

Année universitaire : 2015-2016

Mention : Sciences biologiques marines
(SBM)

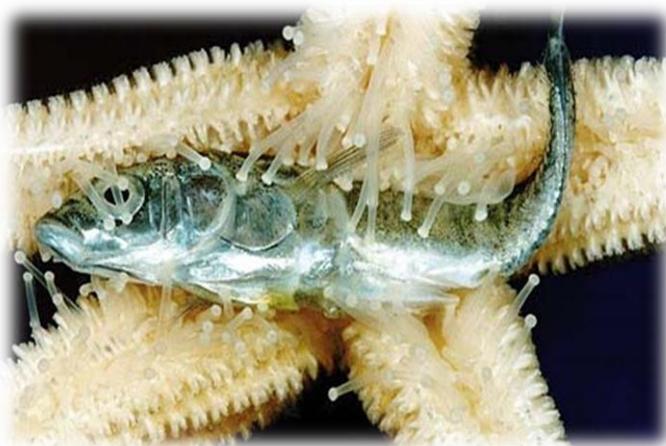
Spécialité : Approche Ecosystémique de
l'Halieutique (AEH), dominante Ressources
et Ecosystèmes Aquatiques (REA)

Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Analyse de la coïncidence spatiale des rejets de la pêche et de leurs consommateurs potentiels dans la Grande Vasière

Angéline LAUNAY



Soutenu à Rennes le 14 Septembre 2016

Devant le jury composé de :

Président : LE BRIS Hervé

Maîtres de stage : ROCHET Marie-Joëlle & LAFFARGUE Pascal (IFREMER, Nantes)

Enseignant référent : LE BRIS Hervé & GUITTON Jérôme (AGROCAMPUS OUEST, Rennes)

Autres membres du jury : LEMERCIER Blandine (UMR SAS, Rennes)

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

L'image de couverture est extraite de <http://www.ecomare.nl>

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

Confidentialité

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible ⁽¹⁾.

Date et signature du maître de stage ⁽²⁾ : Marie-Joëlle Rochet, le 11 octobre 2016



A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

Droits d'auteur

L'auteur ⁽³⁾ Launay Angéline

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur : 11/10/2016



Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement⁽⁴⁾

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :



(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3) Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

Remerciements

Ce stage de fin d'étude a été réalisé à l'Ifremer de Nantes au sein du laboratoire Ecologie et Modèles pour l'Halieutique (EMH). De manière générale, je remercie toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin au bon déroulement de ce stage.

Ainsi, je tiens particulièrement à remercier mes encadrants Marie-Joëlle Rochet et Pascal Laffargue pour m'avoir permis d'intégrer le laboratoire EMH ainsi que pour leur soutien tout au long de mon stage. Merci à vous pour votre patience, votre pédagogie et votre disponibilité. Marie-Joëlle, ça a été un plaisir de partager le même bureau avec toi pendant ces six mois.

Je tiens également à remercier Fabien Pointin pour le temps qu'il m'a consacré et pour son aide précieuse en ce qui concerne l'élaboration des cartes et la compréhension de la méthode de grille à mailles variables.

Merci à Nicolas Bez pour sa disponibilité et son aide judicieuse concernant les géostatistiques.

Je souhaite aussi remercier mes enseignants référents Hervé Le Bris et Jérôme Guitton ainsi que tous les enseignants-chercheurs d'Agrocampus Ouest pour toutes les connaissances sur le monde halieutique qu'ils m'ont permis d'acquérir.

Je tiens à remercier l'ensemble du laboratoire EMH pour leur accueil chaleureux, leur bonne humeur, leur soutien, leur aide et les pauses café inoubliables ! Merci à vous, Anne-So, Audric, Arthur, Fabien, Florianne, Zhor, Zoé, Floriane, Claire, Charles, Camille, Eloi, Alexander, Alex, Vincent, Olivier, Rocio, Lucas, J-B, Sigrid, Youen, Stéphanie, Aurélie, Emmanuelle, Paul, Véréna, Pascal, Marie-Joëlle, Pascal, Anik, Patrick, Pierre, Mathieu, Jocelyne, Anne, Isabelle...Je m'excuse d'avance pour les oubliés.

Merci à toi, Amélie (Laboratoire Vigies), pour ces six mois de « collocations », de discussions, d'entraide et de soutien.

Enfin, je tenais à remercier ma famille et mon conjoint pour leur soutien perpétuel.

Sommaire

Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire	i
Remerciements	ii
Sommaire	iii
Table des illustrations	v
Liste des tableaux	vi
Liste des annexes	vii
Glossaire des abréviations	vii
I. Introduction	1
II. Matériel et Méthodes	3
II.1. Le cas d'étude : La pêcherie langoustinière dans la Grande Vasière	3
II.2. Les rejets de la pêche	4
<i>II.2.1. Description du jeu de données : le programme d'Observation à la mer (ObsMer)</i> 4	
<i>II.2.2. Typologie des rejets de la pêche selon leur comportement en mer après l'OP</i>	5
<i>II.2.3. Méthode de cartographie pour estimer la répartition spatiale des rejets : la grille à mailles variables</i>	5
II.3. Les consommateurs potentiels des rejets de la pêche sur le fond : les invertébrés benthiques nécrophages	7
<i>II.3.1. Description des données</i>	7
<i>II.3.2. Regroupement des invertébrés benthiques nécrophages par la méthode d'analyse de traits biologiques (BTA)</i>	8
<i>II.3.3. Méthode de cartographie : la grille</i>	10
<i>II.3.4. Analyse de la variance interannuelle des biomasses de nécrophages (par cellule 10'x10')</i>	11
<i>II.3.5. Calcul de la variance d'estimation des biomasses de nécrophages (par cellule 10'x10')</i>	11
II.4. Analyse de corrélation entre les distributions de catégories de rejets et celles des groupes de nécrophages	12
III. Résultats	13
III.1. Les rejets de la pêche	13
<i>III.1.1. Typologie des rejets de la pêche selon leur comportement dans la colonne d'eau après l'OP</i>	13
<i>III.1.2. Cartographie de la répartition spatiale des estimations de rejets par type et au total</i>	14
III.2. Les invertébrés benthiques nécrophages	16
<i>III.2.1. Existe-t-il une relation entre la biomasse et l'abondance des nécrophages ?</i>	16
<i>III.2.2. Regroupement des nécrophages au regard des traits de vie</i>	16

III.2.3. Cartographie de la répartition spatiale des estimations de biomasse par groupe et au total	20
III.2.4. Etude de la variance interannuelle des biomasses de nécrophages	21
III.2.5. Calcul de la variance d'estimation par cellule des biomasses de nécrophage par groupe et au total	23
III.3. Les nécrophages benthiques se concentrent-ils dans les zones recevant le plus de rejets ?	25
III.3.1. Premier cas : analyses utilisant l'estimation des rejets annuels	25
III.3.2. Deuxième cas : analyses des rejets au printemps	27
IV. Discussion.....	29
IV.1. L'absence d'une co-occurrence spatiale liée à un problème d'échelle	29
IV.2. Corrobore-t-on les hypothèses de départ ?	29
IV.3. Une connaissance affinée sur le devenir des rejets dans la Grande Vasière.....	30
IV.4. Limite de l'étude liée à l'acquisition des données d'invertébrés benthiques	30
V. Bibliographie	32
Annexes.....	I
Résumé.....	VI

Table des illustrations

Figure 1. Limites géographique et de gestion de la Grande Vasière du golfe de Gascogne par l'Unité d'Exploitation et de Gestion Concertée Grande Vasière (la ligne rouge correspond au périmètre restreint et la surface rose définie le périmètre large de la Grande Vasière) (Rimaud, 2014).....	3
Figure 2. Positions géographiques des OP échantillonnées dans le programme ObsMer du métier a) chalut à langoustine et b) chalut ciblant les espèces démersales et céphalopodes dans la Grande Vasière.	5
Figure 3. Représentation cartographique de la grille à mailles fixes utilisée pour la comparaison spatiale des rejets et des nécrophages.	6
Figure 4. Zone de couverture de la campagne <i>Langolf</i> suivant 5 classes sédimentaires (Salaün, 2013).....	7
Figure 5. Représentation cartographique de la grille des rejets superposée aux points d'échantillonnage <i>Langolf</i>	10
Figure 6. Estimation de la répartition spatiale de la biomasse des rejets par cellule pour le type de rejets composé des a) poissons ronds, démersaux et pélagiques b) poissons plats et céphalopodes c) élasmobranches, d) invertébrés benthiques et pour e) toutes les espèces rejetées dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent les OP ObsMer des deux métiers étudiés)	15
Figure 7. Régression de la biomasse des nécrophages (g/km^2) sur l'abondance (N/km^2) à l'échelle logarithmique, distribution des résidus, homogénéité des variances et analyse graphique de la normalité.....	16
Figure 8. Diagramme en barres des valeurs propres associées à chaque dimension de l'ACP.	17
Figure 9. Représentation de l'ACP sur les individus « nécrophages » (en gris) et sur les variables « modalités de traits de vie » (en bleu) pour a) le plan principal (axes 1 et 2) et b) le plan suivant les axes 2 et 3.	17
Figure 10. Inertie du dendrogramme réalisé en fonction du nombre de classes	18
Figure 11. Perte relative d'inertie selon le nombre de classes	18
Figure 12. Dendrogramme et partition en 3 classes	18
Figure 13. Projection de la typologie obtenue des nécrophages par classification selon les axes 1 et 2	19
Figure 14. Variabilité de la biomasse (g/km^2) par espèce et par groupe de nécrophage à l'échelle du logarithme.....	19
Figure 15. Estimation de la répartition spatiale de la biomasse des nécrophages (g/km^2) par cellule de la grille fixe pour a) le groupe 1 « marcheurs-creuseurs petits », b) le groupe 2 « marcheurs-creuseurs grands », c) le groupe 3 « marcheurs exclusifs » et d) le total des nécrophages dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent les points d'échantillonnage <i>Langolf</i>)	20
Figure 16. Estimation de la variance interannuelle de la biomasse des nécrophages par cellule de la grille fixe pour a) le groupe 1 « marcheurs-creuseurs petits », b) le groupe 2 « marcheurs-creuseurs grands », c) le groupe 3 « marcheurs exclusifs » et d) le total des nécrophages dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent les points d'échantillonnage <i>Langolf</i>).....	21
Figure 17. Distributions des biomasses annuelles de nécrophages par station <i>Langolf</i> par groupe et au total (N représente le nombre de stations <i>Langolf</i> échantillonnées par année) ...	22

Figure 18. Variogrammes du groupe a) 1 « marcheurs-creuseurs petits », b) 2 « marcheurs-creuseurs grands », c) 3 « marcheurs exclusifs » et d) des nécrophages totaux (les nombres inscrits au-dessus des points représentent le nombre de paires de points et la ligne horizontale en pointillés indique la demi variance des données)	23
Figure 19. Détermination de la variance d'estimation de la biomasse des nécrophages par cellule de la grille fixe pour a) le groupe 1 « marcheurs-creuseurs petits », b) le groupe 2 « marcheurs-creuseurs grands », c) le groupe 3 « marcheurs exclusifs » et d) le total des nécrophages dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent les points d'échantillonnage <i>Langolf</i>) (Les cellules pour lesquelles le nombre d'observations ne permettait pas de calculer la variance ont été colorées en bleu)	24
Figure 20. Matrice de corrélation appliquant le coefficient de corrélation de rang de Spearman sur les biomasses de rejets (Rejets : rejets totaux et R [1-4] : types de rejets) et de nécrophages (Nécrophages : nécrophages totaux et G [1-3] : groupes de nécrophages)(les couleurs de l'échelle reflètent la valeur du coefficient de corrélation de Spearman).....	25
Figure 21. Détermination des p-valeur de la matrice de corrélation sur les biomasses de rejets (Rejets : rejets totaux et R [1-4] : types de rejets) et de nécrophages (Nécrophages : nécrophages totaux et G [1-3] : groupes de nécrophages) (Lorsque la p-valeur est significative, sa valeur n'apparaît pas dans la cellule) (La couleur et la surface des pastilles reflètent la valeur du coefficient de corrélation de Spearman).....	26
Figure 22. Représentation graphique des relations entre les biomasses par cellule des rejets d'invertébrés benthiques et des nécrophages a) totaux et du groupe b) 1 : « marcheurs-creuseurs plutôt petits », c) 2 : « marcheurs-creuseurs plutôt grands », d) 3 : « marcheurs exclusifs » (La surface d'une cellule 10' x 10' est équivalente à 272 km ² en se basant sur 1° de latitude = 111 km et 1° de longitude = 85 km à 40°Nord)	27
Figure 23. Estimation de la répartition spatiale de la biomasse a) des rejets totaux et b) des nécrophages totaux par cellule de la grille fixe dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent successivement les points d'échantillonnage <i>ObsMer</i> et <i>Langolf</i>).....	28
Figure 24. Matrice de corrélation avec a) la représentation en couleurs des coefficients de corrélation de Spearman et b) des p-valeurs sur les biomasses de rejets (Rejets : rejets totaux et R [1-4] : types de rejets) et de nécrophages (Nécrophages : nécrophages totaux et G [1-3] : groupes de nécrophages)	28

Liste des tableaux

Tableau 1. Traits de vie et catégories utilisés pour regrouper les nécrophages invertébrés benthiques de la Grande Vasière	9
Tableau 2. Résultats du test statistique de Shapiro-Wilk (W est la statistique du test)	12
Tableau 3. Nombre d'espèces et biomasse totale annuelle (T) par type de rejets et au total pour la période de 2011 à 2013	14
Tableau 4. Résultats du test de Kruskal-Wallis sur les biomasses moyennes par année des nécrophages	22
Tableau 5. Quantités moyennes annuelles de rejets (T) par type de rejets et au total pour la période 2011-2013 pour le trimestre 2	27

Liste des annexes

Annexe I. Nom scientifique et code des espèces par groupe de nécrophages.....	I
Annexe II. Projection de la typologie obtenue des nécrophages par classification selon les axes 1 et 3 (Annexe II.a) et les axes 2 et 3 (Annexe II.b).....	III
Annexe III. Cartes des biomasses des types de rejets pour le trimestre 2.....	IV
Annexe IV. Cartes des biomasses des groupes de nécrophages pour le trimestre 2.....	V

Glossaire des abréviations

10' x 10' : 10 minutes par 10 minutes

ACP : Analyse en Composantes Principales

CIEM : Conseil International pour l'Exploration de la Mer

Groupe 1 : Nécrophages marcheurs-creuseurs plutôt petits

Groupe 2 : Nécrophages marcheurs-creuseurs plutôt grands

Groupe 3 : Nécrophages marcheurs exclusifs

Ifremer : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

ObsMer : Observation à la mer

OP : Opération de Pêche

p-valeur : valeur de la probabilité définie pour un test statistique

Type 1 : Rejets de poissons-ronds-démersaux-pélagiques

Type 2 : Rejets de poissons plats et céphalopodes

Type 3 : Rejets d'élasmobranches

Type 4 : Rejets d'invertébrés benthiques

I. Introduction

Rejeter en mer est une pratique courante des pêcheurs mais problématique pour l'évaluation et la préservation des ressources halieutiques (Fernandes *et al.*, 2011). Les rejets représentent la partie des captures non débarquées mais rejetées en mer pendant les opérations de pêche (OP). Entre 1980 et 1990, ces rejets représentaient environ 27% des captures annuelles mondiales de poissons soit 25 à 30 millions de tonnes de rejets dans le monde chaque année (Alverson *et al.*, 1994). En 2004, cette valeur, actualisée et révisée, n'était plus que de 7 millions de tonnes (FAO, 2008). Néanmoins, ce montant est à considérer avec prudence car peu de données précises existent sur les captures de pêche mondiales, notamment sur la part des captures rejetées (FAO, 2008). Les causes des rejets sont multiples et concernent principalement une non-commercialisation de l'espèce, une taille inférieure à la taille minimale de capture ou encore un quota de l'espèce déjà atteint (FAO, 2008 ; Depestele, 2015).

Les rejets de la pêche peuvent être perçus différemment suivant les aspects économique et écologique. Au niveau économique, ils sont considérés comme un « gaspillage » de ressources économiquement valorisables (FAO, 2008 ; Ulleweit *et al.*, 2010). C'est pourquoi, pour mettre fin à ce gaspillage, la nouvelle Politique Commune des Pêches a instauré une obligation de débarquement pour les pêcheurs professionnels exerçant leurs activités dans certaines parties de l'Union Européenne depuis le 1^{er} Janvier 2015. Cette politique « d'obligation à débarquer » vise à réduire les rejets et, d'ici à 2019, à supprimer les rejets des principales espèces commerciales (FAO, 2008 ; Taupin et Prod'homme, 2014). Au niveau écosystémique, les rejets constituent une source de nourriture pour certains groupes trophiques de la chaîne alimentaire (Bergmann *et al.*, 2002 ; Catchpole *et al.*, 2006 ; Furness *et al.*, 2007 ; Kaiser et Hiddink, 2007 ; Morandeau *et al.*, 2014 ; Depestele, 2015). En effet, d'après Groenewold et Fonds en 2000, les rejets seraient rapidement réintroduits dans la chaîne alimentaire.

En vue d'une gestion efficace des pêcheries, il est nécessaire d'évaluer l'impact bioécologique des rejets de la pêche sur les écosystèmes marins (FAO, 2008). Cependant, tout comme l'estimation de la quantité des rejets, l'évaluation de leur impact reste difficile et peu d'études sur le sujet sont disponibles (FAO, 2008). Certaines d'entre elles ont étudié la contribution des rejets dans l'alimentation de certains nécrophages, définis en 1994 par Britton et Morton comme des organismes capables de « détecter des cadavres, se déplacer vers eux et, finalement, les consommer ». Les oiseaux marins se présentent comme des consommateurs des rejets de la pêche (Furness *et al.*, 2007 ; Depestele et Rochet, 2014 ; Depestele, 2015). D'après les travaux de Depestele *et al.* en 2016, un quart des quantités rejetées dans le golfe de Gascogne est consommé par ces prédateurs. Leur mode de déplacement favorise leur accès aux rejets présents à la surface de l'eau (Depestele, 2015). Cependant, peu d'études se sont intéressées à la participation des rejets dans l'alimentation des nécrophages benthiques, comme certains invertébrés, moins avantagés en termes d'accessibilité à la ressource (Ramsay *et al.*, 1997 ; Depestele, 2015 ; ICES, 2016). Pour ce faire, les rejets ne doivent pas avoir été consommés par les oiseaux et les espèces pélagiques pour atteindre le fond (Shephard *et al.*, 2014). En Mer du Nord, une étude a montré que les rejets de langoustine par les chaluts de fond pouvaient fournir localement jusqu'à 37% des besoins énergétiques des invertébrés benthiques nécrophages (Catchpole *et al.*, 2006). Au contraire, une autre étude a mise en évidence une faible contribution des rejets dans la dynamique de ces nécrophages (Kaiser et Hiddink, 2007). D'autres travaux en Mer du Nord ont mis en évidence une participation plus importante des rejets dans l'alimentation des invertébrés benthiques nécrophages exclusivement, dans des zones intensivement exploitées offrant alors des rencontres répétées avec les rejets (Groenewold et Fonds, 2000).

