

**RAPPORT D'AVANCEMENT DE LA CONVENTION DE SUBVENTION**

**AFB/SORBONNE UNIVERSITE**

**AFB/2018/192 Réf DR&I C18/0766**

**Suivi isotopique d'une communauté benthique  
de sables fins en réponse au descripteur 4 de la  
DCSMM  
Année 2020**

**Station Biologique de Roscoff – FR2424**

**Eric THIEBAUT**

**Céline HOUBIN**

## Table des matières

1	Présentation des acteurs .....	3
2	Introduction.....	3
3	Rappel des objectifs de l'opérateur et description de l'action .....	3
4	Description de la zone d'étude.....	5
5	Matériels & Méthodes .....	5
5.1	Échantillonnage .....	5
5.1.1	Prélèvements des sources.....	5
5.1.2	Prélèvement de la macrofaune .....	6
5.1.3	Prélèvement de l'ichtyofaune.....	6
5.2	Analyses isotopiques.....	6
5.2.1	Principe du traçage isotopique naturel.....	6
5.2.2	Analyse des échantillons par spectrométrie de masse isotopique.....	8
5.2.3	Caractérisation des espèces échantillonnées .....	9
6	Bilan des actions menées .....	10
6.1	Sous-action 1 : Maintien d'un suivi des signatures isotopiques.....	10
6.1.1	État d'avancement.....	10
6.1.1	Premiers résultats : l'architecture du réseau trophique de la Pierre Noire .....	11
6.1	Sous-action 2 : Analyse de l'évolution à long terme de l'architecture du réseau trophique et évaluation de la pertinence d'indicateurs.....	13
7	Références bibliographiques.....	14
8	Annexes .....	18

## 1 Présentation des acteurs

Eric Thiébaud (Station biologique de Roscoff)	Responsabilité scientifique, rédaction
Céline Houbin (Station Biologique de Roscoff)	Analyses en laboratoire, expertise taxonomique, rédaction
Caroline Broudin (Station Biologique de Roscoff)	Analyses en laboratoire, expertise taxonomique
Lucile Perrier (Station Biologique de Roscoff)	Analyses en laboratoire
Céline Houbin (Station Biologique de Roscoff)	
Caroline Broudin (Station Biologique de Roscoff)	Prélèvements terrain (missions 2017-2018, Neomysis)
Lucile Perrier (Station Biologique de Roscoff)	

## 2 Introduction

Ce rapport intermédiaire des travaux 2020 présente l'état d'avancement du travail réalisé dans le cadre du projet « Suivi isotopique d'une communauté benthique de sables fins en réponse au descripteur 4 de la DCSMM ». Après un rappel de la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre, il dresse le bilan des actions entreprises depuis le début du projet en 2019 et présente les premiers résultats obtenus.

## 3 Rappel des objectifs de l'opérateur et description de l'action

Dans le cadre de la DCSMM, le descripteur 4 vise à évaluer le bon état écologique des milieux au regard de la structure du réseau trophique selon le postulat suivant : « Tous les éléments constituant le réseau trophique marin, dans la mesure où ils sont connus, sont présents en abondance et diversité normales et à des niveaux pouvant garantir l'abondance des espèces à long terme et le maintien total de leurs capacités reproductives ». Il s'agit ainsi de porter un regard fonctionnel sur les écosystèmes marins, en particulier à travers les taux de transfert d'énergie et de matière et la productivité des différents niveaux trophiques. A ce jour, trois indicateurs ont été retenus pour ce descripteur :

- L'indicateur 4.1.1. « Performance des espèces prédatrices clefs sur la base de leur production par unité de biomasse » ;
- L'indicateur 4.2.1. « Proportions des poissons de grande taille »
- L'indicateur 4.3.1. « Tendances en matière d'abondance des espèces/groupes importants sur le plan fonctionnel ».

Alors que les deux premiers indicateurs se focalisent exclusivement sur les niveaux trophiques supérieurs, le troisième indicateur prend en compte l'ensemble des compartiments biologiques d'un écosystème mais ignore les liens trophiques entre ces compartiments. Dans les travaux conduits au niveau français sur la définition du Bon Etat Ecologique – descripteur 4 (<http://www.dcsmm-d4.fr/>), il est fait mention d'autres indicateurs complémentaires pour le critère 4.3. tels que les indices de Layman (Layman et al. 2007) qui décrivent l'organisation générale du réseau trophique ; d'autres indices plus complexes et renseignant sur les propriétés générales des réseaux trophiques ont par ailleurs été proposés récemment par Cucherousset & Villéger (2015) et Rigolet et al. (2015). Ces travaux sur le Bon Etat écologique mettent également en avant l'importance d'un suivi des signatures isotopiques naturelles ( $\delta^{13}\text{C}$  vs  $\delta^{15}\text{N}$ ) des composantes des réseaux trophiques pour répondre à deux enjeux de la DCSMM :

- recueillir les données nécessaires à la construction des indicateurs ;
- améliorer la connaissance générale des réseaux trophiques (définition des statuts trophiques des espèces ; mise en évidence de l'évolution à long terme de la structure des réseaux trophiques).

