
Rapport de stage 2^{ème} année – M2IEGB

9 septembre 2013 – 8 septembre 2014

Aubouin Naïs

Distribution et stratégie de survie hivernale de la Barge rousse *Limosa lapponica* : Exploitation de la ressource alimentaire par les mâles et femelles sur des plages et des vasières de l'île d'Oléron et de l'île de Ré (17)



UMR 7266 Littoral, Environnement et Sociétés

2 rue Olympe de Gouge – 17000 LA ROCHELLE

BOCHER Pierrick, Maître d'apprentissage

Enseignant – chercheur



AGIR pour la BIODIVERSITÉ

Remerciements

Mes missions

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION | 1 |
| Etat de l'art | 1 |
| Contexte | 5 |
| Programme et réalisations | 6 |
| MATERIELS ET METHODES | 7 |
| I. Sites d'étude | 7 |
| II. Méthodes | 9 |
| a. Effectifs et phénologie des barges rousses sur les îles de Ré et Oléron | 9 |
| b. Distribution et ratio mâles/femelles sur les aires d'alimentation..... | 9 |
| c. Biométrie et marquage des oiseaux..... | 10 |
| d. Distribution et disponibilité de la ressource trophique. | 11 |
| e. Comportement alimentaire..... | 14 |
| f. Régime alimentaire | 15 |
| g. Spectre alimentaire à partir des isotopes stables | 17 |
| h. Analyses statistiques | 18 |
| RESULTATS..... | 19 |
| a. Effectifs et phénologie des barges rousses | 19 |
| b. Distribution et ratio mâles/femelles sur les aires d'alimentation..... | 21 |
| c. Biométrie et marquage des oiseaux..... | 23 |
| d. Distribution et disponibilité de la ressource trophique | 25 |
| e. Comportement alimentaire..... | 32 |
| f. Régime alimentaire | 34 |
| g. Spectre alimentaire à partir des isotopes stables | 36 |
| DISCUSSION | 38 |
| CONCLUSION | 43 |

Bibliographie

Webographie

Annexe

Résumé

Table des annexes

Annexe 1 : Fiche de terrain – Comptages sur les aires d'alimentation.

Annexe 2 : Méthode d'attribution des biomasses AFDM aux annélides prélevés.

Annexe 3 : Fonctionnement de la plateforme de spectrométrie isotopique.

Annexe 4 : Biomasse moyenne, densité moyenne et fréquence d'occurrence des polychètes sur les aires d'alimentation.

Annexe 5 : Distribution horizontale et verticale des principales espèces-proies de la Barge rousse sur l'aire d'alimentation de la Loge.

Annexe 6 : Distribution horizontale et verticale des principales espèces-proies de la Barge rousse sur l'aire d'alimentation du Fier d'Ars.

REMERCIEMENTS

En tout premier lieu je souhaite remercier mon maître d'apprentissage, Pierrick Bocher, pour le temps qu'il m'a consacré, les compétences qu'il a su m'apporter, ainsi que pour sa patience et sa persévérance, y compris lors des quelques moments de découragements. Je remercie également Anne Philippe pour le soutien et l'aide dont elle a fait preuve, Jérôme Jourde pour avoir partagé avec moi ses connaissances et m'avoir orienté dans mes recherches. Je remercie également Hélène Agogué et Vanessa Becquet pour leurs conseils, Martine Breret pour sa disponibilité et son aide technique, Nicolas Lachaussé et Philippe Pineau pour leur implication et leur bonne humeur sur le terrain, Benoit Simon-Bouhet, Arthur Vernet et Pierre-Alexandre Dupeyrat pour leur aide en statistique. N'oublions pas non plus le personnel administratif, notamment Marie Chivaille et Patricia Caillat-Miousse. Merci également à Sjoerd Duijns et Nur Annis Hidayati pour leur coopération.

J'adresse également un grand merci aux équipes des réserves naturelles nationales de Moëze-Oléron et Lilleau des Niges pour leur engagement dans ce projet, pour leur disponibilité et pour les très bons moments qu'on a pu passer.

Merci également à l'équipe pédagogique du master IEGB, notamment Olivier Thaler et Arnaud Martin pour le temps qu'ils m'ont consacré, et à l'équipe du CFA, pour l'opportunité de cette formation par apprentissage.

MES MISSIONS

En apprentissage pendant un an au sein de l'équipe « DYnamique Fonctionnelle des Ecosystèmes côtiers Anthropisés » (DYFEA) de l'Unité Mixte de Recherche CNRS-Université de la Rochelle « Littoral, Environnement et Sociétés », et sous la responsabilité en tant que Maître d'apprentissage de Pierrick Bocher (Maître de conférences), mon travail consiste à appréhender **la distribution et la stratégie de survie hivernale de la sous-espèce occidentale de la Barge rousse *Limosa lapponica lapponica*, en relation avec une exploitation différente de la ressource alimentaire par les mâles et femelles sur les vasières et plages des îles de Ré et Oléron dans les Pertuis Charentais** (chronologie de l'utilisation des sites d'alimentation, caractérisation de la ressource). Pour y parvenir, différents aspects relatifs à l'espèce et au territoire sont abordés, tels que l'abondance et le sexe-ratio de la population hivernante sur les deux sites étudiés, la complémentarité des sites, l'exploitation des gagnages (site d'alimentation), ou encore la stratégie adoptée sur ces sites selon le sexe.

Parmi mes missions, il m'a été donné d'élaborer et de mettre en place différents protocoles :

- **Les protocoles de comptages** : Après l'élaboration du protocole, nous avons testé et remanié celui-ci à plusieurs reprises. Une fois arrêté, les équipes des Réserves Naturelles Nationales (RNN) de Moëze-Oléron et de Lilleau des Niges (Île de Ré) et moi-même avons réalisé une dizaine de sessions de novembre à mars sur chacune des aires d'alimentation des deux sites d'étude, sur Ré et Oléron. Chaque session comprend 7 comptages, des mâles et femelles, à raison d'un comptage toutes les demi-heures lorsque l'estran est découvert ;
- **L'enregistrement des focales** : Basé sur différents protocoles que nous avons adaptés, Thierry Guyot (Ingénieur d'étude au LIENSs) et moi-même avons réalisé des enregistrements vidéo d'environ deux minutes des comportements alimentaires des Barges rousses sur les 2 sites.
- **L'analyse des fèces** : Les prélèvements de fèces sur le terrain ont été réalisés par Pierrick Bocher, ayant l'expérience de ce protocole sur les limicoles. Nous avons ensuite monté et appliqué un protocole de préparation des échantillons pour l'analyse.

J'ai également participé à différentes séries de prélèvements avec des protocoles d'ores et déjà construits et testés :

- **Les prélèvements de la macrofaune benthique des estrans**, permettant d'appréhender la disponibilité alimentaire des barges rousses : Au total neuf personnes ont été mobilisées pour réaliser ces prélèvements sur les 4 aires d'alimentation des deux sites. Par la suite, j'ai entamé le tri des échantillons et la détermination des taxons de macrofaune benthique présents dans les prélèvements, avec l'aide de Jérôme Jourde (Ingénieur d'étude au LIENSs). Ce travail consiste également à mesurer et peser chacune des proies potentielles, afin d'estimer la ressource trophique des sites ;
- **La capture et le baguage des limicoles** : Ce protocole, mis en place depuis plus de 10 ans sur la RNN de Moëze-Oléron, est coordonné par l'équipe de la RNN. Après les manipulations habituelles réalisées par les bagueurs (Pierre Rousseaux, Philippe Delaporte et, depuis cette année, Loïc Jomat), Pierrick Bocher et moi-même réalisons des clichés des Barges rousses capturées (âge, sexe, état des mues, vérification du code couleur des bagues posées) et des prélèvements de l'extrémité des griffes et de plumes en vue des analyses des signatures isotopiques ;
- **Les prélèvements pour analyse des isotopes** : Pour interpréter les signatures isotopiques des tissus prélevés sur les Barges rousses lors des captures, nous avons également réalisé des prélèvements des proies potentielles de ces oiseaux sur les sites d'alimentation (annélides, bivalves, crustacées, amphipodes). Nous avons ensuite préparé ces prélèvements (séchage, broyage), afin que Maud Brault-Favrou (technicienne au LIENSs) puisse préparer les encapsulations en vue des analyses des ratios isotopiques du carbone et de l'azote réalisées par Gaël Guillou (Assistant Ingénieur au LIENSs).

J'ai, par la suite, été amenée à traiter et analyser l'ensemble des données concernant le site de Ré issues de ces six protocoles. Pour m'aider dans cette tâche, et particulièrement sur les analyses de focales et de fèces, la décision a été prise de me confier 2 stagiaires du master 1 Science pour l'Environnement de l'Université de La Rochelle, Joséphine Chazot et Geoffrey Levieux. A la vue du nombre de protocoles à mener en parallèle, du nombre de personnes et de matériels mobilisés, j'ai également eu pour mission d'aider Pierrick Bocher dans la coordination de ce projet.

INTRODUCTION

Etat de l'art

En hiver, le littoral français accueille des populations importantes de limicoles, remarquables migrateurs (Blaising 2007) venant passer la mauvaise saison sur différents milieux littoraux. La survie de ces oiseaux dépend considérablement de la qualité des zones intertidales, espaces d'alimentation et de repos (Ens *et al.* 1994) rythmés par le cycle des marées (Granadeiro *et al.* 2006) : A cette époque de l'année, ces oiseaux doivent faire face au froid et assurer leur mue, des phénomènes extrêmement énergivores (Camphyusen *et al.* 1996, Mitchell *et al.* 2000). De plus, en fin d'hiver, ils doivent constituer des réserves de graisses en préparation de la migration. La recherche alimentaire constitue donc leur principale activité et doit pouvoir leur fournir l'énergie nécessaire pour assurer leur survie. Il est donc essentiel de prendre les sites d'alimentation en compte lors des projets de conservation de ces espèces.

Différents facteurs peuvent interagir et conditionner certains aspects de l'activité d'alimentation. Entre autre, le dimorphisme sexuel est une caractéristique fréquemment rencontrée chez les limicoles (Catry *et al.* 2012) et souvent caractérisée par des différences de taille et de longueur de bec (Smith & Evans 1973, Jönsson & Alerstam 1990), les femelles ayant tendance à être plus imposantes, avec un bec plus long, que les mâles (Székely *et al.* 2004, Nebel 2005). Ces dimorphismes peuvent amener à des différences de comportement entre mâle et femelle – notamment quant aux techniques d'alimentation mais aussi en termes d'accès à la ressource alimentaire (Summers *et al.* 1990, Durell *et al.* 1993, Durell 2000, Scheiffarth 2001) – pouvant avoir des implications en termes d'utilisation de l'espace (Zharikov & Skilleter 2002, Zwarts 1988) ou de la ressource, et dans l'absolu aboutir à une certaine ségrégation entre les deux sexes (Phillips *et al.* 2004, Marra 2000, Zharikov & Skilleter 2002, Nebel 2005, Nebel & Thompson 2011).

La Barge rousse *Limosa lapponica* est un limicole présentant de façon marquée un tel dimorphisme (Both 2003) (Femelles : masse = 280 – 455 g, bec = 86 – 116 mm ; Mâles : masse = 230 – 383 g, bec = 64 – 90 mm (Demongin 2013, Prater *et al.* 1977, RNN Moëze-Oléron 2014)) (**Figure 1**). Certaines études déjà réalisées sur ce modèle ont d'ailleurs fait part d'une ségrégation sexuelle sur les sites d'alimentation (Smith & Evans 1973), les mâles étant répartis sur la vasière, tandis que les femelles seraient plutôt concentrées le long de la ligne d'eau (Zharikov & Skilleter 2002) et sur les bancs de sable (Smith & Evans 1973, Zwarts 1988, Both 2003). Des différences liées au sexe ont également été

mises en avant concernant les techniques d'alimentation et le taux d'ingestion chez la sous-espèce pacifique *L.l. baueri* (Pierre 1994).

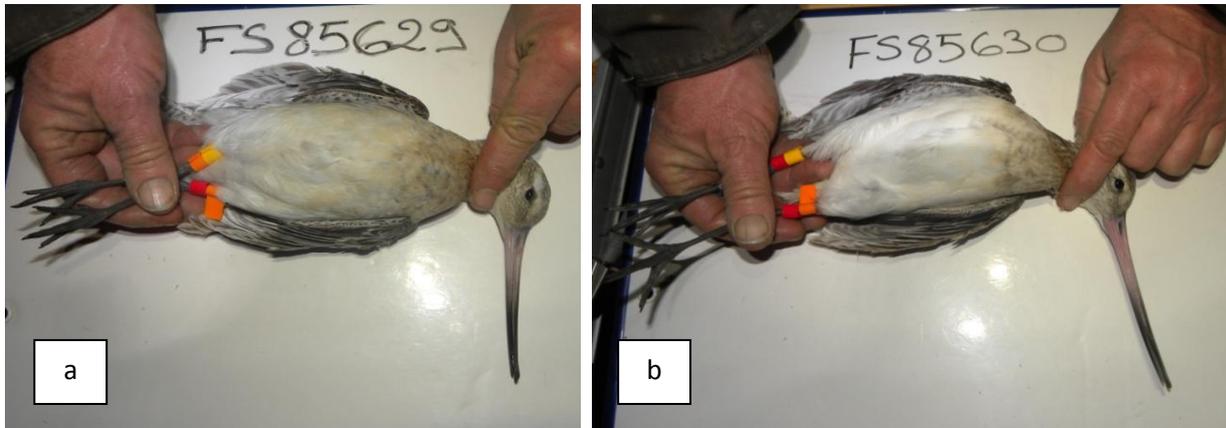


Figure 1 : Le dimorphisme sexuel chez la Barge rousse. On voit ici la différence de longueur de bec entre le mâle (a) et la femelle (b).

La Barge rousse est aussi l'une des espèces dominantes parmi les limicoles de la façade centre-atlantique française où elle présente des effectifs importants : Le secteur entre la Baie de Bourgneuf et le Bassin de Marennes-Oléron abrite en hiver 40% des effectifs français (Mahéo 2013). Trois sites charentais, l'île de Ré, la Baie d'Yves et le Bassin de Marennes-Oléron, voient une augmentation significative de leurs effectifs ces dernières années (Triplet *et al.* 2010). Ce phénomène est particulièrement prononcé sur le Bassin de Marennes-Oléron, où en l'espace de 30 ans, les effectifs sont partis pratiquement de zéro pour dépasser, certaines années, le seuil de 1 % (1200 individus) de la population mondiale de la sous-espèce *Limosa lapponica lapponica*, permettant au site d'être considéré comme d'importance internationale pour celle-ci (Triplet *et al.* 2010) (Figure 2).

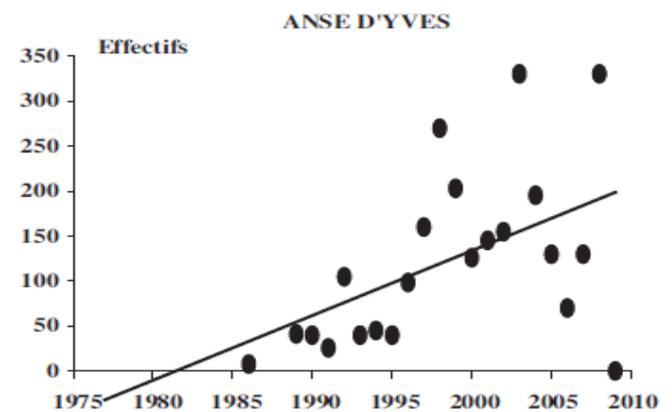
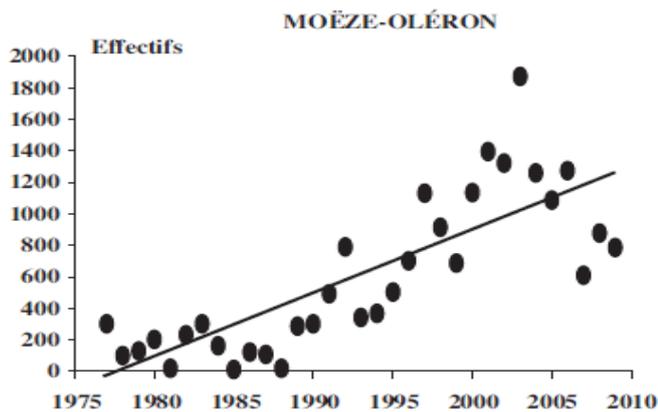
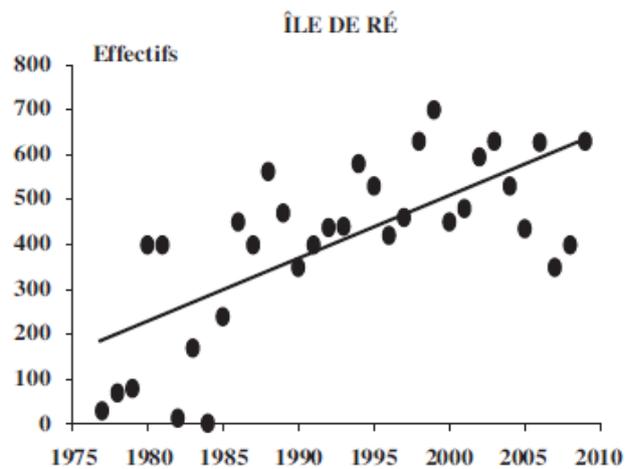
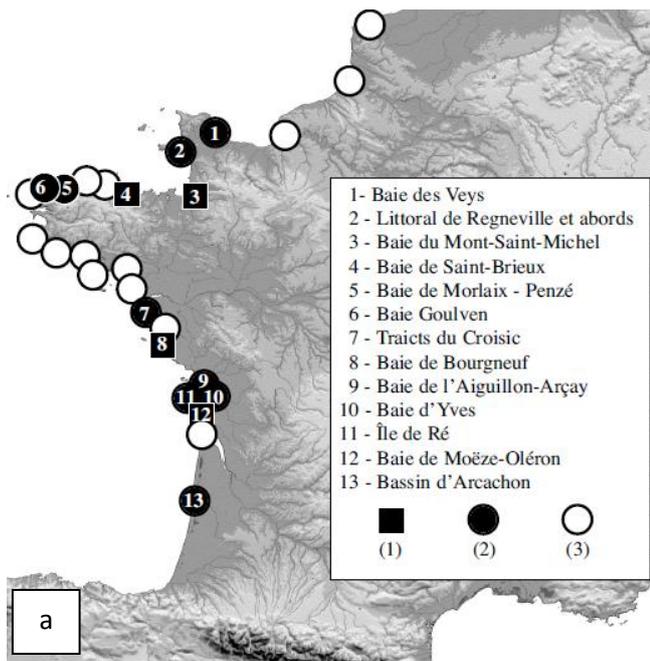


Figure 2 : Etat des populations hivernantes de Barge rousse *Limosa lapponica* sur le littoral charentais. a : les principaux sites d'hivernage ((1) Sites identifiés d'importance internationale par SCOTT D. & SCHEIFFARTH G. in DELANY *et al.* (2009), IWC database 1998-2004. (2) Sites identifiés d'importance nationale (présente étude), période 2005-2009. (3) Autres sites régulièrement fréquentés.) ; b, c et d : Tendence évolutive des populations hivernantes de Barge rousse au cours de la période 1977 – 2009 sur les sites de l'île de Ré, Moëze-Oléron et la Baie d'Yves. Source : Triplet *et al.* 2010

La sous espèce *Limosa lapponica taymyrensis* (population mondiale de 600 000 individus) niche au sein des toundras sibériennes et passe ensuite l'hiver sur les côtes Africaines (Delany & Scott 2006, Delany *et al.* 2009). Les individus résidant en hiver sur les vasières de la façade Atlantique française (mais également en Mer de Wadden, les îles Britanniques et jusqu'à la péninsule Ibérique) nichent quant à eux dans les toundras et zones humides arctiques et appartiennent donc exclusivement à la sous-espèce *Limosa lapponica lapponica*. Le statut de conservation de *L. l. lapponica*, dont la population est considérée stable par Stroud *et al.* (2004), est jugé favorable en Europe. Cependant,

Birdlife International (2004) fait part, à l'inverse, d'un léger déclin. De plus, avec seulement 120 000 individus et une zone de reproduction strictement limitée au nord de la Laponie et sur la côte russe de la mer de Barentz, c'est aussi une population très sensible dont les effectifs peuvent varier très rapidement en fonction des conditions d'hivernage sur les côtes (Delany *et al.* 2009). Les deux sous-espèces ne sont pas différenciables de *visu* (Duijns *et al.* 2009), or ces deux sous-espèces se côtoient sur les sites charentais en mars et en septembre, lors des passages migratoires des *L. l. taymyrensis*.

Ainsi, la Barge rousse, et plus précisément la sous-espèce *L. l. lapponica*, semble rassembler un certain nombre de caractéristiques intéressantes au vu d'un projet de recherche sur la distribution et les stratégies de survie hivernale liées à l'alimentation, à des fins de conservation, d'autant qu'aucune démarche de ce genre sur l'espèce n'a pour le moment été concrétisée sur le territoire Français. En effet, cette espèce est parmi les plus abondantes des pertuis charentais mais elle présente des enjeux de conservation au vu du déclin que présente la population globale. De plus elles semblent utiliser des habitats plus variés que d'autres espèces de limicoles et son domaine vital ne se restreint apparemment pas aux vasières intertidales, habitat dominant des pertuis. Il est donc nécessaire d'étendre les études menées à de nouveaux habitats présentant des surfaces plus restreintes mais dont l'espèce pourrait être dépendante. Enfin, l'espèce présente une possible ségrégation sexuelle au niveau des sites d'alimentation avec la nécessité d'intégrer les besoins spécifiques des deux sexes dans les mesures de gestion et de conservation. De plus, contrairement à beaucoup de limicoles, cette étude est notamment possible du fait du dimorphisme sexuel très marqué, qui permet d'identifier relativement aisément le sexe de la plupart des individus à partir de la longueur du bec (cependant 10% des individus ont une longueur de bec comprise dans la fourchette des longueurs possibles aux 2 sexes, et ne sont donc pas sexables (Demongin 2013)).

Le but de ce projet est donc dans un premier temps d'améliorer les connaissances concernant les conséquences impliquées par le dimorphisme sexuel sur la distribution, les comportements et le régime alimentaire de la Barge rousse. Pour ce faire, nous nous sommes posé différentes questions : (1) Existe-t-il une ségrégation sexuelle sur les sites d'alimentation hivernaux chez les populations occidentales de Barge rousse *L. l. lapponica* sur le littoral charentais, comme c'est le cas aux Pays-Bas (Both 2003, Duijns, comm. pers.) ? (2) Dans ce cas, cette ségrégation serait-elle alors la résultante d'une compétitivité plus importante des femelles excluant les mâles des sites d'alimentation les plus riches, ou de préférences écologiques bien distinctes entre les sexes ? (3) Le dimorphisme sexuel chez cette sous-espèce a-t-il permis aux individus de développer des techniques d'alimentation différentes comme cela a été montré en Nouvelle-Zélande (Pierre 1994), permettant d'exploiter de façon plus efficace le milieu ? Entraîne-t-il (4) des taux d'ingestion ou encore (5) un

régime alimentaire différent ? (6) Quel impact cela pourrait-il avoir sur la population, sachant que les enjeux de conservation pourraient ainsi aller au-delà des sites protégés actuellement, et alors concerner des sites pouvant être soumis à de fortes pressions anthropiques ?

Contexte

Le programme d'étude présenté dans ce rapport est à l'origine le fruit d'une collaboration entre l'Unité Mixte de Recherche « Littoral, ENvironnement et Sociétés » (UMR LIENSs) de l'Université de La Rochelle et du CNRS, et les Réserves Naturelles Nationales (RNN) de Moëze-Oléron (Bassin de Marennes-Oléron, Charente-Maritime) et de Lilleau des Niges (Île de Ré, Charente-Maritime). Il a pour objectif d'apporter des éléments de connaissances sur la biologie de la Barge rousse afin d'orienter les actions à mener en terme de gestion des habitats de l'espèce, notamment sur ces deux RNN qui accueillent des populations hivernales considérables de ce limicole.

Au sein de l'UMR LIENSs, l'équipe « DYnamique Fonctionnelle des Ecosystèmes côtiers Anthropisés » (DYFEA) essaye de caractériser toute la complexité des réseaux trophiques côtiers, d'y caractériser la biodiversité fonctionnelle et de comprendre de quelles façons des changements induits par les activités humaines peuvent affecter la dynamique globale des écosystèmes : Les espaces littoraux subissent de nos jours d'importantes pressions anthropiques, pouvant considérablement influencer la quantité ainsi que la qualité des milieux disponibles et indispensables à la survie de certaines populations. L'objectif de l'équipe est donc de mieux appréhender la réaction réponse de celles-ci face à la fluctuation de ces facteurs (UMR LIENSs s.d.). Dans cette équipe, Pierrick Bocher, enseignant-chercheur, travaille sur l'écologie alimentaire des oiseaux limicoles et leurs rôles au sein des réseaux trophiques des écosystèmes estuariens. Il est l'initiateur et le porteur de ce nouveau projet de recherche et de conservation visant la Barge rousse. Néanmoins la mise en œuvre d'une telle étude représente une charge de travail considérable et nécessite des moyens humains supplémentaires, c'est pourquoi la décision a été prise de faire appel à un étudiant en contrat d'apprentissage et d'accepter ainsi ma candidature au sein de leur équipe. J'ai donc pour mission la mise en œuvre et la gestion de ce projet, sous la supervision de M. Bocher, avec l'appui du personnel technique de l'UMR LIENSs et en collaboration avec les RNN qui mettent dans ce cadre leurs équipes à dispositions sur de nombreuses missions de terrain.