La compréhension du devenir des rejets reste limitée ainsi que leurs effets sur les populations benthiques. Néanmoins, de façon générale, les rejets ont tendance à favoriser les espèces nécrophages (FAO, 2008). Ce projet consiste donc à effectuer un premier pas dans l'estimation du destin des rejets de la pêche et de leur impact écosystémique. Pour répondre à cet objectif, la distribution spatiale des rejets et celle de leurs consommateurs potentiels sur les fonds marins ont été étudiées afin d'analyser s'ils se situent aux mêmes endroits. Plus de la moitié du total des rejets estimés mondialement proviennent de la pêche chalutière à la crevette et aux poissons démersaux (FAO, 2008). Il est alors important d'étudier le cas des rejets dans un secteur fortement exploité par ce type de pêche comme la Grande Vasière du golfe de Gascogne. En effet, elle est le siège d'une importante pêcherie de langoustines. Cette pêcherie est réglementée par licence et par Totaux Admissibles de Captures ainsi que par l'utilisation de dispositifs sélectifs obligatoires (Rimaud, 2014). La majorité de l'effort de pêche du golfe de Gascogne est concentré sur la Grande Vasière et en particulier dans la partie nord de celle-ci (Macher, 2008). Les chalutiers à langoustines contribuent à 80% des captures de cette zone (Depestele *et al.*, 2016).

Quelques études antérieures menées sur la Grande Vasière se sont concentrées sur les invertébrés benthiques pour évaluer l'impact de la pêche sur les communautés benthiques (Hily *et al.*, 2008). En effet, ce sont des organismes généralement peu mobiles dont la durée de vie individuelle moyenne varie de 1 à 10 ans (Hily *et al.*, 2008). Dans la Grande Vasière, ils représentent 21% de la biomasse benthique totale (Le Loc'h *et al.*, 2008). Des études ont montré que le potentiel des rejets à contribuer à la nourriture disponible pour la communauté benthique nécrophage dans l'ensemble de la Grande Vasière était faible. En effet, d'après les travaux de Lassalle *et al.* en 2011, les rejets peuvent contribuer à 1,6% du total des besoins en nourriture pour cette association d'espèces benthiques ou à 1% après la prédation par les oiseaux dans la Grande Vasière du golfe de Gascogne. Cependant, le fait que les nécrophages sont peu mobiles et que les rejets sont localisés entraîne une hétérogénéité spatiale de la nécrophagie potentielle. Ainsi, localement, la contribution des rejets peut être plus conséquente (Catchpole *et al.*, 2006 ; Depestele *et al.*, 2016). En effet, elle pourrait aller jusqu'à 42% pour certains nécrophages benthiques, comme la langoustine, à l'échelle du rectangle statistique (Depestele *et al.*, 2016). L'approche cartographique a donc été choisie pour étudier l'effet potentiel des rejets sur les invertébrés benthiques nécrophages et ce, à une échelle plus fine que celle du rectangle statistique.

Cette étude contribue à l'analyse de l'impact des rejets des chalutiers de fond dans l'alimentation des invertébrés benthiques nécrophages de la Grande Vasière en analysant la coïncidence entre leurs distributions spatiales. Les rejets et les nécrophages ont-ils la même répartition spatiale ? Pour répondre à cette question, deux hypothèses sont posées *a priori*. La première mentionne que seuls les rejets atteignant le fond sont susceptibles d'interagir avec le benthos. Il s'agit alors de regrouper les espèces rejetées dans la zone d'étude en fonction de leur comportement en mer après l'OP en se basant sur la littérature scientifique. La seconde hypothèse énonce que les nécrophages vont répondre différemment à la présence des rejets en fonction de leurs traits de vie, par exemple, leur taux de nécrophagie ou leur mobilité. C'est pourquoi, dans un second temps, les nécrophages invertébrés benthiques sont dissociés en groupes suivant leurs caractéristiques bio-écologiques. Les données utilisées proviennent d'observations à bord des navires de pêche professionnelle et de campagnes scientifiques. Des cartes ont été réalisées afin d'étudier les distributions spatiales des catégories de rejets de pêche et de nécrophages. Celles-ci ont ensuite été comparées en effectuant des tests de corrélation. Une corrélation plus élevée est attendue entre les rejets atteignant le fond et les espèces les plus nécrophages et les plus mobiles.

II. Matériel et Méthodes

Cette première partie présente le cas d'étude et la méthodologie qui a été appliquée dans le but de comparer les distributions spatiales des rejets et des nécrophages.

Les données disponibles pour les nécrophages ne concernent que les années 2011, 2012 et 2013. C'est pourquoi les données de rejets ont été extraites uniquement pour cette période. Par ailleurs, les OP pour lesquelles ont été échantillonnés les rejets sont réparties spatialement de manière hétérogène dans la zone d'étude. Les estimations spatialisées de rejets sont calculées à l'aide d'une méthode adaptée à cette hétérogénéité. Les grilles par année ne couvrant qu'une petite partie de la Grande Vasière, les données de rejets ont été agrégées pour ces trois années d'étude. Les cartes des nécrophages sont ensuite établies aux mêmes échelles spatiale et temporelle. Des estimations spatiales à la fois de rejets et de nécrophages sont donc disponibles par maille de la grille.

La démarche consiste, dans un premier temps, à s'intéresser à chacune des variables en y précisant les données disponibles, la méthode d'agrégation en groupes distincts et l'approche cartographique employée. Enfin, la méthode de comparaison par les tests de corrélation entre les rejets et les nécrophages est présentée.

II.1. Le cas d'étude : La pêcherie langoustinière dans la Grande Vasière

La Grande Vasière est située dans la partie nord du plateau continental du golfe de Gascogne bordé au Nord et à l'Est par la France (Figure 1). Le golfe de Gascogne est un milieu exploité par la pêche avec une grande diversité de navires, d'engins de capture, de métiers et d'espèces commerciales (Macher, 2008).



Figure 1. Limites géographique et de gestion de la Grande Vasière du golfe de Gascogne par l'Unité d'Exploitation et de Gestion Concertée Grande Vasière (la ligne rouge correspond au périmètre restreint et la surface rose définit le périmètre large de la Grande Vasière) (Rimaud, 2014)

La Grande Vasière s'étend sur 250 km de long et est large d'environ 100 km au large de Groix et de 25 km au large de Rochebonne (Dubrulle *et al.*, 2007). Elle est caractérisée par des fonds sablo-vaseux et par une profondeur qui varie entre 60 et 120 mètres (Macher, 2008). La zone d'étude est incluse dans les zones de gestion VIIIa et VIIIb du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) (Macher, 2008). Douze rectangles statistiques représentent la zone d'étude (Figure 1).

La Grande Vasière est une zone d'intérêt puisqu'elle regroupe des efforts de pêche élevés et qu'elle représente un secteur important pour la pêche ciblant la langoustine (Macher, 2008). Le chalutage ciblant les langoustines entraîne beaucoup de rejets (Macher, 2008). Par son activité de pêche, la Grande Vasière peut alors être définie comme une zone particulièrement intéressante pour étudier le destin des rejets de la pêche.

L'étude s'intéresse principalement aux métiers¹ « chaluts à langoustines » et « chaluts ciblant les espèces démersales et céphalopodes ». En effet, ces deux métiers sont ceux qui rejettent les plus grandes quantités de ressources halieutiques dans la Grande Vasière du golfe de Gascogne (Dubé *et al.*, 2012, Cornou *et al.*, 2013 ; Cornou *et al.*, 2014). Par exemple, ils ont participé, en 2011, à environ 70% des rejets dans la zone d'étude (Dubé *et al.*, 2012).

II.2. Les rejets de la pêche

II.2.1. Description du jeu de données : le programme d'Observation à la mer (ObsMer)

Le programme national ObsMer, financé par la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture, a pour but d'estimer la quantité de captures pêchées (débarquements et rejets) et d'étudier leur composition afin d'améliorer l'évaluation des stocks (Cornou *et al.*, 2014). Il est réalisé essentiellement par des sociétés prestataires d'observateurs accueillis à bord des navires de pêche professionnels (Cornou *et al.*, 2014). Environ 3% de l'activité totale de pêche est observée par ce programme (Cornou *et al.*, 2014).

Les données issues du programme ObsMer sont spatialement non uniformes. En effet, les pêcheurs pêchent uniquement dans les zones contenant du poisson (Lindmark, 2015). Les données recueillies lors des observations en mer sont couplées à l'échantillonnage des débarquements en criée, aux données déclaratives (livres de bord et carnets de pêche des navires) et aux données de positionnement des navires par satellite (Cornou *et al.*, 2014). Le regroupement entre ces différentes sources de données permet d'évaluer le prélèvement global sur la ressource. Cependant, des erreurs peuvent se produire pendant la collecte, la saisie ou encore la transmission des données. C'est pourquoi, l'algorithme Sacrois est utilisé afin d'estimer les valeurs les plus probables concernant chaque marée (Cornou *et al.*, 2014).

Ainsi, pour chaque OP observée, les données rassemblent les informations sur le navire, la date, la position de pêche, la durée de pêche, l'engin utilisé, les espèces débarquées, les espèces rejetées, les poids des débarquements et rejets (Cornou *et al.*, 2014). Le nombre d'OP échantillonnées par le programme ObsMer pour les deux métiers étudiés est de 1 066 sur les trois années d'étude. Ces OP semblent couvrir la majorité de la surface de la zone d'étude. Entre 2011 et 2013, 190 marées ont été observées pour ces deux métiers.

¹ Un métier est défini comme « l'utilisation d'un engin de pêche ciblant un groupe d'espèces dans une zone géographique donnée » (Biseau et Gondeaux, 1988 ; Lewy et Vinther, 1994).

La figure 2 montre la répartition des OP échantillonnées pour les chalutiers ciblant la langoustine (Figure 2.a) et pour les chalutiers ciblant les espèces démersales et céphalopodes (Figure 2.b) dans la Grande Vasière.

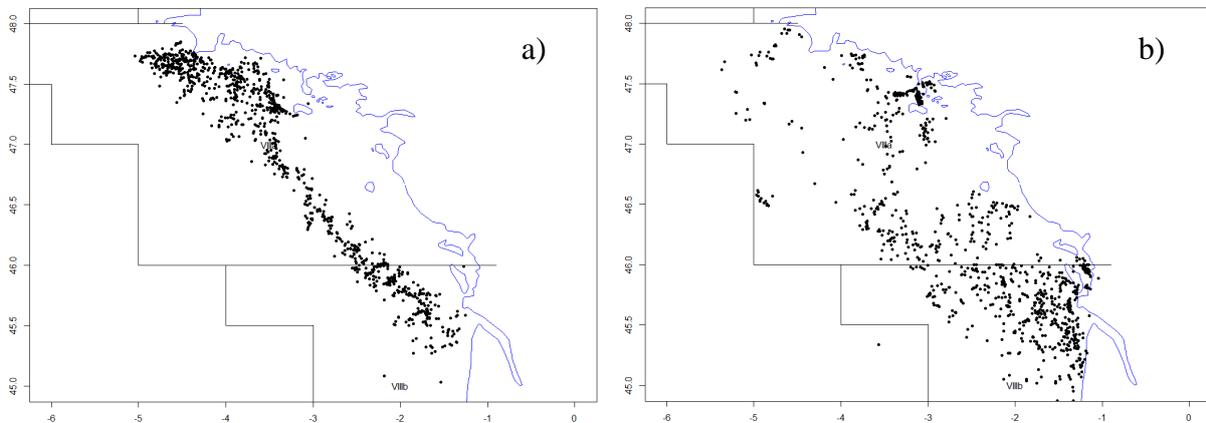


Figure 2. Positions géographiques des OP échantillonnées dans le programme ObsMer du métier a) chalut à langoustine et b) chalut ciblant les espèces démersales et céphalopodes dans la Grande Vasière.

II.2.2. Typologie des rejets de la pêche selon leur comportement en mer après l'OP

La consommation des rejets de la pêche par les populations marines est influencée par leur quantité, leur taille et leur composition (Depestele, 2015). Cette étude s'intéresse à la relation spatiale entre les rejets et les communautés nécrophages du benthos. Il est alors nécessaire de distinguer les rejets susceptibles d'atteindre le fond et donc, ayant la possibilité d'interagir avec les espèces benthiques, de ceux qui vont rester en surface et rester sans contact avec les espèces benthiques.

Cent soixante-huit espèces rejetées dans la Grande Vasière sont référencées dans la base de données ObsMer. Pour cette étude, ces espèces ont été regroupées suivant leur comportement en mer après l'OP. En effet, suivant leur comportement, elles sont plus ou moins susceptibles d'être mangées par différents consommateurs dans la colonne d'eau (Depestele et Rochet, 2014 ; Depestele, 2015). Cette agrégation se base sur des études scientifiques antérieures ayant proposé des types de rejets selon qu'ils coulent ou flottent. La biomasse annuelle, exprimée en tonnes par km², a été calculée par type de rejet.

II.2.3. Méthode de cartographie pour estimer la répartition spatiale des rejets : la grille à mailles variables

Le but de cette étude est de décrire les distributions spatiales des rejets et des consommateurs nécrophages benthiques dans la Grande Vasière. Une méthode de cartographie a été utilisée pour répondre à cet objectif.

La première étape consiste à construire une grille à mailles variables. La densité des OP échantillonnées dans ObsMer varie en fonction des zones de pêche (Cornou *et al.*, 2014). Pour estimer spatialement les quantités de rejets, il a donc été opté d'utiliser la méthode de la grille à mailles variables dont la taille des mailles s'adapte au nombre d'observations (Pointin *et al.*, 2016). Par exemple, une zone avec peu d'OP échantillonnées correspondra à une maille de grande taille. *A contrario*, une zone avec de nombreuses OP échantillonnées correspondra à une maille plus petite (Pointin *et al.*, 2016). La construction de la grille à mailles variables repose

sur un processus itératif de divisions qui aboutit à une grille dont les mailles sont divisées une ou plusieurs fois en fonction du nombre d'OP (Pointin *et al.*, 2016). Il existe des conditions, exposées ci-dessous, pour la réalisation de cette grille qui permettent d'obtenir un nombre suffisant d'OP par cellule et atteindre une taille minimale finale de 10 minutes par 10 minutes (10'x10') (Pointin *et al.*, 2016) :

- Un nombre minimum de dix points par cellule de la grille amène une division en deux sous-cellules
- Une sous-cellule avec moins de trois points est retirée du processus

Trois hypothèses sont posées *a priori* (Pointin *et al.*, 2016) :

- Hypothèse 1 : « Les OP échantillonnées sont réparties de telle manière qu'elles sont représentatives des principales zones de pêche en termes de débarquements et de temps de pêche. »
- Hypothèse 2 : « Les points ObsMer sont répartis de façon homogène dans chaque cellule de la grille. »
- Hypothèse 3 : « Les quantités de captures toutes espèces confondues sont proportionnelles aux débarquements ou au temps de pêche. »

La deuxième étape consiste à estimer les quantités de rejets par maille de la grille. L'estimation des rejets est réalisée par la méthode par répartition. Cette méthode se base sur la quantité globale de rejets sur l'ensemble de la zone d'étude estimée à partir des quantités totales de débarquement (statistiques de pêche) et des proportions rejetées (données ObsMer). Puis, cette estimation est répartie au sein des mailles de la grille au prorata des quantités de rejets des OP observées (Prod'Homme et Taupin, 2014). Chaque maille de la grille possède une estimation locale de biomasse de rejets en tonnes par km².

Pour comparer les biomasses de rejets et de nécrophages, il est nécessaire d'obtenir des estimations de ces deux variables à la même échelle. Pour éviter une extrapolation de la biomasse échantillonnée de nécrophages à une trop grande échelle, chaque maille de la grille a donc été divisée jusqu'à atteindre la taille minimale de cellule soit 10' par 10'. La biomasse locale de rejets associée à chacune des anciennes mailles a donc été divisée par le nombre de cellules 10'x10' nouvellement créées par maille. Puis, cette valeur a été redistribuée au sein des cellules 10' par 10'. Cette nouvelle grille est utilisée pour la comparaison des biomasses locales de rejets et de nécrophages (Figure 3).

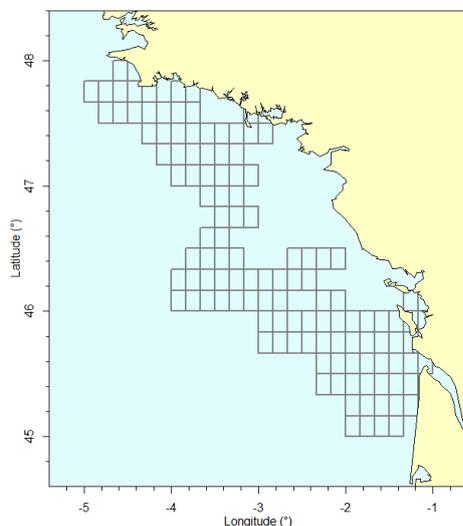


Figure 3. Représentation cartographique de la grille à mailles fixes utilisée pour la comparaison spatiale des rejets et des nécrophages.

II.3. Les consommateurs potentiels des rejets de la pêche sur le fond : les invertébrés benthiques nécrophages

II.3.1. Description des données

Pour étudier la répartition spatiale des invertébrés benthiques nécrophages dans la zone d'étude, des données de biomasse géoréférencées par espèce ont été exploitées. Les données utilisées sont issues de la campagne scientifique *Langolf*². Pour l'étape d'agrégation des nécrophages en groupes distincts, leurs caractéristiques bioécologiques ont été nécessaires. Celles-ci ont été inventoriées dans le cadre du projet de recherche *Benthis*³.

- La campagne scientifique *Langolf*

La campagne de chalutage *Langolf* a été menée par l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer) jusqu'en 2013. Elle avait pour objectif principal de collecter des données de biomasse et d'abondance pour estimer l'état des ressources, principalement benthiques, dans la Grande Vasière (Salaün, 2013). La campagne était réalisée lors de la période de mai à juin permettant une meilleure accessibilité de la langoustine avant que les femelles n'incubent leurs œufs en restant dans leur terrier d'août à février (Salaün, 2013).

L'engin d'échantillonnage était un chalut jumeau en raison de son efficacité pour la pêche des espèces benthiques et de sa surface balayée supérieure à celle d'un chalut simple (Salaün, 2013). L'échantillonnage de cette campagne était de type aléatoire stratifié suivant 5 classes sédimentaires (Figure 4) (Salaün, 2013). Chaque station de chalutage échantillonnée par la campagne *Langolf* était espacée de 4.5 miles nautiques. La durée d'un trait de chalut était de trente minutes.