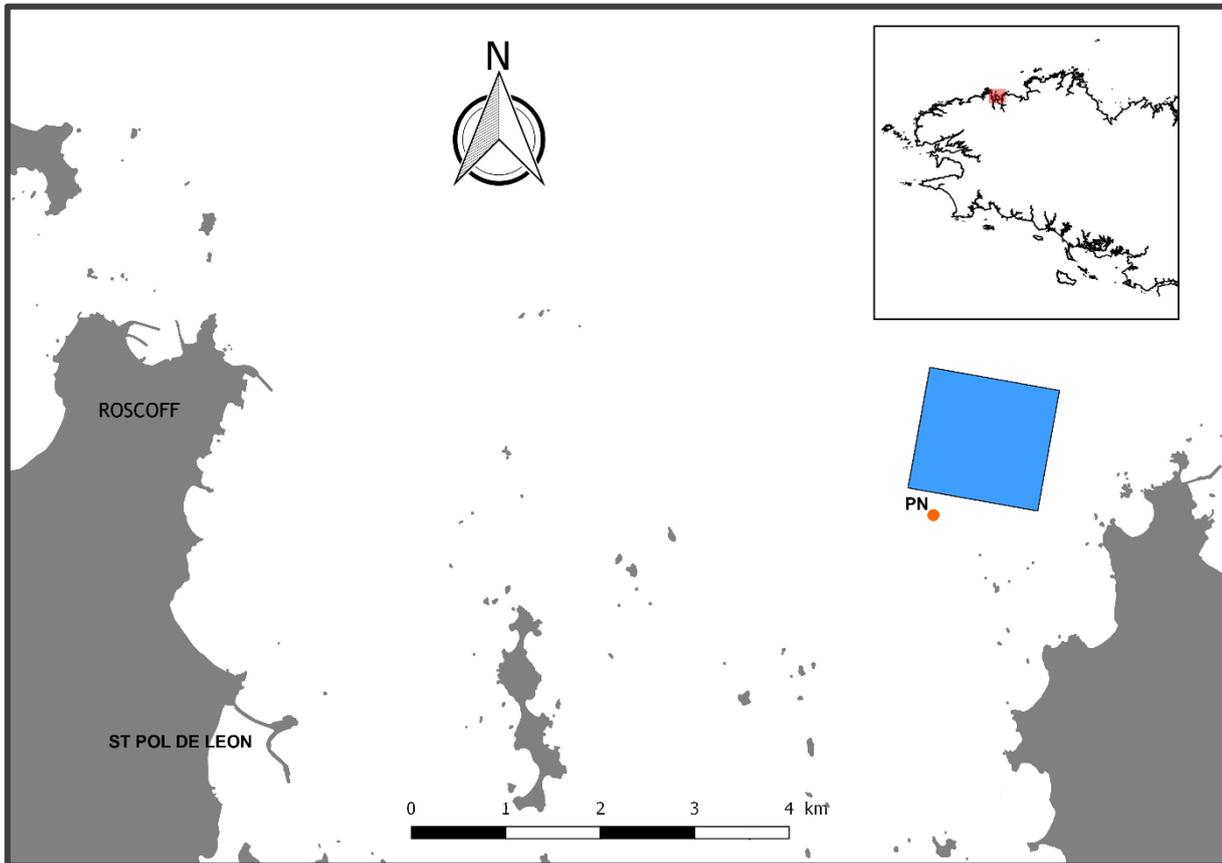
Dans le cadre de sa mission d'observation du milieu côtier, la Station Biologique de Roscoff a initié depuis 2013 un suivi de l'architecture du réseau trophique benthique d'une communauté de sables fins à partir de la mesure des signatures isotopiques du carbone et de l'azote des principales composantes de l'écosystème (i.e. différents compartiments fonctionnels de la macrofaune et ichtyofaune démersale). La communauté ciblée en baie de Morlaix (sables fins de Pierre Noire) est également suivie au titre du descripteur 1 de la DCSMM et a le statut de point d'appui dans le cadre du programme de surveillance de la DCE. Le suivi de l'architecture du réseau trophique repose ainsi sur l'échantillonnage, deux fois par an, des principales espèces de la communauté benthique (55 à 65 espèces) et de la mesure de leurs signatures isotopiques en parallèle au suivi de la composition de la communauté (richesse spécifique, abondances, biomasses).