Cette étude s'inscrit également dans une collaboration à l'échelle européenne pour une compréhension complète de la biologie de l'espèce et ses enjeux en termes de conservation. Dans ce cadre nous avons pu communiquer et échanger avec M. Sjoerd DUIJNS de l'équipe du Pr. Theunis

PIERSMA (The Netherlands Institute for Sea Research, Den Burg, Texel, Pays-Bas), qui étudie ce modèle biologique depuis de nombreuses années.

Programme et réalisations

Sept méthodes d'études complémentaires¹ ont été appliquées dans cette étude – que sont les comptages mensuels (réalisés par les RNN), les comptages durant les phases d'alimentation, les focales comportementales permettant d'établir les activités d'alimentation, les captures et le baguage des oiseaux afin d'acquérir les données biométriques et de suivre la distribution des oiseaux marqués sur le terrain, les prélèvements de fèces pour établir le régime alimentaire, les prélèvements de benthos pour estimer la ressource potentielle des oiseaux et enfin les analyses isotopiques afin d'établir les relations entre les proies et les prédateurs.

L'objectif est ainsi de savoir si le dimorphisme sexuel observé chez la Barge rousse a des conséquences sur sa distribution et sur ses stratégies de survie hivernale dans les Pertuis Charentais, entraînant alors une prise en compte adaptée dans les projets de conservation, qui pourront notamment être mis en œuvre au sein des RNN de Lilleau des Niges et de Moëze-Oléron mais également sur les sites adjacents au sein des sites fonctionnels et pouvant être non inscrits en espaces protégés.

Les méthodes citées ont été appliquées sur différentes aires d'alimentation connues pour l'espèce, cela sur le site d'étude de l'île de Ré et sur celui de l'île d'Oléron.

¹ Mon implication dans chacune de ces méthodes a été traitée dans la partie « Mes missions » en début de ce présent rapport. Pour limiter les répétitions, je n'aborderai pas à nouveau ce point dans cette partie introductive

MATERIEL ET METHODES

I. Sites d'étude

L'étude porte sur deux sites d'étude, l'un sur l'île de Ré, l'autre sur l'île d'Oléron (Charente-Maritime).

Le site d'étude rétais est composé de deux aires d'alimentation distinctes (**Figure 3**). Ces deux gagnages ont été choisis car ils offrent des habitats clairement différents. De plus il était important qu'ils soient exposés au nord, afin que les observateurs ne soient pas gênés par le soleil, que la délimitation de la zone soit aisée et qu'ils présentent un point d'observation permettant une vue d'ensemble de celle-ci. Ces gagnages sont :

- **La Loge** ($46^{\circ}14'25''N$; $1^{\circ}28'42''W$), sur la commune des Portes-en-Ré, est un estran sableux nu (sans herbier à zostère). Ce site de 101 ha est ouvert sur le Pertuis Breton. De par sa faible pente au regard de la pente de la plage, l'estran ne reste que peu de temps découvert par la marée et donc disponible pour l'alimentation des oiseaux (environ 4 heures). Bien qu'il soit proche de la RNN de Lilleau des Niges, ce site ne bénéficie d'aucun statut de protection et est fortement fréquenté en période estivale et dans une moindre mesure en période hivernale.
- **Le Fier d'Ars** ($46^{\circ}13'18''N$; $1^{\circ}30'29''W$) est une baie d'environ 800 ha, encadrée par les communes des Portes-en-Ré au nord, de Loix au sud, de St-Clément-des-Baleines et d'Ars-en-Ré à l'ouest. Le Fier et sa vasière sont classés selon la Convention de Ramsar depuis 2003. Le Fier d'Ars est un site d'importance pour l'alimentation des oiseaux. Contrairement à la Loge, sa configuration fait qu'il est découvert et disponible à l'alimentation des oiseaux plus de 6 heures par cycle de marée (12 heures). En raison de la superficie de cette baie, l'étude s'est portée uniquement sur la partie nord-ouest du Fier (71,45 ha), dont le substrat est sablo-vaseux. La partie nord de cette zone est intégrée à la RNN de Lilleau des Niges.

Le site d'étude oléronais est quant à lui composé d'une seule aire d'alimentation : **Bellevue** ($45^{\circ}56'27''N$; $1^{\circ}13'31''W$). Ce site a été délimité de façon à inclure des zones sablo-vaseuses (90,3 ha) (secteur que nous appellerons « Bellevue Vase ») ainsi que des bancs de sables nu (90,7 ha) (secteur que nous appellerons « Bellevue Sable »), le portant à une surface étudiée de 181 ha. Ce site est totalement inclus dans la RNN de Moëze-Oléron.

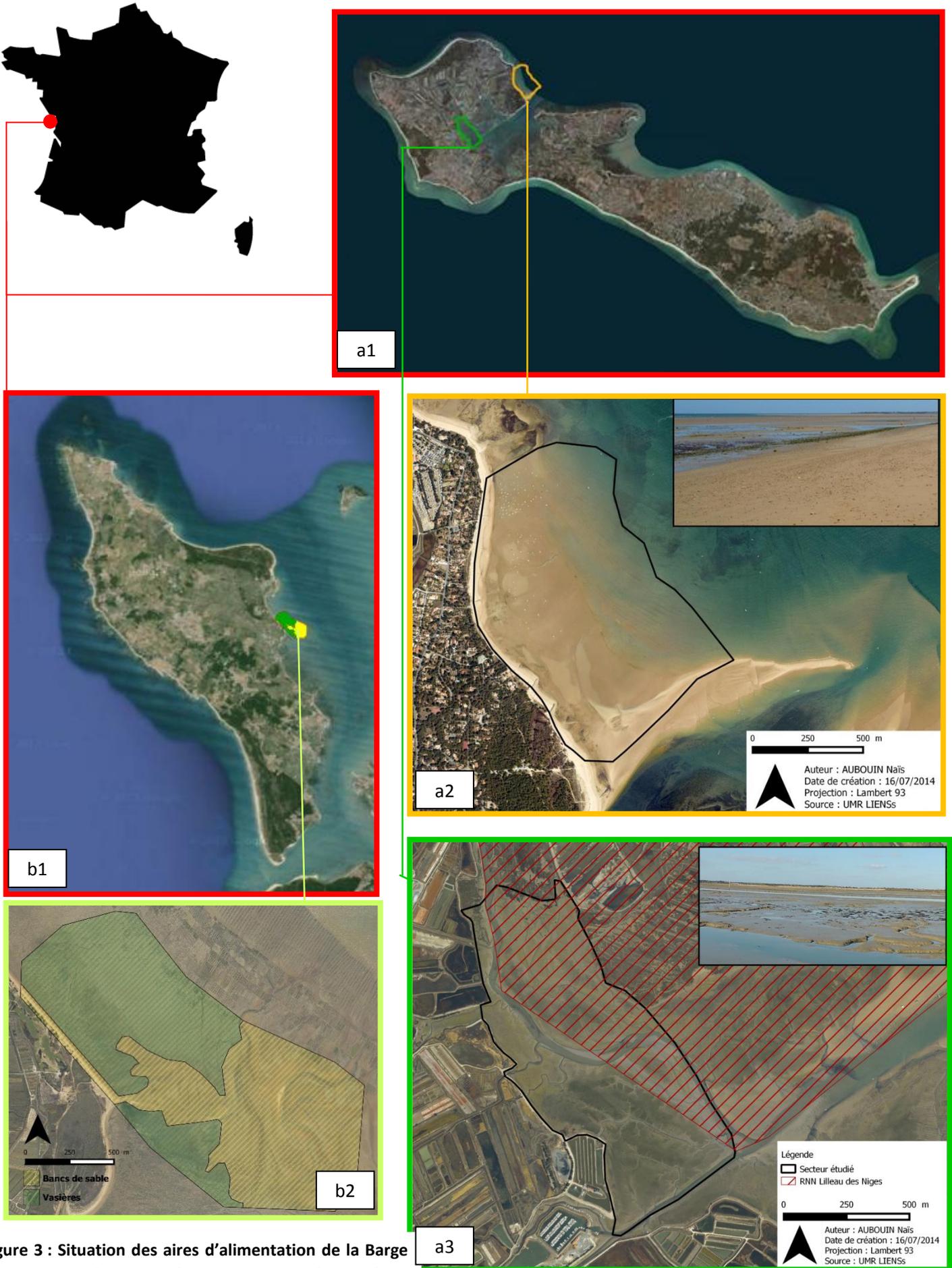


Figure 3 : Situation des aires d'alimentation de la Barge rousse *Limosa lapponica* de La Loge (a2) et du Fier d'Ars (a3) sur le site rétais (a1) et de l'aire d'alimentation de Bellevue (b2) sur le site oléronais (b1). Sources : UMR LIENSs, RNN Lilleau des Niges. © plages.tv et © N.

II. Méthodes

Sept méthodes ont été menées afin d'obtenir des résultats complémentaires permettant de définir au mieux l'écologie alimentaire de la Barge rousse. En dehors des captures et des comptages mensuels, tous les protocoles ont été mis en place sur les gagnages décrits précédemment.

a. Effectifs et phénologie des barges rousses sur les îles de Ré et Oléron

Depuis 2001, des comptages mensuels sont réalisés par l'équipe de la RNN de Lilleau des Niges. Ces comptages visent l'ensemble des reposoirs de marée haute de l'Île de Ré et sont réalisés lorsque les coefficients de marée sont supérieurs à 90. Ils se déroulent sur deux jours successifs, où les marais sont d'abord comptés en simultané le premier jour, puis les côtes le lendemain, ce qui limite très fortement le risque de double comptage, notamment pour la Barge rousse. De même, sur Oléron, l'équipe de la RNN de Moëze-Oléron réalise des comptages mensuels voire décennaires depuis 2000. Ces comptages sont, dans la mesure de possible, réalisés de façon simultanée sur l'ensemble des sites.

b. Distribution et ratio mâles/femelles sur les aires d'alimentation.

Durant l'hiver, des comptages ont été réalisés sur les gagnages (**Figure 4**). Ces comptages sont organisés en séances de 3h30 comprenant chacune 7 comptages à raison d'un comptage toute les demi-heures. En fonction de l'heure de la Basse Mer (BM) (et avec la nécessité de réaliser l'ensemble de la séance de jour en hiver), ces séances débutent soit à Basse Mer (séance sur marée montante : comptages à BM, BM+0h30, BM+1h00, BM+1h30, BM+2h00, BM+2h30, BM+3h00) soit 3 heures avant (séance sur marée descendante : comptages à BM-3h00, BM-2h30, BM-2h00, BM-1h30, BM-1h00, BM-0h30, BM). De cette façon, nous avons obtenus des comptages sur l'ensemble de la période d'émersion diurne où les sites d'études sont découverts et disponibles à l'alimentation des oiseaux. Ainsi, pour l'île de Ré, 10 séances ont été réalisées sur le Fier d'Ars et 12 sur La Loge. Sur l'île d'Oléron, Bellevue a fait l'objet de 13 séances.

Pour chacun des comptages, les nombres de mâles et de femelles sont relevés, ainsi que le nombre d'individus non sexables. Les comportements tels que le repos ou le toilettage sont également notés. L'ensemble de ces informations est relevé sur une fiche terrain (**Annexe 1**).



Figure 4 : Comptage des mâles et femelles de Barge rousse *Limosa lapponica* sur un site de gagnage oléronais durant l'hiver 2013/2014. © N. Aubouin

c. Biométrie et marquage des oiseaux

Les limicoles s'alimentent sur les zones intertidales lorsque celles-ci sont découvertes et remontent avec la marée pour se diriger vers des zones de reposoir à marée haute. Lorsque les coefficients de marée sont importants, d'avantage de reposoirs se trouvent immergés et les oiseaux sont contraint de se concentrer sur les plus élevés. Pour cette raison, la capture se déroule lors des nuits de grandes marées. L'obscurité étant un facteur, on choisit les nuits de lune noire, avec peu de vent et sans pluie, ce qui constitue des conditions favorables limitées sur de courtes périodes en situation hivernale. Lorsque la marée est basse, des filets japonais sont installés en amont des reposoirs, afin que les oiseaux se maillent dans les filets en remontant, sans visibilité, avec la marée. Des relèves sont effectuées régulièrement et les oiseaux sont ramenés jusqu'au camp de baguage. Le baguage se fait au fur et à mesure des captures et les oiseaux en attente d'être bagués sont placés dans des maintenances (**Figure 5**). Tous les oiseaux sont équipés d'une bague métal fournit par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) ; la taille de l'aile pliée, du bec, du tarse et la masse de l'oiseau sont relevés ainsi que l'âge et le sexe de l'individu lorsque cela est possible. Une combinaison unique de 4 bagues couleurs est attribuée à chaque Barge rousse (**Figure 6**). Les combinaisons de bagues couleurs peuvent être relues à distance, aux jumelles où à la longue-vue, ce qui permet de réaliser des « recaptures » sans capturer physiquement l'oiseau (Gunnarsson 2005).

La Barge rousse est une espèce dont la capture est difficile car fidèle à ses sites hivernaux, elle connaît parfaitement ces derniers et repère de ce fait la moindre perturbation. Malgré cela, cet hiver 3

nuits de baguage sur le site de Ré ont permis de capturer 33 barges rousses dont 32 ont été équipées d'une combinaison de couleurs. Avec les captures précédent ce programme, on compte 62 individus bagués, mais les 32 précédemment citées sont les seules à avoir été baguées couleur.



Figure 5 : Maintenances où sont placés les oiseaux en attente d'être bagués, lors de la capture de Barge rousse *Limosa lapponica* de l'hiver 2013/2014 sur l'île de Ré. © N. Aubouin



Figure 6 : Barge rousse *Limosa lapponica* équipée d'une combinaison de bagues couleur lors de la capture de l'hiver 2013/2014 sur l'île de Ré. © N. Aubouin

Malheureusement, malgré deux essais, la capture des barges sur l'île d'Oléron a quant à elle échouée, certainement du fait de l'importante surface du reposoir par rapport à l'estran et à la possibilité pour les oiseaux d'atteindre ce reposoir en marchant, évitant ainsi la capture. La météo, défavorables lors de la semaine prévue pour les captures, a probablement également été un facteur d'échec.

d. Distribution et disponibilité de la ressource trophique.

En considérant les très nettes préférences écologiques de la Barge rousse établis lors des analyses de fèces et décrites dans la bibliographie (99,6% de son régime alimentaire constitué de polychètes selon Duijns *et al.* (2013)), nous avons choisi de nous concentrer et de présenter ici uniquement la disponibilité en annélides.

Ce protocole se base sur une grille de points de prélèvements espacés de 100 m couvrant l'ensemble des gagnages (Ile de Ré : 72 points pour la Loge et 69 pour le Fier d'Ars ; Ile d'Oléron : 74 points sur Bellevue, à raison de 33 points sur les bancs de sable et 41 points sur la vasière). Un carottage est réalisé sur une profondeur de 25 à 30 cm à l'aide d'un carottier de diamètre 15 cm. La carotte est divisée en trois parties, correspondant à des profondeurs accessibles ou non, selon la longueur de bec

et par conséquent selon le sexe de la Barge rousse : le « haut » (accessibles aux mâles et aux femelles), le « milieu » (accessibles uniquement aux femelles) et le « bas » (inaccessible). Chacune de ces parties est tamisée à une maille d'1 mm (**Figure 7**). Les annélides sont retirés et déposés dans un tube à essai référencé où ils seront conservés dans l'alcool à 70°.

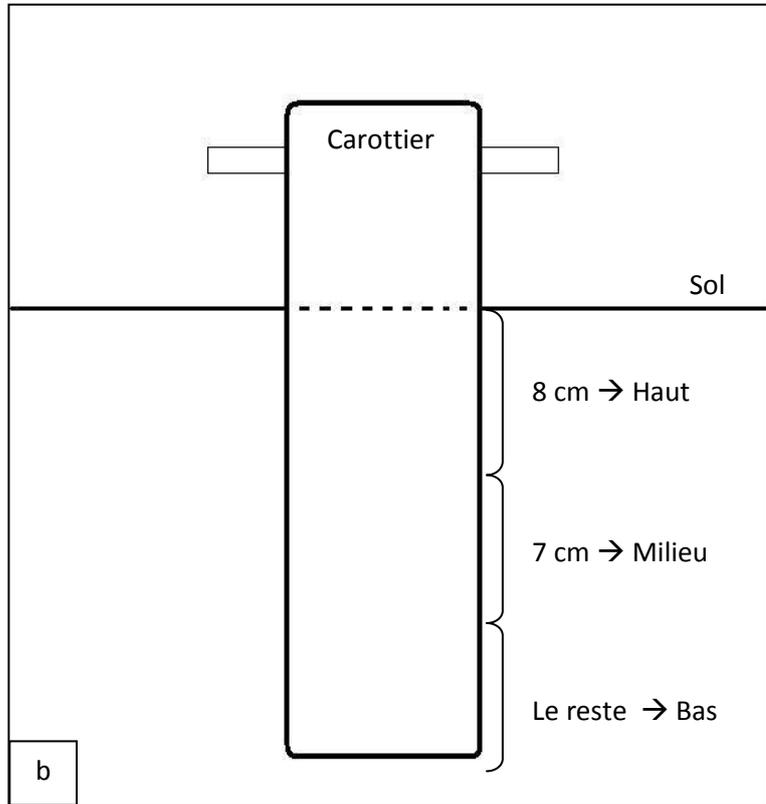
En laboratoire, la diversité, la composition (identification au niveau taxonomique le plus bas possible) et l'abondance sont relevés. Les annélides pouvant être abîmés lors du tamisage des carottes de sédiment, on les trouve alors en morceaux. Pour éviter les comptages multiples, seules les têtes sont comptabilisées. Cependant, seule la biomasse est représentative de la réelle disponibilité alimentaire. Ainsi, tous les individus font l'objet de mesures, qui diffèrent selon les espèces (mais dans tous les cas réalisées dans la partie antérieure du corps) sous loupe binoculaire (**Figure 8**). En plus de ces mesures, les individus sont séchés pendant 72h à 55°C, pesés (on obtient ainsi la masse sèche), brûlés à 550°C pendant 6h et à nouveau pesés. On obtient, en soustrayant les cendres obtenues à la masse sèche, la matière sèche sans cendre, communément appelée Ash-Free-Dry-Mass (AFDM) et correspondant à la biomasse assimilable par l'organisme du prédateur (Zwarts & Wanink 1993). Il suffit ensuite d'établir pour chaque espèce une équation reliant la mesure prise et l'AFDM, et de l'appliquer à chaque individu sectionné lors de l'échantillonnage pour connaître son AFDM théorique. Pour certaines espèces, aucun individu entier n'a été prélevé. Dans le cas d'espèces communes, nous avons utilisé une valeur moyenne de la biomasse des individus pour chacune de ces espèces, valeur que nous avons attribuée à tous les individus. Ces valeurs nous ont été fournies par Jean-Claude Dauvin (Université de Caen) et calculées à partir d'individus de la Manche et de la Mer du Nord. Dans le cas d'espèces moins fréquentes, nous avons utilisé la biomasse moyenne d'une espèce de la même famille lorsque cela était possible (**Annexe 2**). Dans les autres cas, les individus n'ont pas été pris en compte dans les calculs de biomasse. La somme des AFDM a ensuite permis d'établir la biomasse totale par site et par substrat et les biomasses disponibles selon le sexe des barges rousses.



a



c



b

Figure 7 : Prélèvement de la macrofaune benthique sur les sites d'alimentation de la Barge rousse *Limosa lapponica* durant l'hiver 2013/2014. a : Prélèvement sur le Fier d'Ars à l'aide d'un carottier ; b : Séparation de la carotte en 3 zones de profondeur ; c : Tamisage de chacune des zones de profondeur. © N. Aubouin

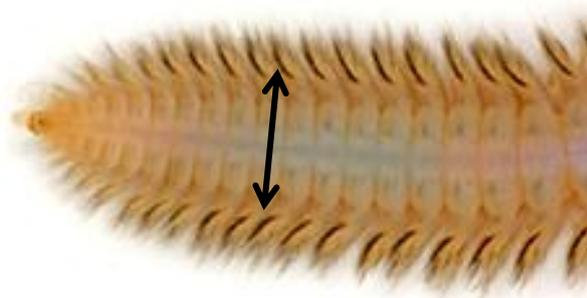


Figure 8 : Mesures prises sur les espèces proies *Hediste diversicolor* (a) et *Nephtys hombergii* (b) de la Barge rousse *Limosa lapponica* afin de calculer l'Ash-Free-Dry-Mass. © Biorede

e. Comportement alimentaire

Des vidéos de Barge rousse en alimentation ont été réalisées cet hiver sur les deux sites afin de comparer le comportement alimentaire des individus selon leur sexe, leur site et le substrat. Ces focales ont été réalisées avec des appareils photo Canon 5D mark 2 et Canon 7D respectivement munis des objectifs Sigma 500mm f4,5 (additionné à un Doubleur Canon Extender EF 1,4x III) et Canon 100-400mm IS f4,5-5,6.

Basé sur les protocoles de Scheiffarth (2001), Zharikov & Skilleter (2002) et Kuwae *et al.* (2010), ces focales ont une durée de 1min40 à 2min30. Outre le sexe, différents comportements, ponctuels (exprimé en nombre d'occurrence par minute) ou périodiques (exprimé en seconde par minute), sont relevés à l'aide des logiciels libres de droits ODRec 2Beta et CowLog 2.0 (Figure 9). Le taux d'ingestion a ensuite été calculé grâce à la fréquence moyenne du comportement « Déglutition » multiplié par la biomasse moyenne des proies calculée selon le site et l'accessibilité (cf. Résultats partie d. page 25).

| Comportements "ponctuels" (en occurrence par minute) | |
|---|---|
| Interactions | L'individu entre en interaction compétitive avec d'autres animaux |
| Déglutition | L'individu avale une proie |
| Recherche alimentaire | Picotage L'individu picote à la surface du sol |
| | Sondage L'individu enfonce son bec à plus de 50% dans le sol |
| Comportements "périodes" (en secondes par minute) | |
| Recherche alimentaire | L'individu marche ou vol et exerce des comportements ponctuels d'alimentation |
| Manipulation de proies | L'individu extrait la proie du sol et la manipule afin de l'ingérer |
| Toilettage | L'individu se toilette |
| Interactions | L'individu est en interaction compétitive avec d'autres animaux |

Figure 9 : Libellé et description des comportements relevés lors de l'analyse des focales réalisées sur la Barge rousse *Limosa lapponica* lors de ses phases d'alimentation durant l'hiver 2013/2014.

Pour l'île de Ré, deux observateurs différents ont réalisé le relevé des comportements pour La Loge et pour le Fier d'Ars. Vingt-deux focales (11 pour chacune des aires) ont donc été analysées par les deux observateurs afin de mettre en avant un éventuel biais observateur. 98 barges rousses ont ainsi été suivies, à raison de 57 individus pour la Loge (29 femelles, 25 mâles, 3 non sexés) et 41 pour le Fier d'Ars (16 femelles, 17 mâles, 8 non sexés).

Les focales réalisées sur Bellevue n'ont quant à elles pas été analysées pour le moment.

f. Régime alimentaire

Notre protocole d'analyse des fèces est basé sur celui établi par Duijns *et al.* (2013), auquel nous avons dû apporter quelques modifications.

Les prélèvements de fèces sont réalisés à marée basse sur les sites de gagnage. Il faut en moyenne 28 min à une Barge rousse pour digérer une proie et évacuer les restes sous forme de fèces (Scheiffarth 2001, comm. pers.). La méthode consiste donc à repérer des individus en alimentation pour pouvoir se rendre une demi-heure plus tard sur le secteur (également repéré grâce aux traces et empreintes caractéristiques des barges (**Figure 10**)) et prélever les fèces qui sont ensuite congelés à -18°C. Afin d'être sûr que les éléments trouvés dans les fèces viennent des proies ingérées par les barges et non pas du sédiment, des échantillons témoins de sédiment aux alentours des fèces ont été prélevés.



Figure 10 : Traces et empreintes de Barge rousse *Limosa lapponica* sur le Fier d'Ars durant l'hiver 2013/2014. © N. Aubouin

Selon Scheiffarth (2001) et Duijns *et al.* (2013), le régime alimentaire de la Barge rousse en mer des Wadden est principalement composé de polychètes. Il nous importe donc de pouvoir observer et compter les pièces indigestes qui peuvent révéler l'ingestion de ces annélides : Les échantillons sont décongelés au moins 60 min avant l'analyse. Ils sont nettoyés pendant 60 min au bain à ultrasons et tamisés sur une maille de 64 µm. Les échantillons sont alors triés sous loupe binoculaire : Les dents et mâchoires de polychètes ainsi que les charnières de coquille de bivalves et les résidus de crustacées, sont mis de côté dans de l'alcool pour être ensuite identifiés et comptés (**Figure 11**). Le reste de la fèces est conservé dans l'alcool à 70°. Soixante-quatre fèces prélevées sur l'île de Ré ont

ainsi été analysées. En revanche, pour les mêmes raisons que précédemment, la composition des fèces relevées sur Bellevue n'a pour le moment pu être analysée.