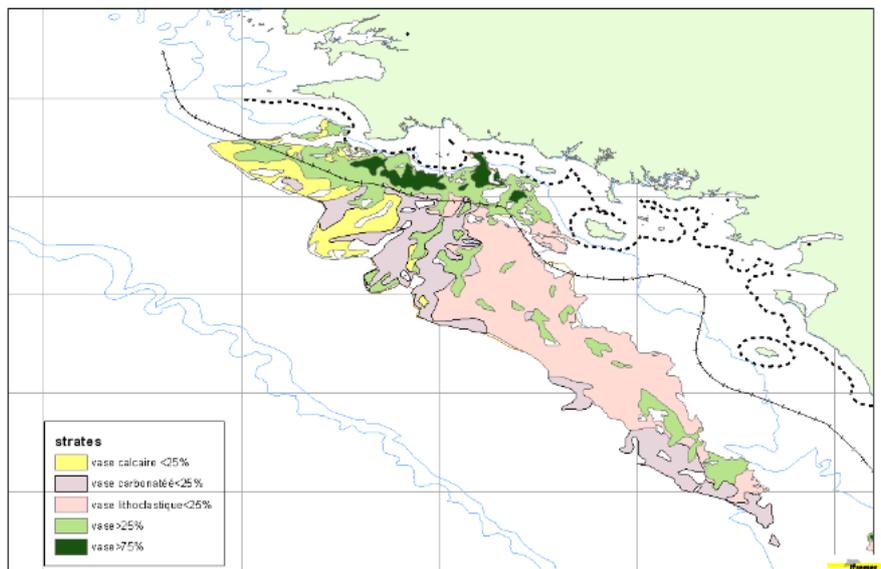


Figure 4. Zone de couverture de la campagne *Langolf* suivant 5 classes sédimentaires (Salaün, 2013)

²Langolf : fusion des mots « Langoustines » et « golfe de Gascogne »

³ Benthis : « Etude de l'impact de la pêche sur les communautés benthiques »

A partir de 2011, la campagne *Langolf*, initialement limitée à l'observation des poissons et des espèces d'invertébrés commerciales, a également pris en compte l'ensemble des peuplements de la macro et mégafaune benthique de la Grande Vasière (Salaün, 2013). C'est pourquoi, les données utilisées dans cette étude concernent uniquement les années de 2011 à 2013. Pour la période considérée, 213 stations au total ont été échantillonnées soit 70 stations en 2011, 74 en 2012 et 68 en 2013. La position géographique des stations échantillonnées varie pour les trois années. Pour chacune des espèces échantillonnées, il est renseigné l'abondance et la biomasse par trait de chalut. La biomasse est définie ici comme la masse totale (g) des invertébrés benthiques par unité de surface (km²) et l'abondance comme le nombre total d'individus par espèce par unité de surface (km²). Le lien entre la biomasse totale et l'abondance totale des nécrophages a été testé par régression linéaire. Cela a permis de vérifier si l'information apportée par l'une ou l'autre de ces variables est similaire et de ne sélectionner qu'une des deux variables pour les analyses. Pour respecter les conditions d'application, les données ont été transformées à l'échelle logarithmique.

- Le projet de recherche *Benthis*

Ce travail s'inscrit dans le projet de recherche européen *Benthis* qui a pour but de développer des outils et connaissances nécessaires pour étudier et réduire l'impact de la pêche sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes benthiques (Benthis, 2016). Un « Trait » est défini comme « une propriété mesurable des organismes, habituellement mesurée au niveau individuel, et utilisée de manière comparative à travers les espèces » (D'après McGill *et al.*, 2006). La table de données provenant de ce projet rassemble les modalités biologiques des traits de vie des espèces. Ces informations ont été collectées par des scientifiques et partenaires de l'Ifremer à partir de la littérature scientifique et « à dire d'expert » (ICES, 2015).

Cette table de traits de vie a été construite par la technique du « codage flou ». Cette technique permet de structurer l'information bioécologique des espèces en donnant une estimation de la fréquence réelle d'utilisation de la modalité par l'espèce (Chevenet *et al.*, 1994). Pour chaque espèce, une note d'affinité est associée à chaque modalité des traits de vie (Chevenet *et al.*, 1994). Pour cette table, cette note est déclinée en quatre niveaux allant de 0 à 3. Par exemple, la valeur "0" indique "aucune affinité" et la valeur "3", une "forte affinité" de l'espèce pour une catégorie d'un trait de vie. Le codage flou prend en compte l'incertitude associée aux données utilisées.

Les données de *Benthis*, concernant les caractéristiques bioécologiques des invertébrés benthiques nécrophages, sont disponibles pour 79 espèces. Parmi ces 79 espèces nécrophages, 54 espèces ont été échantillonnées par la campagne *Langolf*. Ces données fournissent une base de connaissances permettant une évaluation de l'état des différents écosystèmes benthiques marins dans les eaux européennes (ICES, 2015).

II.3.2. Regroupement des invertébrés benthiques nécrophages par la méthode d'analyse de traits biologiques (BTA)

- Sélection des traits de vie :

L'approche BTA consiste à décrire les fonctions écologiques des communautés benthiques marines (Bremner *et al.*, 2006). A partir de l'ensemble des notes attribuées à chaque trait de vie et ses modalités par espèce, il est possible de réaliser des groupes d'espèces. Ces groupes vont se distinguer en fonction de leurs caractéristiques bioécologiques et vont potentiellement répondre différemment à la présence de rejets (Ramsay *et al.*, 1997). L'étape de sélection des

traits de vie, bien que préliminaire, est prépondérante dans le regroupement des espèces. Les traits ont été prioritairement sélectionnés en fonction des connaissances sur la réponse des organismes aux rejets de la pêche. Par ailleurs, l'ajout d'un trait de vie n'apportant aucune information au vu de l'objectif de l'étude pourrait alors créer du bruit dans l'analyse (Bremner *et al.*, 2006).

Les traits de vie retenus sont tout d'abord la classe de taille des espèces nécrophages étudiées. Celui-ci donne des informations sur la capacité potentielle de l'espèce à se nourrir du rejet (Blanchard *et al.*, 2009). En effet, plus l'espèce est grande et plus elle va pouvoir consommer de grandes quantités de rejets. Ce trait de vie est subdivisé en 4 modalités « petits », « petits-moyens », « moyens » et « moyens-grands » (Tableau 1). La modalité « grands » a été retirée de l'analyse car aucune des espèces capturées dans *Langolf* ne rentrait dans cette catégorie.

Le mode de locomotion et le mode alimentaire sont deux traits à prendre en compte dans cette étude. En effet, le mode de locomotion apporte des informations sur la capacité de l'animal à se déplacer vers le rejet. Ce trait est dissocié en 4 modalités « fixe », « nage », « rampe-marche » et « creuse-grimpe » (Tableau 1). Le mode alimentaire, quant-à-lui, met en avant l'utilisation des ressources par l'espèce ce qui permet de distinguer les espèces les plus nécrophages et par conséquent celles qui vont utiliser au maximum les rejets dans leur alimentation (Thrush *et al.*, 1998 ; Tillin *et al.*, 2006). Le trait du mode alimentaire est composé de 5 modalités (Tableau 1). Les dépositives se nourrissent de la matière organique particulière présente sur le fond tandis que les suspensivores consomment les particules en suspension dans le milieu aquatique. Les prédateurs tuent leurs proies pour les consommer contrairement aux nécrophages qui se nourrissent de proies déjà mortes.

Pour les espèces benthiques, le mode alimentaire et le mode de locomotion sont deux traits de vie qui ont des impacts sur l'utilisation des ressources et le transfert d'énergie (Pearson, 2001).

Tableau 1. Traits de vie et catégories utilisés pour regrouper les nécrophages invertébrés benthiques de la Grande Vasière

TRAIT	CODE_TRAIT	MODALITE	CODE_MODALITE
CLASSE DE TAILLE	S	Petits	S1
		Petits-Moyens	S2
		Moyens	S3
		Moyens-Grands	S4
MODE DE LOCOMOTION	MV	Fixe	MV1
		Nage	MV2
		Rampe/Marche	MV3
		Creuse/Grimpe	MV4
MODE ALIMENTAIRE	FD	Dépositore de surface	FD1
		Dépositore sous la surface	FD2
		Filtreur/Suspensivore	FD3
		Opportuniste/Nécrophage	FD4
		Prédateur	FD5

- Analyse en composantes principales (ACP) suivie d'une classification

A partir de ce tableau de traits de vie codé en flou, une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée afin de regrouper les espèces selon leurs caractéristiques fonctionnelles et, par conséquent, selon leur stratégie globale pour l'alimentation. Une ACP d'un tableau de traits

de vie codé « en flou » est appelée « ACP floue » (Chevenet *et al.*, 1994). L'ACP floue est basée sur le principe de l'ACP classique qui projette des données dans un espace réduit (Cornillon *et al.*, 2010). Elle permet d'explorer les liaisons linéaires entre variables et les ressemblances entre individus (Husson *et al.*, 2010 ; Cornillon *et al.*, 2010). L'inertie représente la variabilité biologique totale du groupe d'espèces étudiées entre les différentes modalités de traits de vie (Chevenet *et al.*, 1994).

Cette ACP a été effectuée sur 54 individus (les espèces nécrophages étudiées) et sur 13 modalités de variables (modalités des traits de vie sélectionnés). Le nombre d'axes retenus après l'ACP a été déterminé d'après la cassure apparente sur le diagramme en barres des inerties associées à chaque axe (Cornillon *et al.*, 2010). Cette sélection d'axes permet de conserver le maximum d'inertie avec un minimum de facteurs (Cornillon *et al.*, 2010). L'ACP a été réalisée sous R avec le package *ade4*.

Par la suite, une classification a été effectuée sur les résultats de l'ACP floue par une méthode de classification avec la fonction *hclust()*. La distance euclidienne a été sélectionnée. La méthode d'agrégation choisie est celle de Ward car elle permet d'agréger les classes tout en minimisant la perte d'inertie interclasse (Escofier et Pagès, 2008 ; Cornillon *et al.*, 2010). Cette méthode correspond donc à une optimisation « pas à pas » de l'inertie.

II.3.3. Méthode de cartographie : la grille

La grille présentée antérieurement a permis de cartographier la distribution spatiale des nécrophages invertébrés benthiques dans la Grande Vasière. Pour cela, les positions spatiales des stations échantillonnées dans *Langolf* de 2011 à 2013 ont été superposées à la grille (Figure 5).

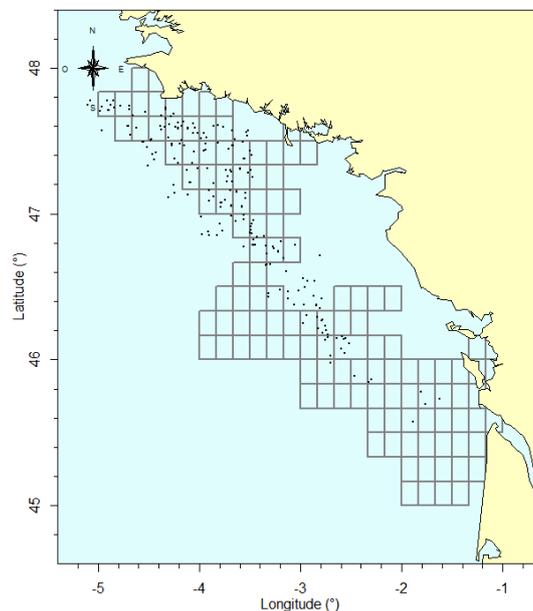


Figure 5. Représentation cartographique de la grille des rejets superposée aux points d'échantillonnage *Langolf*

Cent cinquante-sept stations échantillonnées dans *Langolf* sur 213 au total sont incluses dans la grille ce qui correspond à 74% des stations échantillonnées (Figure 5). A chaque station sont associées des valeurs de biomasse (en g/km²) totale et par groupe de nécrophages définis antérieurement. Ces valeurs de biomasse sont moyennées pour les cellules de la grille auxquelles les stations associées appartiennent.

II.3.4. Analyse de la variance interannuelle des biomasses de nécrophages (par cellule 10'x10')

Les analyses de corrélation entre les rejets et les nécrophages sont basées sur les données agrégées de 2011 à 2013. L'agrégation des biomasses de nécrophages pour ces trois années, par cellule de la grille, n'est pertinente que si la variabilité interannuelle de la répartition spatiale des nécrophages dans la Grande Vasière n'est pas trop élevée. C'est pourquoi il est important d'évaluer la variabilité entre les distributions spatiales annuelles des nécrophages. La variance interannuelle entre ces biomasses a été calculée par cellule de la grille et ce, pour chacun des groupes de nécrophages et au total, lorsque cela était possible. Des cartes ont été réalisées afin de rendre compte visuellement des lieux avec la plus forte variance interannuelle des biomasses.

Un traitement complémentaire a été effectué lors de cette étape afin de tester l'existence d'une différence significative entre les proportions de biomasse échantillonnées par année et par groupe. La comparaison des moyennes de biomasses de nécrophages par année a été effectuée par l'intermédiaire du test non paramétrique de Kruskal Wallis. L'hypothèse H_0 met en avant l'égalité des moyennes et l'hypothèse alternative (H_1) stipule qu'elles sont différentes. Le seuil de signification (α) choisi est de 0.05. La différence est donc significative lorsque la probabilité issue du test statistique (ou p-valeur) est inférieure à 0.05.

II.3.5. Calcul de la variance d'estimation des biomasses de nécrophages (par cellule 10'x10')

La variance d'estimation indique le degré de précision dans les estimations de biomasse par cellule.

La méthode de calcul de la variance d'estimation dépend de l'existence ou de l'absence d'une structuration spatiale des nécrophages. Pour cela, des variogrammes ont été représentés en prenant en compte les biomasses par station *Langolf* pour chaque groupe de nécrophage et au total. Les variogrammes permettent de représenter la similarité ou la dissimilarité des stations d'échantillonnage en fonction de la distance les séparant et ainsi de tester l'existence d'un effet spatial (Bez, 2002). La fonction, issue du variogramme, calcule la variance entre deux points suivant la distance qui les sépare. Si la variable présente une structure spatiale alors la variance doit être faible lorsque les points sont rapprochés et forte lorsqu'ils sont éloignés (Bez, 2002).

La variance d'estimation peut être calculée suivant deux méthodes différentes :

1. En présence d'un effet spatial : la variance d'estimation est déduite du variogramme puis du krigeage (méthodes géostatistiques)
2. En l'absence d'un effet spatial : la variance d'estimation σ^2_E est calculée suivant une équation classique (Equation 1).

Équation 1. Variance d'estimation

$$\sigma^2_E = s^2 / N$$

Avec :

s^2 : la variance estimée

N : le nombre de points

II.4. Analyse de corrélation entre les distributions de catégories de rejets et celles des groupes de nécrophages

Dans un premier temps, les distributions spatiales des rejets et des nécrophages vont être comparées en prenant en compte les estimations de biomasse par cellule de rejets tous les trimestres confondus. Puis, dans un second temps, les estimations de rejets seront considérées uniquement pour le trimestre 2 correspondant à la même période d'opération que la campagne *Langolf*. En effet, selon les trimestres, les chalutiers ne ciblent pas les mêmes espèces. Leurs rejets vont donc différer en fonction des saisons. Prendre en considération la saisonnalité des rejets peut améliorer la précision quant aux types de rejets consommés par les nécrophages pour ce trimestre.

Pour les deux cas, une matrice de corrélation a été utilisée. Elle a permis d'étudier la présence ou l'absence de lien entre les biomasses de rejets et de nécrophages par cellule de la grille. Les données ne suivent pas une loi Normale au vu du test de Shapiro-Wilk (Tableau 2).

Tableau 2. Résultats du test statistique de Shapiro-Wilk (W est la statistique du test)

		W	Valeur probabilité
Nécrophages	Groupe 1	0.49	6.59*10 ⁻¹¹
	Groupe 2	0.87	1.58*10 ⁻⁴
	Groupe 3	0.65	9.84*10 ⁻⁹
	Total	0.83	1.98*10 ⁻⁵
Rejets	Type 1	0.89	6.53*10 ⁻⁴
	Type 2	0.87	2.75*10 ⁻⁴
	Type 3	0.92	5.24*10 ⁻³
	Type 4	0.71	7.30*10 ⁻⁸
	Total	0.85	7.93*10 ⁻⁵

Au vu de la non-normalité des données, le coefficient de corrélation de rang de Spearman est appliqué. Il est non paramétrique et sa transformation par les rangs permet de mettre en avant une liaison monotone contrairement au coefficient de corrélation de Pearson (Frapporti *et al.*, 1991). De plus, il est robuste face aux points aberrants (Rakotomalala, 2015). Le coefficient de Spearman r_s est compris entre $-1 \leq r_s \leq +1$ (Frapporti *et al.*, 1991). Pour le test de corrélation, l'hypothèse H_0 stipule l'absence de lien entre les rejets et les nécrophages. Les liens pour lesquels la probabilité (p-valeur) est inférieure au seuil de signification choisi de 0.05 sont qualifiés de significatifs.

III. Résultats

III.1. Les rejets de la pêche

III.1.1. Typologie des rejets de la pêche selon leur comportement dans la colonne d'eau après l'OP

Les grands groupes d'espèces rejetées dans la Grande Vasière sont les poissons ronds et plats, les éla-smobran-ches et sé-laciens et les invertébrés benthiques (Cornou *et al.*, 2014). Pour cette étude, la différenciation des rejets a été réalisée en fonction de leur comportement en mer après l'OP d'après la littérature scientifique et les objectifs visés pour cette étude.

D'après la littérature scientifique, les rejets de poissons ronds se distinguent des rejets de poissons plats. En effet, les poissons ronds apparaissent plus attractifs pour les oiseaux car ils semblent plus facile à avaler pour ces consommateurs (Furness *et al.*, 2007 ; Depestele et Rochet, 2014). Ils sont présentés comme les proies prioritaires des oiseaux et des dauphins (Wassenberg et Hill, 1990 ; Furness *et al.*, 2007 ; Depestele et Rochet, 2014 ; Depestele, 2015). En Mer du Nord, 60 à 80% des poissons ronds rejetés seraient consommés par les oiseaux (Furness *et al.*, 2007). Les poissons plats, quant-à-eux, sont définis comme les proies secondaires des oiseaux (Furness *et al.*, 2007 ; Depestele et Rochet, 2014). Ainsi, ils sont potentiellement consommés dans la colonne d'eau (Furness *et al.*, 2007).

Les rejets d'éla-smobran-ches sont définis comme des rejets qui coulent dans la colonne d'eau (Depestele et Rochet, 2014). Cependant, leur taux de survie est plus important que pour les autres espèces rejetées (Depestele et Rochet, 2014).

Les invertébrés benthiques, une fois rejetés, coulent assez rapidement dans la colonne d'eau (Depestele et Rochet, 2014). Leur taux de survie est plus élevé si leur rejet a lieu dans les eaux de leur capture (FAO, 2008). Certaines études ont différencié les céphalopodes du groupe des invertébrés car ils sont sans coquille et coulent plus lentement que les autres invertébrés (Depestele et Rochet, 2014 ; Depestele, 2015). Ils sont potentiellement mangés dans la colonne d'eau.

Les travaux de Wassenberg et Hill en 1990 ont mis en avant deux types de rejets dans la baie de Moreton en Australie. Ces derniers sont les rejets susceptibles d'être consommés en surface et ceux potentiellement consommés par le benthos. Pour la Mer du Nord, Furness *et al.* en 2007 ont catégorisé les rejets en quatre types correspondant aux grands groupes d'espèces rejetées. Ces derniers sont les poissons ronds, les poissons plats, les invertébrés benthiques et les déchets. De la même manière, Depestele et Rochet en 2014 ont proposé cinq types de rejets dans le golfe de Gascogne qui sont les poissons ronds, les poissons plats, les invertébrés, les éla-smobran-ches et les céphalopodes.

La réalisation des types de rejets s'est principalement appuyée sur les travaux de Depestele et Rochet en 2014 pour le golfe de Gascogne :

- Le premier type regroupe les poissons ronds démersaux et pélagiques susceptibles d'être consommés en surface
- Le deuxième type rassemble les poissons plats et les céphalopodes potentiellement consommés dans la colonne d'eau. Ils sont regroupés car les deux types sont quasi-absents parmi les rejets observés dans la zone d'étude

- Le troisième type est composé uniquement des élasmobranches, qui présentent un taux de survie important
- Le quatrième type concerne les invertébrés benthiques susceptibles d'être consommés sur les fonds

Pour chaque type de rejet, le nombre d'espèces et la biomasse annuelle ont été référencés dans le tableau 3. Le type 1 recense le plus grand nombre d'espèces et possède la biomasse annuelle la plus élevée.