Fort de son expertise scientifique et technique dans le suivi des milieux côtiers en relation avec la DCE et la DCSMM, et l'analyse des données isotopiques en écologie marine, la Station Biologique de Roscoff se propose de contribuer au renforcement de la connaissance des réseaux trophiques benthiques pour les habitats sédimentaires subtidaux et initier le développement d'indicateurs au titre du descripteur 4 de la DCSMM pour la façade Manche – Atlantique. Le travail proposé se découpe en deux sous-actions :

- Sous-action 1 : Maintien d'un suivi des signatures isotopiques des principales composantes biologiques de l'écosystème benthique de sables fins subtidaux de la façade Manche-Atlantique sur l'exemple du site atelier Baie de Morlaix ; il s'agira de contribuer à renseigner les signatures isotopiques des organismes benthiques pour cette sous-région ;
- Sous-action 2 : Analyse de l'évolution à long terme de l'architecture du réseau trophique et évaluation de la pertinence d'indicateurs potentiels pour le descripteur 4 de la DCSMM.

## 4 Description de la zone d'étude

Le site d'étude Pierre Noire se situe dans la partie est de la Baie de Morlaix (48,7083°N -3,8662°W) à une profondeur de 18 m par rapport au zéro hydrographique (Carte 1). La zone est constituée de sables fins légèrement envasés dont la médiane est voisine de 150 µm.



Carte 1.- Localisation du site Pierre Noire : le point rouge correspond à la station de prélèvement de la macrofaune benthique, le carré bleu à la zone de chalutage pour l'échantillonnage des poissons.

## 5 Matériels & Méthodes

Le suivi est réalisé deux fois par an :

- Campagne de fin d'hiver : entre le 10 février et le 10 mars
- Campagne de fin d'été : entre le 10 septembre et le 10 octobre

### 5.1 Échantillonnage

#### 5.1.1 Prélèvements des sources

- Échantillonnage du sédiment à la benne Smith McIntyre pour l'accès à la signature isotopique de la matière organique sédimentée (MOS). L'échantillon prélevé est conservé à -20°C avant analyse.

- Prélèvement de cinq litres d'eau à l'aide d'une bouteille Niskin pour accès à la signature isotopique de la matière organique particulaire (MOP) présente à 1m du fond. L'échantillon est traité au laboratoire au retour au laboratoire.

#### 5.1.2 Prélèvement de la macrofaune

- Échantillonnage du macrobenthos
  - a. benne Smith-McIntyre : 3 prélèvements sont réalisés lors des différentes campagnes ; chaque prélèvement est tamisé sur un tamis de maille circulaire de 1 mm. Les organismes sont triés vivants de retour au laboratoire afin de récolter un à quelques individus d'un maximum d'espèces de la macrofaune benthique de la station Pierre Noire puis conservés à -20°C avant analyse. Les données issues du suivi de la diversité à la station Pierre Noire (10 réplicats par date d'échantillonnage; tamisage sur maille ronde de 1 mm) fournissent en parallèle des estimations des densités et des biomasses des différentes espèces, utiles à l'interprétation des données.
  - b. Drague Rallier du Baty : 1 trait de 3 min est réalisé afin de collecter la mégafaune surdispersée pas ou mal échantillonnée à la benne. Les organismes sont triés et déterminés à bord. Les échantillons sont conservés à -20°C avant analyse.

#### 5.1.3 Prélèvement de l'ichtyofaune

L'échantillonnage de l'ichtyofaune s'effectue à l'aide d'un chalut à perche de 3 mètres dans une zone située au nord-est de la station Pierre Noire. Ce décalage vise à réduire les perturbations physiques engendrés par le chalutage sur le site de suivi Pierre Noire. Cinq traits d'environ 1 km sont réalisés face au courant à une vitesse d'environ un noeud. La surface échantillonnée est estimée à partir de la largeur du chalut et de la distance parcourue. L'échantillonnage au chalut permet également de compléter l'échantillonnage de la mégafaune. Les organismes sont déterminés vivants au laboratoire puis conservés à -20°C avant analyse. Leur biomasse en poids frais est estimée à bord.

## 5.2 Analyses isotopiques

### 5.2.1 Principe du traçage isotopique naturel

Dans les écosystèmes, les éléments se présentent sous la forme de différents isotopes stables qui possèdent le même nombre de protons et d'électrons mais se différencient par un nombre de neutrons variable. Cette différence de masse atomique entre les isotopes d'un même élément leur confère des comportements différents dans les processus physiques, chimiques et biologiques. C'est sur ces principes que repose l'utilisation de la mesure des rapports isotopiques, en particulier du carbone et de l'azote, par