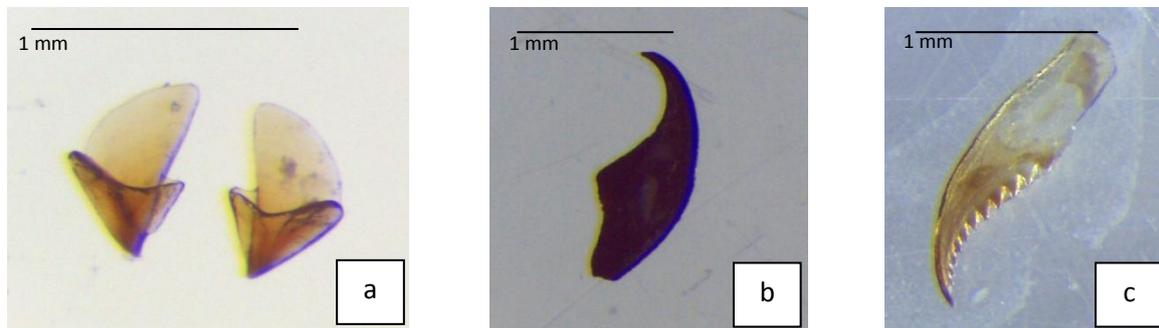


Figure 11 : Pièces buccales de polychètes retrouvées dans des fèces de Barge rousse *Limosa lapponica* durant l'hiver 2013/2014. © J. Jourde et N. Aubouin. a : Dents de Nephtyidae ; b : Mâchoire de *Glycera tridactyla* ; c : Mâchoire de Nereididae.

La plupart des espèces de polychètes ne possèdent cependant ni mâchoires ni dents, et leur présence dans une fèces n'est alors détectable que par le biais de leurs soies, seules organes indigestes (Figure 12). Pour déterminer l'espèce correspondante à ces soies, la fèces est mise à l'étuve à 55°C jusqu'à ce que l'alcool soit évaporé de façon à laisser une fèces tout juste humide (complètement sèches, les soies sont fragilisées et se brisent très facilement). 5% de la masse de cette fèces sont alors prélevés et à nouveau nettoyés : mis en oppendorf, ils sont mêlés à un mélange composé de 100 µL de tampon de lyse et de 100 µL de détergent (liquide vaisselle), puis maintenu à 65°C dans un bain-marie pendant 12h. Ce processus permet de détruire la membrane des cellules des éventuels résidus de chair présents dans les fèces qui, sans cette manipulation, maintien les soies en amas et rend leur observation quasi impossible. L'échantillon de 5% est ensuite mis sous lame après décantation et observé au microscope avec un zoom x160 (balayage de la lame) à x640 (identification des soies). Au vu du temps nécessaire à la mise au point puis à l'application du protocole, seuls 37 fèces (tous provenant des sites rétais) ont ainsi pu être analysées avant l'issue du stage.

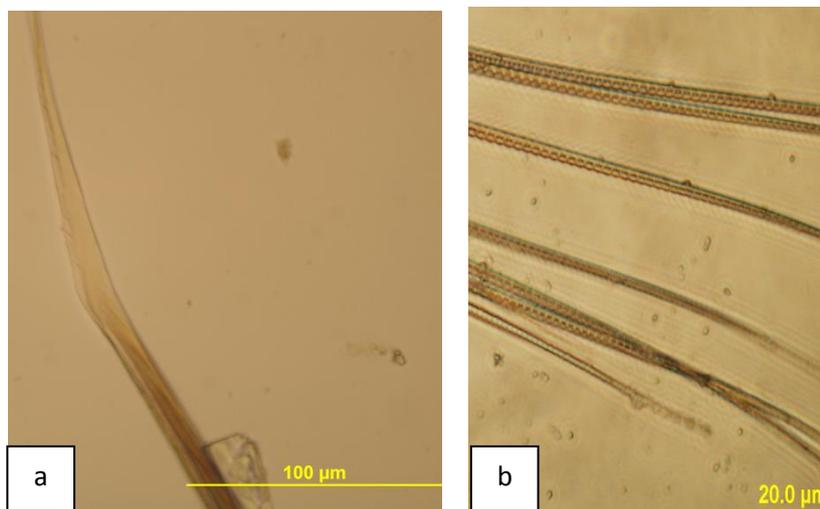


Figure 12 : Soies de polychètes issus d'une collection de référence réalisée avec des individus prélevés durant l'hiver 2013/2014 sur la vasière du Fier d'Ars (a : Soie de *Lagis koreni*) et la plage de la Loge (b : soies de *Scoloplos armiger*). © N. Aubouin.

Pour mener à bien l'identification des taxons dont sont issus mâchoires, dents et soies, une collection de référence a été réalisée. Pour ce faire, nous avons simulé la digestion d'individus préalablement identifiés appartenant aux principales espèces de polychètes présentes sur les sites, ceci à l'aide d'un mélange de tampon de lyse et de protéinase K.

Par la suite, un indice de sélectivité de IVLEV (Jacobs 1974) a été calculé afin de savoir si les barges rousses sélectionnent ou non leurs proies : $E = (ri - pi)/(ri + pi)$ où E est l'indice de sélectivité d'IVLEV, ri est la fréquence de l'espèce-proie i dans le spectre alimentaire de la barge et pi est la fréquence de l'espèce-proie i sur l'aire d'alimentation. L'indice varie de -1 à 0 pour une sélection négative et de 0 à +1 pour une sélection positive. Les fèces provenant de Bellevue n'ayant été analysés pour le moment, l'indice de sélectivité d'IVLEV n'a pu être calculé pour ce site.

g. Spectre alimentaire à partir des isotopes stables

Grâce aux prélèvements de macrofaune benthique réalisés précédemment, nous avons repérer les secteurs les plus riches en proies et réalisé sur ceux-ci des prélèvements aléatoires visant les espèces les plus communes, celles-ci étant d'avantage susceptibles d'être trouvées par les barges rousses et donc de composer leur régime alimentaire (les résultats de l'analyse des fèces n'étant pas encore obtenus au moment du prélèvement). Les individus de chaque espèce ont ensuite été répartis dans 3 boîtes de pétri, de façon à obtenir 3 échantillons par espèce, nous permettant par la suite de savoir s'il existe une variabilité intraspécifique importante des signatures isotopiques des individus d'une même espèce, provenant d'un même site. Ces échantillons ont été séchés à l'étuve à 55°C pendant 24h, puis broyés à l'aide d'un pilon et d'un mortier. De plus, le prélèvement d'une plume de l'aile et de l'extrémité de 3 griffes ont été réalisés sur 32 barges rousses lors des captures (cf. Méthode partie c. page 7). La signature isotopique de ces tissus nous permet de déduire, par comparaison avec la signature isotopique de la ressource trophique, l'aire d'alimentation de l'individu lors de la formation du tissu (Catry *et al.* 2012). Ainsi la plume permet de confirmer l'âge de l'individu (les juvéniles ayant mués sur leur site de naissance, alors que les adultes muent pour la plupart sur le site d'hivernage (Demongin 2013)) tandis que les griffes indiquent l'aire d'alimentation des dernières semaines avant le prélèvement. Ces tissus sont ensuite découpés le plus finement possible en laboratoire et compactés en « boulettes » pour être ensuite analysés grâce à la Plateforme de Spectrométrie Isotopique (IRMS) du LIENSs (explication du fonctionnement en **Annexe 3**).

Ce protocole a uniquement été mis en place pour le site rétais, l'échec des captures sur Oléron n'ayant pu permettre le prélèvement de plumes et de griffes sur les barges.

h. Analyses statistiques

Des statistiques descriptives, des tests de Khi-deux et de Kruskal-Wallis, ainsi que des modèles linéaires généralisés à effets mixtes ont été réalisés à l'aide du logiciel R Studio. Le logiciel QuantumGis 2.2. Valmiera nous a quant à lui permis de réaliser les cartes de distribution.

RESULTATS

a. Effectifs et phénologie des barges rousses

Ile de Ré : Depuis 2001, les effectifs semblent être en augmentation (Figure 13a), passant, en moyenne de 376 ± 127 individus à 810 ± 185 individus en 13 ans, ce qui représente une augmentation de 115 %. Ainsi en moyenne l'augmentation annuelle des effectifs hivernaux moyens est de 11,5 sur Ré. Cependant, les effectifs de l'hiver 2006/2007 marquent une forte diminution de l'ordre de 33,4 %. On constate aussi un pic d'abondance en 2010/2011, avec des effectifs moyens atteignant plus de 1208 ± 15 individus (hausse de 91,2%).

Ile d'Oléron : Les effectifs passent de 1031 ± 598 lors de l'hiver 2000/2001 à 948 ± 170 en 2013/2014, ce qui représente une diminution de 8 % sur 14 ans. Deux hivers présentent des pics d'abondance : 2002/2003 avec une moyenne de 1445 ± 306 individus, représentant une augmentation de 60 % par rapport à l'année précédente, et 2011/2012 avec en moyenne 1145 ± 389 individus représentant une augmentation de 22 % également par rapport à l'année précédente. Les effectifs marquent une forte diminution en 2003/2004 (78 %) qui continuent en 2004/2005 (48 %) atteignant cet hiver là le plus faible effectif moyen enregistré pour la période, avec 166 ± 263 individus.

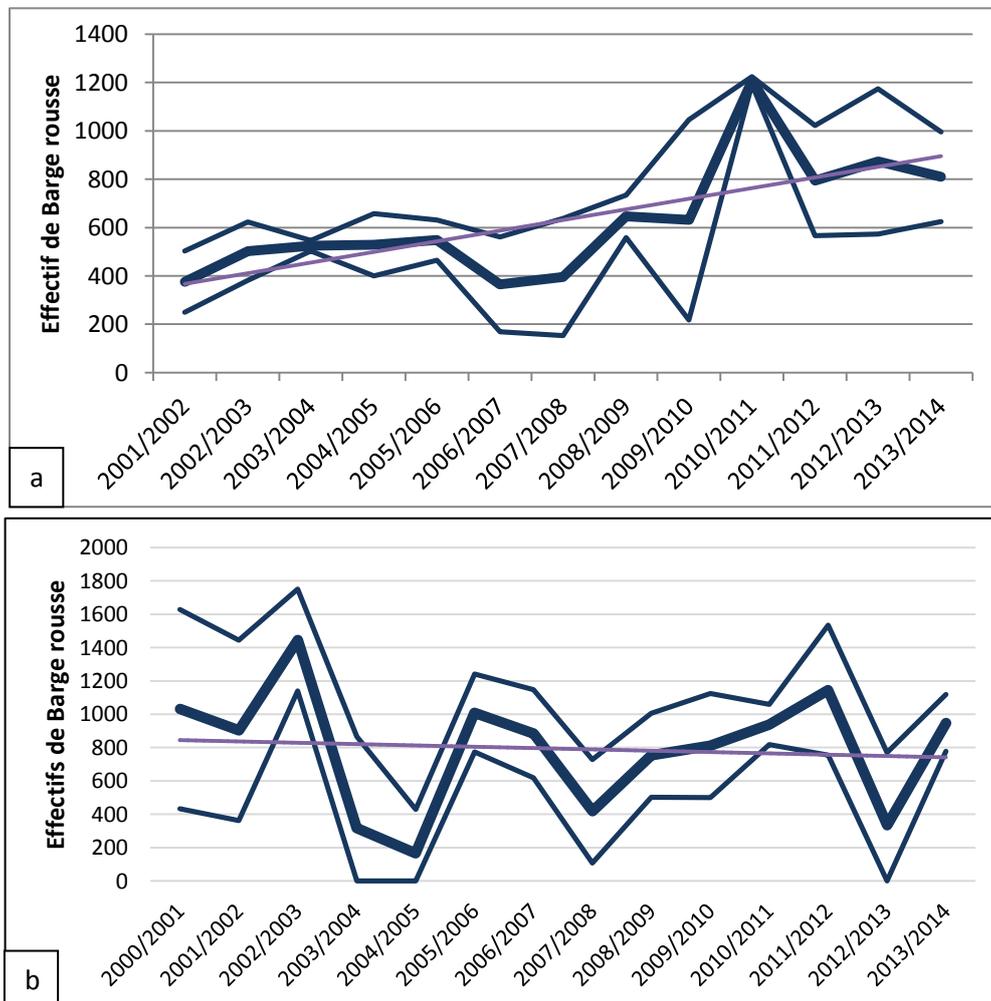


Figure 13 : Evolution des effectifs hivernaux de Barge rousse *Limosa lapponica* sur l'île de Ré depuis l'hiver 2001/2002 (a) et sur l'île d'Oléron depuis l'hiver 2000/2001 (b). La courbe bleue en gras représente les effectifs moyens calculés sur les mois de novembre à février inclus. Les courbes bleues fines représentent les écart-types sur cette même période. La droite violette représente la courbe de tendance linéaire. Source : RNN Lilleau des Niges, RNN Moëze-Oléron

Au cours de l'année les effectifs moyens de Barge rousse sont maxima en janvier. En revanche elle est visiblement très peu présente en avril, mai, juin et juillet (**Figure 14**) :

Ile de Ré : Les effectifs du mois de janvier, avec en moyenne 730 ± 322 individus, sont suivis de près par ceux du mois de février, puis décembre, puis novembre. Ainsi sur ce site les mois de novembre et décembre puis janvier et février forment deux plateaux où les effectifs semblent relativement stables. En revanche on observe une cassure dans l'évolution des effectifs au cours de l'année entre le mois de juillet et le mois d'août avec l'arrivée en moyenne de plus de 360 individus par rapport au mois précédent. A l'inverse, entre mars et avril on constate une diminution importante de ces effectifs avec le départ d'environ 400 individus.

Ile d'Oléron : Les effectifs moyens évoluent positivement et régulièrement de juillet à décembre, même si l'on observe cependant une diminution au mois de novembre. Au mois de janvier les effectifs augmentent brusquement, pour atteindre de loin les plus forts effectifs de l'année avec 1044 ± 270 individus en moyenne. Ces effectifs diminuent ensuite, de manière brutale entre janvier et février, puis de façon régulière jusqu'en juin.

Sur les deux sites, les valeurs élevées des écart-types laissent entrevoir une variabilité interannuelle.

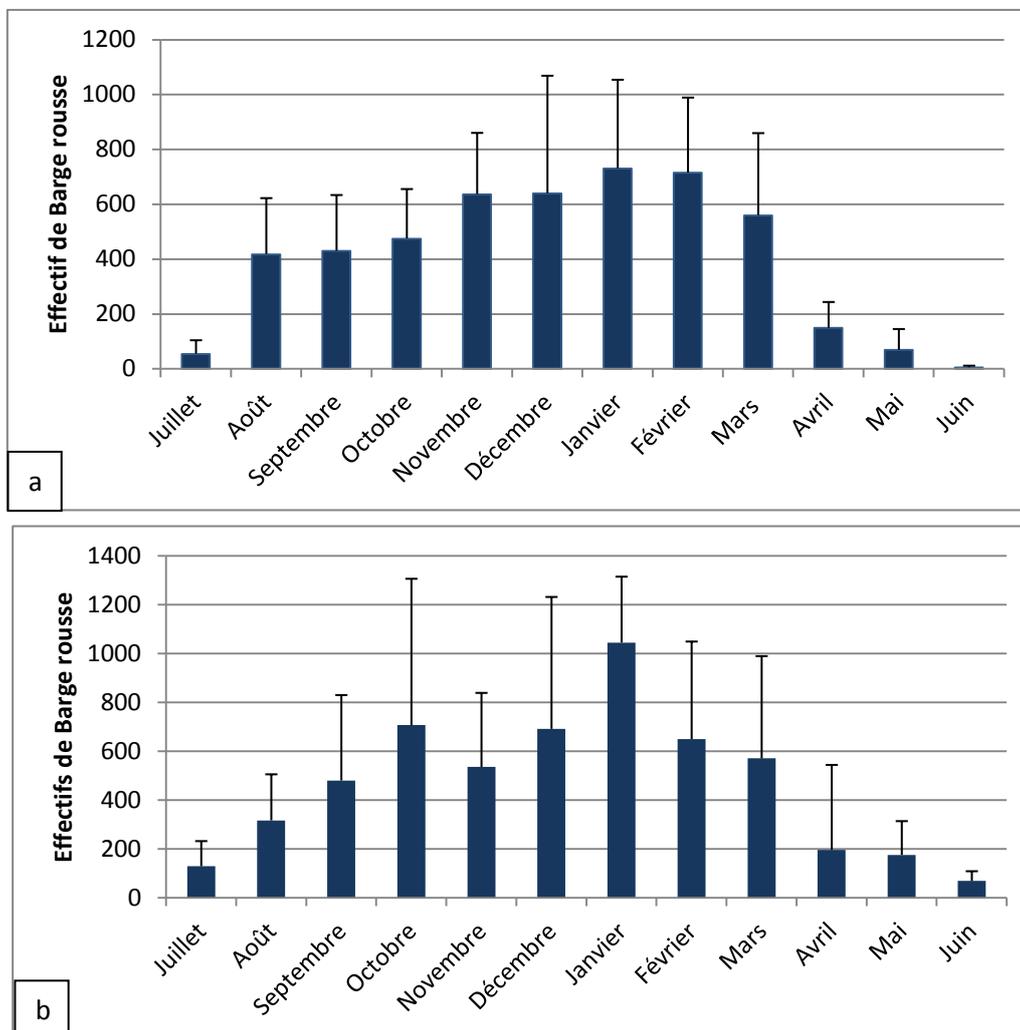


Figure 14 : Phénologie des effectifs de Barge rousse *Limosa lapponica* (Moyennes et écart-types) sur l'île de Ré depuis 2003 (a) et sur l'île d'Oléron depuis 2004 (b). Source : RNN Lilleau des Niges ; RNN Moëze-Oléron.

b. Distribution et ratio mâles/femelles sur les aires d'alimentation

Ile de ré

La Loge : Sur ce site la moyenne des effectifs de femelles est significativement supérieures à celle des mâles (Wilcoxon : $W = 2904,5$ - $p\text{-value} = 7,136e-06$). En moyenne, les femelles représentent $55,1 \pm 18,0$ % des effectifs, contre $26,5 \pm 9,9$ % pour les mâles (et $18,4 \pm 23,0$ % d'indéterminés) ($N = 81$). Cette tendance s'observe quel que soit le marnage (**Figure 15**) ou le coefficient de marée (Modèle linéaire généralisé à effet mixte).

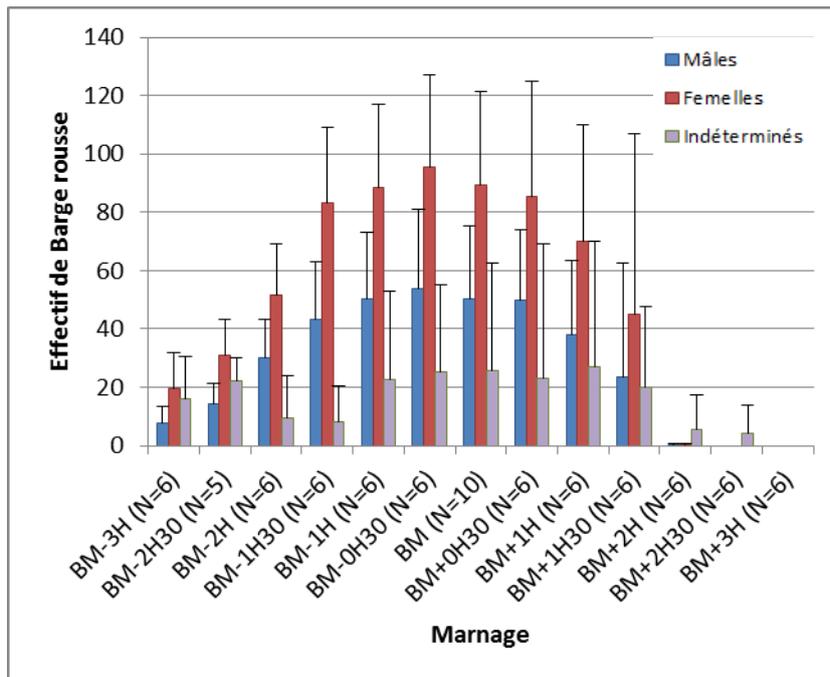


Figure 15 : Evolution des effectifs de Barges rousses *Limosa lapponica* (moyennes et écarts types) par sexe au cours du cycle de marée sur La Loge pendant l'hiver 2013-2014.

Fiers d'Ars : En moyenne sur l'ensemble des comptages ($N=68$), les mâles représentent $41,6 \pm 22,0$ % des effectifs, contre $38,1 \pm 20,2$ % de femelles, ce qui ne représente pas une différence significative (Wilcoxon : $W = 1334,5$ - $p\text{-value} = 0,9094$). Cependant $20,4 \pm 30,9$ % des individus sont demeurés indéterminés, essentiellement au cours des dernières heures en marée montante (**Figure 16**).

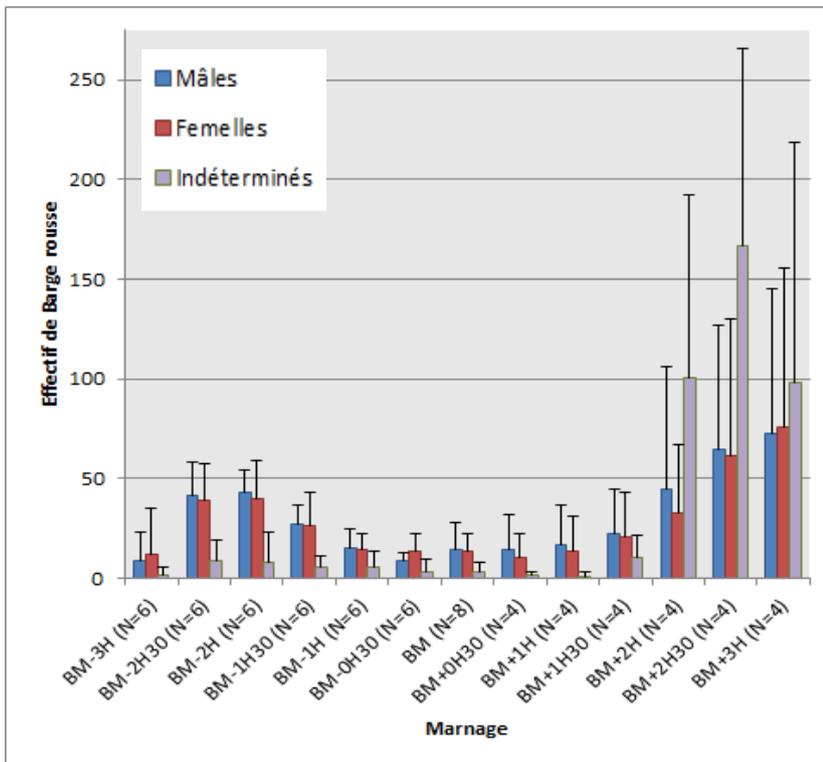


Figure 16 : Evolution des effectifs de Barge rousse *Limosa lapponica* (moyenne et écart-types) par sexe au cours du cycle de marée sur le Fiers d'Ars pendant l'hiver 2013-2014.

Ile d'Oléron

Bellevue Sable : Sur la partie sableuse de Bellevue, la moyenne des effectifs de femelles est significativement supérieures à celle des mâles (Wilcoxon : $W = 2342$ - p -value = 0,03). En moyenne, les femelles représentent $58,5 \pm 29,0$ % des effectifs, contre $35,6 \pm 27,6$ % pour les mâles (et $5,8 \pm 16,6$ % d'indéterminés) ($N = 63$). Les effectifs les moins importants semblent se concentrer dans l'heure qui précède la basse mer, tandis que les effectifs les plus importants s'observent 2h à 2h30 avant et après la basse mer (Figure 17).

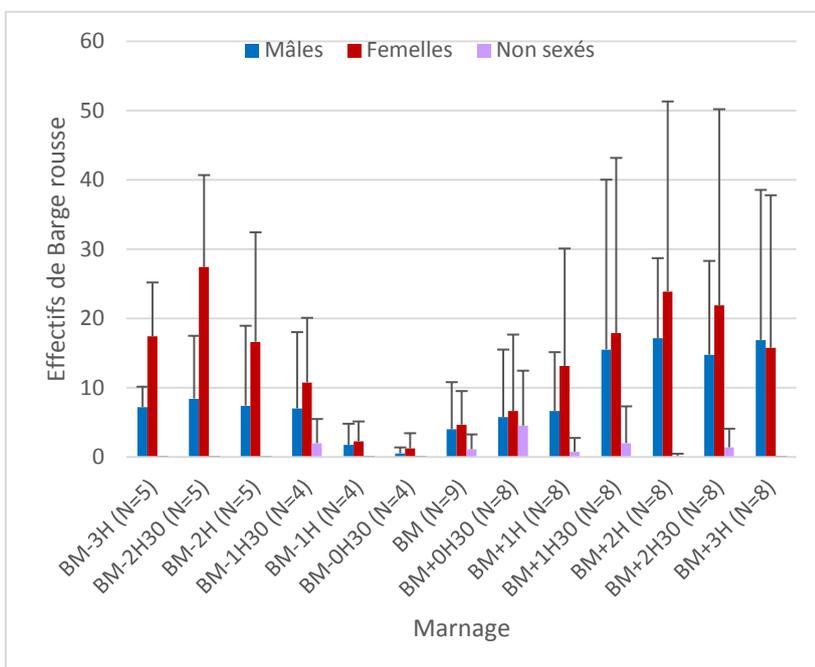


Figure 17 : Evolution des effectifs de Barges rouges *Limosa lapponica* (moyennes et écarts types) par sexe au cours du cycle de marée sur Bellevue Sable pendant l'hiver 2013-2014.