Tableau 3. Nombre d'espèces et biomasse totale annuelle (T) par type de rejets et au total pour la période de 2011 à 2013

Types de rejets	Nombre d'espèces	Quantité totale (T)
1 : Poissons ronds-démersaux-pélagiques	84	3 543
2 : Poissons plats et Céphalopodes	41	484
3 : Elasmobranche	21	911
4 : Invertébrés benthiques	22	2 433
Total	168	7 839

III.1.2. Cartographie de la répartition spatiale des estimations de rejets par type et au total

La figure 6 met en avant la répartition spatiale de la biomasse de rejets par type et au total sur la période 2011-2013.

Les rejets sont répartis spatialement de manière hétérogène (Figure 6). En effet, sur toutes les cartes, il est possible de remarquer des contrastes de couleurs sur toute la zone d'étude. Il semble y avoir plus de rejets au nord et au sud de la Grande Vasière dominés par les types de rejets 1 « poissons ronds-démersaux-pélagiques » et 4 « invertébrés benthiques ». En effet, pour ces types de rejets, les biomasses locales (à l'échelle de la cellule de la grille) peuvent s'élever jusqu'à 620 et 701 tonnes tandis que pour les rejets de types 2 « poissons plats et céphalopodes » et 3 « élasmobranches », les biomasses maximales par cellule sont de 99 et 208 tonnes.

Contrairement aux autres types de rejets, la biomasse des rejets du type 4 « invertébrés benthiques » n'est pas répartie sur toute la grille (Figure 6.d). Pour certaines cellules de la grille situées principalement au sud de la Grande Vasière, l'estimation de biomasse des rejets d'invertébrés benthiques est nulle.

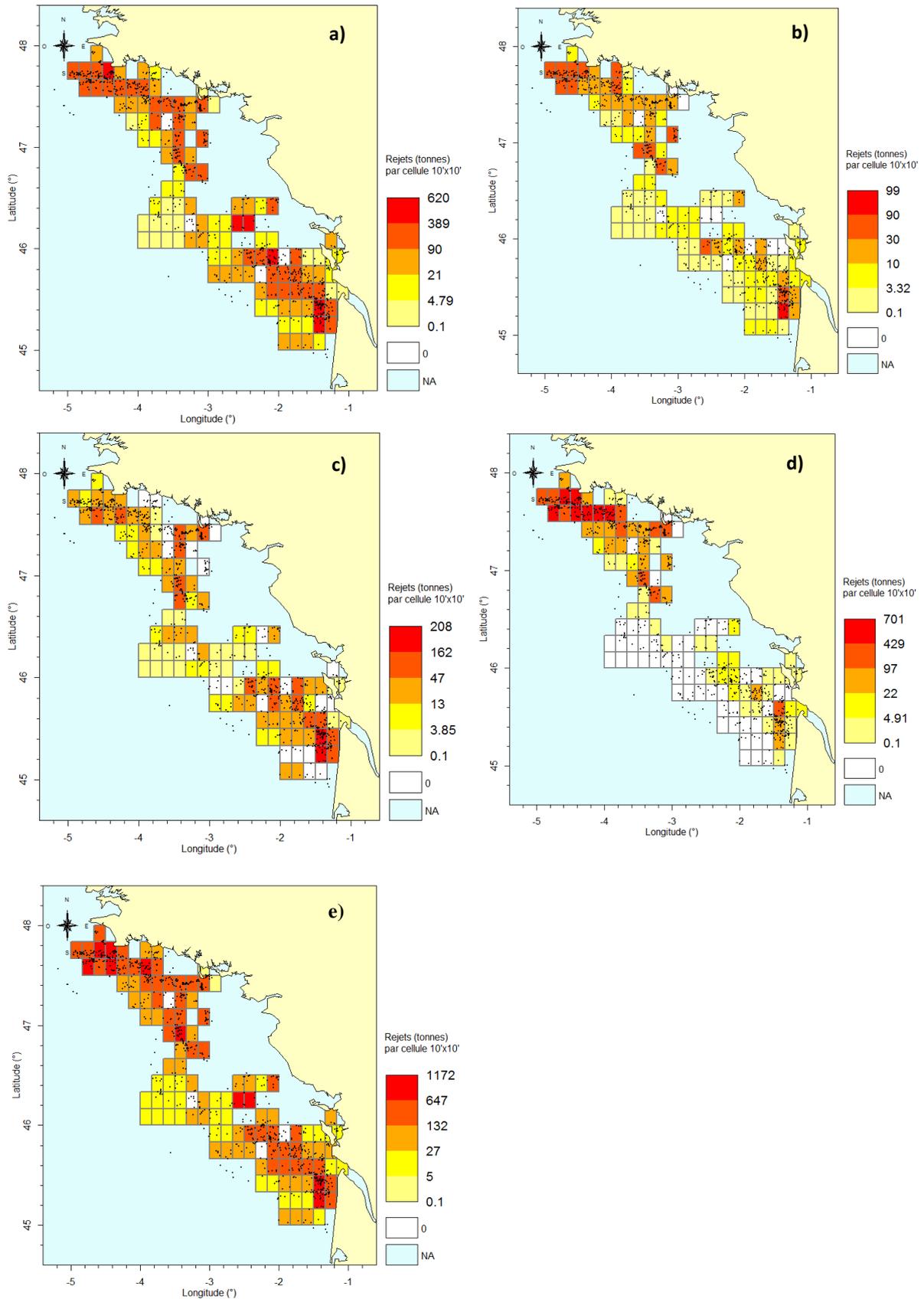


Figure 6. Estimation de la répartition spatiale de la biomasse des rejets par cellule pour le type de rejets composé des a) poissons ronds, démersaux et pélagiques b) poissons plats et céphalopodes c) élastombranches, d) invertébrés benthiques et pour e) toutes les espèces rejetées dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent les OP ObsMer des deux métiers étudiés)

III.2. Les invertébrés benthiques nécrophages

III.2.1. Existe-t-il une relation entre la biomasse et l'abondance des nécrophages ?

La régression entre les logarithmes de la biomasse et de l'abondance des nécrophages met en avant une relation significative entre ces deux variables (Figure 7). En effet, le R^2 , de 0.89, représente un lien fort entre ces deux variables. Le test F, appliqué au modèle, met en évidence un effet significatif de l'abondance sur la biomasse (p-valeur inférieure au seuil choisi de 0,05) (Figure 7).

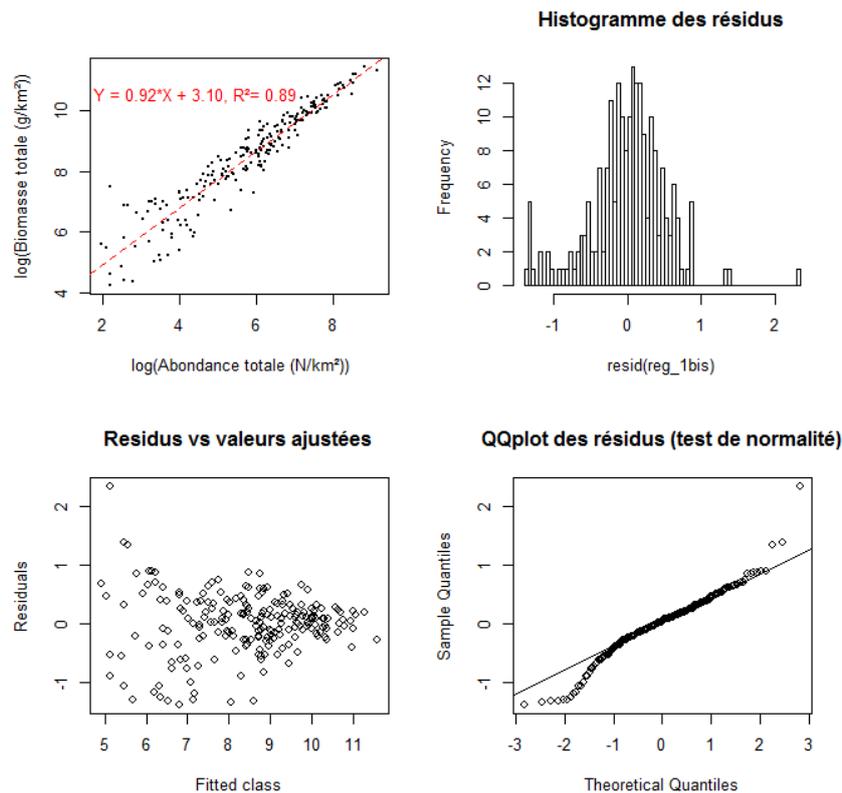


Figure 7. Régression de la biomasse des nécrophages (g/km^2) sur l'abondance (N/km^2) à l'échelle logarithmique, distribution des résidus, homogénéité des variances et analyse graphique de la normalité.

La biomasse et l'abondance ont des tendances similaires. Pour les analyses suivantes, seule la biomasse a été traitée.

III.2.2. Regroupement des nécrophages au regard des traits de vie

La figure 8 correspond au diagramme des inerties associées à chaque axe et permet de définir le nombre d'axes sur lesquels a été construite l'analyse. Les trois premières dimensions retenues expliquent 72% de l'inertie totale égale à 0.17.

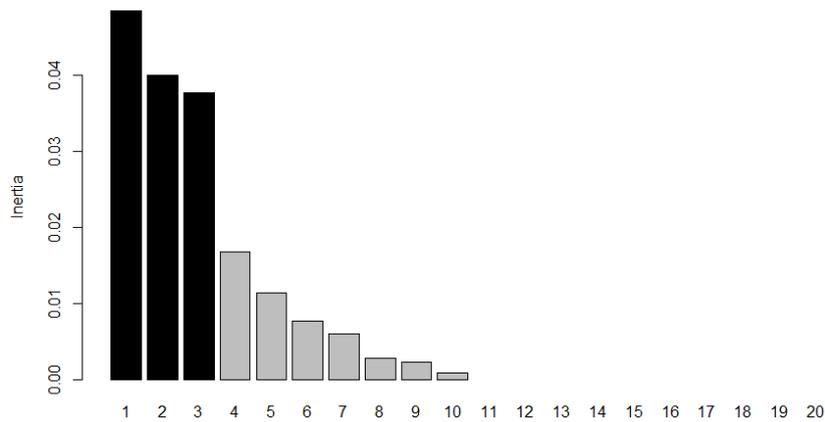


Figure 8. Diagramme en barres des valeurs propres associées à chaque dimension de l'ACP.

D'après la figure 9, certains nécrophages semblent avoir une stratégie de vie similaire car ils se superposent dans le plan de projection principal. En effet, plus des individus sont proches dans une ACP et plus ils se ressemblent. De plus, au vu de la faible valeur d'inertie, le nuage de points est globalement concentré sur le centre de gravité et donc, peu de variabilité ressort entre les individus. Trois modalités de variables semblent contribuer majoritairement à l'inertie au vu de la valeur de leur vecteur propre. La longueur des flèches apporte des informations sur l'importance de la variable dans la construction de l'image et donc sur sa contribution à l'inertie. Ceux sont les variables « MV3 », « MV4 » et « S2 » qui expliquent respectivement 19%, 11% et 16% de l'inertie totale.

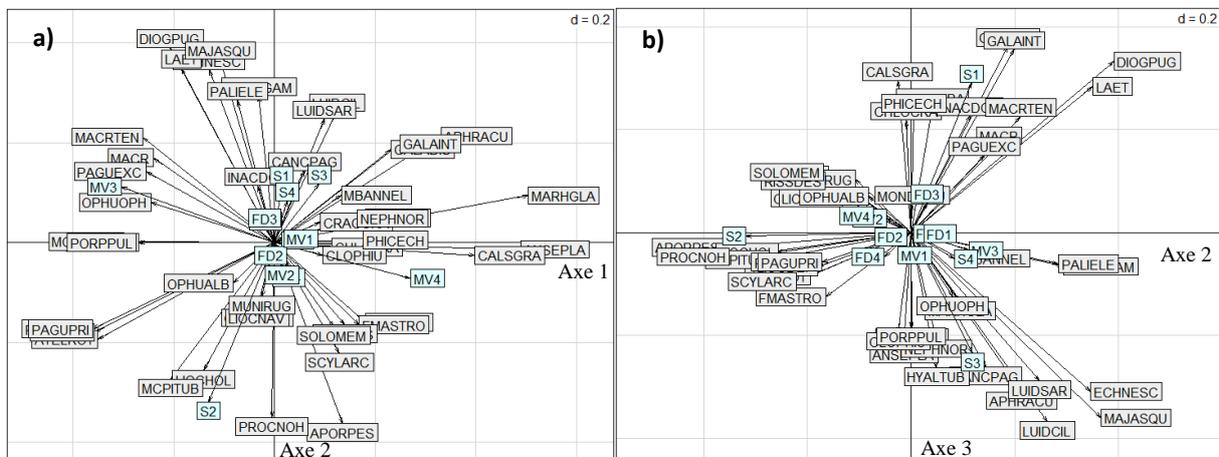


Figure 9. Représentation de l'ACP sur les individus « nécrophages » (en gris) et sur les variables « modalités de traits de vie » (en bleu) pour a) le plan principal (axes 1 et 2) et b) le plan suivant les axes 2 et 3.

Afin de choisir le nombre de classes optimal pour la classification, les sauts d'inertie ont été analysés en fonction du nombre de classes (Figure 10). Une forte inflexion apparaît au niveau d'une partition en trois groupes. Ce résultat est confirmé par la courbe des pertes relatives d'inertie, qui détermine la meilleure partition représentée par un point noir (Figure 11).

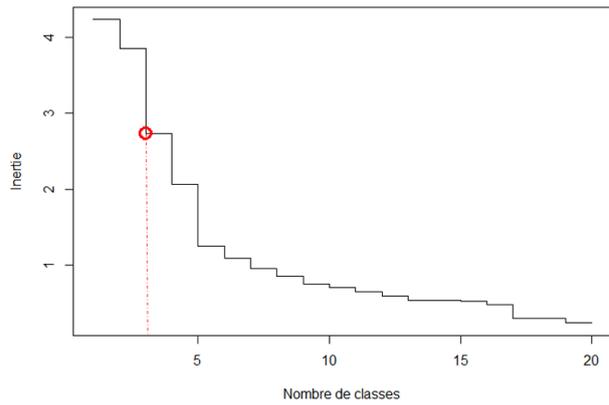


Figure 10. Inertie du dendrogramme réalisé en fonction du nombre de classes

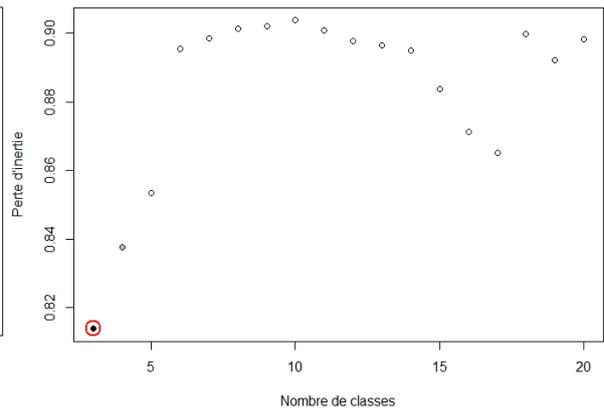


Figure 11. Perte relative d'inertie selon le nombre de classes

Le dendrogramme a donc été fractionné en trois groupes (Figure 12). Ces groupes se distinguent en fonction de l'affinité des nécrophages aux modalités de traits de vie (Annexe I).

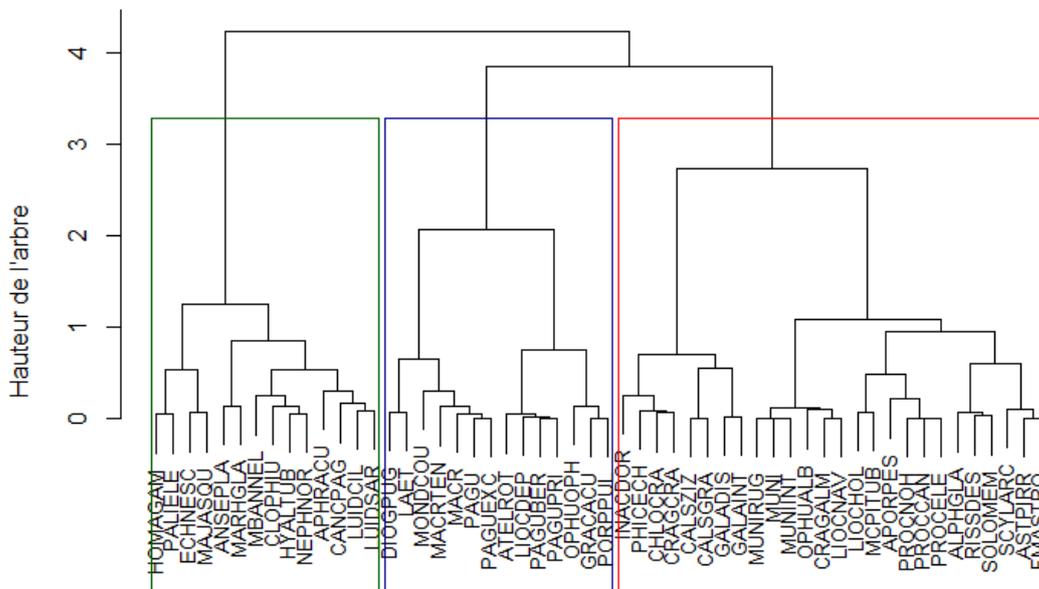


Figure 12. Dendrogramme et partition en 3 classes

La typologie des nécrophages, obtenue par classification, a été représentée dans le plan principal de l'ACP (axes 1 et 2) (Figure 13) et dans les plans suivant les axes 2 et 3 et les axes 1 et 3 (Annexe II).

D'après la figure 13, il est possible de caractériser chacun de ces groupes en fonction de l'importance des modalités « MV3 », « MV4 » et « S2 ». Les groupes 1 et 2 sont composés des nécrophages marcheurs et creuseurs. Ils se différencient par leur taille. En effet, les nécrophages du groupe 1 sont plutôt petits (galathées, crevettes) et ceux du groupe 2, plutôt grands (langoustine, homard). Le groupe 3, quant-à-lui, inclut des nécrophages exclusivement marcheurs comme les ophiures et les étrilles.

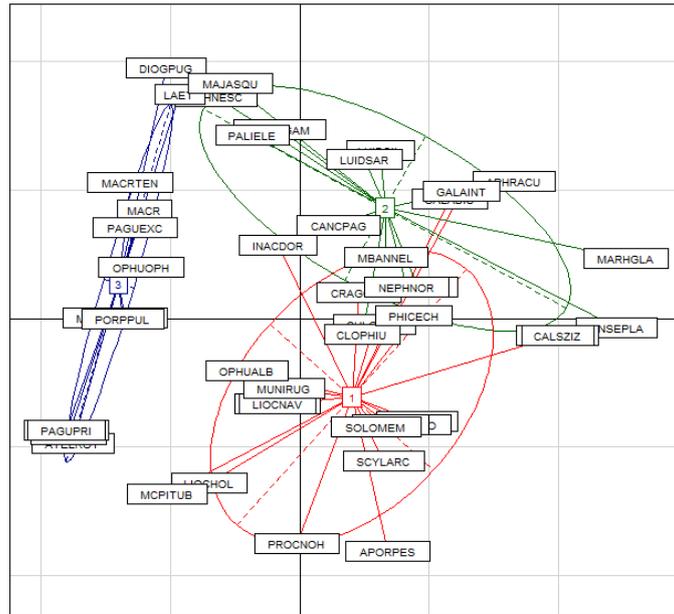


Figure 13. Projection de la typologie obtenue des nécrophages par classification selon les axes 1 et 2

La variabilité de la biomasse de chaque espèce et par groupe est illustrée en figure 14. Le groupe 1, composé de 26 espèces nécrophages, est dominé principalement par les ophiures (code : OPHUALB) et les galathées (code : MUNI). Le groupe 2, constitué de 14 espèces, est dominé par la langoustine (code : NEPHNOR). Le groupe 3 regroupe 14 espèces et est dominé par l'étrille à pattes bleues (code : LIOCDEP) et l'oursin pointu (code : GRACACU).