spectrométrie de masse en biologie et en écologie. Les compositions isotopiques des producteurs primaires sont liées à celles de leurs sources de carbone et d'azote minéral et à la voie métabolique utilisée pour réaliser la photosynthèse (Peterson & Fry, 1987 ; Riera, 2006). Par la suite, lors des transferts de matière organique au sein des réseaux trophiques, une différence de composition isotopique appelée « fractionnement » se crée entre la source de nourriture et son consommateur lors des processus d'assimilation (Fry et Sherr, 1984). Elle s'explique physiologiquement, en particulier par la respiration et l'excrétion préférentielle des isotopes légers, et conduit donc à un enrichissement en isotopes lourds ( $^{13}\text{C}$  et  $^{15}\text{N}$ ) d'un consommateur par rapport à sa source (DeNiro et Epstein, 1978, 1981 ; Minagawa et Wada, 1984). Le facteur d'enrichissement trophique est relativement prévisible. Il est en moyenne de 1‰ pour le  $^{13}\text{C}$ , de 2,4‰ pour le  $^{15}\text{N}$  entre un producteur primaire et un consommateur primaire, et de 3,4‰ pour le  $^{15}\text{N}$  entre consommateurs de niveau trophique différent.

#### *5.2.1.1 Préparation des échantillons*

##### ***Matière organique sédimentée et associée à l'épipsamon***

Après décongélation, le sédiment est mis en suspension dans une éprouvette. Le mélange est laissé à décanter 30 min et le surnageant est prélevé délicatement. Afin d'éliminer l'ensemble du sédiment, ces deux opérations sont répétées 3 fois. Après la dernière décantation, le culot contenant la matière organique est récupéré, il est acidifié (HCl 1N) pendant deux ou trois heures afin d'éliminer toute trace de carbonates. Le culot est ensuite rincé par ajouts d'eau distillée et décantations. Après deux rinçages, la matière organique récoltée est mise à l'étuve 48h à 55°C puis broyée et placée dans une petite capsule d'étain pour l'analyse isotopique.

##### ***Matière organique particulaire en suspension***

L'eau est filtrée sur deux filtres GFF fibre de verre 0,7 $\mu\text{m}$  à l'aide d'une pompe à vide. Les filtres sont acidifiés (HCl 5%) puis rincés à l'eau distillée avant d'être mis à l'étuve 48h à 55°C. La matière organique présente sur les filtres est grattée puis placée en capsule d'étain pour analyse isotopique.

##### ***Organismes macrobenthiques et poissons***

Après décongélation, les organismes sont traités différemment en fonction de leurs tailles.

Pour les organismes macrobenthiques de plus grande taille, les prélèvements se font sur les muscles de la partie dorsale des poissons, des péréiopodes des Brachyura, de l'abdomen des Caridea et des Anomura et du siphon des gros bivalves. Le tissu musculaire est privilégié car il possède un turn over relativement faible (Tieszen et al., 1983) et la mesure de sa composition isotopique permet d'obtenir une image intégrée de la nourriture assimilée sur plusieurs semaines et donc une meilleure estimation en  $\text{C}^{13}$  des relations proie-prédateur (DeNiro et Epstein, 1978 ; Fry et Sherr, 1984).

Pour les autres espèces, les mesures sont réalisées sur les organismes entiers. Les mollusques sont préalablement séparés de leur coquille. Pour les plus petites espèces de la macrofaune (principalement des polychètes et des amphipodes), plusieurs individus sont parfois rassemblés afin d'obtenir suffisamment de matière pour permettre leur analyse isotopique. Les échantillons de macrofaune pouvant contenir des parties calcifiées subissent une étape d'acidification à l'acide chlorhydrique 1N pour dissoudre les carbonates puis sont rincés délicatement à l'eau distillée. Cette étape d'acidification minimise l'interférence des parties carbonatées avec les mesures de  $\delta^{13}\text{C}$ .

L'ensemble des échantillons est séché dans une étuve à 55°C pendant 48h. A la sortie de l'étuve, tous les échantillons sont broyés à l'aide d'un pilon et d'un mortier en agate afin d'obtenir une poudre homogène. Environ 1,5 mg de chaque broyat est placé dans une capsule en étain (« ultraclean ») en vue de l'analyse par spectrométrie de masse isotopique.

### 5.2.2 Analyse des échantillons par spectrométrie de masse isotopique

L'analyse des compositions en isotopes stables du carbone et de l'azote est réalisée au moyen d'un analyseur élémentaire CHN Flash 1112 EA (Thermo Finnigan), couplé à un spectromètre de masse Delta Plus (Thermo Finnigan) via un système d'interface Conflow III (Thermo Finnigan) (Figure 1).