Bellevue Vase : En moyenne sur l'ensemble des comptages (N=66), les mâles représentent $53,5 \pm 19,4$ % des effectifs, contre $45,3 \pm 19,5$ % de femelles (et $1,2 \pm 4,6$ % d'individus non sexés), ce qui ne représente pas une différence significative (Wilcoxon : $W = 1904$ - p-value = 0,6944). Sur ce secteur, les effectifs semblent relativement stables sur la marée descendante et ce jusqu'à basse mer. Ils augmentent ensuite pour atteindre des valeurs maximales en début de marée montante (**Figure 18**).

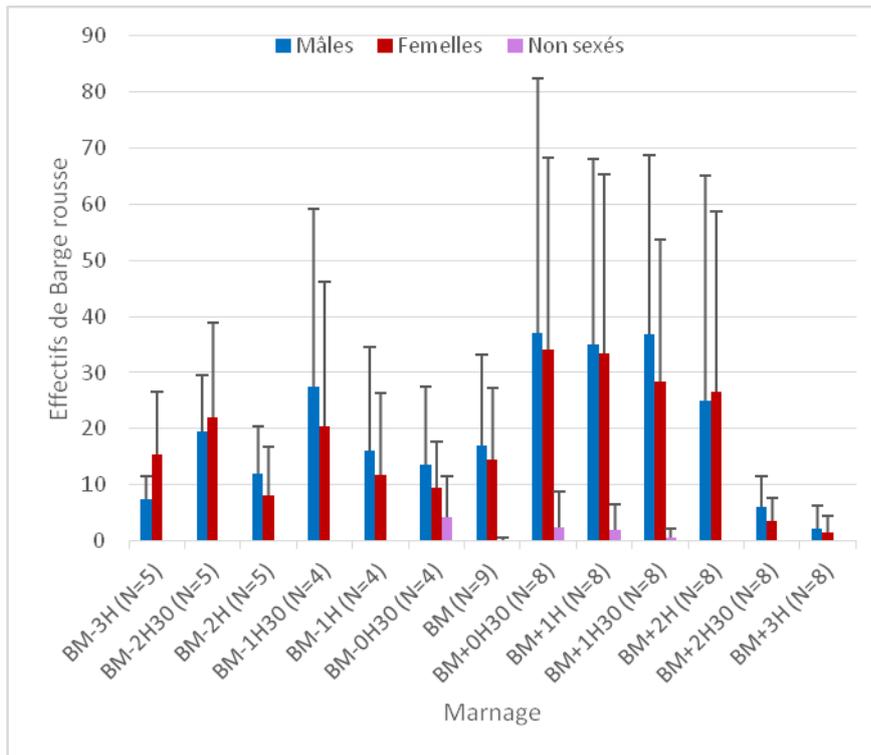


Figure 18 : Evolution des effectifs de Barges rousses *Limosa lapponica* (moyennes et écarts types) par sexe au cours du cycle de marée sur Bellevue Vase pendant l'hiver 2013-2014.

c. Biométrie et marquage des oiseaux

Ile de ré

65 individus ont été contactés sur l'île de Ré (62 individus capturés et bagués sur Ré auxquels s'ajoutent 1 Barge rousse baguée au Marais d'Yves (17) et 2 dans les marais de Moëze (17)), générant 174 données entre captures et recaptures visuelles. Parmi les 65 barges, 30 individus ont pu être sexés comme femelles et 25 comme mâles (NS - Khi-deux : $\chi^2 = 0,4$; p-value = 0,5). L'âge-ratio est clairement en faveur des juvéniles, qui représentent 71% des captures, avec 44 juvéniles et 21 adultes (Khi-deux : $\chi^2 = 8,1$; p-value = 0,004). Sur les 32 individus bagués couleurs cet hiver, il y a 105 contrôles (mais on compte 112 contrôles en tout avec les 3 barges rousses baguées sur les autres sites charentais). Sur ces 32 barges, 4 individus n'ont jamais été recontactés (3 femelles, 1 mâles). 16 individus ont été contrôlés sur le Fier d'Ars (7 femelles, 8 mâles et 1 non sexé) et 22 sur la Loge (11

femelles, 9 mâles et 2 non sexés). 10 individus ont été vus sur les deux sites (4 femelles et 6 mâles). Certains individus ont été revus jusqu'à 8 fois, dont 7 fois sur le même site (La Loge). Sur le Fier d'Ars, le maximum de contrôles pour un individu sont de 6 (Figure 19). Concernant l'âge-ratio, on constate sur les deux sites la supériorité numérique des juvéniles (77% sur La Loge et 81% sur le Fier d'Ars).

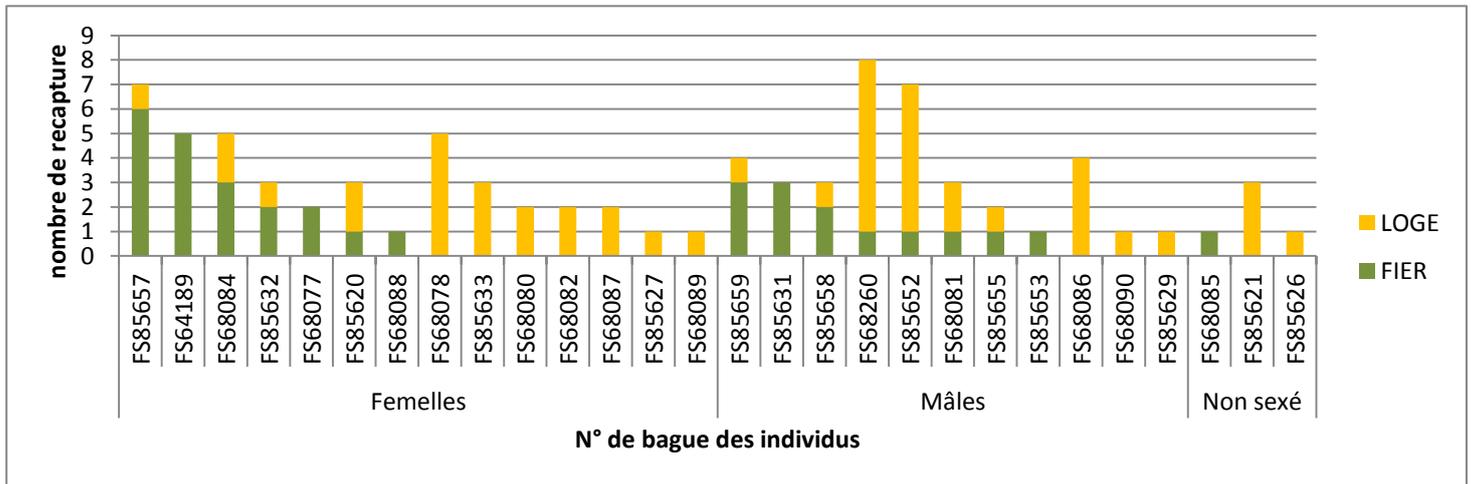


Figure 19 : Nombre de recaptures visuelles par Barge rousse *Limosa lapponica* marquées avec des bagues couleur, sur les deux aires d'alimentation suivies sur l'île de Ré.

Ile d'Oléron

Comme cela a été précisé dans la partie matériel et méthode, les captures de barges sur Oléron ont échouées. Cependant depuis quelques années, l'équipe de la RNN de Moëze-Oléron mène un programme de marquage couleur des barges rousses à partir de captures réalisées sur le secteur continentale de la RNN. Les barges ainsi bagués sont régulièrement observées sur le site de Bellevue. A partir de ces relectures nous avons pu identifier 21 barges rousses fréquentant ce site (6 femelles, 10 mâles et 5 non sexés) (Figure 20).

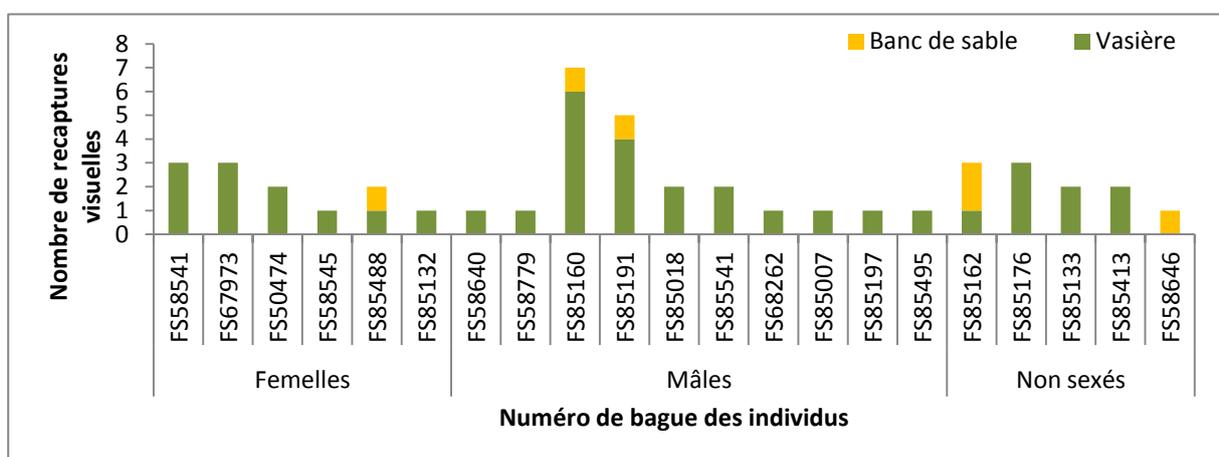


Figure 20 : Nombre de recaptures visuelles par Barge rousse *Limosa lapponica* marquées avec des bagues couleur, sur Bellevue.

Selon la base de données, seulement 5 individus (1 femelle, 2 mâles et 2 non sexés) ont été observés sur le secteur Bellevue Sable, contre 20 individus (6 femelles, 10 mâles et 4 non sexés) observés sur Bellevue Vase. Au maximum, un individu a été contrôlé à sept reprises sur Bellevue, dont 6 fois sur le secteur vase.

d. Distribution et disponibilité de la ressource trophique

Ile de ré

A partir des échantillons de benthos, 231 annélides pour la Loge et 372 pour le Fier d'Ars ont pu être isolés, appartenant à 19 taxons différents respectivement (Annexe 4).

Sur la Loge, ce sont *Scoloplos armiger*, *Nephtys cirrosa* et *Nephtys hombergii* qui sont les espèces les mieux représentées, en termes d'occurrence, de densité comme de biomasse.

Sur le Fier c'est *Notomastus latericeus*, *Hediste diversicolor* et *Nephtys hombergii* qui ont les plus fortes occurrences et densités, mais c'est *Arenicola marina* pour la biomasse (Figure 21, Annexe 5 et 6).

| Espèces | LA LOGE | | | | | | FIER D'ARS | | | | | |
|------------------------------|------------|------|---------|------------------------|---------------|---------------------|------------|------|---------|------------------------|---------------|---------------------|
| | Occurrence | | Densité | | Biomasse AFDM | | Occurrence | | Densité | | Biomasse AFDM | |
| | rang | (%) | rang | (ind./m ²) | rang | (g/m ²) | rang | (%) | rang | (ind./m ²) | rang | (g/m ²) |
| <i>Phylo foetida</i> | 6 | 0,07 | 7 | 4,72 | 6 | 0,005 | - | - | - | - | - | - |
| <i>Scoloplos armiger</i> | 1 | 0,39 | 1 | 82,52 | 3 | 0,094 | - | - | - | - | - | - |
| <i>Notomastus latericeus</i> | 4 | 0,13 | 6 | 7,86 | 7 | 0,003 | 1 | 0,32 | 2 | 109,08 | 4 | 0,040 |
| <i>Arenicola marina</i> | - | - | - | - | - | - | 4 | 0,13 | 5 | 12,30 | 1 | 0,251 |
| <i>Hediste diversicolor</i> | - | - | - | - | - | - | 2 | 0,26 | 1 | 111,54 | 2 | 0,175 |
| <i>Glycera tridactyla</i> | 7 | 0,04 | 9 | 2,36 | 5 | 0,006 | 8 | 0,04 | 10 | 2,46 | 6 | 0,018 |
| <i>Nephtys cirrosa</i> | 2 | 0,33 | 2 | 29,08 | 2 | 0,169 | 10 | 0,01 | 12 | 0,82 | 7 | 0,006 |
| <i>Nephtys hombergii</i> | 3 | 0,24 | 3 | 17,29 | 1 | 0,230 | 3 | 0,19 | 3 | 18,86 | 3 | 0,104 |
| <i>Owenia fusiformis</i> | 5 | 0,10 | 5 | 8,65 | 4 | 0,029 | 9 | 0,03 | 11 | 1,64 | 8 | 0,002 |
| <i>Lagis koreni</i> | - | - | - | - | - | - | 6 | 0,07 | 4 | 14,76 | 5 | 0,019 |

Figure 21 : Occurrence, densité et biomasse (AFDM) des principales espèces-proies trouvées sur les aires d'alimentation de la Barge rousse *Limosa lapponica* durant l'hiver 2013/2014.

En moyenne, le nombre d'annélides par mètre carré sur le Fier d'Ars est de 305 ± 372 ind./m² contre 181 ± 182 ind./m² pour la Loge (Figure 22a), cependant cela ne représente pas une différence significative (Wilcoxon : $W = 2731$ – p-value = 0.304 pour la densité totale ; $W = 2380.5$, p-value = 1 pour la densité accessible aux femelles ; $W = 2859$, p-value = 0.1139 pour la densité accessible aux mâles et femelles).

En termes de biomasse (AFDM), la ressource trophique totale représente $0,62 \pm 1,13 \text{ g/m}^2$ sur le Fier d'Ars contre $0,54 \pm 0,89 \text{ g/m}^2$ sur La Loge, cette différence n'étant pas significative (Wilcoxon : $W = 2341$ - $p\text{-value} = 0.4659$). La moyenne de la biomasse accessible aux femelles est de $0,49 \pm 0,80 \text{ g/m}^2$ sur la Loge contre $0,46 \pm 0,68 \text{ g/m}^2$ sur le Fier d'Ars, celle de la biomasse accessible aux deux sexes est de $0,32 \pm 0,72 \text{ g/m}^2$ sur la Loge contre $0,25 \pm 0,38 \text{ g/m}^2$ sur le Fier d'Ars. Cependant ces différences de ressources trophiques entre les deux sites rétais ne sont pas significatives (Wilcoxon : respectivement $W = 2214$ - $p\text{-value} = 0.2611$ et $W = 2365.5$, $p\text{-value} = 0.618$) (Figure 22b).

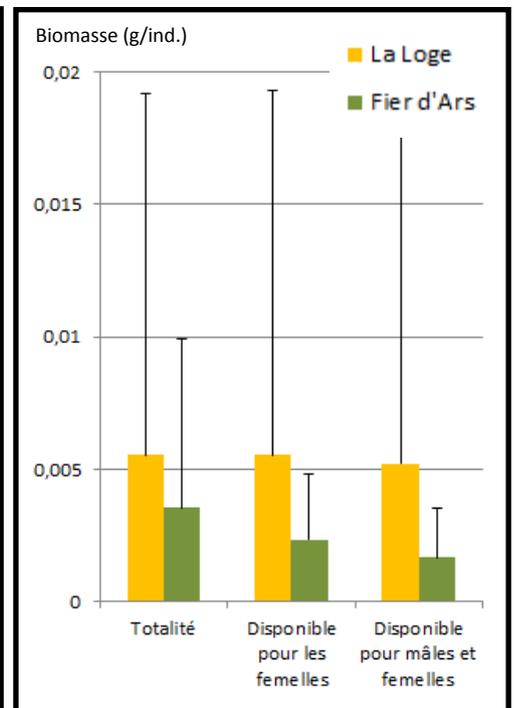
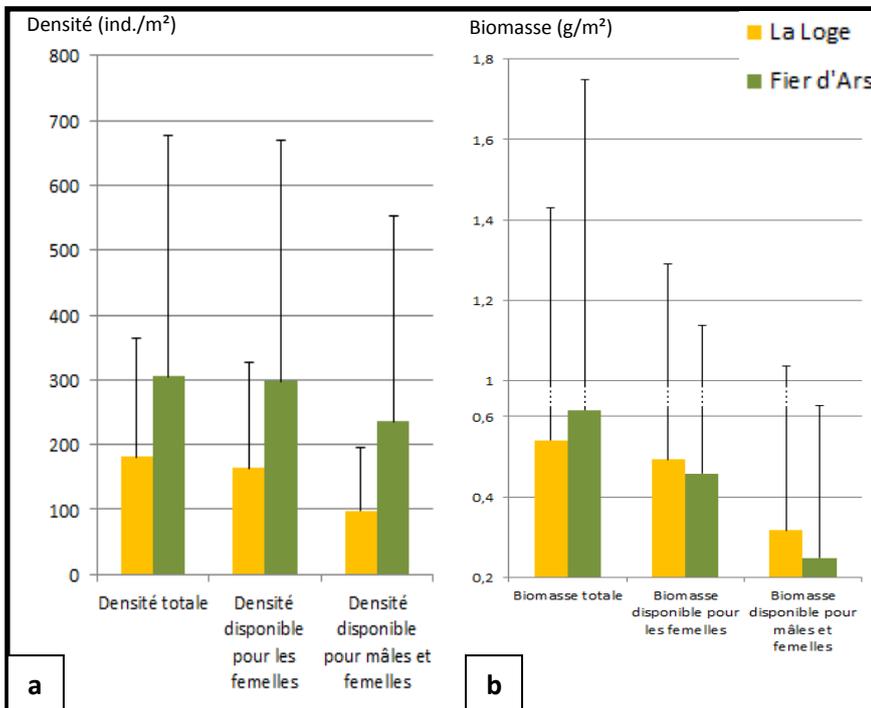


Figure 22 : Comparaison de la ressource trophique (toutes espèces d'annélides) entre les deux aires d'alimentation rétaies, exprimé en densité moyenne d'individus par m^2 (a) et en biomasse moyenne par m^2 (b) selon l'accessibilité pour les mâles et femelles de Barge rousse *Limosa*

Figure 23 : Comparaison de la biomasse moyenne des individus-proies (annélides) sur les deux aires d'alimentation rétaies selon l'accessibilité pour les mâles et femelles de Barge rousse *Limosa lapponica*.

En revanche, on constate que les individus prélevés sur La Loge, avec des biomasses AFDM de $0,005 \pm 0,014 \text{ g/ind}$ en moyenne ont une biomasse significativement supérieure aux individus prélevés sur le Fier d'Ars ($0,003 \pm 0,006 \text{ g/ind}$) (Wilcoxon : $w = 20361.5$, $p\text{-value} = 6.454e-15$) (Figure 23).

En termes de distribution, 84% de la biomasse se trouve dans le compartiment de profondeur [0 – 8 cm] sur la Loge, 12% dans le [8 – 15 cm] et 3% au-delà. Sur le Fier d’Ars la distribution est très différentes, avec seulement 54 % de la biomasse entre 0 et 8 cm de profondeur. En revanche, 26 % de la biomasse se trouve à la profondeur [8-15 cm] et 20 % au-delà des 15 cm (Figure 24a). La Figure 24b montre également que, sur La Loge et sur le Fier, il y a respectivement 53 % et 77 % des individus entre 0 et 8 cm de profondeur, 37 % et 20 % sont entre 8 et 15 cm, et 10 % et 2 % au-delà.

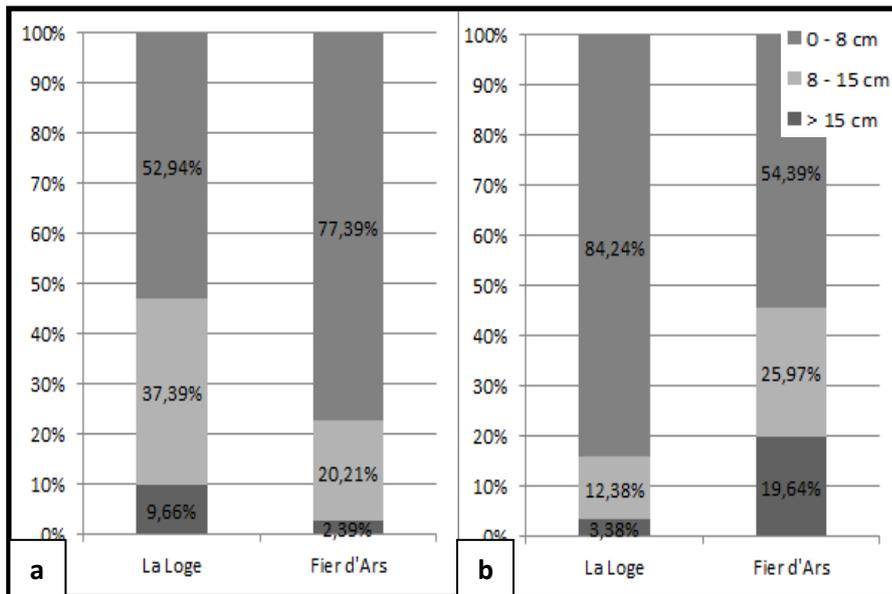


Figure 24 : Comparaison de la distribution de la ressource trophique (annélides) entre les deux aires d'alimentation en fonction de la profondeur, en densité moyenne d'individus par m² (a) et en biomasse moyenne par m² (b).

Sur les deux aires d'alimentation on voit une diminution de la biomasse entre les compartiments [0 – 15 cm] et [0 – 8 cm] (Figure 25 et 26).

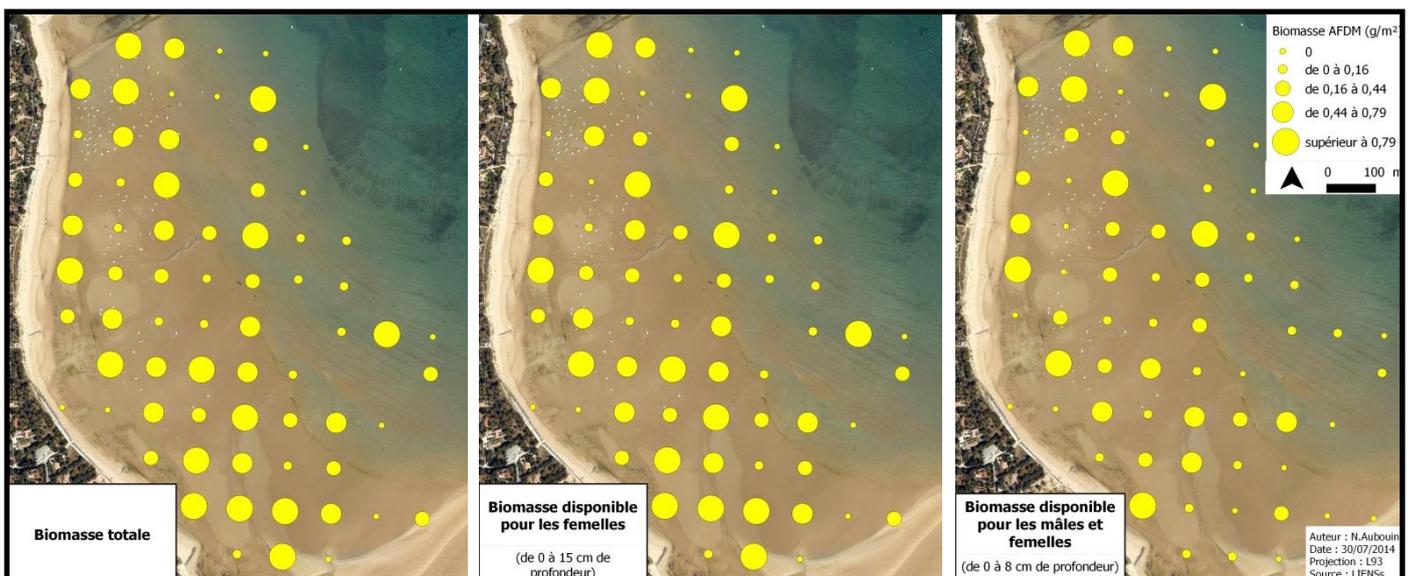


Figure 25 : Distribution de la ressource trophique (annélides), exprimée en biomasse moyenne, sur la Loge, selon l'accessibilité pour les mâles et femelles de Barge rousse *Limosa lapponica*.

