, espèce molluscivore (QUAINTENNE *et al.*, 2013), devrait également fréquenter les sites où la communauté macrobenthique sablo-vaseuse est présente (tableau 4) ; or les effectifs les plus importants sont recensés sur la plage du Platier d'OYE. Ce site est dominé par deux communautés macrobenthiques à Amphipodes et Polychètes (i.e. A2.223 et A2.23 ; ROLET *et al.*, 2014), communautés ne correspondant pas *a priori* à ses préférences alimentaires. Cependant, dans ce secteur, le mollusque bivalve *Donax vittatus* a été recensé au sein de la communauté de bas de plage (A2.23 ; LUCZAK, observation personnelle) et pourrait de fait constituer une part non négligeable des ressources alimentaires pour ce Limicole, comme observé par STURBOIS *et al.* (2014) en baie de Saint-Brieuc. De plus, la présence de ce Limicole sur ce secteur est peut être due à la protection du site, classé en réserve naturelle nationale depuis 1987 (RNN du Platier d'Oye). BOCHER *et al.* (2012) énoncent dans leurs travaux que cette espèce se nourrit principalement dans les zones protégées (i.e. réserves naturelles), ces dernières conférant un habitat d'impact limité, voire préservé, des perturbations anthropiques et proposant un nombre de réservoirs plus important à proximité de leurs zones de nourrissage.

Quant au Bécasseau sanderling, connu pour consommer majoritairement des Amphipodes et des Polychètes dont *Scolecopsis squamata* (tableau 4) en suivant la ligne de rivage (SPEYBROECK *et al.*, 2006 ; VANERMEN *et al.*, 2009), il se localise préférentiellement sur les plages sableuses et en baie de Canche où se développe la communauté des sables fins à moyens intertidaux à Amphipodes et *Scolecopsis spp.* (A2.223 ; ROLET *et al.*, 2014). En effet, il a été démontré qu'une modification de la structure bio-sédimentaire de l'estuaire de la Canche aurait permis le développement de cette communauté macrobenthique (i.e. A2.223), mettant ainsi à disposition des ressources alimentaires importantes pour cette espèce de Limicole à tout moment du cycle de marée (HACQUEBART, 2003).

Le Grand Gravelot, présentant les effectifs les plus importants entre BERCK et CALAIS, affectionne le même type de proies (Polychètes et Amphipodes) que le Bécasseau sanderling (tableau 4). De ce fait, on le retrouve surtout en baie de Canche et sur les grandes plages sableuses telles que celles de CALAIS à SANGATTE, de BOULOGNE-SUR-MER au cap Gris-Nez et sur les plages

adjacentes aux deux estuaires où il se nourrit à proximité ou au niveau du haut de plage (i.e. communautés A2.21 et A2.223 ; SMIT & WOLFF, 1981 ; VANERMEN *et al.*, 2006).

La répartition spécifique des Limicoles sur les différents sites du littoral Nord - Pas-de-Calais apparaît ainsi fortement influencée par la présence des différentes communautés benthiques et conditionnée par leurs préférences alimentaires. De ce fait, à cette échelle spatiale, les Limicoles occupent préférentiellement les zones où ils trouvent leurs proies favorites en quantité suffisante pour subvenir à leurs besoins énergétiques.

### Conclusion

Bien que le littoral du Nord - Pas-de-Calais ne fasse pas partie des zones de stationnements majeures des Limicoles hivernants en France, six sites apparaissent cependant très importants en termes d'accueil et de zones d'alimentation pour les Limicoles en hivernage.

Quatre sites, qualifiés de « hot-spot », accueillent des effectifs importants quelle que soit l'année et présentent des ressources alimentaires importantes : les baies de Canche et d'Authie, les plages qui leur sont adjacentes et celle des Hemmes de MARCK.

Les deux autres sites (i.e. les plages de DUNKERQUE à la frontière belge et l'Avant-Port-Ouest de DUNKERQUE), ayant des ressources alimentaires élevées et montrant des pics d'abondance exceptionnels certaines années, peuvent être considérés comme des « zones de refuge ».

De ce fait, il convient de continuer et d'améliorer la gestion et la préservation de ces deux sites qui, bien que paraissant *a priori* d'intérêt ornithologique mineur à une échelle internationale, jouent un rôle très important en cas d'événement climatique exceptionnel à une échelle régionale et même nord-ouest européenne.