Les rapports isotopiques sont exprimés en unités  $\delta$ , c'est-à-dire en ‰ de déviation par rapport à un standard universel. Le rapport  $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$  est comparé à celui du standard de référence que constitue le PDB (Pee Dee Belemnite), roche fossile du Crétacé, et le rapport  $R = {}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$  est comparé à celui de l'azote atmosphérique. Les rapports isotopiques d'un élément X sont exprimés en unité  $\delta$  selon la formulation suivante :

$$\delta X = [(R_{\text{échantillon}} / R_{\text{standard}}) - 1] \times 10^3$$

avec  $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$  pour le carbone et  ${}^{15}\text{N}/{}^{14}\text{N}$  pour l'azote.

Les données isotopiques qui sont normalisées pour le carbone et l'azote (Protéines standards), ont été calibrés à partir de standards internationaux (IAEA-N-1,-N-2,-NO-3, USGS34 et IAEA-600, -CH-6, NBS-19 et N-3) provenant de l'Agence Internationale pour l'Énergie Atomique (AIEA) et la dérive a été corrigée grâce aux standards de laboratoire certifiés introduits de manière régulière (caféine, nicotinamide, acétanilide, caséine et sorgho). La précision analytique, déterminée à partir des écarts-type de mesures répétées d'un standard de laboratoire, est de 0,10 ‰ pour le  $\delta^{13}\text{C}$  et de 0,13 ‰ pour le  $\delta^{15}\text{N}$ .

Les sources à la base du réseau trophique, POM et SOM, n'ont pas été utilisées pour l'estimation des niveaux trophiques car (1) ces sources sont hétérogènes et constituées d'un mélange de matériel particulaire organique, vivant et détritique, dont les valeurs isotopiques sont parfois supérieures aux signatures isotopiques des consommateurs primaires, (2) la POM notamment, dominée par le phytoplancton, montre des variations temporelles en  $\delta^{15}\text{N}$  sur le court terme incompatibles avec l'établissement d'une échelle trophique. Comme cela est généralement le cas dans des études similaires (voir par exemple Rigolet et al., Convention AFB/2018/192 Réf DR&I C18/0766—Rapport avancement 2020

2014), les niveaux trophiques ont été déterminés en utilisant les signatures isotopiques de suspensivores communs aux deux saisons, i.e. les bivalves *Timoclea ovata* (Pennant) ou *Corbula gibba* (Olivi), qui sont considérés comme des consommateurs primaires stricts de niveau II. L'échelle des niveaux trophiques a été établie à partir des valeurs de  $\delta^{15}\text{N}$  (i.e. proxy des niveaux trophiques) en se basant sur les valeurs théoriques de fractionnement isotopique de 2,4 ‰ entre les niveaux I et II et de 3,4 ‰ entre les niveaux II et III, et III et IV.

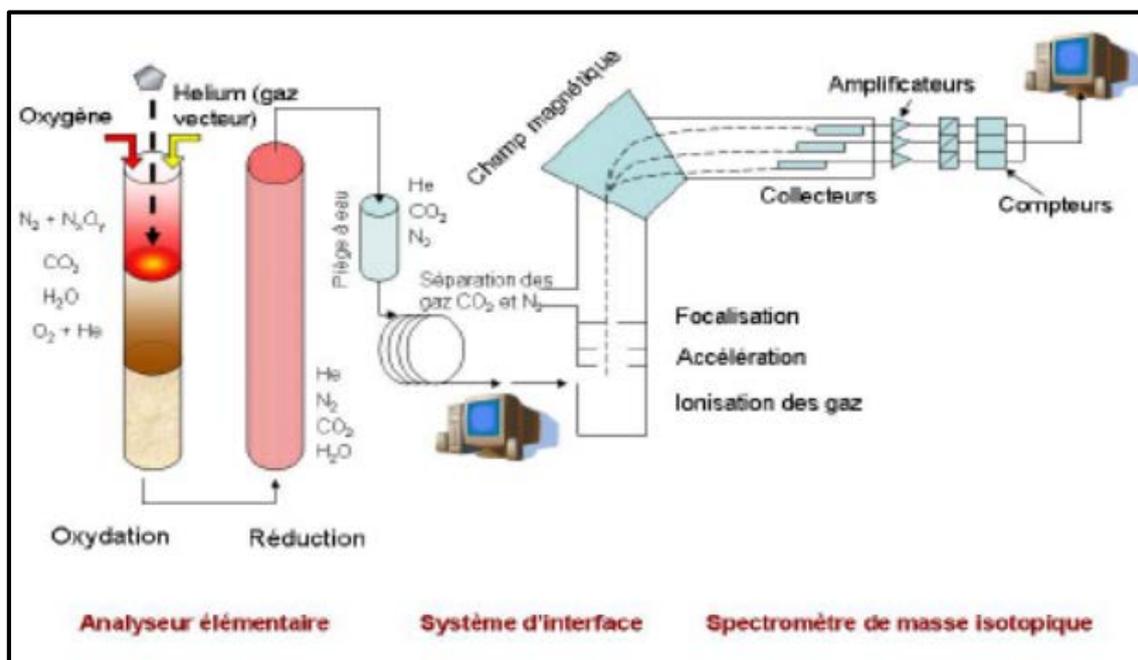


Figure 1. Schéma simplifié du fonctionnement général du couplage entre l'analyseur élémentaire et le spectromètre de masse via le système d'interface.