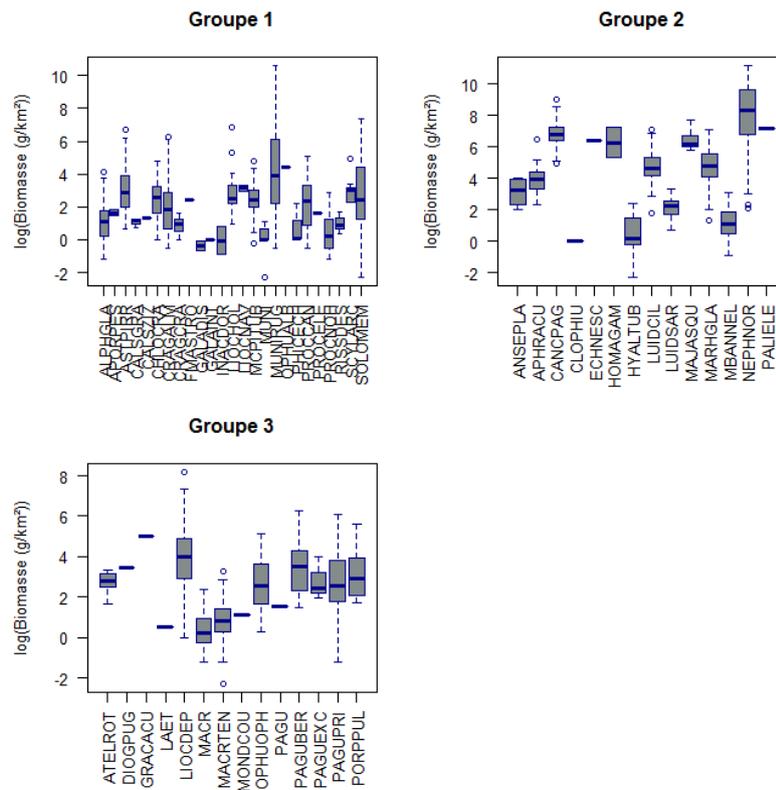


Figure 14. Variabilité de la biomasse (g/km^2) par espèce et par groupe de nécrophage à l'échelle du logarithme

III.2.3. Cartographie de la répartition spatiale des estimations de biomasse par groupe et au total

Les groupes de nécrophages de la Grande Vasière ont des répartitions spatiales et des ordres de grandeur de biomasses locales différents (Figure 15).

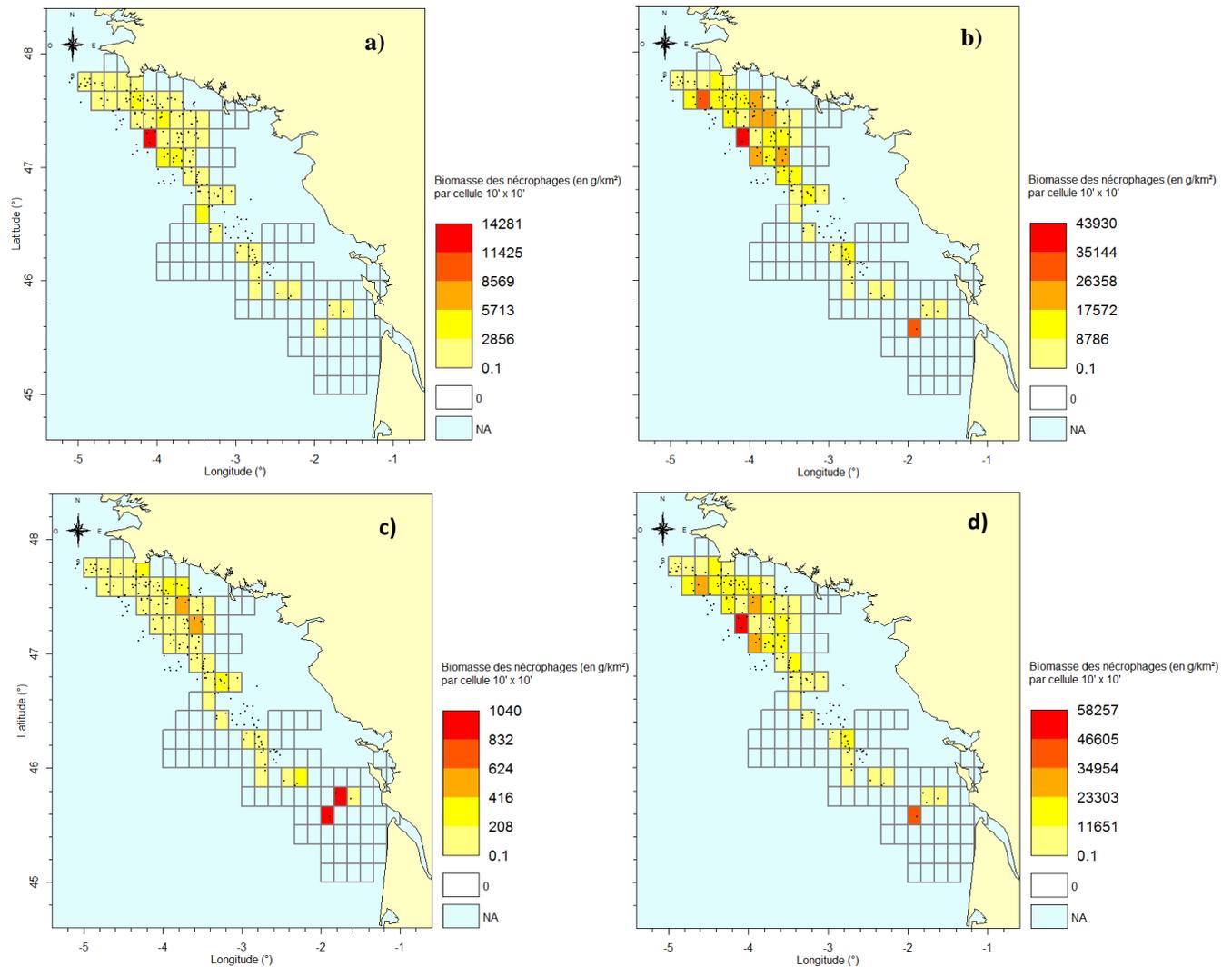


Figure 15. Estimation de la répartition spatiale de la biomasse des nécrophages (g/km^2) par cellule de la grille fixe pour a) le groupe 1 « marcheurs-creuseurs petits », b) le groupe 2 « marcheurs-creuseurs grands », c) le groupe 3 « marcheurs exclusifs » et d) le total des nécrophages dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent les points d'échantillonnage *Langolf*)

Globalement, les nécrophages du groupe 1 sont répartis de manière homogène dans la Grande Vasière (Figure 15.a). Une seule cellule de la grille, colorée en rouge, semble regrouper de fortes biomasses de ce groupe (Figure 15.a).

La répartition des nécrophages des deux autres groupes est plus hétérogène (Figures 15.b et 15.c). Comme le groupe 1, les individus du groupe 2 semblent avoir une biomasse plus élevée au nord de la Grande Vasière contrairement au groupe 3 qui présente une biomasse plus importante au sud de la zone d'étude (Figures 15.b et 15.c).

III.2.4. Etude de la variance interannuelle des biomasses de nécrophages

Pour certaines cellules de la grille, la variance interannuelle des biomasses de nécrophages est élevée (Figure 16). En comparant les cartes de la répartition spatiale de la biomasse moyenne (Figure 15) et celles de la variance interannuelle (Figure 16), les cellules regroupant le plus de biomasse sont celles ayant des variances interannuelles élevées ce qui est normal.

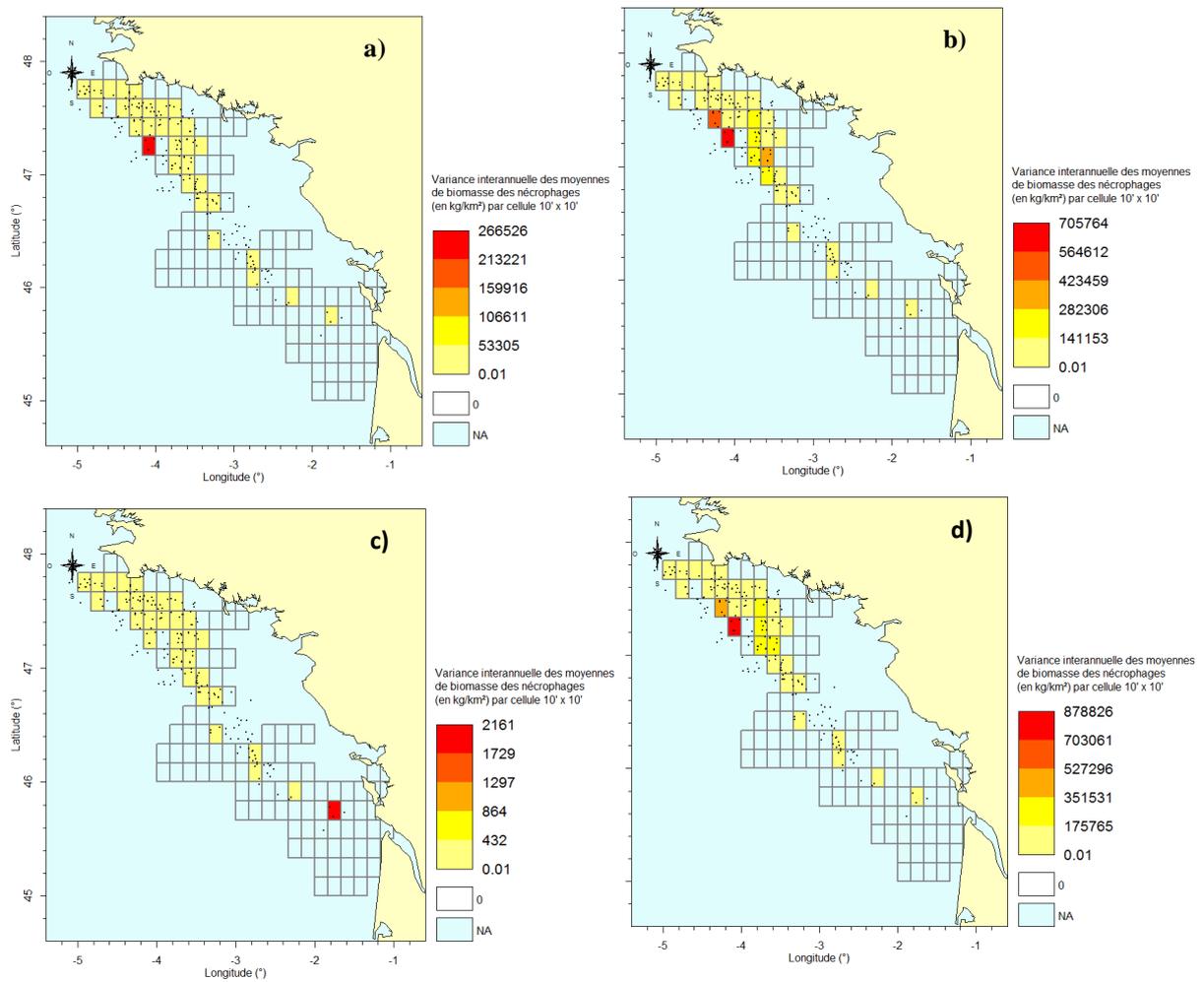


Figure 16. Estimation de la variance interannuelle de la biomasse des nécrophages par cellule de la grille fixe pour a) le groupe 1 « marcheurs-creuseurs petits », b) le groupe 2 « marcheurs-creuseurs grands », c) le groupe 3 « marcheurs exclusifs » et d) le total des nécrophages dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent les points d'échantillonnage Langolf)

Les tests de Kruskal-Wallis mettent en avant une différence significative entre année des biomasses moyennes par station échantillonnée des nécrophages avec un risque de 0.05 (Tableau 4).

Tableau 4. Résultats du test de Kruskal-Wallis sur les biomasses moyennes par année des nécrophages

	Groupes de nécrophages			Totaux
	1 : « marcheurs- creuseurs petits »	2 : « marcheurs- creuseurs grands »	3 : « marcheurs exclusifs »	
Statistique K	10,5	26,42	16,75	30,33
Degrés de liberté	2	2	2	2
Valeur probabilité	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$1,83 \cdot 10^{-6}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$2,59 \cdot 10^{-7}$

La figure 17 présente des diagrammes en boîte reflétant les distributions des biomasses de nécrophages par année. La distribution de la biomasse annuelle des nécrophages, pour ces trois années d'étude, est la même quel que soit le groupe de nécrophage. En effet, la biomasse moyenne est plus élevée pour l'année 2012 et plus faible pour l'année 2013 pour l'ensemble des groupes de nécrophages (Figure 17). Cette figure vient à l'appui des différences significatives de biomasses interannuelles de nécrophages observées par l'intermédiaire du test de Kruskal-Wallis.

La biomasse du groupe 2 est plus élevée que celle des autres nécrophages toutes les années confondues. Par exemple, sa biomasse moyenne en 2012 est égale à 12 000 grammes par km² tandis que celle des groupes 1 et 3 sont respectivement de 450 grammes par km² et 60 grammes par km² (Figure 17). C'est donc le groupe 2 qui contribue en majorité à la biomasse totale pour toutes les années étudiées.

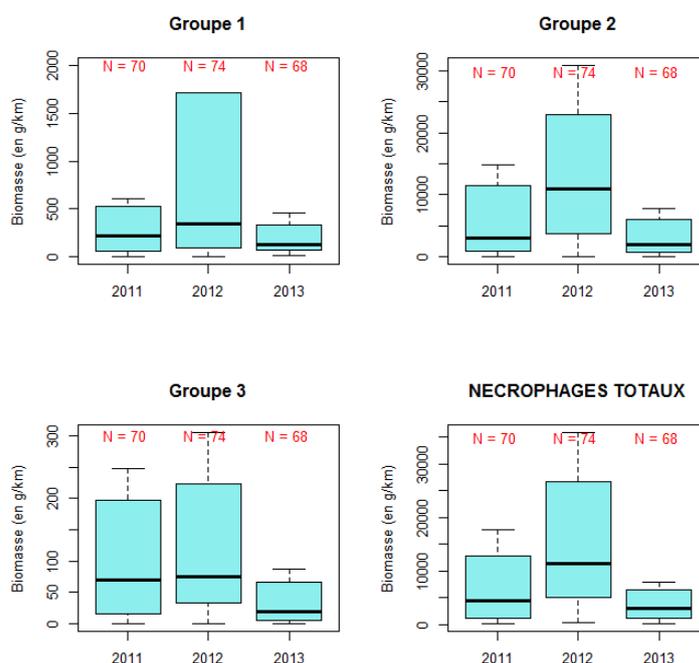


Figure 17. Distributions des biomasses annuelles de nécrophages par station *Langolf* par groupe et au total (N représente le nombre de stations *Langolf* échantillonnées par année)
(Barre centrale : médiane ; limites de la boîte : 1^{er} quartile (25%) et 3^{ème} quartile (75%) et limites des moustaches : minimum et maximum de la distribution)

III.2.5. Calcul de la variance d'estimation par cellule des biomasses de nécrophage par groupe et au total

La variance augmente avec la distance entre les points pris deux à deux principalement pour les groupes 2 et 3 de nécrophages (Figures 18.b et 18.c). Cependant, celle-ci ne semble pas se stabiliser à un pallier relatif à une variance maximale.

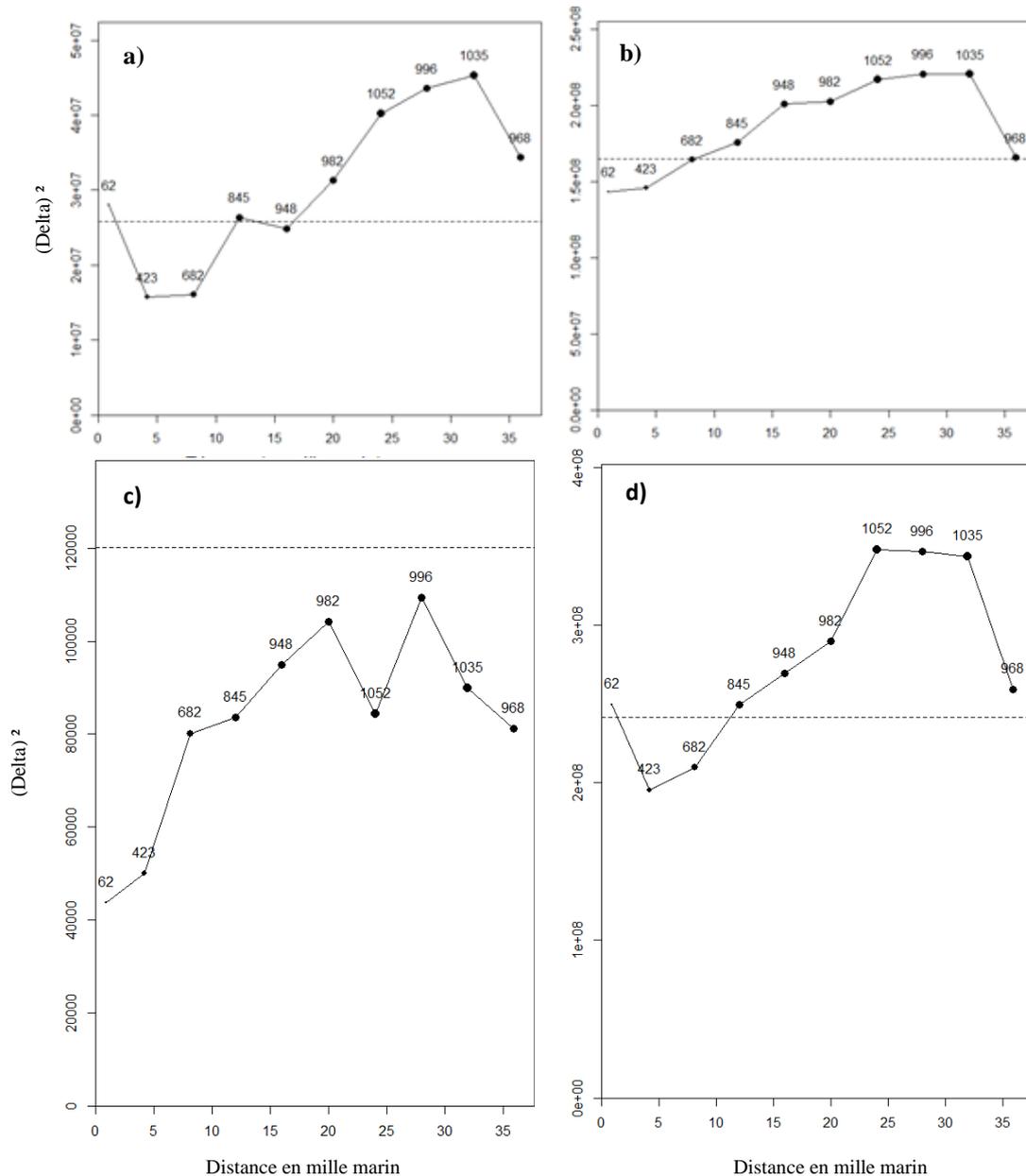


Figure 18. Variogrammes du groupe a) 1 « marcheurs-creuseurs petits », b) 2 « marcheurs-creuseurs grands », c) 3 « marcheurs exclusifs » et d) des nécrophages totaux (les nombres inscrits au-dessus des points représentent le nombre de paires de points et la ligne horizontale en pointillés indique la demi variance des données)

L'effet spatial n'est pas présent dans la répartition de tous les groupes de nécrophages. L'étape de krigeage n'est donc pas nécessaire pour déterminer la variance d'estimation par cellule de la grille. La variance d'estimation a donc été calculée suivant l'équation 1, présentée antérieurement, et cartographiée (Figure 19).