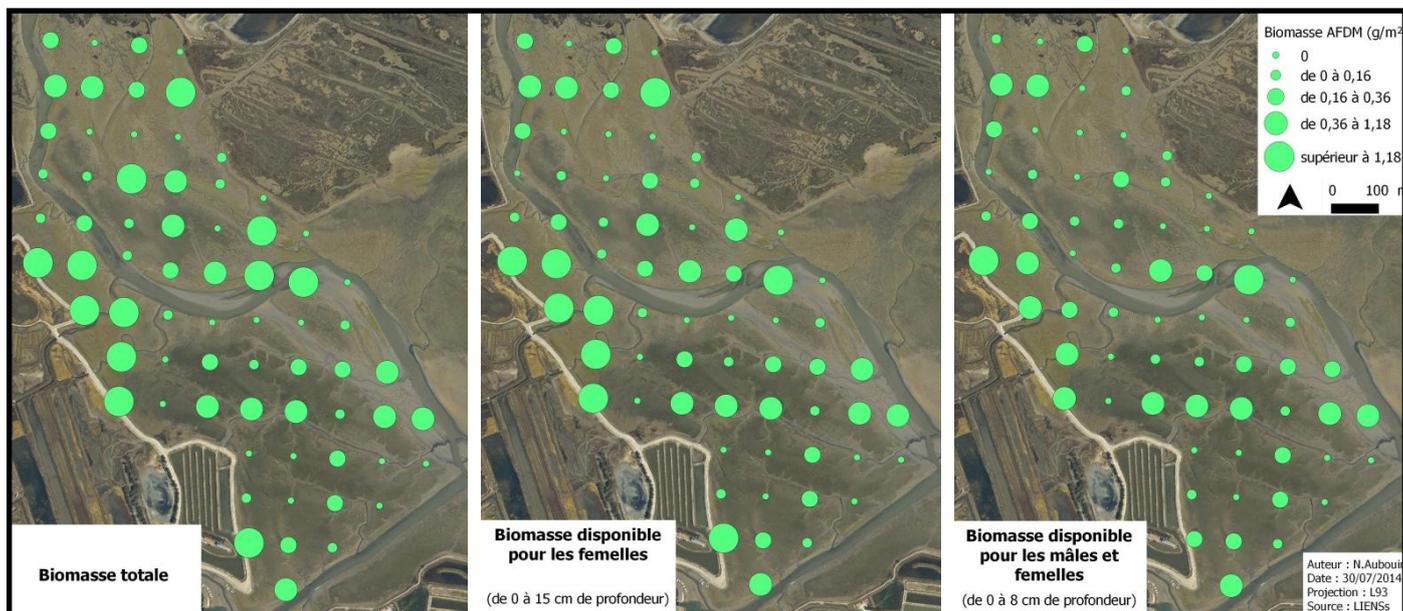


Figure 26 : Distribution de la ressource trophique (annélides), exprimée en biomasse moyenne, sur le Fier d'Ars, selon l'accessibilité pour les mâles et femelles de Barge rousse *Limosa lapponica*.

Ile d'Oléron

165 annélides, appartenant à 14 taxons, et 44 annélides, appartenant à 10 taxons (soit en tout 209 annélides, répartis dans 17 taxons), ont respectivement été identifiés pour Bellevue Vase et Bellevue Sable (Figure 27).

| Espèces | Bellevue Sable | | | | | Bellevue Vase | | | | |
|-----------------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|
| | Occurrence rang | Densité (%) | Densité rang (ind./m ²) | Biomasse AFDM rang (g/m ²) | Biomasse AFDM (g/m ²) | Occurrence rang | Densité (%) | Densité rang (ind./m ²) | Biomasse AFDM rang (g/m ²) | Biomasse AFDM (g/m ²) |
| Phylo foetida | 4 | 0.03 | 5 | 1.71 | 8 | 0.002 | - | - | - | - |
| Pygospio elegans | - | - | - | - | - | - | 7 | 0.07 | 8 | 5.52 |
| Cirratulidae (Tharix sp. ?) | - | - | - | - | - | - | 8 | 0.05 | 10 | 2.76 |
| Heteromastus filiformis | 4 | 0.03 | 5 | 1.71 | 9 | 0.001 | 2 | 0.32 | 2 | 41.41 |
| Notomastus latericeus | 2 | 0.09 | 2 | 22.29 | 6 | 0.008 | 1 | 0.46 | 1 | 86.95 |
| Arenicola marina | 4 | 0.03 | 4 | 3.43 | 1 | 0.100 | - | - | - | - |
| Euclymene oerstedii | 3 | 0.06 | 3 | 5.14 | 7 | 0.003 | 6 | 0.10 | 5 | 13.80 |
| Hediste diversicolor | - | - | - | - | - | - | 3 | 0.29 | 3 | 31.74 |
| Alitta succinea | - | - | - | - | - | - | 4 | 0.20 | 4 | 17.94 |
| Glycera tridactyla | 3 | 0.06 | 4 | 3.43 | 4 | 0.032 | 5 | 0.12 | 7 | 6.90 |
| Nephtys cirrosa | 1 | 0.36 | 1 | 27.44 | 2 | 0.083 | - | - | - | - |
| Nephtys hombergii | 3 | 0.06 | 4 | 3.43 | 3 | 0.035 | 7 | 0.07 | 9 | 4.14 |
| Owenia fusiformis | 4 | 0.03 | 5 | 1.71 | 5 | 0.016 | 8 | 0.05 | 10 | 2.76 |
| Galathowenia oculata | - | - | - | - | - | - | 9 | 0.02 | 11 | 1.38 |
| Lagis koreni | - | - | - | - | - | - | 8 | 0.05 | 10 | 2.76 |
| Ampharete acutifrons | - | - | - | - | - | - | 7 | 0.07 | 6 | 8.28 |
| Nemert | 2 | 0.09 | 3 | 5.14 | - | - | 9 | 0.02 | 11 | 1.38 |

Figure 27 : Occurrence, densité et biomasse (AFDM) des annélides trouvées sur les aires d'alimentation de la Barge rousse *Limosa lapponica* durant l'hiver 2013/2014.

Sur Bellevue Sable, l'espèce la mieux représentée en termes de biomasse par mètre carré est *Arenicola marina*, suivi par *Nephtys cirrosa* et *Nephtys hombergii*. *Nephtys cirrosa* est aussi la mieux représentée en termes de densité et d'occurrence, suivi par *Notomastus latericeus*, puis par *Euclymène oerstedii*, *Nephtys hombergii* ou encore les Nemerts (Figure 27).

Lorsque l'on passe sur le secteur vaseux, c'est *Alitta succinea* qui domine en termes de biomasse par mètre carré, puis *Nephtys hombergii* et *Hediste diversicolor*. Les occurrences et densité maximales sont enregistrées sur ce substrat par *Notomastus latericeus*, *Heteromastus filiformis* puis *Hediste diversicolor* (Figure 27).

On constate que les densités de proies est significativement supérieure sur Bellevue Vase, que ce soit en termes de densité totale (Bellevue Vase : 228 ± 229 ind./m² ; Bellevue Sable : 75 ± 122 ind./m² ; Wilcoxon : $W = 324,5 - p\text{-value} = 9.923e-05$), de densité disponible uniquement aux femelles (Bellevue Vase : 226 ± 225 ind./m² ; Bellevue Sable : 70 ± 123 ind./m² ; Wilcoxon : $W = 306,5 - p\text{-value} = 4.123e-05$) ou même de densité disponible aux mâles et aux femelles (Bellevue Vase : 168 ± 163 ind./m² ; Bellevue Sable : 43 ± 71 ind./m² ; Wilcoxon : $W = 324,5 - p\text{-value} = 0.0001$) (Figure 28a).

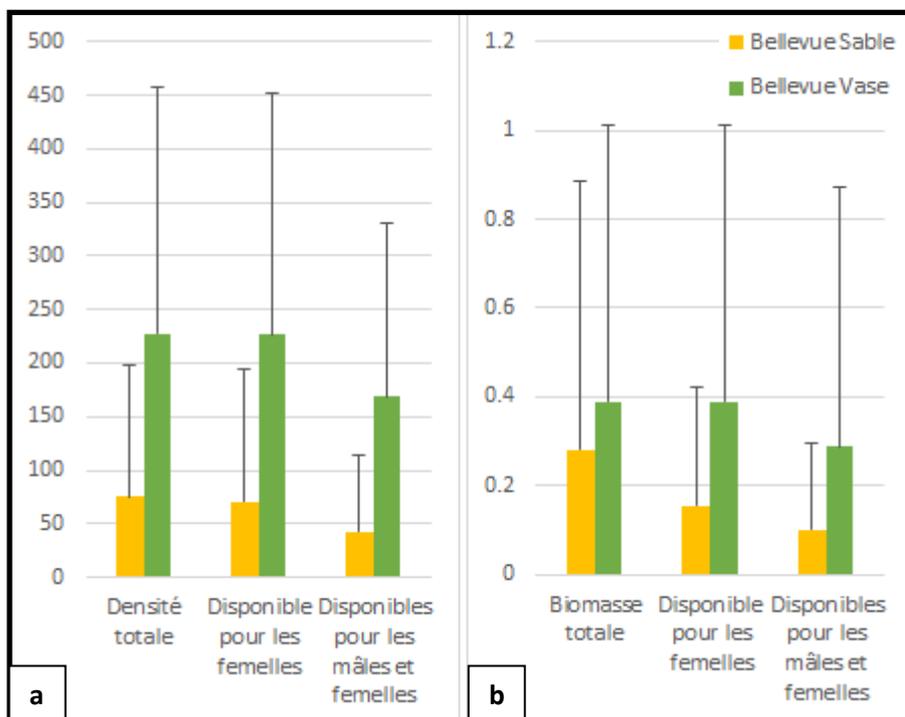


Figure 28 : Comparaison de la ressource trophique (toutes espèces d'annélides) entre les deux substrat de l'aire d'alimentation de Bellevue, exprimé en densité moyenne d'individus par m² (a) et en biomasse moyenne par m² (b) selon l'accessibilité pour les mâles et femelles de Barge rousse *Limosa lapponica*.

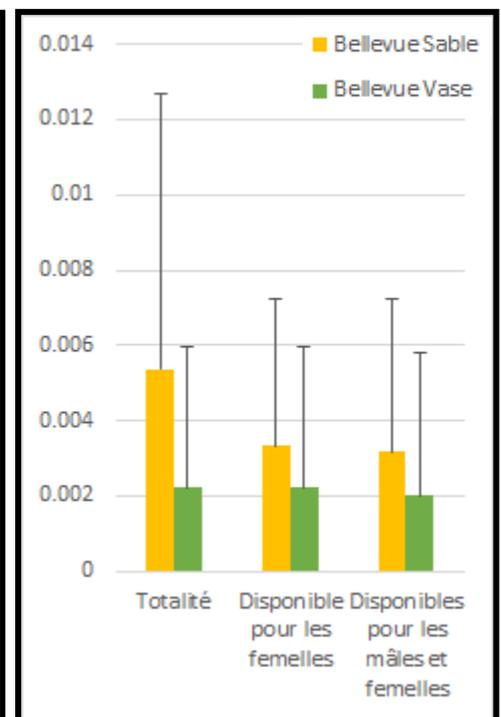


Figure 29 : Comparaison de la biomasse moyenne des individus-proies (annélides) sur les deux substrats de l'aire d'alimentation de Bellevue selon l'accessibilité pour les mâles et femelles de Barge rousse *Limosa lapponica*.

On observe la même tendance en termes de biomasse : La biomasse est significativement supérieure sur Bellevue Vase, que ce soit en termes de biomasse totale (Bellevue Vase : $0,39 \pm 0,62$ g./m² ; Bellevue Sable : $0,28 \pm 0,61$ g./m² ; Wilcoxon : $W = 489 - p\text{-value} = 0,04$), de biomasse disponible uniquement aux femelles (Bellevue Vase : $0,39 \pm 0,62$ g./m² ; Bellevue Sable : $0,16 \pm 0,26$ g./m² ; Wilcoxon : $W = 418 - p\text{-value} = 0,004$) ou même de biomasse disponible aux mâles et aux femelles (Bellevue Vase : $0,29 \pm 0,59$ g./m² ; Bellevue Sable : $0,10 \pm 0,19$ g./m² ; Wilcoxon : $W = 445 - p\text{-value} = 0,009$) (**Figure 28b**).

En revanche, on constate que la biomasse par individu-proie est significativement supérieure dans le substrat sableux, que ce soit à toutes profondeurs confondues (Bellevue Vase : $0,002 \pm 0,004$ g./ind. ; Bellevue Sable : $0,005 \pm 0,007$ g./ind. ; Wilcoxon : $W = 509 - p\text{-value} = 0,005$), dans le compartiment de profondeur disponible uniquement pour les femelles (Bellevue Vase : $0,002 \pm 0,004$ g./ind. ; Bellevue Sable : $0,003 \pm 0,004$ g./ind. ; Wilcoxon : $W = 433 - p\text{-value} = 0,03$), ou encore dans le compartiment de profondeur accessible aux mâles et aux femelles (Bellevue Vase : $0,002 \pm 0,004$ g./ind. ; Bellevue Sable : $0,003 \pm 0,004$ g./ind. ; Wilcoxon : $W = 341,5 - p\text{-value} = 0,02$) (**Figure 29**).

Les mâles de Barge rousse ont accès à 57 % des proies sur Bellevue Sable, et à 74 % des proies sur Bellevue Vase. Les femelles, elles, ont accès à 93 % des proies sur Bellevue Sable et à 99 % des proies sur Bellevue Vase (**Figure 30a**). En termes de biomasse, les mâles ont accès à 36 % de la ressource sur le sable, contre 74 % sur la vase. Les femelles peuvent, elles, atteindre 55 % de la ressource sur Bellevue Sable, et presque 100 % de la ressource sur Bellevue Vase ! (**Figure 30b**).

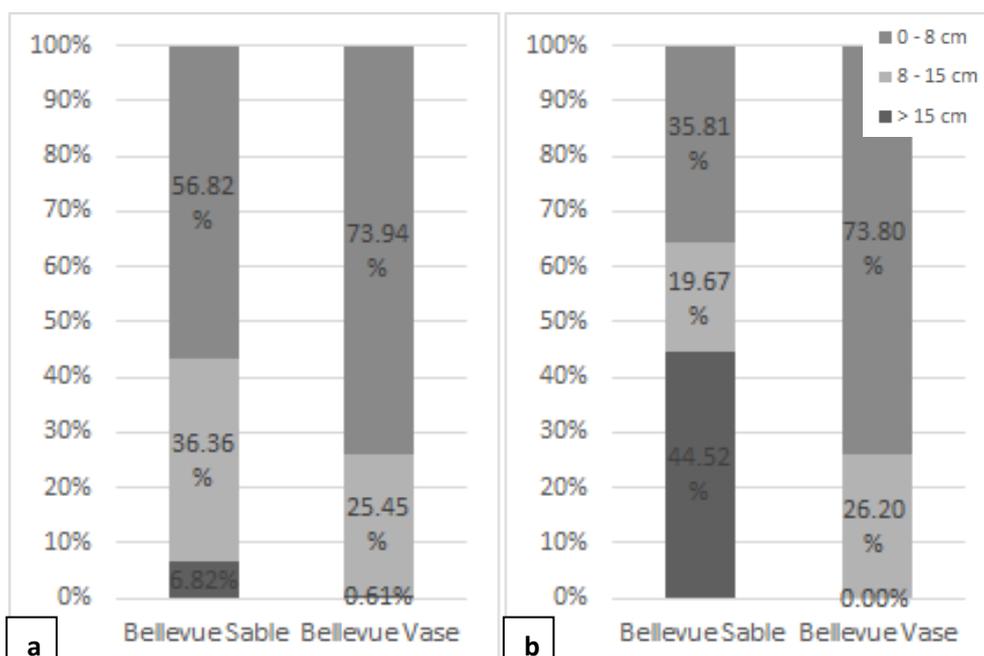


Figure 30 : Comparaison de la distribution de la ressource trophique (annélides) entre les deux aires d'alimentation en fonction de la profondeur, en densité moyenne d'individus par m² (a) et en biomasse moyenne par m² (b). 30

Sur les deux substrats de l'aire d'alimentation de Bellevue on voit une diminution de la biomasse entre les compartiments [0 – 15 cm] et [0 – 8 cm] (Figure 31).

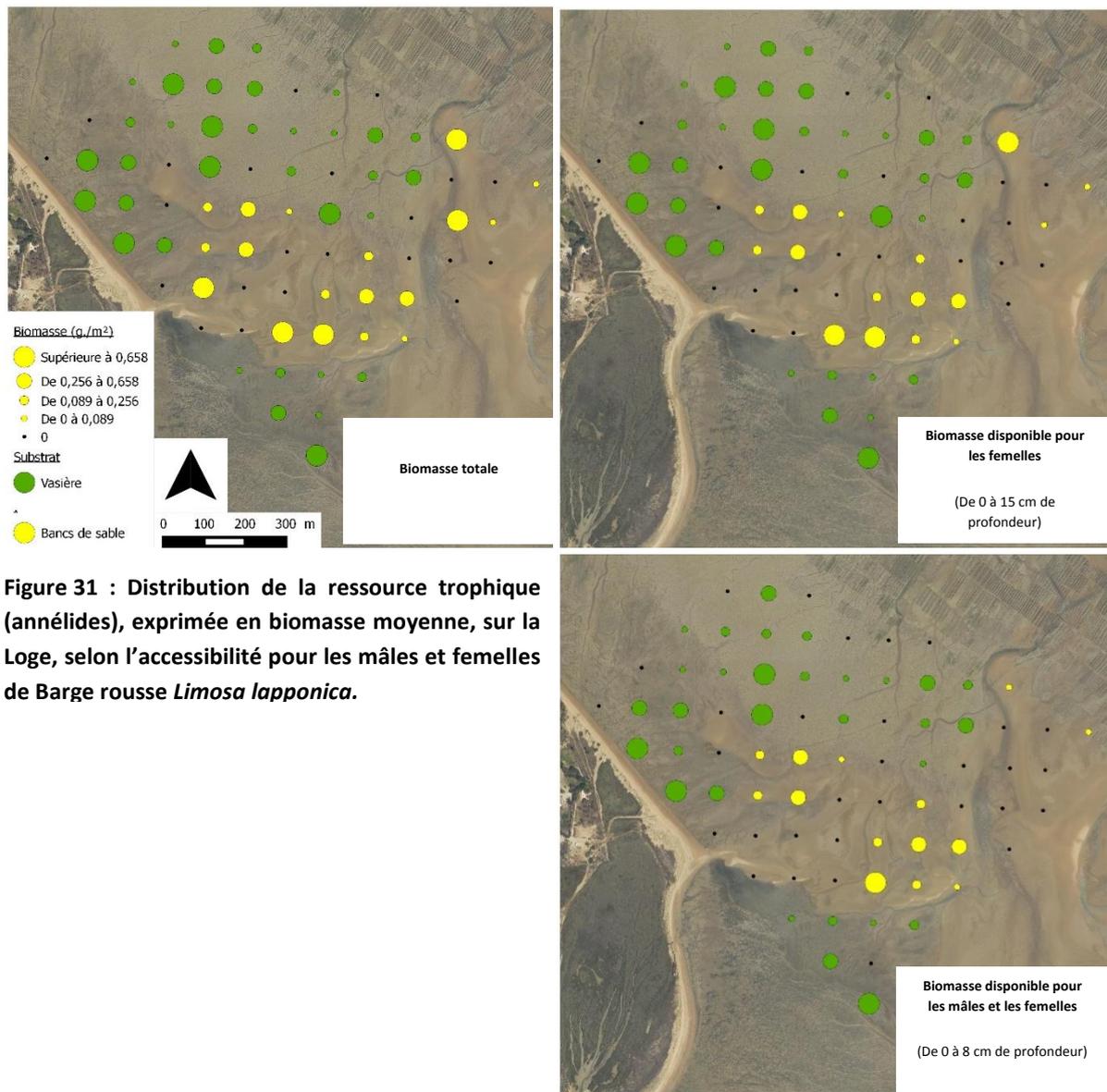


Figure 31 : Distribution de la ressource trophique (annelides), exprimée en biomasse moyenne, sur la Loge, selon l'accessibilité pour les mâles et femelles de Barge rousse *Limosa lapponica*.

e. Comportement alimentaire

Ile de ré

Sauf précision, tous les tests sont des Kruskal-Wallis. Aucun biais observateur n'est à noter.

Sur les deux sites d'alimentation, les barges rousses, mâles comme femelles, ont consacré en moyenne un peu plus de $\frac{3}{4}$ du temps de l'observation à la recherche alimentaire. En revanche, le temps moyen de manipulation des proies par l'ensemble des individus observés est supérieur sur le site de la Loge (23,0 %) par rapport au site du Fier d'Ars (14,8 %) (kw = 9,5; p-value = 0,002).

Etonnamment, il n'y a pas non plus de différence significative entre les sites, concernant le temps de toilettage, malgré que celui-ci soit de 8,6 % sur le Fier d'Ars contre 0,2 % sur La Loge (**Figure 32**) (kw = 3,1; p-value = 0,07) (**Figure 32 et 33**).

Les deux modes de prospection n'apparaissent pas à la même fréquence, le picotage ayant une occurrence 3,6 fois supérieure à celle du sondage (Khi-deux : $\chi^2 = 13,8$; p-value = 0.0002). La fréquence des sondages est significativement plus importante sur la Loge que sur le Fier d'Ars (kw = 42,5 - p-value = 6,95e-11). Sur les 2 sites, il ne semble pas y avoir de différence dans le nombre de picotage entre les femelles et les mâles (kw = 2,9 ; p-value = 0,08). De même concernant le sondage (kw = 0,3 ; p-value = 0,6) (**Figure 33**).

Le nombre moyen de proies ingérées par minute entre mâles et femelles ne diffèrent pas non plus, que ce soit sur le Fier d'Ars (kw = 0,1 ; p-value = 0,7) ou sur la Loge (kw = 0,6 ; p-value = 0,4), avec respectivement $1,8 \pm 1,4$ et $1,3 \pm 1,0$ proies/min pour les mâles et $1,6 \pm 1,2$ et $1,4 \pm 0,9$ proies/min pour les femelles. De même il ne semble pas y avoir de différence significative dans le nombre de proies ingérées entre les deux sites (kw = 0,3 ; p-value = 0,6) (**Figure 34a**). En revanche, lorsque l'on traduit ce nombre de proies en termes de biomasse ingérée par minute, pour les mâles comme les femelles, la biomasse ingérée par minute, ainsi que la biomasse ingérée par action de sondage, sur la Loge (respectivement $0,007 \pm 0,005$ g/min et $0,0006 \pm 0,0005$ g/sondage pour les mâles, et $0,008 \pm 0,005$ g/min et $0,001 \pm 0,002$ g/sondage pour les femelles) sont plus de deux fois supérieures à celles du Fier d'Ars ($0,003 \pm 0,002$ g/min et $0,0004 \pm 0,0005$ g/sondage ; $0,004 \pm 0,003$ g/min et $0,0004 \pm 0,0004$ g/sondage) (kw = 41,5 - p-value = 1,16e-10) (**Figure 34b**).

Figure 32 : Pourcentage du temps moyen alloué sur une minute à chacun des comportements « période » par la Barge rousse *Limosa lapponica* sur ses sites d'alimentation durant l'hiver 2013-2014.