### 5.2.3 Caractérisation des espèces échantillonnées

À chaque espèce échantillonnée, un groupe trophique a été attribué à partir d'une analyse des données de la littérature (Annexe A) (Pearson, 1971 ; Fauchald et Jumars, 1979 ; Dauvin, 1984 ; Grall *et al.*, 2006 ; Nicolas *et al.*, 2007 ; Simonini *et al.*, 2004 ; Gibbs, 1977 ; Drévès *et al.*, 2002 ; Carlier *et al.*, 2007 ; Le Loc'h *et al.*, 2008 ; Fanelli *et al.*, 2009 ; Rigolet *et al.*, 2011 ; Bernardez *et al.*, 2000 ; Velasco *et al.*, 2010 ; De Grave et Turner, 1997 ; Haddock, 2007 ; Dobbs et Guckert, 1988). Cinq groupes trophiques dont la définition est rappelée dans le Tableau 1, ont été pris en compte : suspensivores, mixtes (i.e. suspensivores et dépositivores de surface), dépositivores de surface, dépositivores de subsurface, nécrophages et carnivores.

Tableau 1. Définition des groupes trophiques (adaptée de Pearson, 1971 ; Fauchald & Jumars, 1979).

Groupe trophique	Définition
Suspensivores (S)	Espèces benthiques qui se nourrissent par filtration active ou passive de matière organique particulaire présente dans la colonne d'eau
Déposivores de surface (DS)	Espèces sédentaires et semi-sédentaires qui se nourrissent à l'interface eau-sédiment en récoltant des particules vivantes ou détritiques
Mixtes (suspensivores et déposivores de surface) (S/DS)	Espèces qui peuvent se nourrir à la fois par filtration de matière organique particulaire et par récolte de matériel détritique à l'interface eau-sédiment
Déposivores de subsurface (DSS)	Espèces qui se nourrissent en ingérant du sédiment et en absorbant la matière organique qu'il contient
Prédateurs/Nécrophages (P/N)	Prédateurs : Espèces qui sont principalement mobiles et qui se nourrissent sur des proies vivantes - Nécrophages : Espèces qui se nourrissent d'organismes morts.

## 6 Bilan des actions menées

### 6.1 Sous-action 1 : Maintien d'un suivi des signatures isotopiques

#### 6.1.1 État d'avancement

Pour les années 2019 et 2020 les dates d'échantillonnages ont été les suivantes :

- Campagne d'hiver #1 : 11 et 12 février 2019
- Campagne d'été #1 : 19 et 20 septembre 2019
- Campagne d'hiver #2 : 28 février et 2 mars 2020

Le traitement (tri, détermination spécifique, préparation des échantillons) est achevé pour les deux campagnes de prélèvement de l'année 2019 et en cours pour la campagne de l'année 2020.

Les analyses des échantillons au spectromètre de masse ont été réalisées pour les campagnes d'hiver et d'été 2019.

### 6.1.1 Premiers résultats : l'architecture du réseau trophique de la Pierre Noire

Les signatures isotopiques ( $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{15}\text{N}$ ) des sources et des consommateurs échantillonnés en fin d'hiver et en fin d'été sur l'année 2019 sont représentées sur la Figure 2. Les données ayant servi à construire les graphes sont disponibles en Annexe B.

Les résultats des analyses des sources pour la fin d'hiver 2019 montrant des résultats aberrants, les échantillons seront à nouveau analysés dans le courant de l'année 2020 et les données seront intégrées dans le rapport final.

Le bivalve *Thyasira flexuosa* (Montagu) hébergeant des bactéries symbiotiques sulfo-oxydantes (Distel & Wood, 1992 ; Dufour & Felbeck, 2006), la valeur moyenne de  $\delta^{13}\text{C}$  est extrêmement faible (-28,5 ‰). En raison de ce caractère remarquable, cette espèce a été exclue du reste des analyses.

Les premières observations des signatures isotopiques mettent en relief les principales caractéristiques structurelles du réseau trophique.

La gamme des valeurs moyennes de  $\delta^{13}\text{C}$  de l'ensemble du réseau trophique des consommateurs est comprise entre -22,6 et -14,4 ‰, indépendamment de la saison. Ces valeurs sont conformes aux gammes de  $\delta^{13}\text{C}$  communément observées dans les zones côtières tempérées. La gamme des valeurs moyennes des  $\delta^{15}\text{N}$  de l'ensemble du réseau trophique est comprise entre 5,7 et 14,1 ‰, quelle que soit la saison.