Il faut également signaler qu'un des sites « hot-spot » : la plage des Hemmes de MARCK est fortement menacée par la construction de nouvelles infrastructures dans le cadre du projet CALAIS 2015. En effet, des changements bio-sédimentaires de la plage pourraient se produire avec une diminution, voire une disparition, de la communauté des sables envasés à Polychètes et Bivalves (A2.24), communauté où se trouvent les proies préférentielles de la majorité des Limicoles.

Ce changement, conjecturé par RICHARD *et al.* (1980) lors de l'extension du port de CALAIS avec la construction de la digue Est en 1984, a rapidement été observé avec une diminution de 56 % de la surface de la communauté sablo-vaseuse (ROLET *et al.*, 2015).

Des mesures de conservation et de protection apparaissent donc primordiales pour maintenir la forte valeur patrimoniale à la fois de ce site d'intérêt ornithologique majeur à l'échelle régionale, mais également pour les deux estuaires picards.

### Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet MACROFONE financé par la région Nord - Pas-de-Calais et la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB). Les auteurs tiennent à remercier le Groupe ornithologique et naturaliste du Nord - Pas-de-Calais (GON) et tous les ornithologues de la région qui ont effectué de 1988 à nos jours les dénombrements de Limicoles à la mi-janvier.

### Bibliographie

- BOCHER, P., QUANTINNE, G., DELAPORTE, P., GOULEVENT, C., DECEUNINK, B., CAILLOT, E., 2012. Distribution, phenology and long term trend of Red knots *Calidris canutus* wintering or staging in France. *Wader Study Group Bulletin* 119 : 17-25
- CALDOW, R.W.G., BEADMAN, H.A., S. MCGRORTY, M.J.K., GOSS-CUSTARD, J.D., MOULD, K., WILSON, A., 2003. Effects of intertidal mussel cultivation on bird assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 259 : 173-183.
- CAMPHUYSEN, C.J., ENS, B.J., HEG, D., HULSCHER, J.B., MEER, J.V.D., SMIT, C.J., 1996. Oystercatcher *Haematopus ostralegus* winter mortality in The Netherlands: the effect of severe weather and food supply. *Ardea* 84 : 469-492.
- CONNOR, D.W., ALLEN, J.H., GOLDING, N., HOWELL, K.L., LIEBERKNECHT, L.M., NORTHEN, K.O., REKER, J.B., 2004. *Marine Habitat Classification for Britain and Ireland Version 04.05*, JNCC, Peterborough. 93 p.
- CRAMP, S., SIMMONS, K.E.L., 1983. *The birds of the Western Palearctic, vol. III, Waders to Gulls*. Oxford University Press, Oxford. 913 p.
- DAVIES, C.E., MOSS, D., HILL, M.O., 2004. EUNIS classification revised 2004, *In Report to the European Topic Centre on*