Comme précédemment, la variance est plus élevée là où les estimations de biomasse sont élevées (Figure 19). Les cellules avec des variances élevées ont très peu de stations observées (deux ou trois). La présence d'une station avec une biomasse élevée et d'une autre station avec une biomasse faible (comme la majorité des stations échantillonnées) au sein d'une même cellule va entraîner une forte variance d'estimation. Par conséquent, les pics de biomasse sont présents à des échelles inférieures à la cellule. Ainsi, l'échelle utilisée pour la création des cellules est encore trop grande.

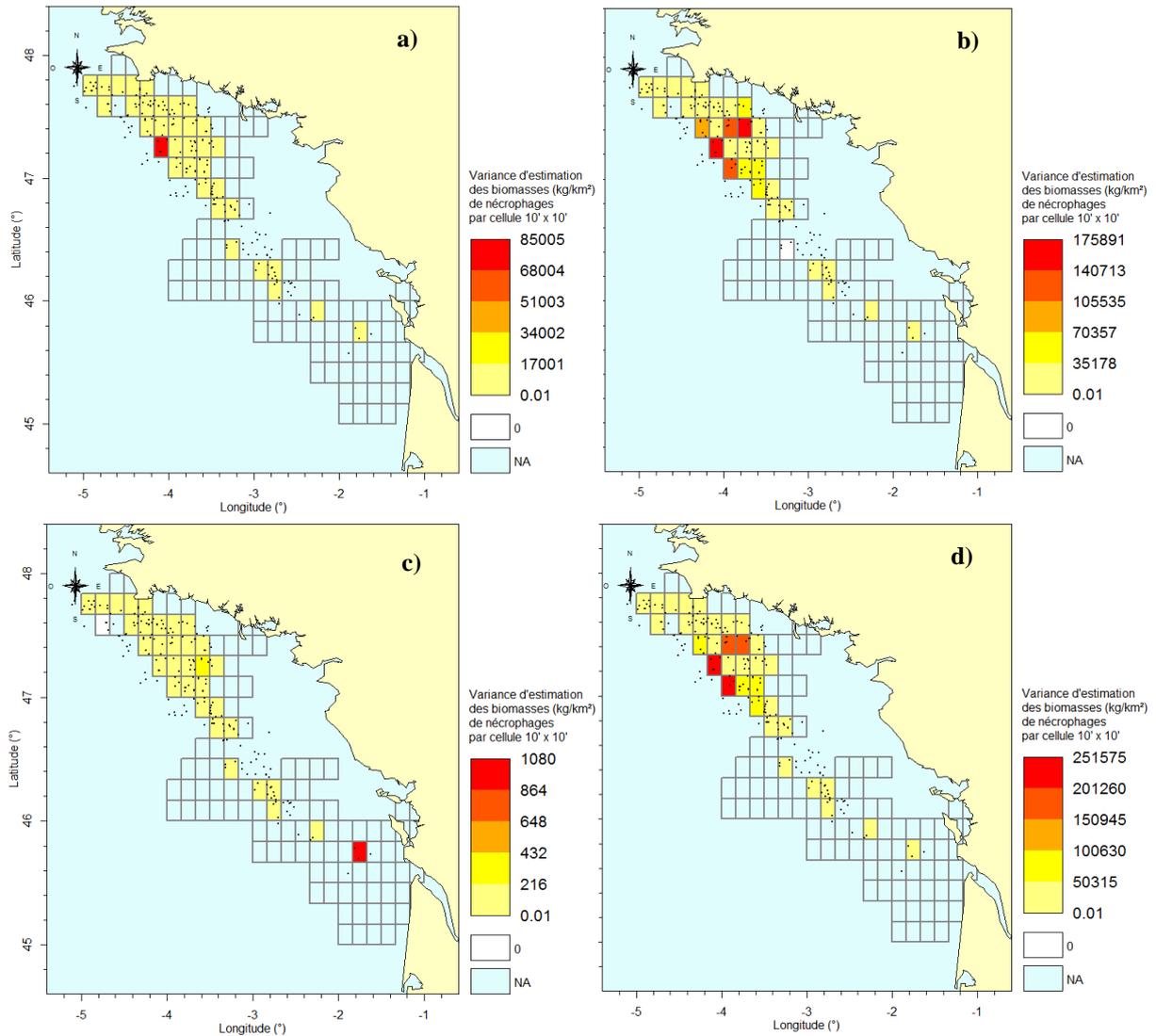


Figure 19. Détermination de la variance d'estimation de la biomasse des nécrophages par cellule de la grille fixe pour a) le groupe 1 « marcheurs-creuseurs petits », b) le groupe 2 « marcheurs-creuseurs grands », c) le groupe 3 « marcheurs exclusifs » et d) le total des nécrophages dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent les points d'échantillonnage *Langolf*) (Les cellules pour lesquelles le nombre d'observations ne permettait pas de calculer la variance ont été colorées en bleu)

III.3. Les nécrophages benthiques se concentrent-ils dans les zones recevant le plus de rejets ?

III.3.1. Premier cas : analyses utilisant l'estimation des rejets annuels

Le nombre de cellules 10'x10' ayant des données de biomasses de rejets et de nécrophages est de 42 soit un tiers des cellules de la grille. C'est sur ces 42 cellules que l'analyse de corrélation entre les distributions de rejets et de nécrophages a été effectuée.

D'après la matrice de corrélation exposée ci-dessous, le lien entre la répartition spatiale des rejets et celle des nécrophages semble faible (Figure 20). Les coefficients de corrélation de Spearman sont compris entre -0.15 et +0.25.

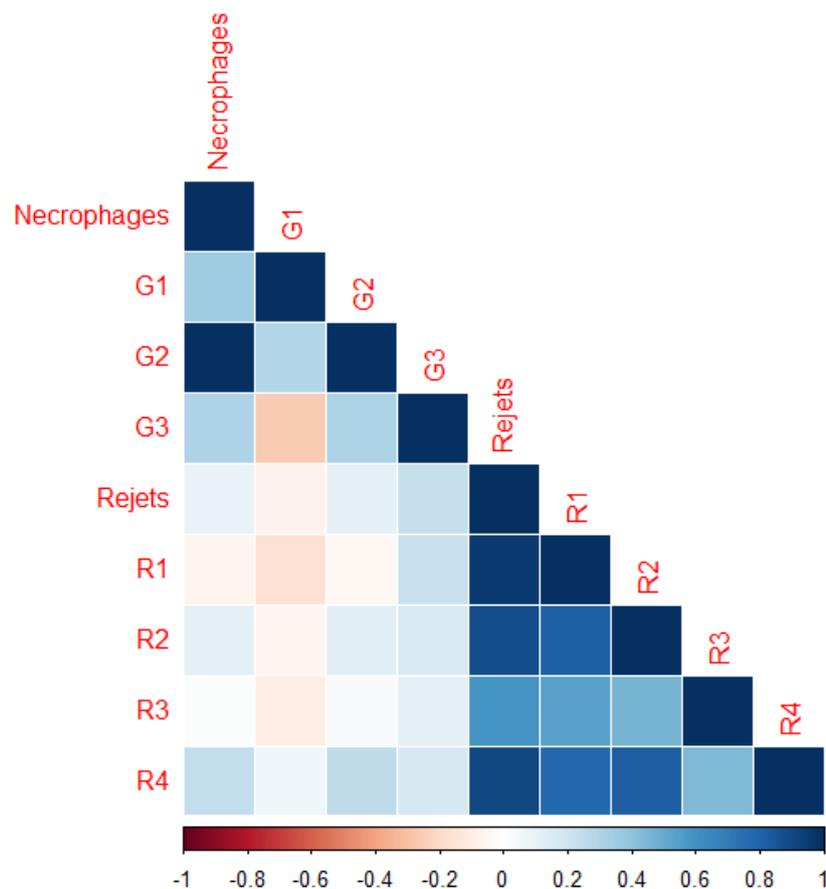


Figure 20. Matrice de corrélation appliquant le coefficient de corrélation de rang de Spearman sur les biomasses de rejets (Rejets : rejets totaux et R [1-4] : types de rejets) et de nécrophages (Nécrophages : nécrophages totaux et G [1-3] : groupes de nécrophages)(les couleurs de l'échelle reflètent la valeur du coefficient de corrélation de Spearman)

Ces relations « rejets-nécrophages » ne sont pas significatives puisque les tests de corrélation de Spearman mettent en avant une p-valeur supérieure au seuil choisi de 0.05 (Figure 21). L'hypothèse alternative n'est donc pas acceptée.

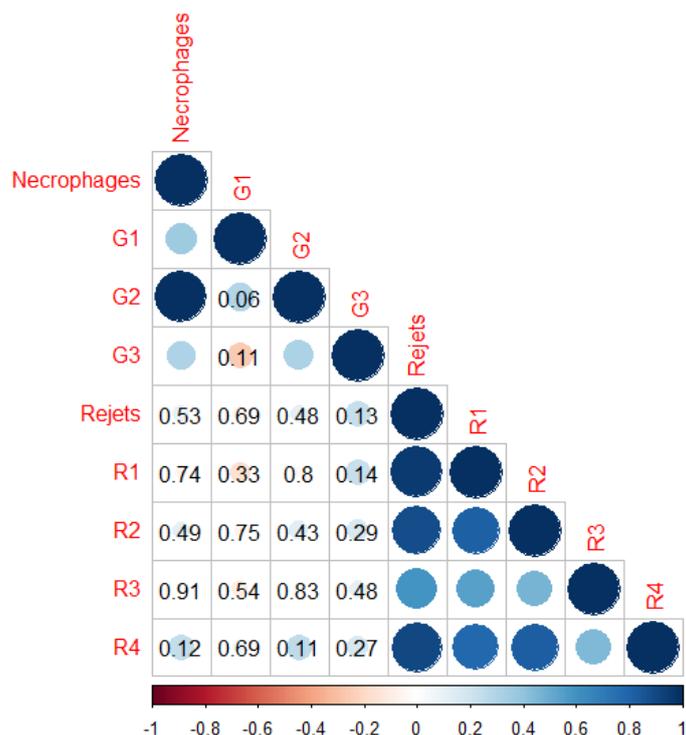


Figure 21. Détermination des p-valeur de la matrice de corrélation sur les biomasses de rejets (Rejets : rejets totaux et R [1-4] : types de rejets) et de nécrophages (Nécrophages : nécrophages totaux et G [1-3] : groupes de nécrophages) (Lorsque la p-valeur est significative, sa valeur n'apparaît pas dans la cellule) (La couleur et la surface des pastilles reflètent la valeur du coefficient de corrélation de Spearman)

Les rejets d'invertébrés benthiques (type 4) ont les coefficients de corrélation les plus positifs avec les nécrophages hormis pour les nécrophages les plus mobiles (groupe 3). Pour ce groupe de nécrophages, c'est avec les rejets de poissons ronds-démersaux-pélagiques que le coefficient est le plus élevé. La biomasse de rejets d'invertébrés benthiques est plus importante au nord de la Grande Vasière semblablement à celle de la majorité de leurs consommateurs potentiels (Figures 6.d et 15).

Pour les nécrophages, seules les espèces les plus mobiles (groupe 3) ont exclusivement des relations positives avec les rejets. Ce résultat valide la seconde hypothèse posée *a priori* qui mentionne que les nécrophages les plus mobiles sont ceux qui vont le plus interagir avec les rejets.

La corrélation positive et significative attendue entre les rejets de type 4 « invertébrés benthiques » et les nécrophages du groupe 3 « marcheurs exclusifs » n'est pas mise en avant dans cette matrice.

Ce résultat est illustré par la représentation graphique des relations entre les rejets d'invertébrés benthiques (type 4) et les nécrophages par groupe et au total (Figure 22). L'augmentation de la biomasse de rejets d'invertébrés benthiques n'entraîne pas systématiquement une augmentation de la biomasse de nécrophages.

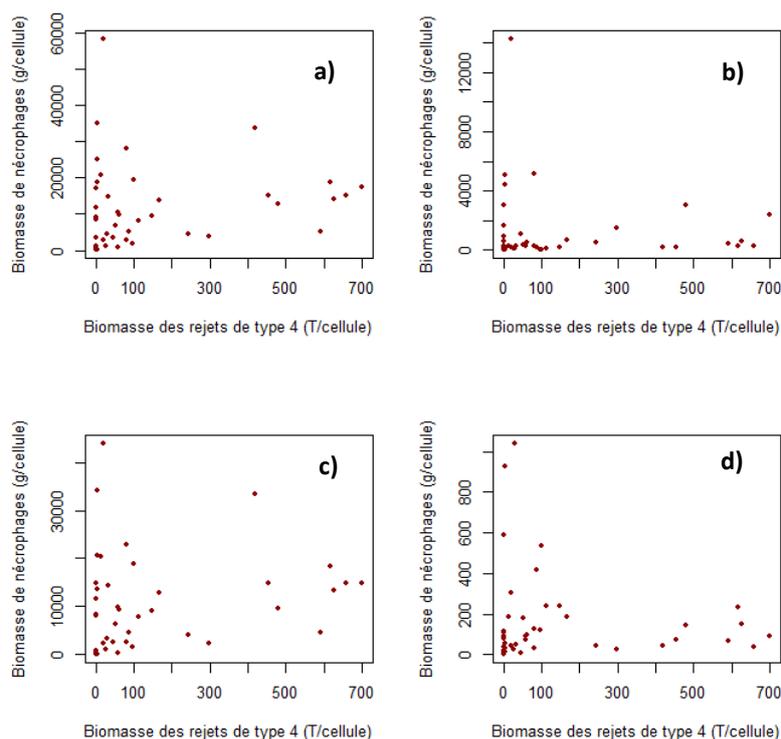


Figure 22. Représentation graphique des relations entre les biomasses par cellule des rejets d'invertébrés benthiques et des nécrophages a) totaux et du groupe b) 1 : « marcheurs-creuseurs plutôt petits », c) 2 : « marcheurs-creuseurs plutôt grands », d) 3 : « marcheurs exclusifs » (La surface d'une cellule $10' \times 10'$ est équivalente à 272 km^2 en se basant sur 1° de latitude = 111 km et 1° de longitude = 85 km à 40° Nord)

III.3.2. Deuxième cas : analyses des rejets au printemps

Pour cette dernière partie, les données de rejets concernent uniquement le trimestre 2. Comme précédemment, les types de rejet 1 « poissons ronds-démersaux-pélagiques » et 4 « invertébrés benthiques » sont en plus grandes quantités que les autres types de rejets (Tableau 5).

Tableau 5. Quantités moyennes annuelles de rejets (T) par type de rejets et au total pour la période 2011-2013 pour le trimestre 2

	Types de rejets				Totaux
	1 : Poissons ronds-démersaux-pélagiques	2 : Poissons plats et Céphalopodes	3 : Elasmobranches	4 : Invertébrés benthiques	
Quantité moyenne (T)	1 325	344	203	1 116	3 380

Le nombre de cellules a été modifié étant donné un effectif d'OP échantillonnées ObsMer plus faible (ici égal à 279). La grille compte à présent 42 cellules dont 26 cellules contenant à la fois des estimations de biomasse de rejets et de nécrophages. Tout comme les analyses précédentes, des cartes ont été construites afin de rendre compte de la répartition spatiale des types de rejets et des groupes de nécrophages dans la Grande Vasière (Figure 23, Annexes III et IV).

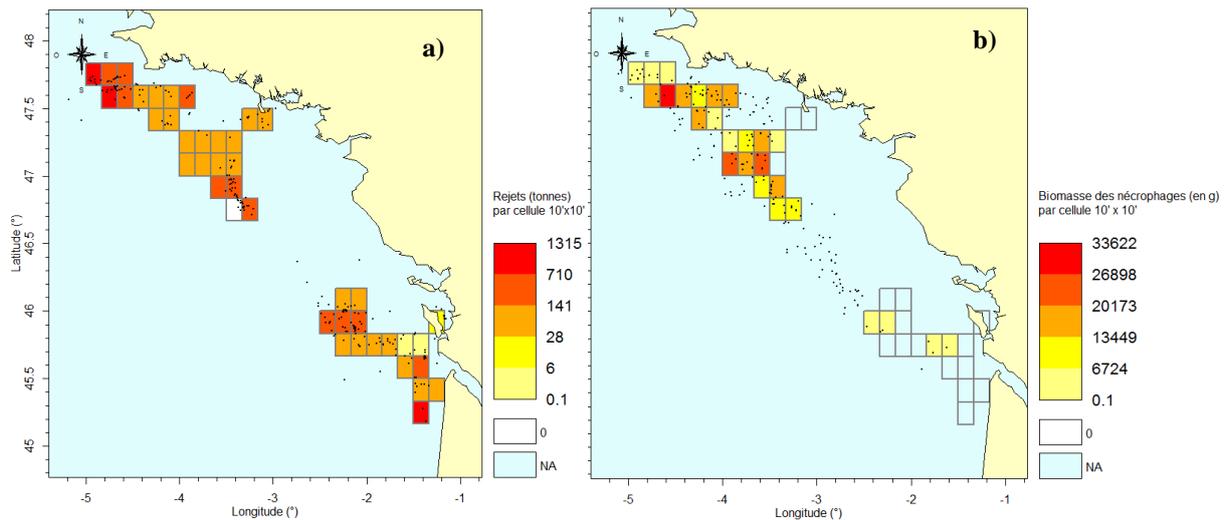


Figure 23. Estimation de la répartition spatiale de la biomasse a) des rejets totaux et b) des nécrophages totaux par cellule de la grille fixe dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent successivement les points d'échantillonnage *ObsMer* et *Langolf*)

La matrice de corrélation a permis d'analyser le lien « rejets-nécrophages » au printemps sur les 26 cellules principalement situées au nord de la Grande Vasière (Figure 24).