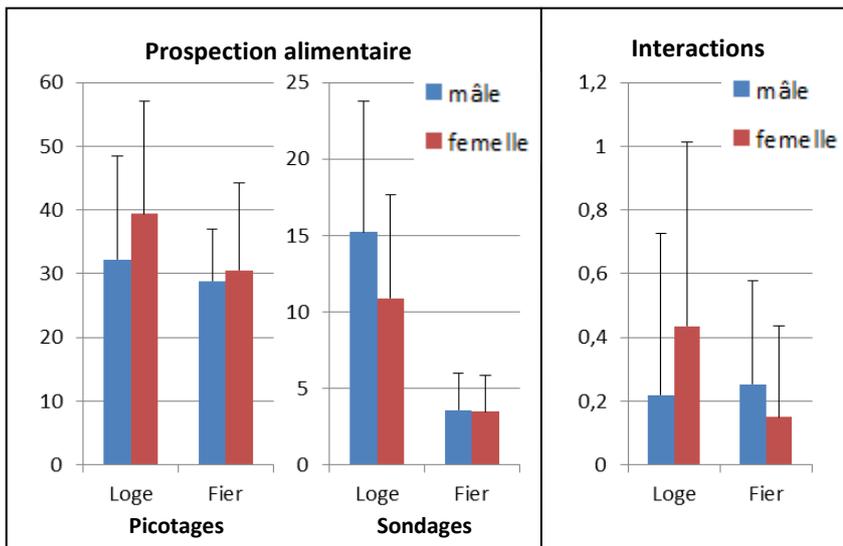
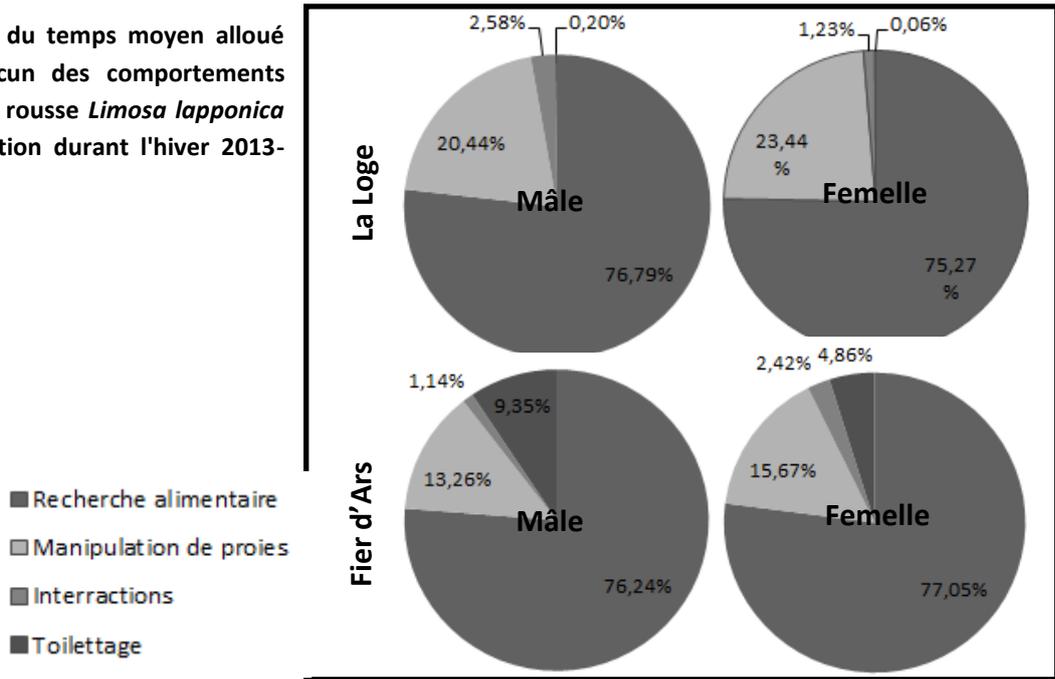
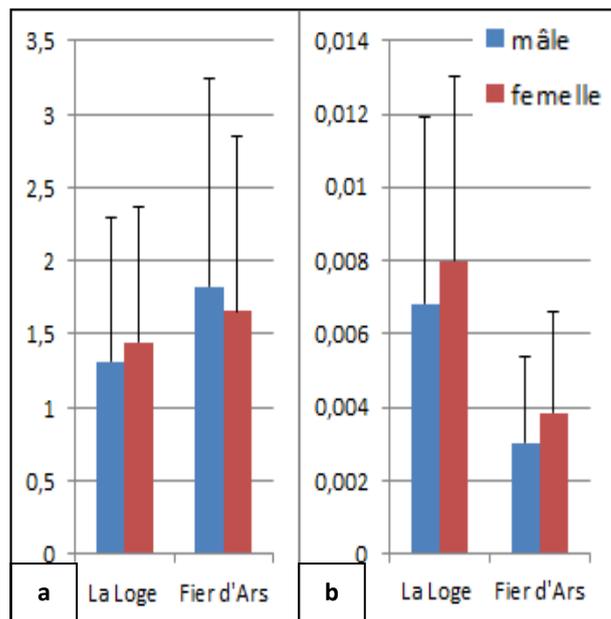


Figure 33 : Occurrences moyennes des comportements ponctuels observées sur une minute chez la Barge rousse *Limosa lapponica* sur ses sites d'alimentation durant l'hiver 2013-2014. Effectifs N : La Loge : mâle = 25 ; femelle = 29 – Fier d'Ars : mâles = 17 ; femelle = 16

Figure 34 : Taux d'ingestion chez la Barge rousse *Limosa lapponica* sur ses sites d'alimentation durant l'hiver 2013-2014, calculé en nombre d'individus ingérés par minute (a) et en biomasse ingérée par minute (b). Effectifs N : La Loge : mâle = 25 ; femelle = 29 – Fier d'Ars : mâles = 17 ; femelle = 16.



f. Régime alimentaire

Ile de Ré

A partir des mâchoires, nous avons pu identifier trois familles de proie : les Glyceridae, les Nephtyidae et les Nereididae, qui apparaissent respectivement à des fréquences de 0,16 ; 0,13 et 0,06 sur la Loge, et 0,54 ; 0,18 et 0,21 sur le Fier d'Ars. Cependant, sur le Fier d'Ars des mâchoires, n'appartenant pas à ses familles, n'ont pu être identifiées. Les soies quant à elles ont révélées la présence de 11 familles d'annélides sur la Loge (dont les 3 citées précédemment), représentant potentiellement 21 espèces, avec des fréquences pour les Glyceridae (0,85), Orbiniidae (0,80) et Nephtyidae (0,80) qui représentent plus du double de celles des autres familles. Sur le Fier d'Ars ce sont les Pectinariidae (0,88), Nephtyidae (0,76), Capitellidae (0,71), Nereididae (0,59) et Glyceridae (0,59) qui dominent parmi les 9 familles représentées. Sur les deux sites, plusieurs types de soies sont demeurés non identifiées (**Figure 35**). Aucun indice de présence d'annélides n'a été détecté dans les échantillons témoins : les pièces trouvées dans les fèces viennent effectivement des proies ingérées.

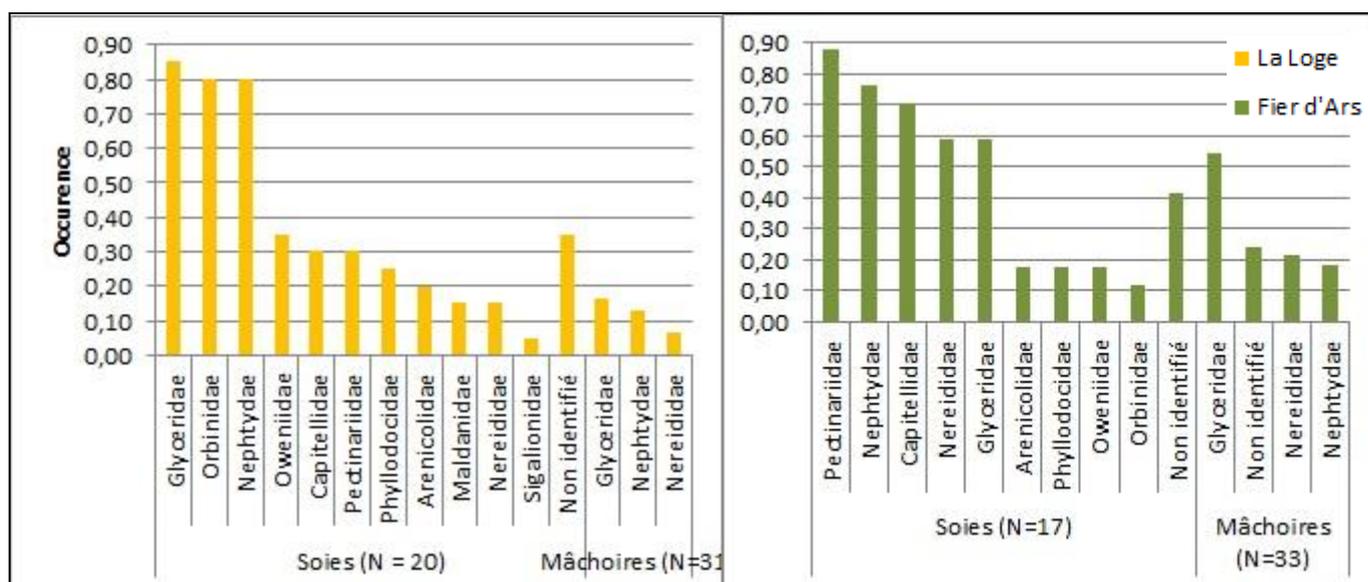


Figure 35 : Fréquence d'apparition des taxons-proies dans les fèces de Barge rousse *Limosa lapponica* sur ses sites d'alimentation durant l'hiver 2013-2014, selon les parties indigestes prises en compte (soies ou mâchoires). N correspond au nombre de fèces analysés.

Les indices de sélectivité d'IVLEV, tous supérieurs à 0, révèlent une sélectivité positive de l'ensemble de ces taxons, cela sur les deux sites, sur les deux compartiments de profondeur accessibles aux barges (**Figure 36**). Sur la Loge, les Arenicolidae, Pectinariidae et Nereididae présentent des indices égaux à 1 (sélection maximale). Ensuite ce sont les Glyceridae (E = 0,91 et 0,94) qui semblent le plus sélectionnées, suivis des Phyllodocidae (E = 0,80 et 0,89) et des

Capitellidae. ($E = 0,57$ et $0,91$). Sur le Fier d'Ars, les Orbiniidae font également l'objet d'une sélection maximale ($E = 1$), suivis des Glyceridae ($E = 0,86$) et des Pectinariidae ($E = 0,85$). Les familles qui font le moins l'objet d'une sélection sont les Nephtyidae ($E = 0,23$ et $0,35$) et les Orbiniidae ($E = 0,30$ et $0,45$) pour la Loge et les Capitellidae ($E = 0,34$ et $0,36$) et Nereididae ($E = 0,41$ et $0,49$) sur le Fier d'Ars. Les résultats avancés dans la partie sur la distribution et la disponibilité de la ressource trophique (cf. Résultats partie d. page 13), nous permettent d'être plus précis vis-à-vis des taxons ingérés. En effet, sur ces aires, *Glycera tridactyla* est la seule espèce de Glyceridae, tout comme *Lagis Koreni* (Pectinariidae), *Owenia fusiformis* (Oweniidae), *Arenicola marina* (Arenicolidae) et *Sigalion mathildae* (Sigalionidae) sont les seules espèces représentatives de leur famille. Nous pouvons donc admettre que les soies (et les fréquences d'apparitions dans les fèces) correspondant à ces familles appartiennent à ces espèces. On peut considérer de la même façon les espèces *Scoloplos armiger* (Orbiniidae), *Hediste diversicolor* (Nereididae) et *Notomastus latericeus* (Capitellidae) qui sont de loin les espèces largement dominantes au sein de leur famille sur ces secteurs (Annexe 4).

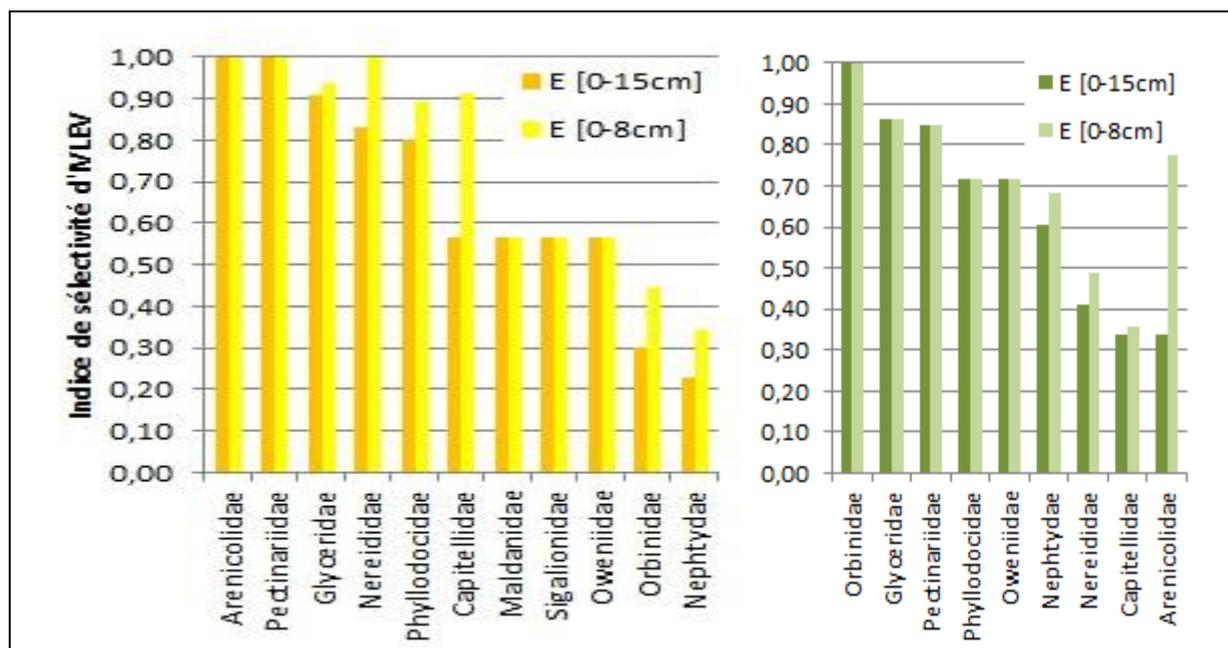


Figure 36 : Indices de sélectivité IVLEV des proies par la Barge rousse *Limosa lapponica* sur ses sites d'alimentation durant l'hiver 2013-2014, calculés à partir des fréquences d'observation de la famille dans les fèces (identifiée à partir des soies) et des fréquences d'observation de ces familles dans les compartiments de profondeur accessible uniquement aux femelles (0 – 15 cm) et aux femelles et mâles (0 – 8 cm) sur les aires d'alimentation.

Ile d'Oléron

Les analyses de fèces n'ont pu être réalisées sur le site de Bellevue.

g. Spectre alimentaire à partir des isotopes stables

Ile de Ré

On constate que les signatures isotopiques des proies des deux aires d'alimentation rétaises sont relativement bien démarquées, avec pour la Loge des proies présentant des $\delta^{15}\text{N}$ supérieurs et des $\delta^{13}\text{C}$ inférieurs par rapport aux proies du Fiers d'Ars (Figure 37). En revanche, les signatures des mâles et femelles de Barge rousse, ou encore de juvéniles et d'adultes ne semblent pas présenter de ségrégation marquée (Figure 38).

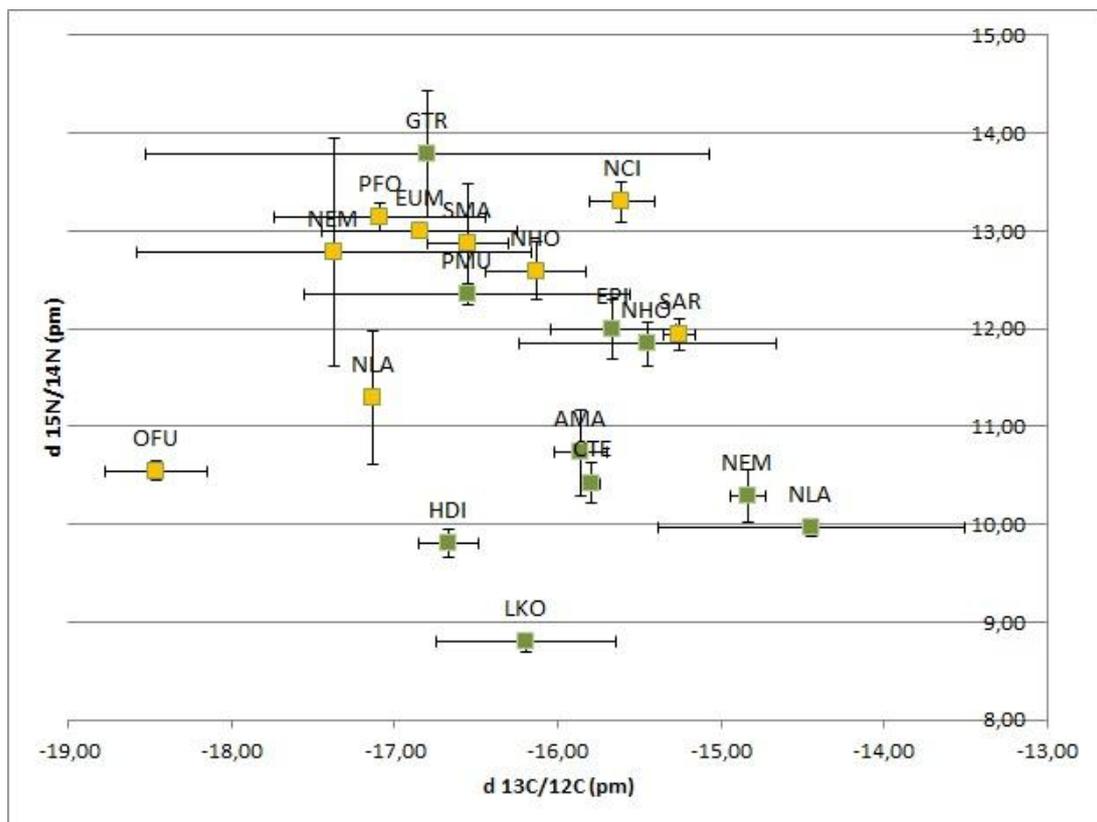


Figure 37 : Signature isotopique des proies potentielles prélevées sur les sites d'alimentation de la Barge rousse *Limosa lapponica* sur l'île de Ré. Les individus prélevés sur le Fier d'Ars sont en vert et ceux de la Loge en jaune. AMA = *Arenicola marina* ; CTE = *Cirriformia tentaculata* ; EPI = *Eteone picta* ; EUM = *Eumida* sp. ; GTR = *Glycera tridactyla* ; HDI = *Hediste diversicolor* ; LKO = *Lagis koreni* ; NCI = *Nephtys cirrosa* ; NEM = *Nemertea* ; NHO = *Nephtys hombergii* ; NLA = *Notomastus latericeus* ; OFU = *Owenia fusiformis* ; PFO = *Phyllofoetida* ; PMU = *Phyllodoce mucosa* ; SAR = *Scoloplos armiger* ; SMA = *Sigalion mathildae*.

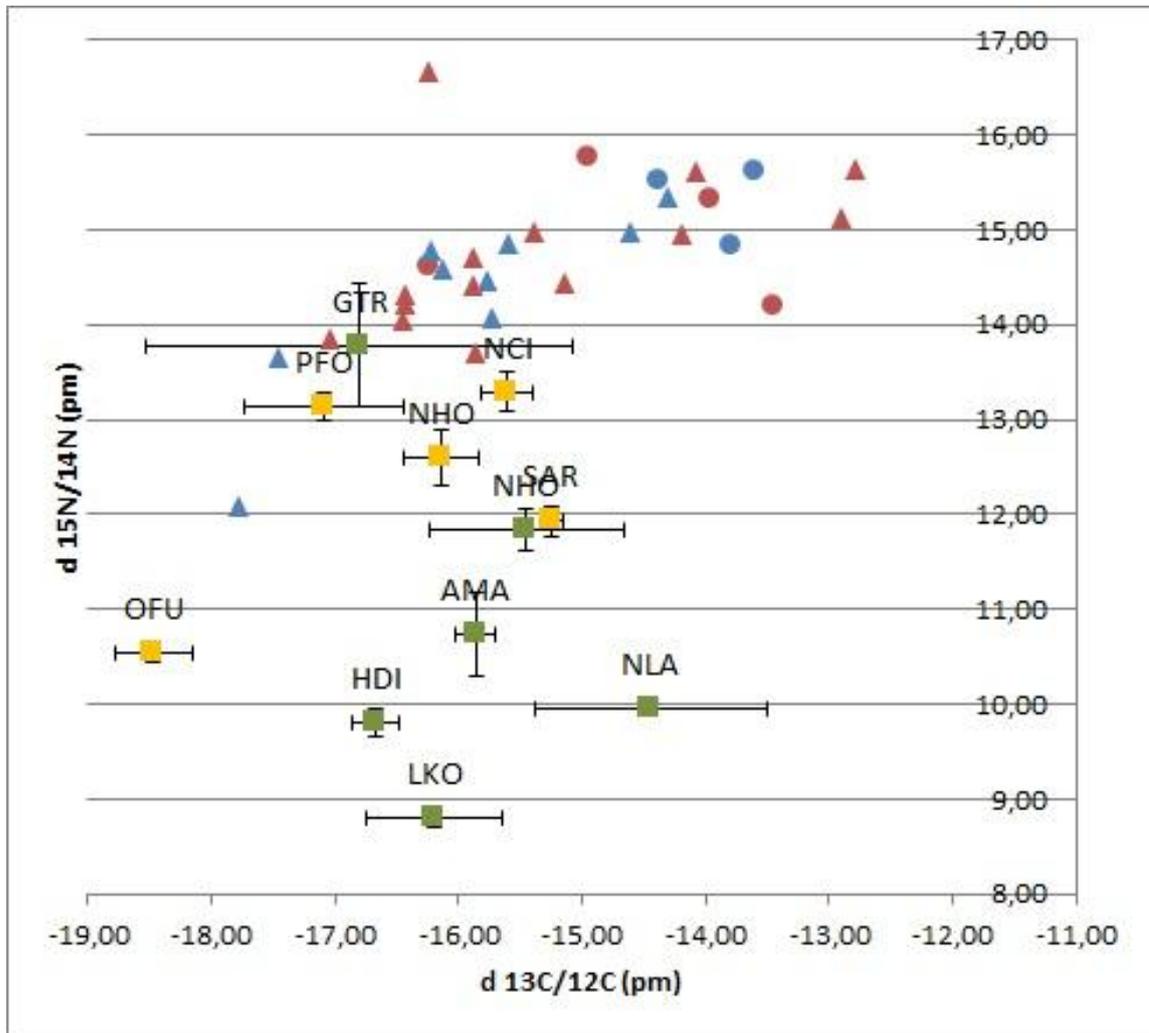


Figure 38 : Signature isotopique des proies potentielles (famille des espèces identifiées dans les fèces) et de l'extrémité des griffes de la Barge rousse *Limosa lapponica* sur l'île de Ré. Les proies prélevées sur le Fier d'Ars sont en vert et ceux de la Loge en jaune. Les femelles barges rousses sont en rouge et les mâles en bleu. Les adultes barges rousses sont représentés par des ronds, tandis que les juvéniles le sont par des triangles. AMA = *Arenicola marina* ; GTR = *Glycera tridactyla* ; HDI = *Hediste diversicolor* ; LKO = *Lagis koreni* ; NCI = *Nephtys cirrosa* ; NHO = *Nephtys hombergii* ; NLA = *Notomastus latericeus* ; OFU = *Owenia fusiformis* ; PFO = *Phylo foetida* ; SAR = *Scoloplos armiger*.

Ile d'Oléron

Les captures sur Oléron ayant échouées, il n'a pas été possible de prélever d'ongles ou de plumes sur les barges rousses s'alimentant sur le secteur. Pour cette raison, aucune analyse des spectres isotopiques n'a pu être réalisée sur Oléron.

DISCUSSION

Ces treize dernières années, on observe une augmentation de la population hivernale de Barge rousse sur l'île de Ré. Cette population fait cependant l'objet de fortes variations interannuelles des effectifs, variations semblant coïncider avec les variations des températures hivernales. Lors d'un hiver plus doux, les barges peuvent réduire le coût énergétique de leur migration, puisqu'elles trouveront les ressources nécessaires à leur survie sous des latitudes plus élevées que lors d'un hiver « normal », et n'auront donc pas la nécessité de descendre plus au sud, sous nos latitudes (Zucca 2010). Cela explique les faibles effectifs de l'hiver 2006/2007 pour lequel les températures ont été très douces. A l'inverse, l'hiver 2010/2011 a été très rude, cela dès le mois de novembre, le mois de décembre ayant été le plus froid depuis 1969 (3°C de moins que la moyenne), ce qui a l'inverse a nécessairement fait fuir les oiseaux vers le sud de leur aire de répartition hivernale, et donc en partie sur notre littoral (Barussaud 2014, MétéoFrance sd.). Les passages migratoires de la sous-espèce africaine *L.l.taymirensis* expliquent quant à eux, les changements brutaux d'effectifs observés entre mars et avril (diminution des effectifs) puis entre juillet et août (augmentation des effectifs). Étonnamment, ces tendances sont très différentes sur l'île d'Oléron, où l'on note des effectifs légèrement décroissants. Malgré l'observation là aussi de fortes variations interannuelles, les hivers à forts et faibles effectifs ne semblent pas être les mêmes sur Oléron que sur Ré. Ainsi la théorie de l'influence des températures hivernales ne semble pas se défendre ici.

Au cours de l'année les effectifs moyens de Barge rousse sont maxima en janvier quel que soit le site. En revanche elle est visiblement très peu présente en avril, mai, juin et juillet. Sur l'île de Ré, les effectifs de Barge rousse sont maxima entre novembre et février, avec, comme cela a déjà été évoqué, des variations interannuelles importantes, dues aux températures et à la croissance de la population. Sur cette période, les effectifs sont stables d'un mois à l'autre (novembre/décembre puis janvier/février), ce qui pourrait être la conséquence de la fidélité de la Barge rousse à ses sites d'hivernage. Les lectures de bagues couleurs ont d'ailleurs permis de confirmer cette fidélité puisque 28 individus sur 32 bagués cette hiver sur Ré y ont été revus, ainsi qu'un individu bagué en 2007. Cela dit cette fidélité est déjà bien connue chez les limicoles (Piersma *et al.* 1987, Warnock & Takekawa 1996), de même que chez la Barge rousse (Rehfishch 2003), y compris dans les pertuis charentais, où des barges rousses sont régulièrement baguées couleurs et fréquemment contrôlées sur le même secteur (Jomat, comm.pers.).