- Nature Protection and Biodiversity. E.E. Agency, Copenhagen. 307 p.
- DECEUNINK, B., MAHEO, R., 2000. *Synthèse des dénombrements et analyse des tendances de limicoles hivernant en France 1978-1999*. LPO - Wetlands International.
- DELANY, S., SCOTT, D., DODMAN, T., STROUD, D.A., 2009. *An atlas of Waders Populations in Africa and Western Eurasia*. Wetlands International, Wageningen. 521 p.
- DEL HOYO, J., ELLIOTT, A., SARGATAL, J., 1996. *Handbook of the birds of the world. Vol. 3 Hoatzin to Auks*, Lynx, Barcelona. 752 p.
- DEVOS, K., 2008. *Numbers and population trends of waders along the Belgian North Sea coast*, In *The European Non-Estuarine Coastal Waterbird Survey*. eds N.H.K. Burton, M.M. Rehfisch, D.A. Stroud, C.J. Spray. International Wader Study Group 18, Thetford UK : 5-11.
- DEWARUMEZ, J.M., DEBOUDT, P., DESROY, N., MEUR-FÉREC, C., 2002. *Patrimoine, particularités et richesse patrimoniale de la Côte d'Opale, In Gestion intégrée des zones côtières: outils et perspectives pour la préservation du patrimoine naturel*. ed. J.C. Dauvin. Patrimoines Naturels, Paris : 215-223.
- DIERSCHKE, V., KUBE, J., PROBST, S., BRENNING, U., 1999. Feeding ecology of dunlins *Calidris alpina* staging in the southern Baltic Sea, 1. Habitat use and food selection. *Journal of Sea Research* 42, 49-64.
- DURIEZ, O. & TRIPLET, P., 2014. Changement d'habitat et dynamique de l'Huitrier pie *Haematopus ostralegus*. *Ornithos* 21 : 265-274.
- FLAMANT, N., BENHINI, C., SUEUR, F., TRIPLET, P., 2005. Effets des dérangements sur les oiseaux d'eau en période estivale dans la Réserve Naturelle de la Baie de Somme. *Aves* 42 : 23-32.
- FULLER, R.J., 1982. *Bird Habitats in Britain*. T & AD Poyser, London. 352 p.
- FULLER, R.A., 2003. Factors influencing foraging decisions in ruddy turnstones *Arenaria interpres*. Thesis of Durham University, Durham. 184 p.
- GEROUDET, P., 2008. *Limicoles, gangas et pigeons d'Europe*. Delachaux et Nieslé, Paris. 607 p.
- GODET, L., 2008. L'évaluation des besoins de conservation d'un patrimoine naturel littoral marin: L'exemple des estrans meubles de l'archipel de Causey. Thèse de Doctorat du Muséum national d'Histoire Naturelle, Dinard. 473 p.
- GODET, L., FOURNIER, J., TOUPOINT, N., OLIVIER, F., 2009. Mapping and monitoring intertidal benthic habitats: a review of techniques and a proposal for a new visual methodology for the European coasts. *Progress in Physical Geography* 33 : 378-402.
- GOSS-CUSTARD, J.D., 1996. *The Oystercatcher: From individuals to populations*. Oxford University Press, Oxford. 442 p.
- GOSS-CUSTARD, J.D., STILLMAN, R.A., WEST, A.D., CALDOW, R.W.G., MCGRORTY, S., 2002. Carrying capacity in overwintering migratory birds. *Biological Conservation* 105 : 27-41.
- GOSS-CUSTARD, J.D., 2012. *Définir et utiliser la capacité d'accueil des oiseaux migrants en dehors de la période de reproduction*, In *Manuel d'étude et de gestion des oiseaux et de leurs habitats en zones côtières*. Forum des Marais Atlantiques et Aesturia : 545-560.
- HACQUEBART, P., 2003. Evolution à long terme des peuplements macrozoobenthiques de l'estuaire de la Canche (1973-2000). Rapport de DEA Université du Littoral Côte d'Opale, Wimereux. 30 p.
- ICES, 1986. Fifth report on the benthos ecology working group. ICES, Ostende, 12-15 may, CM, L. 33 p.
- LECLERCQ, J.A., FLOHART, G., CAMBERLAIN, P., SELOSSE, N., DANSETTE, E., CAPPE, E., 1999. Liste systématique. *Skua* : 11-61.
- LEGENDRE, P., LEGENDRE, L., 2012. *Numerical Ecology, Third English edition*. Elsevier, Amsterdam. 990 p.
- 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, 23-26.
- LUCZAK, C., MARZEC, L., HACQUEBART, P., 2001. *Evolution spatio-temporelle du macrozoobenthos en Baie de Canche. Relation avec l'avifaune à basse mer*. CNRS/GDEAM, 88 p.
- MAHÉO, R., LE DRÉAN-QUÉNEC'HDU, S., 2013. Limicoles séjournant en France (littoral). *Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage*, 49 p.
- MARZEC, L., LUCZAK, C., 2005. Statut des limicoles hivernant sur le littoral Nord - Pas-de-Calais (1988-2003). *Aves* 42 : 57-67.
- MCLACHLAN, A., BROWN, A., 2006. *The Ecology of Sandy Shores, Second edition*. Elsevier, Burlington, MA, USA. 373 p.
- MCLUSKY, D.S., ELLIOTT, M., 2004. *The Estuarine Ecosystem. Ecology, Threats and Management, Third edition*. Oxford University Press, Oxford. 214 p.
- MOREIRA, F., 1997. The importance of shorebirds to energy fluxes in a food web of a South European estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 44 : 67-78.
- NEWTON, I., BROCKIE, K., 1998. *Population limitation in birds*. Academic Press, London. 597 p.