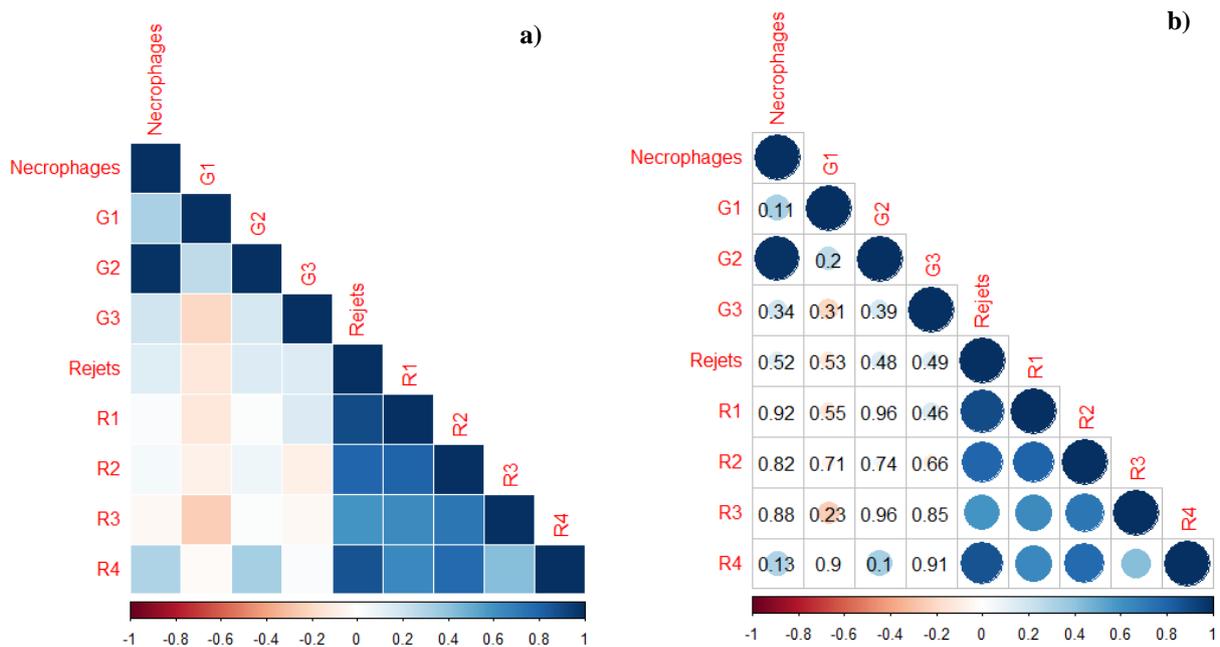


Figure 24. Matrice de corrélation avec a) la représentation en couleurs des coefficients de corrélation de Spearman et b) des p-valeurs sur les biomasses de rejets (Rejets : rejets totaux et R [1-4] : types de rejets) et de nécrophages (Nécrophages : nécrophages totaux et G [1-3] : groupes de nécrophages)

La matrice fait toujours ressortir des liens « rejets-nécrophages » plutôt faibles (Figure 24.a.). Le coefficient de corrélation de Spearman est compris ici entre -0.24 et 0.33. Les p-valeurs des tests de corrélation sont toujours supérieures au seuil alpha fixé à 0.05. Ces relations « rejets-nécrophages » ne sont pas significatives (Figure 24.b). L'hypothèse alternative n'est donc pas acceptée.

IV. Discussion

Les résultats obtenus par les analyses de corrélation ne mettent pas en avant de liens significatifs entre les biomasses spatialisées de catégories de rejets et de nécrophages. Ainsi, les données ne permettent pas de mettre en évidence une coïncidence entre leurs répartitions spatiales. Ce résultat est similaire à celui observé par le groupe de travail WGECCO du CIEM en 2016 qui ne met pas en avant de lien significatif entre les rejets et les nécrophages benthiques à l'échelle du rectangle statistique pour la mer du Nord (ICES, 2016). Ce groupe de travail en a conclu qu'une échelle plus fine permettrait d'obtenir des résultats plus précis (ICES, 2016). Cependant, notre étude n'a pas non plus permis de montrer de lien significatif à une échelle plus fine que le rectangle statistique. L'échelle pourrait être encore trop grossière pour analyser la relation entre les rejets et les nécrophages benthiques dans la Grande Vasière. Néanmoins, les coefficients de corrélation les moins faibles concernent les catégories de rejets et de nécrophages attendues. D'autres facteurs peuvent expliquer l'absence de lien entre les rejets et les nécrophages. Par exemple, les données de la campagne *Langolf* ne semblent représenter qu'une partie de la communauté d'invertébrés benthiques.

IV.1. L'absence d'une co-occurrence spatiale liée à un problème d'échelle

Les cartes de variances d'estimation par cellule ont montré que l'échelle utilisée pour étudier la répartition spatiale des nécrophages était encore trop grande. En effet, ces cellules à forte variance ne regroupent que deux ou trois stations échantillonnées. Ainsi, les pics de biomasse des nécrophages sont présents à des échelles inférieures à la cellule. La cellule 10' x 10' correspond à une cellule de 15 km de longueur et de 19 km de largeur. La surface d'une cellule est d'environ 285 km². Si les nécrophages se déplacent pour trouver des rejets, leur déplacement se fera sur une distance inférieure à la taille des cellules. En effet, d'après les données de *Benthis*, très peu d'invertébrés benthiques nécrophages parcourent une distance supérieure à 10 km (Benthis, 2016).

IV.2. Corrobo-re-t-on les hypothèses de départ ?

Malgré l'absence d'une co-occurrence spatiale entre les rejets et les nécrophages pour cette étude, ce sont les rejets susceptibles de parvenir au fond qui semblent avoir la répartition la plus similaire à celle des nécrophages. Ce résultat vient à l'appui d'une des hypothèses de départ. Mais contrairement à ce qui était attendu, ce ne sont pas les nécrophages les plus mobiles qui semblent répondre le mieux à cette catégorie de rejets. La répartition spatiale des rejets d'invertébrés benthiques est davantage corrélée à celle des nécrophages « marcheurs-creuseurs plutôt grands » incluant majoritairement la langoustine. Ce lien peut être expliqué par le fait que les rejets provenant des chalutiers ciblant les langoustines vont être effectués dans leurs zones de pêche et ainsi, là où la langoustine est en forte abondance. La corrélation spatiale n'est donc pas surprenante mais elle ne s'explique pas par un comportement de nécrophagie sur les rejets.

L'hypothèse d'une réponse différente à la présence de rejets par les groupes de nécrophages est corroborée. Les liens entre le groupe composé des « marcheurs-creuseurs plutôt petits » et les rejets sont généralement négatifs. Ce groupe de nécrophages inclut en majorité les galathées qui sont des prises accessoires de la pêche à la langoustine (Cornou *et al.*, 2014). Ces espèces semblent se distribuer principalement aux extrémités de la Grande Vasière, là où l'activité de pêche est moins importante (Cornou *et al.*, 2014). Il y a donc de faibles quantités de captures et de rejets dans cette zone. Ce résultat peut expliquer que la relation entre ces nécrophages et les rejets soit négative. Contrairement aux nécrophages « marcheurs-creuseurs plutôt petits », les

nécrophages les plus mobiles montrent des liens positifs avec les rejets. Ce groupe de nécrophages rassemble des espèces plus côtières comme l'étrille ou le bernard l'ermite (Le Loc'h *et al.*, 2008). L'activité de pêche est plus intense près des côtes ce qui entraîne des quantités importantes de rejets (Cornou *et al.*, 2014). Cela peut expliquer le lien positif entre les rejets et ces nécrophages.

IV.3. Une connaissance affinée sur le devenir des rejets dans la Grande Vasière

Dans la Grande Vasière, l'étude de Depestele *et al.* a montré que la majorité des rejets concernait les poissons ronds et les invertébrés benthiques (Depestele *et al.*, 2016). Ce constat est similaire aux proportions observées pour chaque type de rejets dans l'étude présente. Les poissons ronds sont les rejets les plus consommés par les oiseaux au nord-est de la Grande Vasière (Depestele *et al.*, 2016). Les liens « rejets-nécrophages benthiques » sont négatifs pour ce type de rejet. Ainsi, une grande proportion de rejets de poissons ronds n'implique pas une forte biomasse d'invertébrés benthiques nécrophages. En effet, si ce type de rejets est consommé quasi en globalité par les oiseaux alors peu de quantités deviennent disponibles pour le benthos.

Une fois rejetés, les invertébrés benthiques ne sont pas consommés par les oiseaux (Depestele *et al.*, 2016). La totalité de ce type de rejets est donc disponible pour les communautés benthiques. Cette affirmation peut expliquer le fait que les coefficients de corrélation les moins faibles concernent ce type de rejet. En effet, s'ils ne sont pas mangés par les oiseaux, ils vont alors couler et se retrouver sur le fond. Ainsi, ces rejets vont être disponibles pour les nécrophages benthiques.

L'association entre les résultats obtenus par l'étude présente et ceux de l'étude de Depestele *et al.* en 2016 permet d'affiner certaines hypothèses sur le devenir des rejets dans la Grande Vasière pour la communauté benthique.

IV.4. Limite de l'étude liée à l'acquisition des données d'invertébrés benthiques

Le protocole d'échantillonnage établi lors de la campagne *Langolf* ainsi que l'engin de pêche utilisé ont pour objectif d'estimer la biomasse de langoustine et ne sont pas nécessairement appropriés pour d'autres espèces benthiques. Il est possible que les données ne représentent qu'une partie de la communauté d'invertébrés benthiques.

On pourrait envisager d'y ajouter les données d'une autre campagne afin d'obtenir une meilleure description de la macrofaune benthique. La campagne *Evhoe* a pour but d'observer et recenser les populations de poissons commerciaux à des fins de gestion durable des pêches depuis 1987 dans le Golfe de Gascogne (Ifremer, 2016). Depuis 2008, la campagne *Evhoe* procède aussi à l'échantillonnage du benthos (Ifremer, 2016). L'engin de pêche utilisé est un chalut de fond à grande ouverture verticale (4 mètres) tandis que le chalut de fond jumeau utilisé pour *Langolf* est à faible ouverture verticale (1,80 mètres) et est équipé d'un bourrelet (Salaün, 2013 ; Ifremer, 2016). Il est probable que ces deux chaluts ne capturent pas les mêmes composantes de la faune benthique. Pour ces deux campagnes, l'échantillonnage est réalisé suivant un schéma aléatoire stratifié (Salaün, 2013 ; Ifremer, 2016). La complémentarité entre les données de *Langolf* et d'*Evhoe* permettrait d'améliorer la description de la composition spécifique de la communauté d'invertébrés benthiques dans la Grande Vasière.

Par ailleurs, les invertébrés benthiques ont un rythme nyctéméral différent en fonction des espèces (Wassenberg et Hill, 1990). Wassenber et Hill en 1990 ont mis en avant une activité

des nécrophages plus importante la nuit que le jour. Analyser la répartition spatiale des invertébrés benthiques de jour puis de nuit peut donc être intéressant pour étudier le lien « rejets-nécrophages ».

Cette étude est limitée par les observations disponibles concernant les invertébrés benthiques et la résolution spatiale de l'analyse. En perspectives, il apparaît nécessaire de réaliser une nouvelle campagne en utilisant un engin de pêche plus adapté à la communauté d'invertébrés benthiques. Puis, il semble essentiel de continuer à acquérir plus de données dans le programme ObsMer.

V. Bibliographie

- Alverson, D. L., Freeberg, M. H., Murawski, S. A. et Pope, J. G. (1994). A global assessment of fisheries bycatch and discards. FAO, Rome: FAO Fisheries Technical Paper 339, 233p.
- Bergmann, M., Wieczorek, S.K., Moore, P.G., et Atkinson, R.J.A. (2002). Utilisation of invertebrates discarded from the Nephrops fishery by variously selective benthic scavengers in the west of Scotland. *Marine Ecology Progress Series* 233, 185–198.
- Bez, N. (2002). Global fish abundance estimation from regular sampling: the geostatistical transitive method. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59, 1921–1931.
- Biseau, A., et Gondeaux, E. (1988). Apport des méthodes d'ordination en typologie des flottilles. *Journal Du Conseil: ICES Journal of Marine Science* 44(3), 286–296.
- Blanchard, J.L., Jennings, S., Law, R., Castle, M.D., McCloghrie, P., Rochet, M.-J., and Benoît, E. (2009). How does abundance scale with body size in coupled size-structured food webs? *Journal of Animal Ecology* 78, 270–280.
- Bremner, J., Rogers, S., and Frid, C. (2006). Methods for describing ecological functioning of marine benthic assemblages using biological traits analysis (BTA). *Ecological Indicators* 6, 609–622.
- Britton, J.C. et Morton, B. (1994). Marine carrion and scavengers. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 32, 369-434
- Catchpole, T.L., Frid, C.L.J., and Gray, T.S. (2006). Importance of discards from the English Nephrops norvegicus fishery in the North Sea to marine scavengers. *Marine Ecology Progress Series* 313, 215–226.
- Chevenet, F., Dolédec, S. et Chessel, D. (1994). A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. *Freshwater Biology* 31, 295–309.
- Cornillon, P-A., Guyader, A., Husson, F., Jégou, N., Josse, J., Kloareg, M., Matzner-Løber, E., et Rouvière, L. (2010). *Statistiques avec R, 2e édition augmentée*. Presses Universitaires de Rennes. France
- Cornou, A. S., Diméet J., Tétard A., Gaudou O., Dubé B., Fauconnet L. et Rochet, M. J. (2013). Observations à bord des navires de pêche professionnelle Bilan de l'échantillonnage 2012. *Obsmer*. 368 p.
- Cornou, A. S., Diméet J., Tétard A., Gaudou O., Quinio-Scavinner, M., Fauconnet L., Dubé B. et Rochet, M. J. (2014). Observations à bord des navires de pêche professionnelle Bilan de l'échantillonnage 2013. *Obsmer*. 381 p.
- Depestele, J. et Rochet, M.-J. (2014). Quantifying food subsidies to the benthos due to discards. Task 4.4 Report on the quantification of discard flow to the seabed, relative to natural food sources. 38p.
- Depestele, J. (2015). The fate of discards from marine fisheries. PhD thesis Ghent University. Gent, Belgium. 286p.

- Depestele, J., Dorémus, G., Laffargue, P., Stienen, E.W.M. et Rochet, M.J. (2016) Favorites and leftovers on the menu of scavenging seabirds: modelling spatio-temporal variation in discard consumption. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73(9): 1446-1459.
- Dubé B., Diméet J., Rochet, M. J., Tétard A., Gaudou O., Messannot, C., Fauconnet L., Morizur, Y., Biseau, A. et Salaun (2012). Observations à bord des navires de pêche professionnelle Bilan de l'échantillonnage 2011. *Obsmer*. 298 p.
- Dubrulle, C., Jouanneau, J.M., Lesueur, P., Bourillet, J.F. et Weber, O. (2007). Nature and rates of fine-sedimentation on a mid-shelf: "La Grande Vasière" (Bay of Biscay, France). *Continental Shelf Research* 27, 2099–2115
- Escofier, B., et Pagès, J. (2008). *Analyses Factorielles Simples et Multiples: Objectifs, Méthodes et Interprétation. Dunod*, 4th edn, Paris.
- FAO (2008). Les rejets des pêcheries maritimes mondiales. Une mise à jour. Rome. FAO Document technique sur les pêches 470, 147p.
- Fernandes, P. G., Coull, K., Davis, C., Clark, P. , Catarino, R., Bailey, N., Fryer, R. et Pout, A. (2011). "Observations of Discards in the Scottish Mixed Demersal Trawl Fishery." *ICES Journal of Marine Science* 68 (8), 1734–1742.
- Frapporti, G., Linnartz, L.A.M. et Vriend, S.P. (1991). SPEARMAN-a dBase Program for Computation and Testing of Spearman Rank Correlation Coefficient Distributions. *Computers and Geosciences* 17 (4), 569–589.
- Furness, R., Edwards, A., and Oro, D. (2007). Influence of management practices and of scavenging seabirds on availability of fisheries discards to benthic scavengers. *Marine Ecology Progress Series* 350, 235–244.
- Groenewold, S. et Fonds, M. (2000). Effects on benthic scavengers of discards and damaged benthos produced by the beam-trawl fishery in the southern North Sea. *ICES Journal of Marine Science* 57, 1395–1406.
- Hily, C., Le Loc'h, F., Grall, J. et Glémarec, M. (2008). Soft bottom macrobenthic communities of North Biscay revisited: Long-term evolution under fisheries-climate forcing. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78, 413-425
- Husson, F., Josse, J., and Pagès, J. (2010). Analyse de données avec R-Complémentarité des méthodes d'analyse factorielle et de classification. In 42èmes Journées de Statistique, p. nc.
- ICES. (2015). Report of the Working Group on the Ecosystem Effects of Fishing Activities (WGECO), 8-15 April 2015, ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2015/ACOM:24. 122 pp.
- ICES. (2016). Report of the Working Group on the Ecosystem Effects of Fishing Activities (WGECO), 6–13 April 2016, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2016/ACOM:25. 110 pp.
- Kaiser, M., and Hiddink, J. (2007). Food subsidies from fisheries to continental shelf benthic scavengers. *Marine Ecology Progress Series* 350, 267–276.

Lassalle, G., Lobry, J., Le Loc'h, F., Bustamante, P., Certain, G., Delmas, D., Dupuy, C., Hily, C., Labry, C., Le Pape, O., Marquis, E., Petitgas, P., Pusineri, C., Ridoux, V., Spitz, J. et Niquil, N. (2011). Lower trophic levels and detrital biomass control the Bay of Biscay continental shelf food web: implications for ecosystem management. *Prog. Oceanogr.*, 91 (4), 561–575.

Le Loc'h F., Hily C. et Grall, J. (2008). Benthic community and food web structure on the continental shelf of the Bay of Biscay (North Eastern Atlantic) revealed by stable isotopes analysis. *Journal of Marine Systems* 72, 17-34.

Lewy, P. et Vinther, M. (1994). Identification of Danish North Sea trawl fisheries. *ICES J. mar. Sci.* 51, 263-272.

Lindmark, M. (2015). Predicting spatial distribution of fish stocks by updating informative survey-based priors with commercial data in a Bayesian framework. University of Aberdeen School of Biological Sciences.

Macher, C. (2008). Productions jointes et mesures de gestion des pêcheries mixtes : application à la pêche chalutière langoustinière du golfe de Gascogne. PhD Thesis, Université de Bretagne Occidentale.

McGill, B.J, Maurer, B. et Weisser, M.D. (2006). Empirical evaluation of neutral theory. *Ecology* 87, 1411–1423.

Morandeau, G., Macher, C., Sanchez, F., Bru, N., Fauconnet, L. et Caill-Milly, N. (2014). Why Do Fishermen Discard? Distribution and Quantification of the Causes of Discards in the Southern Bay of Biscay Passive Gear Fisheries. *Marine Policy* 48, 30–38

Pearson, T.H. (2001). Functional group ecology in soft-sediment marine benthos: the role of bioturbation. *Oceanogr. Marine Biol.: An Ann. Rev.* 39, 233–267.

Pointin, F., Prod'homme, R., Taupin, N., Cornou, A.S. et Rochet M.J. (2016). Cartography of the French fishing data using a nested grid method: two dissimilar case studies. [En cours]

Rakotomalala, R. (2015). Analyse de corrélation. Étude Des Dépendances-Variables. Université Lumière Lyon 2. 99p.

Ramsay, K., Kaiser, M.J., Moore, P.G., and Hughes, R.N. (1997). Consumption of Fisheries Discards by Benthic Scavengers: Utilization of Energy Subsidies in Different Marine Habitats. *The Journal of Animal Ecology* 66, 884.

Rimaud, T. (2014). Concertation pour une pêche durable sur la “Grande Vasière”- Une expérimentation d’UEGC. *Agria*. 79pp.

Salaun, M. (2013). Campagne LANGOLF. Manuel des protocoles de la campagne halieutique LANGOLF. 44p.

Shephard, S., Minto, C., Zölck, M., Jennings, S., Brophy, D. et Reid, D. (2014). Scavenging on trawled seabeds can modify trophic size structure of bottom-dwelling fish. – *ICES Journal of Marine Science*, 71, 398–405.

Taupin, N. et Prod'Homme, R. (2014). Cartographie des rejets de pêche 2013. Ifremer. 269p.