D'après les comptages sur les aires d'alimentation, les aires d'alimentation à substrat sableux présentent une sexe-ratio en faveur des femelles tandis que celles à substrat sablo-vaseux semble

présenter une population à la sexe-ratio équilibrée. Ainsi peut-être la sexe-ratio de la population îles charentaises est-elle déséquilibrée en faveur des femelles. Cela pourrait être la conséquence d'une ségrégation sexuelle à plus large échelle, peut-être à l'échelle des pertuis charentais, ou même à l'échelle de l'Europe, comme tente de le démontrer Sjoerd DUIJNS (comm.pers.). Pourtant, les captures, prélevant aléatoirement des individus de la population rétaise, semblent indiquer une sexe-ratio équilibrée (il faudrait cependant disposer d'un échantillon plus large). Or, en plus des aires d'alimentation étudiées, l'île de Ré et l'île d'Oléron présentent une multitude de petits sites, où de petits effectifs de barges en alimentation sont régulièrement observés. De plus, seule une partie du Fier d'Ars et de Bellevue a été étudiée, or les barges sont régulièrement observées sur plusieurs secteurs, voire sur l'intégralité des sites (Lemesle, comm. pers., Jomat, comm. pers.). Au vu de la sexe-ratio sur les gagnages étudiés, on peut penser que ces autres sites accueillent principalement des mâles. Les captures des individus revenant aux reposoirs sur l'île de Ré, tendent à montrer que l'âge-ratio de la population rétaise est déséquilibré en faveur des juvéniles. Cependant il est possible qu'il existe une ségrégation spatiale entre adultes et juvéniles, qui n'utiliserait alors pas les mêmes reposoirs, comme cela a pu être démontré sur d'autres oiseaux (Galvan 2004, Aubouin *et al.* 2011). Cela dit, il apparaît plus probable que ce déséquilibre soit dû à un biais lié à l'expérience des barges et à leur connaissance du site. Les juvéniles, inexpérimentés et passant leur premier hiver sur le site, sont certainement plus faciles à capturer que leurs aînés (Rousseaux, comm.pers.).

Malgré une densité de proies inférieure sur les aires sableuses (ainsi qu'une biomasse inférieure dans le cas de l'île d'Oléron), la biomasse par individu-proie y est supérieure. Les proies, alors plus grosses sur le substrat sableux, pourraient nécessiter une manipulation plus longue pour être avalées par les barges. Cette différence de taille des proies pourrait possiblement être la cause de la différence de temps de manipulation de proies par les barges observé entre les aires rétaises (supérieur sur la Loge), relevé grâce aux focales.

Les aires d'alimentation sableuses sont d'avantage utilisées par les femelles (cependant, l'analyse du spectre alimentaire des mâles et des femelles par les isotopes stables, réalisé sur l'île de Ré, n'a pas montrée de différences marquées entre mâles et femelles vis-à-vis de leurs aires d'alimentation). L'infériorité numérique des mâles sur ces sites aurait pu être due à une répartition de la ressource trophique mal adaptée à leur morphologie, et notamment à leur bec plus court. En effet, sur Bellevue Vase, 74 % de la biomasse est accessible aux mâles, contre seulement 36 % sur Bellevue Sable ! Cependant la Loge, avec 84% de la biomasse répartis dans les 8 premiers centimètres de profondeur, semblerait d'avantage propice aux mâles que le Fier d'Ars (54% de la biomasse à cette même profondeur). Il est donc également probable que cette sexe-ratio soit due à une compétition

intraspécifique, entraînant une ségrégation sexuelle, les femelles, plus imposantes, chassant les mâles et se réservant ainsi le meilleur site d'alimentation (tout de moins sur Ré). De plus, l'analyse des focales sur l'île de Ré montre que les interactions semblent plus fréquentes chez les femelles. La carrure plus imposante de celles-ci vis-à-vis des mâles leur donne d'avantage de chance de remporter une confrontation, elles auraient donc moins d'hésitation à pratiquer le kleptoparasitisme par exemple, ou encore à chasser un autre individu d'un secteur leur paraissant plus propice (Both 2003).

Sur l'île de Ré, la différence entre le nombre de picotage et le nombre de sondage chez la Barge rousse s'explique certainement du fait d'un objectif différent (Kuwaie *et al.* 2010). Comme cela a été montré chez le Bécasseau maubèche *Calidris canutus*, certains limicoles ont l'extrémité du bec extrêmement sensible et utilisent l'action du picotage pour repérer les proies dans le sédiment par écholocalisation et triangulation (Van de Kam *et al.* 2004). D'après notre expérience, la Barge rousse marche souvent en même temps qu'elle picote, et elle ne semble pas ingérer de proies (généralement pas de déglutition visible, mais peut-être cela est-ce dû à des proies très petites). Ainsi, peut-être que, d'une façon similaire à celle du Bécasseau variable, le picotage est utilisé par la Barge rousse pour repérer les proies dans le sédiment, le sondage servant lui à les récupérer. Les mâles semblent ingérer d'avantage de proies que les femelles sur le Fier d'Ars, ce qui peut s'avérer être le fruit d'une meilleure adaptation au site du Fier d'Ars que les femelles, et moins de proies sur la Loge, peut-être du fait de la compétition avec les femelles. Dans les 2 cas, le nombre supérieur de proies ingérées sur le Fier d'Ars semble logique vis-à-vis du nombre supérieur de proies sur cette aire, de même que la biomasse ingérée supérieure sur la Loge au vu de la biomasse par individu.

Concernant les espèces dont s'alimente principalement la Barge rousse sur l'île de Ré, c'est sans étonnement que l'on retrouve les espèces les plus communes sur les aires d'alimentation (Orbiniidae, Nephtyidae, Capitellidae, Nereididae). Cependant, on retrouve parmi elles également des espèces nettement moins représentées sur ces aires, l'espèce la plus fréquemment ingérée sur la Loge étant *Glycera tridactyla* (Glyceridae), pourtant en 9^{ème} et 5^{ème} rang en termes de densité et de biomasse sur le site. De même sur le Fier d'Ars cette espèce fait partie de celles les plus fréquemment ingérées, alors qu'elle se trouve en 10^{ème} et 6^{ème} position en termes de densité et de biomasse. *Lagis koreni* (Pectinariidae) est l'espèce la plus fréquemment ingérée sur le Fier d'Ars, elle est pourtant en 4^{ème} et 5^{ème} position en termes de densité et de biomasse sur le site. Ces espèces présentent donc des indices de sélectivité d'IVLEV relativement élevés. La représentativité de ces deux espèces dans les fèces pourrait s'expliquer par leur distribution à priori en agrégat (non démontrée, supposé au vu des cartes de distribution en Annexe 5 et 6). Ainsi lorsqu'une barge attrape un *Lagis koreni*, il est stratégique pour

elle de continuer ses recherches de proies dans le secteur. De même, elle peut être vue par d'autres oiseaux en alimentation, qui pourront venir la rejoindre sur le secteur, où ils devraient avoir d'avantage de chance de trouver une proie. Certaines familles (Arenicolidae, Pectinariidae et Nereididae sur la Loge ; Orbiniidae sur le Fier d'Ars) ont des indices de sélectivité d'IVLEV égaux à un, cela du fait qu'elles n'ont pas été trouvées sur ces aires d'alimentation. Or nous verrons qu'il est fort probable que les barges passent d'un site à l'autre selon l'avancée du cycle de marée. Ainsi, plutôt qu'une sélectivité positive maximale de ces familles par la Barge rousse, les soies et/ou mâchoires retrouvées dans les fèces récoltés sur un site pourrait être des résidus de proies ingérées sur un autre site. Alors que cela s'est avéré impossible dans le cadre de notre étude, il aurait été intéressant de pouvoir, d'une part différencier les régimes alimentaires des mâles et femelles (Duijns *et al.* 2013), et d'autre part, d'estimer les parts que représentent chacune de proies dans le régime alimentaire de la Barge rousse en termes de biomasse et d'énergie ingérée (Scheiffart 2001, Ploegaert 2010).

Comme nous l'avons évoqué, le site de la Loge est riche en termes de biomasse mais disponible à l'alimentation que peu de temps. Dans une logique d'optimisation du temps passé sur ce site, cela explique le fait que les barges consacrent moins de temps à des activités autres que l'alimentation, tel que le toilettage, par rapport au Fier d'Ars, découvert sur une plus longue période. Cette logique d'optimisation permet également d'expliquer les variations de densité observées : il est probable que les barges se dirigent sur la Loge dès que la mer commence à se retirer, afin de pouvoir optimiser leur déplacement et y passer un maximum de temps. Ainsi, lorsqu'elles arrivent, l'estran est faiblement découvert et laisse donc une surface disponible à l'alimentation peu importante, la densité de barges rousses y est donc élevée. Au fur et à mesure que la mer se retire, cette surface augmente et la densité diminue donc pour ensuite se stabiliser. Sur le Fier d'Ars, la densité des barges rousses varie d'avantage. Ce site est disponible à l'alimentation sur une plus longue période par cycle de marée que la Loge. La mer se retirant plus tôt, certains individus commencent probablement à s'alimenter sur ce site. Les autres aires d'alimentation se découvrant peu à peu, les individus se dispersent, certainement à la recherche de gagnages plus riches, comme celui de la Loge, ou exploitant d'autres secteurs, non suivis lors de cette étude, du Fier d'Ars. Autour de marée basse, très peu de barges sont encore présentes sur la vasière de l'aire étudiée. En plus du départ des barges, il est possible que de nombreux individus descendent dans les tranchées profondes, formés par l'écoulement des eaux à la marée descendante, qui sillonnent le Fier d'Ars, et deviennent alors invisibles aux yeux de l'observateur. Or les barges rousses ont tendance à s'alimenter le long de la ligne d'eau (Zharikov & Skilleter 2002, Both 2003) : des individus descendraient donc, comme cela a été observé à plusieurs

reprises, dans ces tranchées au fur et à mesure que le niveau d'eau y baisse. Enfin, lorsque les autres aires d'alimentation sont regagnées par la mer, les barges reviennent sur le Fier d'Ars, qui est encore découvert, pour finir de s'alimenter, se toiletter (l'analyse des focales ayant en plus montré un temps de toilettage supérieur sur le Fier d'Ars par rapport à la Loge) et se reposer sur ce site qui, de plus est, est en partie protégé. Cela expliquerait notamment l'augmentation très importante du nombre d'individus sur la marée montante, et plus particulièrement du nombre d'individus non sexés, les individus au repos étant beaucoup plus compliqués à sexer du fait de leur position le bec sous l'aile. Cette hypothèse pourrait être vérifiée grâce à l'identification individuelle des barges par les bagues couleurs : cette année, 10 individus ont été vus sur les deux aires d'alimentation. Malheureusement nous n'avons pas suffisamment de lectures de bagues dont l'horaire d'observation a été précisée pour pouvoir confirmer (ou infirmer) cette hypothèse.

CONCLUSION

Le dimorphisme sexuel chez la Barge rousse *Limosa lapponica* ne semble pas créer de différences significatives dans le comportement alimentaire des mâles et des femelles. Cependant, les aires sableuses sont majoritairement utilisées par des femelles, ségrégation sexuelle pouvant être due à une morphologie inadaptée des mâles aux sites sableux (bec trop court pour attraper les proies) comme cela semble être le cas sur Oléron, ou à une compétition intraspécifique, les femelles, plus imposantes, chassant les mâles et se réservant ainsi le meilleur site d'alimentation, comme cela semble être le cas sur Ré : En effet, les barges se nourrissant sur l'aire d'alimentation de la Loge ont des taux d'ingestion, calculés en termes de biomasse AFDM ingérée, supérieurs à celles se nourrissant sur le Fier d'Ars. De plus, les proies des aires sableuses présentent une biomasse supérieure. Cependant, sur La Loge, la configuration du site ne le rend disponible que peu de temps par cycle de marée. Selon nos résultats, il se pourrait que les barges commencent par s'alimenter sur le Fier d'Ars, découvert bien plus longtemps, avant de se rendre sur un autre site, comme celui de la Loge, où elles optimiseraient leur temps sur place en se consacrant uniquement à l'activité d'alimentation. Lorsque ce site serait à nouveau submergé par la mer, elles reviendraient finir de s'alimenter sur le Fier d'Ars, mais également s'y reposer et s'y toiletter. –Concernant le régime alimentaire de la Barge rousse, l'analyse des fèces sur l'île de Ré, notamment des soies qu'elles contiennent, a permis d'identifier 11 familles de polychètes ingérées, parmi lesquels se trouvent les espèces les plus représentées sur les sites, mais également des espèces moins communes comme *Lagis koreni* ou *Glycera trydactyla* et faisant l'objet de la part de la Barge rousse d'une forte sélectivité positive. Nous n'avons cependant pu établir des différences entre les régimes alimentaires des mâles et des femelles selon l'analyse des isotopes stables.

Ainsi, l'étude menée cette année sur les îles charentaises de Ré et d'Oléron a permis de montrer que le dimorphisme sexuel observé chez la sous-espèce occidentale de Barge rousse *Limosa lapponica lapponica* a des conséquences sur sa distribution et sur ses stratégies de survie hivernale. Sur Ré, on a montré que l'aire d'alimentation de la Loge fait partie intégrante du site fonctionnel de la population. De ce fait, il apparaît important de préserver cet endroit, sans quoi la population, en augmentation ces dernières années, pourrait en être affectée, et de le prendre en compte dans les projets de conservation de l'espèce qui pourront être mis en œuvre par la RNN de Lilleau des Niges.

BIBLIOGRAPHIE

- Aubouin N, Dubessy F, Dupasquier C, Orain A, Pages L, Vuarand J (2011). *Suivi du Goéland leucopnée Larus michaellis sur la Côte Basque Française – Hiver 2010-2011*. Rapport de projet tuteuré. 55p.
- Birdlife International (2004). *Birds in Europe : population estimates, trends and conservation status*. BirdLife Conservation Series 12:1-374.
- Both C, Edelaar P, Renema W (2003). *Interference between the sexes in foraging Bar-tailed Godwits Limosa lapponica*. Ardea 91:268-272.
- Camphyusen CJ, Ens BJ, Heg D, Hulscher JB, Van der Meer J & Smit CJ (1996). *Oystercatcher Haematopus ostralegus winter mortality in the Netherlands : the effect of severe weather and food supply*. Ardea 84A:469-492.
- Catry T, Alves JA, Gill JA, Gunnarsson TG, Granadeiro JP (2012). *Sex promotes spatial and dietary segregation in a migratory shorebird during the non-breeding season*. PlosOne 7(3): e33811.
- Delany S & Scott D (2006). *Waterbird Population Estimates (fourth edition)*. Wetlands International, Global Series, 239 p.
- Delany S, Scott D, Dodman T, Stroud D (2009). *An atlas of wader populations in Africa and Western Eurasia*. Wetlands International ed. 521 p.
- Demongin (2013). *Guide d'identification des oiseaux en main*. Laurent Demongin, Mortsel – Belgique. ISBN 978-2-7466-5713-7.
- Duijns S, Hidayati NA, Piersma T (2013). *Bar-tailed Godwits Limosa l. lapponica eat polychaete worms wherever they winter in Europe*. Bird Study 60:1-9.
- Duijns S, Van Dijk JGB, Spaans B, Jukema J, De Boer WF, Piersma T (2009). *Foraging site selection of two subspecies of Bar-tailed Godwit Limosa lapponica: time minimizers accept greater predation danger than energy minimizers*. Ardea 97: 51-59.
- Durell SEA le V dit (2000). *Individual feeding specialization in shorebirds population consequences and conservation implications*. Biological Reviews 77:503-518.

- Durell SEA le V dit, Goss-Custard JD, Caldow RWG (1993). *Sex-related differences in diet and feeding method in the oystercatcher Haematopus ostralegus*. Journal of Animal Ecology 62:205-215.
- Ens BJ, Piersma T & Drent RH (1994). *The dependence of waders and waterfowl migrating along the East Atlantic Flyway on their coastal food supplies – What is the most profitable research program*. Ophelia 127–151.
- Galvan I (2004). *Age-related spatial segregation of Great Cormorants in a roost*. Waterbirds 27:377-381.
- Granadeiro JP, Dias MP, Martins RC, Palmeirim JM (2006). *Variation in numbers and behaviour of waders during the tidal cycle : implications for the use of estuarine sediment flats*. Acta oecologica 29:93-300.
- Gunnarsson TG, Gill JA, Atkinson PM, Philip W, Croger RE, Guillaume G, Gardarsson A, Sutherland WJ (2005a). *Estimating population size in black-tailed godwits Limosa limosa islandica by colour-marking*. Bird Study. 52:153-158.
- Jacobs J (1974). *Quantitative measurement of food selection. A modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index*. Oecologia 14:413-417.
- Jönsson PE & Alerstam T (1990). *The adaptive significance of parental role division and sexual size dimorphism in breeding shorebirds*. Biological Journal of the Linnean Society 41:301-314.
- Kuwae T, Miyoshi E, Sassa S, and Watabe Y (2010). *Foraging mode shift in varying environmental conditions by dunlin Calidris alpina*. Marine Ecology Progress Series 406:281-289.
- Mahéo R (2013). *Limicoles séjournant en France (Janvier) 1977-2013*. Wetlands International/ONCFS/Université de Rennes, Rennes, France.
- Marra PP (2000). *The role of behavioural dominance in structuring patterns of habitat occupancy in a migrant bird during the nonbreeding season*. Behavioral Ecology 11:299-308.
- Mitchell PI, Scott I & Evans PR (2000). *Vulnerability to severe weather and regulation of body mass of Icelandic and British Redshank Tringa totanus*. Journal of Avian Biology. 31:511-521.
- Nebel S (2005). *Latitudinal clines in bill length and sex ratio in a migratory shorebird: a case of resource partitioning ?* Acta Oecologica 28:33-38.

- Nebel S, Thompson GJ (2011). *The evolution of sexual bill-size dimorphism in shorebirds: a morphometric test of the resource partitioning hypothesis*. *Evolutionary Ecology Research* 13:35-44.
- Phillips RA, Silk JRD, Phalan B, Catry P, Croxall JP (2004). *Seasonal sexual segregation in two Thalassarche albatross species : competitive exclusion, reproductive role specialization or foraging niche divergence ?* *Proceedings of the Royal Society B* 271:1283-1291.
- Pierre JP (1994). *Effects of sexual dimorphism on feeding behavior of the Bar-Tailed Godwit (Limosa lapponica) at a southern hemisphere wintering site*. *New Zealand Natural Sciences* 21:109-112.
- Piersma T, Beintema AJ, Davidson NC, Münster OAG, Pienkowski MW (1987). *Wader migration systems in the East Atlantic*. *Wader Study Group Bull.* 7:35-56.
- Ploegaert S (2010). *Diet reconstruction by faeces analysis of two subspecies of Bar-tailed Godwit (L. L. Lapponica and L.l. Taymyrensis) in the Dutch Wadden Sea: specialist or generalist?*. Rapport d'étude, Pays-Bas. 32p.
- Prater T, Marchant J, Vuorinen J (1977). *Guide to the Identification and Ageing of Holarctic Waders*. BTO Guides 17, NHBS. 168p.
- Rehfishch MM, Insley H, Swann B (2003). *Fidelity of overwintering shorebirds to roosts on the Moray Basin, Scotland : Implications for predicting impacts of habitat loss*. *Ardea* 91:53-70.
- Réserve Naturelle Nationale de Moëze-Oléron (2014). *Base de données LIMLAP*. Fichier Excel.
- Scheiffarth G (2001). *The diet of Bar-tailed Godwits Limosa lapponica in the Wadden Sea: combining visual observations and faeces analyses*. *Ardea* 89:481-494.
- Smith PC, Evans PR (1973) *Studies of shorebirds at Lindesfarne, Northumberland. 1. Feeding ecology and behaviour of Bar-tailed Godwit*. *Wildfowl* 24:135-139.
- Stroud DA, Davidson NC, West R, Scott DA, Haanstra L, Thorup O, Ganter B & Delany S (eds) (2004). *Status of migratory wader populations in Africa and Western Eurasia in the 1990s*. *International Wader Studies* 15:1-259.
- Summers RA, Goss-Custard JD, Clarke RT, Durell SEA le V dit (1990). *Tidal and sexual differences in the diet of Purple Sandpipers Calidris maritima in Scotland*. *Bird Study* 37:187-194.

- Székely T, Freckleton RP, Reynolds JD (2004). *Sexual selection explains Rensch's rule of size dimorphism in shorebirds*. Proceedings of the National Academy of Sciences USA 101:12224–12227.
- Triplet P, Le Dréant Quéneec'hdu S, Mahéo R (2010). *La Barge rousse Limosa lapponica hivernant en France, 1977-2009*. Alauda 78 (3):207-215.
- Van de Kam J, Ens B, Piersma T, Zwarts L (2004). *Shorebirds : An illustrated Behavioural Ecology*. NHBS. 368p.
- Warnock SE, Takekawa JY (1996). *Wintering site fidelity and movement patterns of Western Sandpipers Calidris mauri in the San Francisco Bay estuary*. Ibis 138:160–167
- Zharikov Y, Skilleter GA (2002). *Sex-specific intertidal habitat use in subtropically wintering Bar-tailed Godwits*. Canadian Journal of Zoology 81:1918-1929.
- Zucca M (2010). *La migration des oiseaux : Comprendre les voyageurs du ciel*. Broché, édition sud-ouest, collection Guide Nature. 350p.
- Zwarts L (1988). *Numbers and distribution of coastal waders in Guinea-Bissau*. Ardea 76:42-55.
- Zwarts L, Wanink JH (1993). *How the food supply harvestable by waders in the Wadden Sea depends on the variation in energy content, body weight, biomass, burying depth and behaviour of the tidal invertebrates*. Netherlands Journal of Sea Research 31:441-476.

WEBOGRAPHIE

- Barussaud E (2014). *Oiseaux et météo : le cas des Fringilles et des Bruants en hiver*. Consulté le 14.08.2014. Disponible sur : <http://www.eudaele.com/>
- Blaising G (2007). *Déroutants migrants : Les limicoles*. Consulté le 14.01.2014. Disponible sur : <http://www.oiseaux.net/dossiers/gilbert.blaising/les.limicoles.html>
- Météo France, s.d. *Données climatiques de la station de La Rochelle*. Consulté le 14.07.2014. Disponible sur : <http://www.meteofrance.com/climat/france/la-rochelle/17300009/relevés>
- UMR LIENSs, s.d. *UMR Littoral ENvironnement et Sociétés*. Consulté du 6.01.2014 au 16.01.2014. Disponible sur : <http://lienss.univ-larochelle.fr/>

ANNEXE

Annexe 2 : Méthode d’attribution des biomasses AFDM aux annélides prélevés.

| Taxons | N | Mesure | Régression | R ² |
|----------------------|----|--------|------------------------------------|----------------|
| Arenicola marina | 5 | Lmax | $y = 0,0015x^2 - 0,015x + 0,0453$ | 0,997 |
| Euclymene oerstedii | 8 | WS1 | $y = 0,0008x^{2,2563}$ | 0,394 |
| Glycera tridactyla | 9 | Lmax | $y = 0,0062x^2 - 0,0119x + 0,0065$ | 0,999 |
| Hediste diversicolor | 78 | L3 | $y = 0,0002e^{1,4404x}$ | 0,540 |
| Lagis koreni | 12 | Lmax | $y = 0,0004x^2 - 0,001x + 0,0013$ | 0,852 |
| Nephtys cirrosa | 15 | WS10 | $y = 0,0017x^{2,8865}$ | 0,723 |

Annexe 2A : Relation entre l’Ash-Free-Dry-Mass et la mesure réalisée sur les individus-proies entiers prélevés sur les aires d’alimentation de la Barge rousse *Limosa lapponica* durant l’hiver 2013/2014.
 Lmax = Plus grosse largeur de l’individu ; L3 = longueur de l’extrémité de la tête à la 3^{ème} sétigère ; WS1 = largeur au niveau de la 1^{ère} sétigère ; WS10 = largeur au niveau de la 10^{ème} sétigère.

| Taxons | AFDM moyen |
|-------------------------|------------|
| Heteromastus filiformis | 0,00030 |

Annexe 2B : Ash-Free-Dry-Mass moyen d’espèces-proie de la Barge rousse *Limosa lapponica* calculé à partir d’individus originaire de la Manche et du sud de la Mer du Nord. Source : Jean-Claude Dauvin (Université de Caen)

| Taxons | AFDM moyen | Espèce référence |
|--------------------|------------|------------------------|
| Capitella capitata | 0,00037 | Notomastus latericeus* |
| Neanthes nubila | 0,00157 | Hediste diversicolor |
| Phyllodoce lineata | 0,00100 | Phyllodoce mucosa ** |

Annexe 2C : Ash-Free-Dry-Mass (AFDM) moyen d’espèces-proie de la Barge rousse *Limosa lapponica* établis à partir de l’AFDM moyen d’une espèce de la même famille. Sources : *Jean-Claude Dauvin (Université de Caen) ; **Duijns *et al.* 2013.

Annexe 3 : Fonctionnement de la plateforme de spectrométrie isotopique

Préparation des échantillons

Etape 1

- Proies (bivalves, annélides, crustacées, amphipodes) (Réalisation : Naïs Aubouin):
 - Identification des individus et tri par espèce
 - Répartition des individus par espèces dans 3 boîtes de pétri
 - Séchage à l'étuve à 55°C pendant 48h
 - Broyage des individus et conditionnement en tube en prenant soin de ne pas contaminer les échantillons
- Plumes et ongles (Réalisation : Maud Brault-Favrou) :
 - Nettoyage dans une solution de chloroforme – éthanol (en proportion 2.1) dans un bain à ultrasons pendant 3min ;
 - Nettoyage dans un bain de méthanol pure
 - 2^{ème} nettoyage dans un bain de méthanol pure
 - Séchage à l'étuve à 50°C pendant 48h

Etape 2 (Réalisation : Maud Brault-Favrou)

- Ongles : Pesé des ongles et sélection des ongles les plus proches des masses 0,2 à 0,4g.
- Plume : Coupe fine des plumes et pesée.
- Tout échantillon : Mise en capsule de 0,2 à 0,4 g de matière dans une capsule en étain (facile à modeler et exothermique, c'est-à-dire qu'elle monte à une température plus élevée que celle diffusée dans la machine)

Analyse des échantillons (Réalisation : Gaël Guillou)

Les échantillons préparés sont injecté dans la plateforme, composée de 3 parties :

- Analyseur élémentaire
- Interface
- Détecteur/Spectromètre de masse

L'ensemble du circuit est sous helium, pulsé à 100mL/min.