La base du réseau est représentée par les suspensivores. Ce groupe trophique montre des signatures isotopiques moyennes comprises entre -21,6 et -17,2 ‰ sur l'axe du  $\delta^{13}\text{C}$  et entre 5,7 et 9,0 ‰ sur l'axe du  $\delta^{15}\text{N}$ . Le sommet du réseau trophique est représenté par les prédateurs et les nécrophages qui présentent des valeurs moyennes de  $\delta^{13}\text{C}$  comprises entre -22,6 et -14,5 ‰ et des valeurs moyennes de  $\delta^{15}\text{N}$  comprises entre 7,0 et 14,1 ‰. Les prédateurs occupent ainsi deux niveaux trophiques.

Les résultats obtenus pour l'année 2019 sont cohérents avec ceux obtenus depuis le début du suivi en 2013 (Dupont, 2019). Ils suggèrent que le réseau trophique de la Pierre Noire s'étend sur un continuum de quatre niveaux trophiques, ce qui est en accord avec des études antérieures portant sur les réseaux trophiques subtidiaux benthiques de milieu meuble en région tempérée (Grall et al., 2006 ; Carlier et al., 2007).

Ce continuum trophique peut être expliqué par un fort degré d'omnivorie chez de nombreuses espèces, qui traduit une grande plasticité trophique : c'est-à-dire une capacité des espèces à partager les ressources présentes et à adapter leurs régimes alimentaires en fonction des sources de nourritures disponibles. Il n'existe pas de niches trophiques compartimentées. De même, la large gamme de  $\delta^{13}\text{C}$  indique une forte diversité des régimes alimentaires entre les différentes espèces, résultant d'une certaine spécialisation trophique au sein des pools de POM et SOM.