- PIERSMA, T., 1990. Pre-migratory 'fattening' usually involves more than the deposition of fat alone. *Ringing and migration* 11: 113-115.
- PIERSMA, T., DE GOEIJ, P., TULP, I., 1993. An evaluation of intertidal feeding habitats from a shorebird perspective: Towards relevant comparisons between temperate and tropical mudflats. *Netherlands Journal of Sea Research* 31 : 503-512.
- PONSERO, A., LE MAO, P., 2011. Estimation de la consommation de la macrofaune invertébrée benthique par les oiseaux d'eau en Baie de Saint-Brieuc (France). *Revue Ecologie (Terre et Vie)* 66 : 383-397.
- PONSERO, A., LE MAO, P., HACQUEBART, P., JAFFRE, M., GODET, L., 2012. Quantifier les besoins énergétiques des limicoles. In *Manuel d'étude et de gestion des oiseaux et de leurs habitats en zones côtières*. Forum des Marais Atlantiques et Aesturia : 311-320.
- PRATER, A.J., DAVIES, M., 1978. Wintering Sanderlings in Britain. *Bird study* 25 : 33-38.
- PRATER, A.J., 1981. *Estuary Birds of Britain and Ireland*. T & AD Poyser, London. 456 p.
- QUAINTENNE, G., BOCHER, P., PONSERO, A., CAILLOT, E., FEUNTEUN, E., 2013. Contrasting benthos communities and prey selection by Red Knot *Calidris canutus* in three nearby bays of the Channel coast. *Ardea* 101, 81-87.
- RICHARD, A., SOUPLLET, A., DEWARUMEZ, J.M., CHAMLEY, H. COLBEAUX, J.P., 1980. Étude préalable à l'extension portuaire de Calais (bionomie – sédimentologie). Université des Sciences et Technologies de Lille, rapport de contrat 1980-015. 35 p.
- ROLET, C., SPILMONT, N., DEWARUMEZ, J.M., LUCZAK, C., 2014. Cartographie des communautés benthiques intertidales des substrats meubles de la région Nord – Pas-de-Calais. Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences UMR CNRS LOG 8187, Wimereux. 33 pp + 2 cartes.
- ROLET, C., SPILMONT, N., DEWARUMEZ, J.M., LUCZAK, C., 2015. Linking macrobenthic communities structure and zonation patterns on sandy shores: mapping tool toward management and conservation perspectives in Northern France. *Continental Shelf Research*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csr.2015.03.002>.
- ROLET, C., SPILMONT, N., DAVOULT, D., GOBERVILLE, E., LUCZAK, C., 2015. Anthropogenic impact on macrobenthic communities and consequences for shorebirds in Northern France: a complex response. *Biological Conservation* 184 : 396-404.
- ROYCROFT, D., KELLY, T.C., LEWIS, L.J., 2004. Birds, seals and the suspension culture of mussels in Bantry Bay, a non-seaduck area in Southwest Ireland. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 61 : 703-712.
- SCHLACHER, T.A., NIELSEN, T., WESTON, M.A., 2013. Human recreation alters behaviour profiles of non-breeding birds on open-coast sandy shores. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 118 : 31-42.
- SMIT, C.J., WOLFF, W.J., 1981. Birds of the Wadden Sea: final report of the section «birds» of the Wadden Sea Working Group. A.A. Balkema, Rotterdam. 308 p.
- SMIT, C. J., PIERSMA, T., 1989. Numbers, midwinter distribution and migration of wader populations using the East Atlantic flyway. In H. BOYD & J. Y. PIROT: *Flyways and Reserve Networks for waterbirds*. IWRB Special Publication, Slimbridge: 24-63.
- SPEYBROECK, J., BONTE, D., COURTENS, W., GHESKIERE, T., GROOTAERT, P., MAELFAIT, J.-P., MATHYS, M., PROVOOST, S., SABBE, K., STIENEN, E.W.M., VAN LANCKER, V., VINCX, M., DEGRAER, S., 2006. Beach nourishment: an ecologically sound coastal defence alternative? A review. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 16.
- STURBOIS, A., PONSERO, A., DESROY, N., LE MAO, P., FOURNIER, J., 2014. Exploitation of intertidal feeding resources by the Red knot *Calidris canutus* under megatidal conditions (Bay of Saint-Brieuc, France). *Journal of Sea Research* (sous presse).
- SUEUR, F., DESPREZ, M., FAGOFT, C., TRIPLET, P., 2003. La baie de Somme : un site sous-exploité par les oiseaux d'eau. *Alauda* 71 : 49-58.
- VANERMEN, N., DE MEULENAER, B., STIENEN, E.W.M., 2006. *Literature study: shorebirds and their abiotic environment. Relation between shoal morphology and shorebirds in the Westerschelde estuary*. INBO, Brussels. 63 p.
- VANERMEN, N., STIENEN, E.W.M., MEULENAER, B.D., GINDERDEUREN, K.V., DEGRAER, S., 2009. Low dietary importance of polychaetes in opportunistic feeding Sanderlings *Calidris alba* on Belgian beaches. *Ardea* 97, 81-87.
- VAN DE KAM, J., ENS, B.J., PIERSMA, T., ZWARTS, L., 2004. Shorebirds. An illustrated behavioural ecology. KNNV, Utrecht. 368 p.
- VAN GILS, J.A., SPAANS, B., DEKINGA, A., PIERSMA, T., 2006. Foraging in a tidally structured environment by Red Knots (*Calidris canutus*): Ideal, but not free. *ECOLOGY* 87 : 1189-1202.
- ZWARTS, L., 1996. *Waders and their food supply*. RIZA Report Van Zee Tot Land 60, Lelystad. 386 p.