Thrush, S.F., Hewitt, J.E., Cummings, V.J., Dayton, P.K., Cryer, M., Turner, S.J., Funnell, G.A., Budd, R.G., Milburn, C.J. et Wilkinson, M.R. (1998). Disturbance of the marine benthic habitat by commercial fishing: impacts at the scale of the fishery. *Ecological Applications* 8, 866–879.

Tillin, H.M., Hiddink, J.G., Jennings, S. et Kaiser, M.J. (2006). Chronic bottom trawling alters the functional composition of benthic invertebrate communities on a sea-basin scale. *Marine Ecology-Progress Series* 318, 31–45.

Ulleweit, J., Stransky, C. et Panten, K. (2010). Discards and discarding practices in German fisheries in the North Sea and Northeast Atlantic during 2002–2008. *J. Appl. Ichthyol.*, 26, 54–66.

Wassenberg, T. J. et Hill, B. J. (1990). Partitioning of material discarded from prawn trawlers in Moreton Bay. *Australian journal of marine and freshwater research* 41, 27–36.

Sitographie :

Benthis [En ligne]. Consulté le 20/04/2016. Disponible sur :

<http://www.benthis.eu/en/benthis/>

Ifremer – Campagne Evhoe [En ligne]. Consulté le 29/08/2016. Disponible sur :

<https://wwz.ifremer.fr/L-ocean-pour-tous/Suivez-nos-campagnes/Campagne-EVHOE-2015>

Annexe I

Nom scientifique et code des espèces par groupe de nécrophages

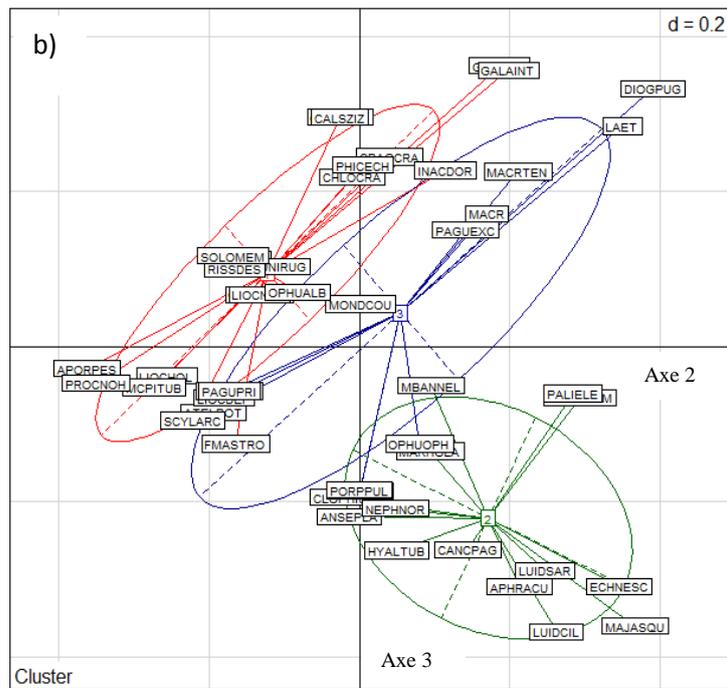
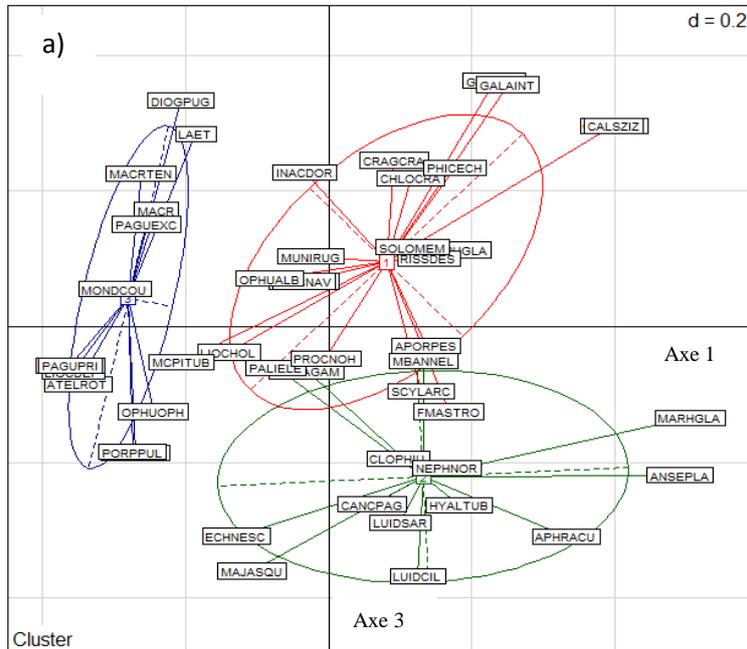
Nécrophages	Nom scientifique	Code
Groupe 1	<i>Alpheus glaber</i>	ALPHGLA
	<i>Aporrhais pespelecani</i>	APORPES
	<i>Astropecten irregularis</i>	ASTPIRR
	<i>Astropectinidae</i>	FMASTRO
	<i>Calliostoma zizyphinum</i>	CALSZIZ
	<i>Chlorotocus crassicornis</i>	CHLOCRA
	<i>Crangon allmanni</i>	CRAGALM
	<i>Crangon crangon</i>	CRAGCRA
	<i>Galathea dispersa</i>	GALADIS
	<i>Galathea intermedia</i>	GALAINT
	<i>Inachus dorsettensi</i>	INACDOR
	<i>Liocarcinus holsatus</i>	LIOCHOL
	<i>Liocarcinus navigator</i>	LIOCNAV
	<i>Macropipus tuberculatus</i>	MCPITUB
	<i>Muni sp.</i>	MUNI
	<i>Munida intermedia</i>	MUNINT
	<i>Munida rugosa</i>	MUNIRUG
	<i>Ophiura albida</i>	OPHUALB
	<i>Philocheras echinulatus</i>	PHICECH
	<i>Processa canaliculata</i>	PROCCAN
	<i>Processa elegantula</i>	PROCELE
	<i>Processa nouveli</i>	PROCNOH
	<i>Rissoides desmaresti</i>	RISSDES
<i>Scyllarus arctus</i>	SCYLARC	
<i>Solenocera membranacea</i>	SOLOMEM	
<i>Calliostoma granulatum</i>	CALSGRA	
Groupe 2	<i>Annelida</i>	MBANNEL
	<i>Anseropoda placenta</i>	ANSEPLA
	<i>Aphrodita aculeata</i>	APHRACU
	<i>Cancer pagurus</i>	CANCPAG
	<i>Echinus esculentus</i>	ECHNESC
	<i>Hyalinoecia tubicola</i>	HYALTUB
	<i>Luidia ciliaris</i>	LUIDCIL
	<i>Luidia sarsi</i>	LUIDSAR
	<i>Marthasterias glacialis</i>	MARHGLA
	<i>Nephrops norvegicus</i>	NEPHNOR
	<i>Ophiuroidea</i>	CLOPHIU
	<i>Homarus gammarus</i>	HOMAGAM
	<i>Palinurus elephas</i>	PALIELE
<i>Maja squinado</i>	MAJASQU	

Groupe 3

<i>Atelecyclus rotundatus</i>	ATELROT
<i>Diogenes pugilator</i>	DIOGPUG
<i>Gracilechinus acutus</i>	GRACACU
<i>Laetmonice</i>	LAET
<i>Liocarcinus depurator</i>	LIOCDEP
<i>Macropodia</i>	MACR
<i>Macropodia tenuirostris</i>	MACRTEN
<i>Monodaeus couchii</i>	MONDCOU
<i>Ophiura ophiura</i>	OPHUOPH
<i>Pagurus</i>	PAGU
<i>Pagurus bernhardus</i>	PAGUBER
<i>Pagurus prideaux</i>	PAGUPRI
<i>Porania pulvillus</i>	PORPPUL
<i>Pagurus excavatus</i>	PAGUEXC

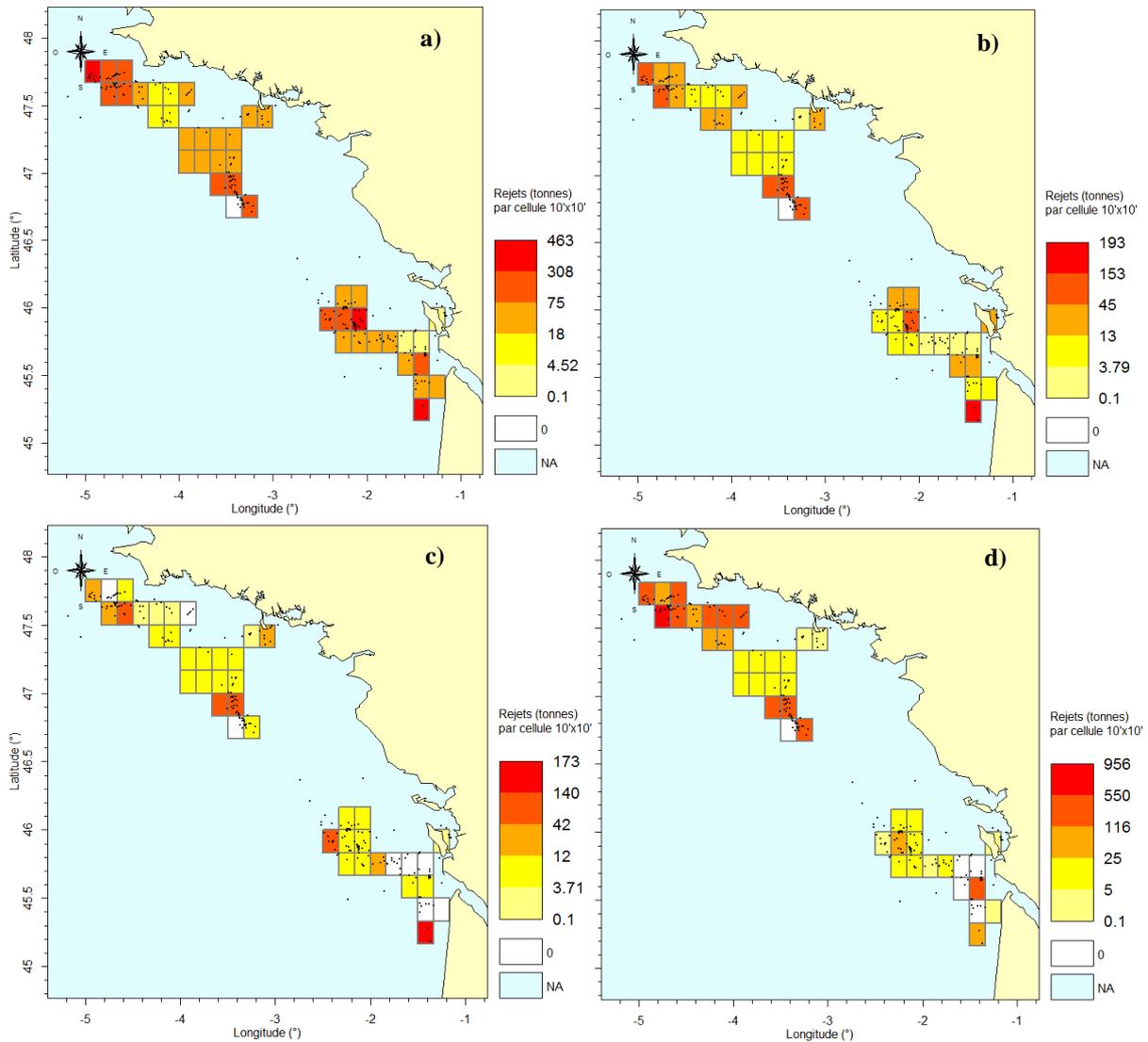
Annexe II

Projection de la typologie obtenue des nécrophages par classification selon les axes 1 et 3 (Annexe II.a) et les axes 2 et 3 (Annexe II.b)



Annexe III

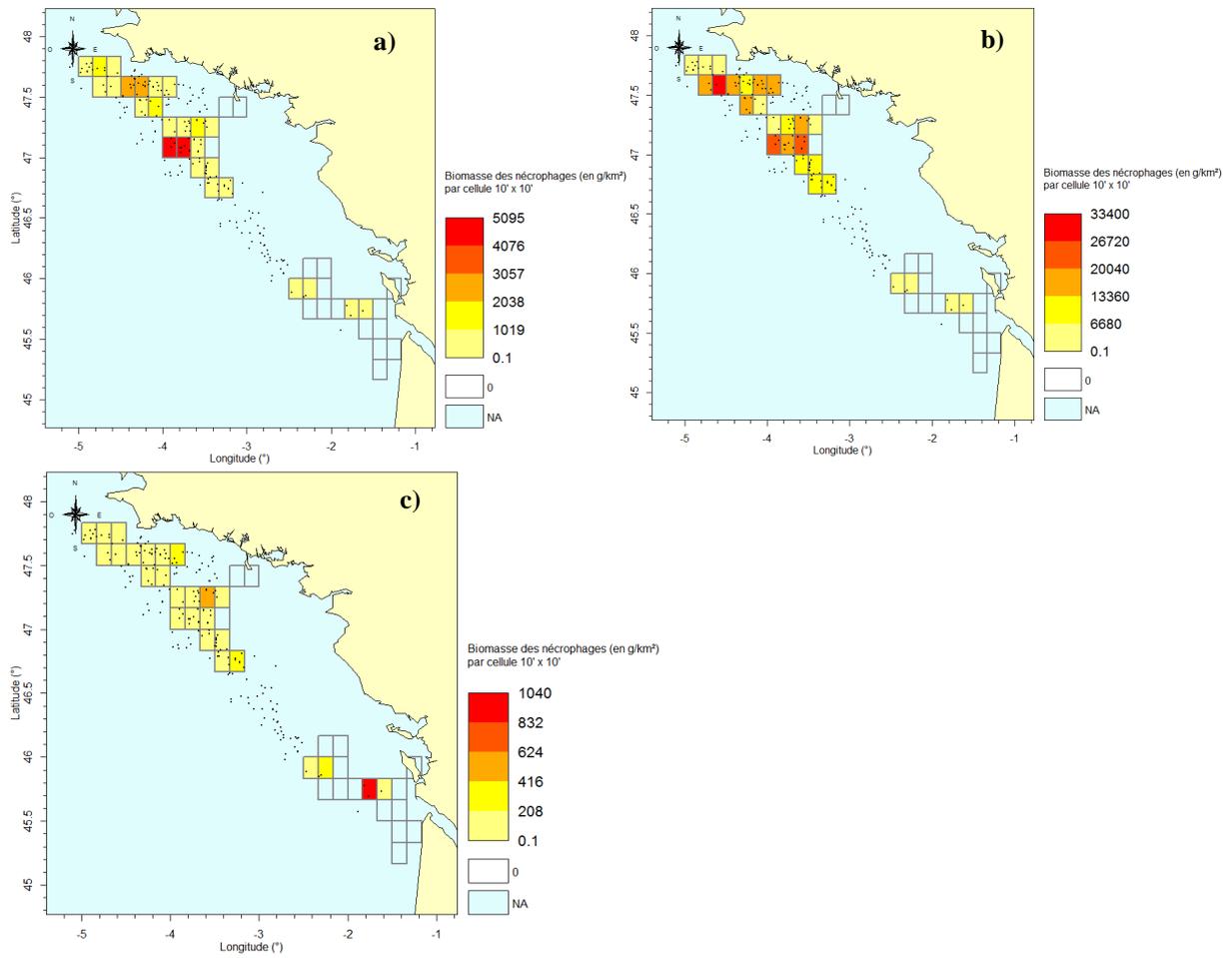
Cartes des biomasses des types de rejets pour le trimestre 2



Annexe III. Estimation de la répartition spatiale de la biomasse des rejets par cellule de la grille fixe pour le type de rejets composé des a) poissons ronds, démersaux et pélagiques b) poissons plats et céphalopodes c) élamobranches et d) invertébrés benthiques pour le trimestre 2 dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent les OP ObsMer des deux métiers étudiés)

Annexe IV

Cartes des biomasses des groupes de nécrophages pour le trimestre 2



Annexe IV. Estimation de la répartition spatiale de la biomasse des nécrophages par cellule de la grille fixe pour a) le groupe 1, b) le groupe 2 et c) le groupe 3 dans la Grande Vasière (Les points noirs représentent les points d'échantillonnage Langolf)

	Diplôme : Master 2 Spécialité : Approche Ecosystémique de l'Halieutique Spécialisation / option : REA Enseignant référent : LE BRIS Hervé et GUITTON Jérôme	
Auteur(s) : LAUNAY Angéline Date de naissance* : 21/07/1992	Organisme d'accueil : Ifremer Nantes Adresse : Rue de l'Île d'Yeu, 44980 Nantes	
Nb pages : 35 Annexe(s) : 4	Maîtres de stage : ROCHET Marie-Joëlle et LAFFARGUE Pascal	
Année de soutenance : 2016		
Titre français : Analyse de la coïncidence spatiale des rejets de la pêche et de leurs consommateurs potentiels dans la Grande Vasière		
Titre anglais : Analysis of spatial match between discards and potential consumers in the Grande Vasière		
Résumé (1600 caractères maximum) : Les rejets de la pêche peuvent constituer une source de nourriture pour certains groupes trophiques de la chaîne alimentaire. La connaissance sur la contribution de cet apport à l'alimentation des communautés benthiques est limitée. La présence d'une hétérogénéité spatiale de la nécrophagie potentielle peut entraîner une contribution des rejets plus forte localement à condition qu'ils parviennent au fond. Cette étude contribue à résoudre ce manque de connaissance en analysant la coïncidence spatiale entre catégories de rejets de chalutiers et d'invertébrés benthiques nécrophages dans la Grande Vasière. Ces catégories ont été réalisées afin de tester l'hypothèse d'une coïncidence spatiale plus élevée pour les rejets qui atteignent le fond et les nécrophages les plus mobiles. Pour cela, des cartes ont été construites à l'échelle la plus fine possible compte-tenu de la disponibilité des données. Puis, des tests de corrélation ont été réalisés. Les résultats ont mis en évidence une hétérogénéité spatiale des catégories de rejets alors que la répartition spatiale des nécrophages est plus homogène. Les tests de corrélation n'ont pas fait ressortir de corrélation significative entre ces répartitions spatiales. Néanmoins, les coefficients de corrélation les moins faibles concernent les catégories de rejets et de nécrophages attendues. L'absence d'une coïncidence spatiale significative peut être la conséquence de l'utilisation d'une échelle non adaptée.		
Abstract (1600 caractères maximum) : Discards may contribute a food supply to some of the trophic groups of the food chain. It is known that the scavenging potential is heterogeneously distributed. Therefore the potential contribution of discards to the food requirements of benthic scavengers depends on their location. This study aims at analyzing the spatial match between discards and benthic invertebrate scavengers in the Grande Vasière. Both discards and benthic invertebrates were categorized before performing the analyses. These categories allow to test the hypothesis of a higher spatial coincidence between the categories of discards which sink to the bottom (as opposed to discards eaten above sea surface or in the water column) and the most mobile scavengers. For this purpose, maps were elaborated at the finest scale possible. Then, statistical correlation tests were performed. The results highlight the spatial heterogeneity of discards whereas the spatial distribution of scavengers is more homogeneous. No significant correlations between the spatial distributions were found. Nonetheless, the least weak correlation coefficients corresponded to the expected categories. The lack of significant spatial coincidence may be the result of using a scale that is not appropriate.		
Mots-clés : Rejets ■ Nécrophages invertébrés benthiques ■ Répartition spatiale ■ Analyse de corrélation ■ Grande Vasière Key Words: Discards ■ Benthic invertebrate scavengers ■ Spatial distribution ■ Correlation analysis ■ Grande Vasière		