• Dans l'analyseur élémentaire :

- Les capsules d'étain sont disposées dans les trous d'un carrousel. Le carrousel est muni d'une plaque inférieure comportant un trou. Lorsque le carrousel tourne, les capsules passent devant ce trou et tombent une à une.
- Elles sont poussées par l'hélium dans un tube en quartz, disposé à l'intérieur du four, chauffé à 900°C. La combustion est alimentée par 12mL d'O₂. On a alors formation de divers et nombreux composés (souffre, azote, carbone, chlore) mais également de gaz par les éléments qui n'ont pas été complètement oxydés. Le tube de quartz est rempli de divers filtres (oxyde de cuivre, oxyde de cobalt halogène) permettant de filtrer ces gaz. Suite à ce processus, il reste du C (sous forme de CO₂), de l'azote, de l'oxyde d'azote, de l'oxygène en excès et de l'eau.
- Ces molécules repartent dans un tube de quartz, appelé réacteur, rempli de cuivre, qui va réagir avec l'O₂ en excès et l'oxyde d'azote pour le changer en azote. On obtient alors du CO₂, de l'azote et de l'eau.
- Ces molécules sont passées dans du Perchlorate de Magnésium, afin de filtrer l'eau. On obtient alors de l'azote et du CO₂.

• Dans l'interface :

- Il faut séparer CO₂ et azote (importance par la suite du fait de la masse équivalente entre certains ions

Rapport de stage – Aubouin Naïs – Master 2 IEGB

issus de C et de N, qu'il serait sinon impossible de différencier au niveau des détecteurs finaux – voire ci-dessous), on les fait donc passer dans une colonne « dite remplie » de chromatographie de 6m : Les molécules y rentrent en même temps mais l'azote sort en premier.

Le rendement de l'ionisation qui va ensuite avoir lieu dépend de la quantité de gaz qui rentre dans le faisceau. La machine est donc étalonnée, grâce à des gaz étalons, afin de diluer le faisceau avec de l'hélium selon les besoins. Cette machine est spécialement prévue pour réaliser cet étalonnage et la dilution se fait de façon automatique.

- **Dans le spectromètre de masse :**

- Azote et CO₂ arrivent ensuite en faisceaux dans « la source », où 2 aimants sont disposés de part et d'autre. L'un de ces aimants libère des électrons qui sont attirés par le second aimant. Le faisceau d'azote (puis de CO₂), passant entre les aimants, est frappé par ces électrons et ce font eux même arracher des électrons. On obtient alors des ions : CO₂⁺ et N₂⁺.
- Ces nouveaux ions passent ensuite à travers un champ magnétique et sont plus ou moins déviés, selon leur masse, par ce champ. A l'extrémité se trouvent des détecteurs adaptés à chaque type d'ions, qui vont mesurer le courant électrique généré par l'arrivée des ions, ce qui permettra d'établir les rapports de composants et donc les signatures isotopiques. Ce processus, pour obtenir une trajectoire optimale des ions, est réalisé à une pression de $1,6 \times 10^{-6}$ mBar.

Annexe 4 : Biomasse moyenne, densité moyenne et fréquence d'occurrence des polychètes sur les aires d'alimentation de l'île de Ré

| Espèces | LA LOGE | | | | | | FIER D'ARS | | | | | |
|---------------------------|------------|------|---------|------------------------|---------------|---------------------|------------|------|---------|------------------------|---------------|---------------------|
| | Occurrence | | Densité | | Biomasse AFDM | | Occurrence | | Densité | | Biomasse AFDM | |
| | rang | (%) | rang | (ind./m ²) | rang | (g/m ²) | rang | (%) | rang | (ind./m ²) | rang | (g/m ²) |
| Orbiniidae | | | | | | | | | | | | |
| Orbinia bioreti | 9 | 0,01 | 10 | 0,79 | 10 | 0,001 | - | - | - | - | - | - |
| Phylo foetida | 6 | 0,07 | 7 | 4,72 | 6 | 0,005 | - | - | - | - | - | - |
| Scoloplos armiger | 1 | 0,39 | 1 | 82,52 | 3 | 0,094 | - | - | - | - | - | - |
| Spionidae | | | | | | | | | | | | |
| Scolecipis sp. | 9 | 0,01 | 4 | 11,79 | 12 | ? | - | - | - | - | - | - |
| Magelonidae | | | | | | | | | | | | |
| Magelona johnstoni | 9 | 0,01 | 10 | 0,79 | 12 | ? | - | - | - | - | - | - |
| Chaetopteridae | | | | | | | | | | | | |
| Chaetopterus variopedatus | 9 | 0,01 | 10 | 0,79 | 12 | ? | - | - | - | - | - | - |
| Cirratulidae | | | | | | | | | | | | |
| Cirriformia tentaculata | - | - | - | - | - | - | 6 | 0,07 | 6 | 9,02 | 11 | ? |
| Tharyx sp. | 8 | 0,03 | 8 | 3,14 | 12 | ? | - | - | - | - | - | - |
| Cirratulidae | - | - | - | - | - | - | 10 | 0,01 | 12 | 0,82 | 11 | ? |
| Capitellidae | | | | | | | | | | | | |
| Capitella capitata | - | - | - | - | - | - | 8 | 0,04 | 8 | 4,10 | 9 | 0,002 |
| Heteromastus filiformis | - | - | - | - | - | - | 8 | 0,04 | 10 | 2,46 | 10 | 0,001 |
| Notomastus latericeus | 4 | 0,13 | 6 | 7,86 | 7 | 0,003 | 1 | 0,32 | 2 | 109,08 | 4 | 0,040 |
| Arenicolidae | | | | | | | | | | | | |
| Arenicola marina | - | - | - | - | - | - | 4 | 0,13 | 5 | 12,30 | 1 | 0,251 |
| Maldanidae | | | | | | | | | | | | |
| Euclymene oerstedii | 7 | 0,04 | 7 | 4,72 | 8 | 0,001 | - | - | - | - | - | - |
| Leiochone leiopygos | - | - | - | - | - | - | 7 | 0,06 | 9 | 3,28 | 11 | ? |
| Phyllodoceidae | | | | | | | | | | | | |
| Eteone longa | - | - | - | - | - | - | 10 | 0,01 | 12 | 0,82 | 11 | ? |
| Eteone picta | - | - | - | - | - | - | 10 | 0,01 | 12 | 0,82 | 11 | ? |
| Phyllodoce lineata | 9 | 0,01 | 10 | 0,79 | 11 | 0,001 | - | - | - | - | - | - |
| Phyllodoce maculata | 9 | 0,01 | 10 | 0,79 | 11 | 0,001 | - | - | - | - | - | - |
| Sigalionidae | | | | | | | | | | | | |
| Sigalion mathildae | 9 | 0,01 | 10 | 0,79 | 12 | ? | - | - | - | - | - | - |
| Nereididae | | | | | | | | | | | | |
| Hediste diversicolor | - | - | - | - | - | - | 2 | 0,26 | 1 | 111,54 | 2 | 0,175 |
| Neanthes nubila | 9 | 0,01 | 10 | 0,79 | 9 | 0,001 | - | - | - | - | - | - |
| Glyceridae | | | | | | | | | | | | |
| Glycera tridactyla | 7 | 0,04 | 9 | 2,36 | 5 | 0,006 | 8 | 0,04 | 10 | 2,46 | 6 | 0,018 |
| Goniadidae | | | | | | | | | | | | |
| Goniadella bobrezkii | 9 | 0,01 | 10 | 0,79 | 12 | ? | - | - | - | - | - | - |
| Nephtyidae | | | | | | | | | | | | |
| Nephtys cirrosa | 2 | 0,33 | 2 | 29,08 | 2 | 0,169 | 10 | 0,01 | 12 | 0,82 | 7 | 0,006 |
| Nephtys hombergii | 3 | 0,24 | 3 | 17,29 | 1 | 0,230 | 3 | 0,19 | 3 | 18,86 | 3 | 0,104 |
| Lumbrineridae | | | | | | | | | | | | |
| Lumbrineris latreilli | - | - | - | - | - | - | 10 | 0,01 | 12 | 0,82 | 11 | ? |
| Oweniidae | | | | | | | | | | | | |
| Owenia fusiformis | 5 | 0,10 | 5 | 8,65 | 4 | 0,029 | 9 | 0,03 | 11 | 1,64 | 8 | 0,002 |

Rapport de stage – Aubouin Naïs – Master 2 IEGB

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|------|---|------|----|---|---|------|----|-------|----|-------|
| Pectinariidae | | | | | | | | | | | | |
| Lagis koreni | - | - | - | - | - | - | 6 | 0,07 | 4 | 14,76 | 5 | 0,019 |
| Ampharetidae | | | | | | | | | | | | |
| Ampharete acutifrons | - | - | - | - | - | - | 8 | 0,04 | 9 | 3,28 | 11 | ? |
| Nemertea | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | 0,04 | 8 | 3,14 | 12 | ? | 5 | 0,10 | 7 | 6,56 | 11 | ? |
| Oligochaeta | | | | | | | | | | | | |
| | - | - | - | - | - | - | 9 | 0,03 | 11 | 1,64 | 11 | ? |

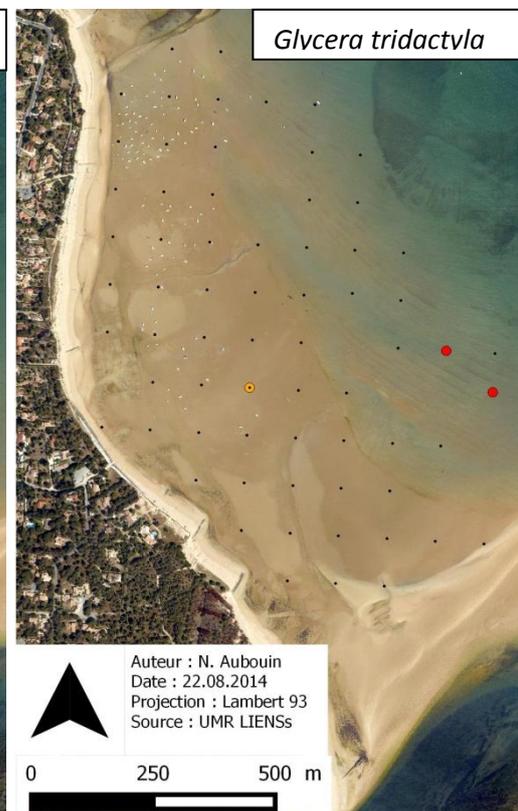
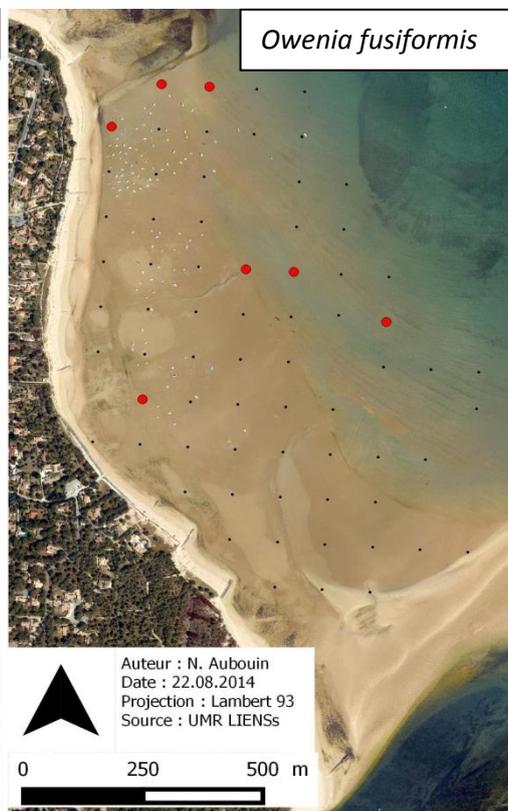
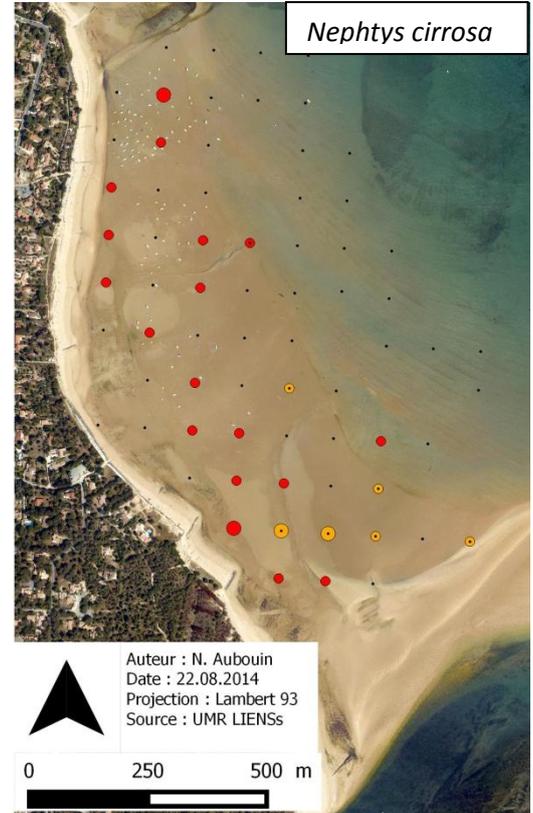
Annexe 5 : Distribution verticale et horizontale des principales espèces-proies de la Barge rousse sur l'aire d'alimentation de la Loge.

Légende profondeur

- 0 à 8 cm
- 0 à 15 cm
- 0 à plus de 15 cm

Légende biomasse

- 0.00
- 0.00 - 0.01
- 0.01 - 0.02
- 0.02 - 0.03
- 0.03 - 0.04
- 0.04 - 0.05
- 0.05 - 0.06
- 0.06 - 0.07
- 0.07 - 0.08
- 0.08 - 0.09
- 0.09 - 0.10
- 0.10 - 0.11
- 0.11 - 0.12
- 0.12 - 0.13
- 0.13 - 0.14



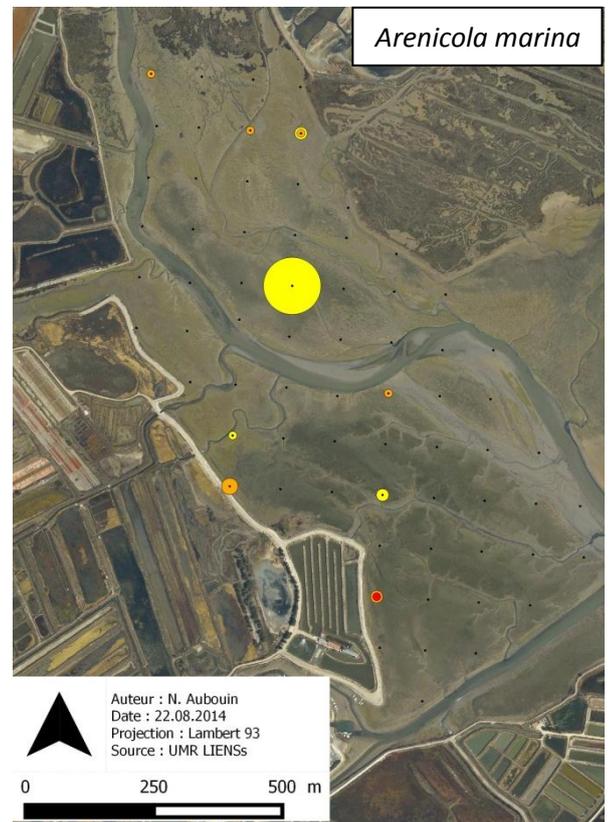
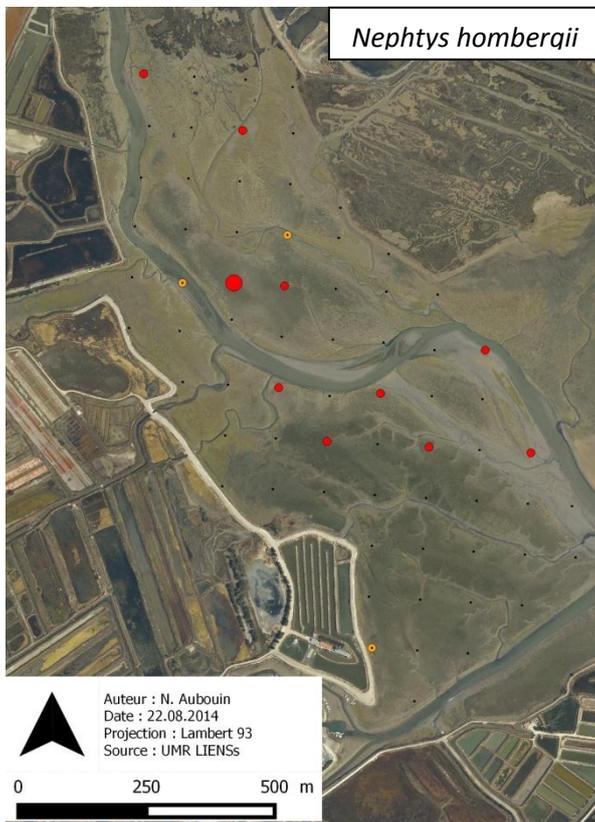
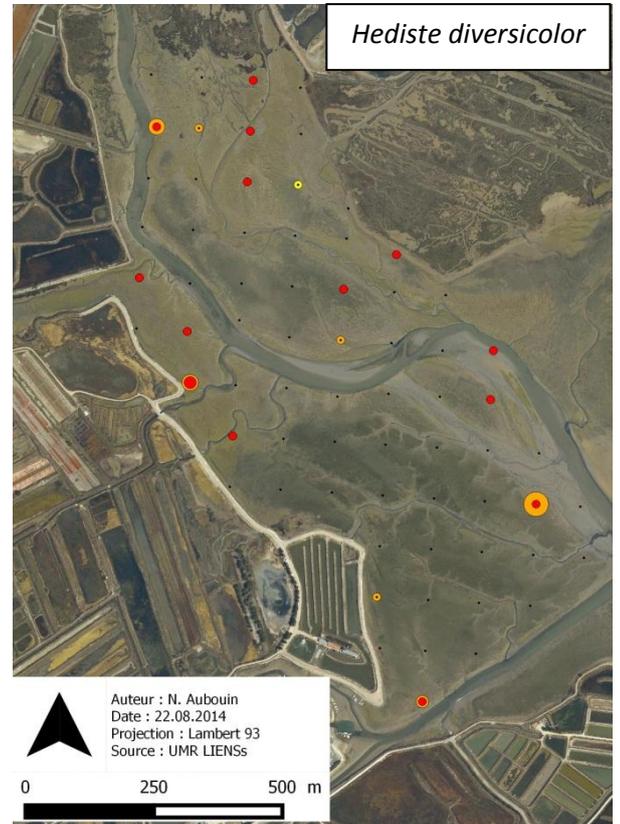
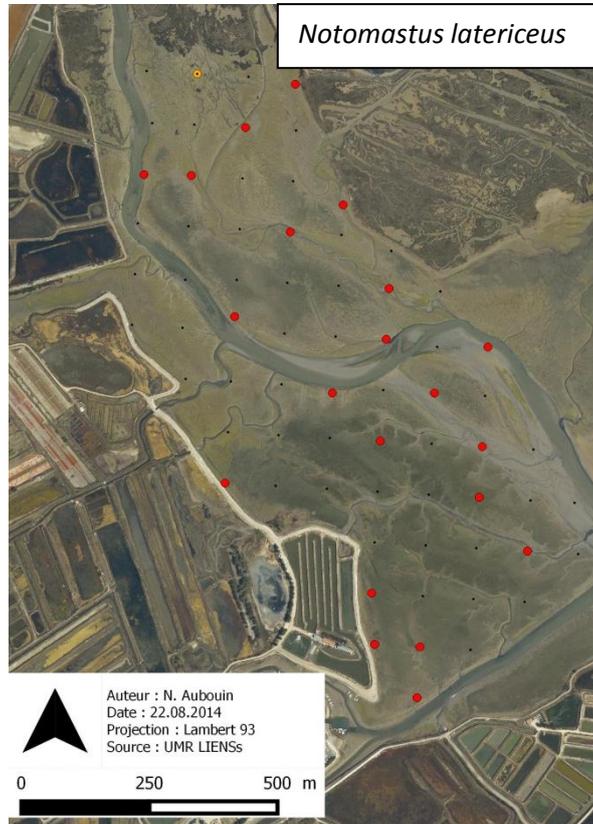
Annexe 6 : Distribution verticale et horizontale des principales espèces-proies de la Barge rousse sur l'aire d'alimentation du Fier d'Ars.

Légende profondeur

- 0 à 8 cm
- 0 à 15 cm
- 0 à plus de 15 cm

Légende biomasse

- 0.00
- 0.00 - 0.01
- 0.01 - 0.02
- 0.02 - 0.03
- 0.03 - 0.04
- 0.04 - 0.05
- 0.05 - 0.06
- 0.06 - 0.07
- 0.07 - 0.08
- 0.08 - 0.09
- 0.09 - 0.10
- 0.10 - 0.11
- 0.11 - 0.12
- 0.12 - 0.13
- 0.13 - 0.14

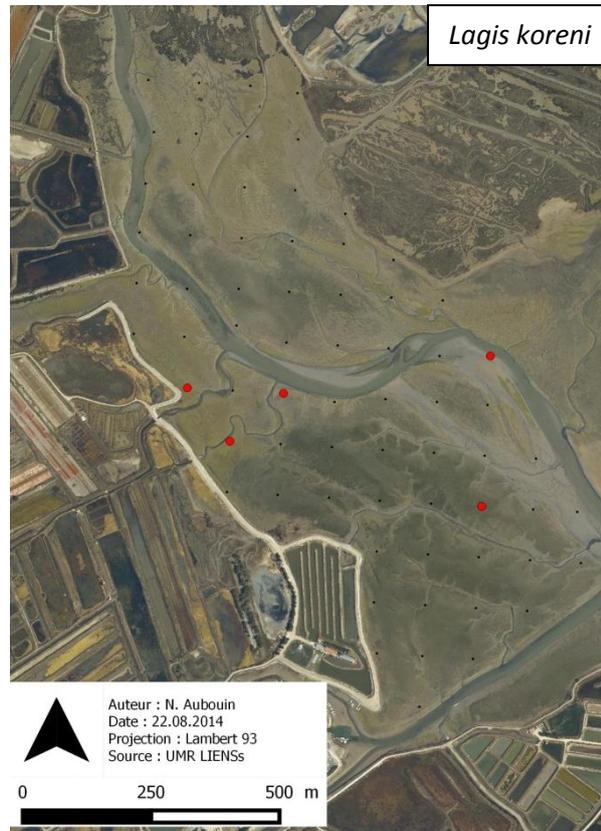


Légende profondeur

- 0 à 8 cm
- 0 à 15 cm
- 0 à plus de 15 cm

Légende biomasse

- 0.00
- 0.00 - 0.01
- 0.01 - 0.02
- 0.02 - 0.03
- 0.03 - 0.04
- 0.04 - 0.05
- 0.05 - 0.06
- 0.06 - 0.07
- 0.07 - 0.08
- 0.08 - 0.09
- 0.09 - 0.10
- 0.10 - 0.11
- 0.11 - 0.12
- 0.12 - 0.13
- 0.13 - 0.14



La Barge rousse *Limosa lapponica* est une espèce présentant un dimorphisme sexuel marqué, les femelles étant plus grosses avec un bec plus long. L'étude présentée ici a pour objectif de mieux comprendre l'écologie de la Barge rousse et notamment de quelles façons ce dimorphisme entraîne des différences de stratégie alimentaire entre mâles et femelles au sein des populations de l'île de Ré et de l'île d'Oléron. Sept méthodes d'études complémentaires ont été appliquées sur deux aires d'alimentation aux caractéristiques différentes par site : des comptages mensuels, des comptages durant les phases d'alimentation, des focales comportementales, le baguage des oiseaux afin de suivre la distribution des barges marqués sur le terrain, des prélèvements de fèces pour établir le régime alimentaire, des prélèvements de benthos pour estimer la ressource trophique potentielle pour les oiseaux et enfin des analyses isotopiques afin d'établir les relations entre les proies et les prédateurs. Cette étude a notamment mis en avant que les femelles, avec un avantage morphologique leur conférant une meilleure compétitivité, sont plus nombreuses que les mâles sur le site présentant la meilleure ressource trophique et le meilleur taux d'ingestion (calculé en biomasse AFDM ingérée). De plus les deux aires d'alimentation rétaises diffèrent de par leur utilisation et la composition spécifique de la macrofaune benthique, entraînant un régime alimentaire différent des Barge rousse s'y alimentant.

Mots clés : Barge rousse *Limosa lapponica*, île de Ré, dimorphisme sexuel, ségrégation sexuelle, régime alimentaire, comportement alimentaire.