### Sites internet

- MARTÍN, B., DELGADO, S., CRUZ, A.D.L., TIRADO, S., FERRER, M., 2014. Effects of human presence on the long-term

trends of migrant and resident shorebirds: evidence of local population declines. *Animal Conservation*. <http://dx.doi.org/10.1111/acv.12139> [consulté le 01/12/14].

OBSERVATOIRE DE LA BIODIVERSITÉ, 2011. Milieux marins et littoraux: occupation et artificialisation du sol en fonction de la distance à la mer. Fiche indicateur de biodiversité Régional. <http://www.observatoire-biodiversite-npdc.fr/fichiers/documents/fiches/2011/occupation-et-artificialisation-du-sol-en-fonction-de-la-distance-de-la-mer.pdf> [consulté le 05/03/15].

### **Céline ROLET**

Université Lille Nord de France - Université Lille 1, Station Marine, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences – UMR 8187 LOG, 28 avenue Foch, BP80, F-62930 Wimereux, France - CNRS, UMR 8187 LOG, Station Marine, 28 avenue Foch, BP80, F-62930 Wimereux, France.  
celine.rolet@univ-lille1.fr - Téléphone : +03321992942

### **Nicolas SPILMONT**

Université Lille Nord de France - Université Lille 1, Station Marine, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences – UMR 8187 LOG, 28 avenue Foch, BP80, F-62930 Wimereux, France - CNRS, UMR 8187 LOG, Station Marine, 28 avenue Foch, BP80, F-62930 Wimereux, France  
Environmental Futures Centre and School of Environment, Griffith University, Gold Coast Campus, QLD 4222, Australia.

### **Alain WARD**

Conservatoire faunistique régional (CFR), 152 boulevard de Paris, F-62190 Lillers, France.

### **Christophe LUCZAK**

Université Lille Nord de France - CNRS, UMR 8187 LOG, Station Marine, 28 avenue Foch, BP80, F-62930 Wimereux, France - Conservatoire faunistique régional (CFR), 152 boulevard de Paris, F-62190 Lillers, France - Université d'Artois, ESPE, Centre de Gravelines, 40 rue V. Hugo - BP 129, F-59820 Gravelines, France.

*Manuscrit reçu le 26/02/15, accepté le 09/03/15*



Turnepierre à collier *Arenaria interpres* - Ruddy turnstone (© V. GAVÉRIAUX).

## Lexique

- **Estran ou zone intertidale** : l'estran ou zone intertidale correspond à la partie du littoral située entre les limites des plus hautes et des plus basses marées. Cette zone est donc inondée à marée haute et découverte à marée basse ; elle est constituée des plages et estuaires.
- **Zone subtidale** : la zone subtidale correspond à la zone en permanence immergée.
- **Invertébrés benthiques** : les invertébrés benthiques, appelés également macrofaune benthique ou macrozoobenthos, correspondent aux animaux supérieurs à 1 mm et vivant en relation permanente avec le sédiment (vase, sable,...) à l'état adulte. Ils constituent une part importante des espèces peuplant les plages et estuaires, tant en quantité qu'en diversité. Ces espèces animales (vers, mollusques, crabes, crevettes, etc...) sont en grande partie sédentaires.
- **Communautés macrobenthiques** : Une communauté macrobenthique correspond à un ensemble d'espèces benthiques interagissant entre elles et avec leur environnement
- **Ecart-type** : l'écart-type (appelé Standard Deviation en Anglais et noté SD) est une mesure de la dispersion des données autour de la moyenne. Il correspond aux écarts par rapport à la moyenne.



Huîtrier pie *Haematopus ostralegus* - Oystercatcher (© V. GAVÉRIAUX).