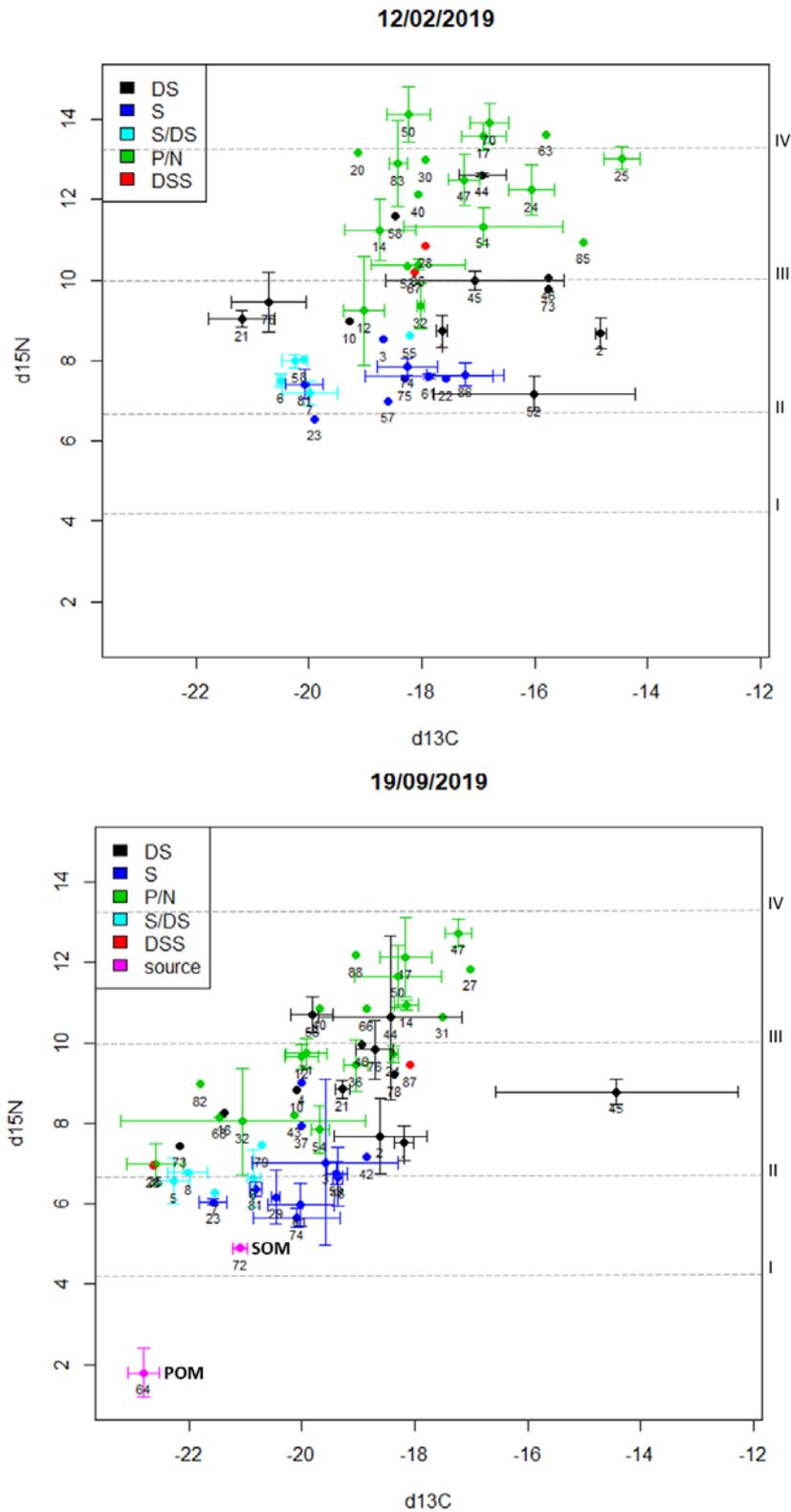


Figure 2 : Représentations bidimensionnelles ( $\delta^{13}\text{C}$  vs.  $\delta^{15}\text{N}$ ) du réseau trophique du site Pierre Noire pour l'année 2019 regroupant les différentes espèces du réseau trophique (Annexe A). Chaque point correspond à la valeur moyenne des signatures isotopiques (Annexe B), les écarts-types sont représentés pour  $n \geq 3$ . S : suspensivores, S/DS : suspensivores et dépositivores de surface, DS : dépositivores de surface, DSS dépositivores de sub-surfaces, P/N prédateurs/nécrophages (P/N).

Les différences saisonnières (février et septembre) des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  et de  $\delta^{15}\text{N}$  des sources et des différents organismes sont représentées sur la Figure 3. La comparaison des signatures isotopiques des consommateurs révèle un enrichissement moyen de 1,33 ‰ en  $^{13}\text{C}$  et 1,16 ‰ en  $^{15}\text{N}$ , avec des différences allant jusqu'à 6,29 ‰ en  $^{13}\text{C}$  pour *Spio decoratus* ou 4,69 ‰ en  $^{13}\text{C}$  et 3,91 ‰ en  $^{15}\text{N}$  pour *Echinocyamus pusillus*. Ces différences peuvent s'expliquer par des variations saisonnières des sources d'alimentation et traduisent ainsi une plasticité des régimes alimentaires de certaines espèces qui peuvent adapter leurs régimes alimentaires en fonction des ressources disponibles. Elles peuvent également être mises en relation avec des variations saisonnières des signatures isotopiques des sources qui résultent de différents mécanismes. A titre d'exemple, une baisse de la valeur de  $\delta^{13}\text{C}$  en période hivernale peut être mise en relation avec une contribution plus importante des apports terrigènes et une moindre contribution des apports marins à la POM (Briant et al., 2018). D'autre part, les variations de température peuvent également être à l'origine de variations de la signature isotopique du carbone, une augmentation de la température se traduisant par une hausse du  $\delta^{13}\text{C}$  du phytoplancton. Enfin, les changements saisonniers de la composition des communautés phytoplanctoniques influencent la signature isotopique du carbone : les petites cellules phytoplanctoniques possèdent une plus faible valeur de  $\delta^{13}\text{C}$  que les larges cellules phytoplanctoniques de type diatomées (Popp et al., 1998).

## 6.1 Sous-action 2 : Analyse de l'évolution à long terme de l'architecture du réseau trophique et évaluation de la pertinence d'indicateurs.

L'étude de l'analyse de l'évolution temporelle du réseau trophique de la station Pierre Noire depuis 2013 a été initiée dans le cadre d'un stage de Master 2 encadré lors du premier semestre 2019 (Dupont, 2019) et lors de la thèse de Lise Bacouillard qui se terminera dans les prochains mois. S'il existe une variabilité saisonnière des signatures isotopiques des espèces, celle-ci ne suit pas un schéma nécessairement récurrent d'une année sur l'autre. Sur l'ensemble du jeu de données acquis entre 2013 et 2018, dix-sept indicateurs différents pondérés ou non par la biomasse des espèces présentes ont été calculés. L'analyse de leurs variations temporelles en lien avec les changements dans la structure de la communauté et la réflexion sur leur pertinence dans le cadre de la DCSMM est en cours dans le cadre de la thèse de Lise Bacouillard.

En marge du projet, une nouvelle thèse dédiée à l'étude des réseaux trophiques en Baie de Morlaix débutera en octobre 2020. Elle permettra entre autres d'analyser la variabilité de l'architecture des réseaux trophiques le long du continuum terre-mer, depuis les vases estuariennes jusqu'aux sables moyens à grossiers du large. Les résultats attendus permettront ainsi de remettre dans un cadre spatial la variabilité temporelle décrite à l'échelle d'une communauté.

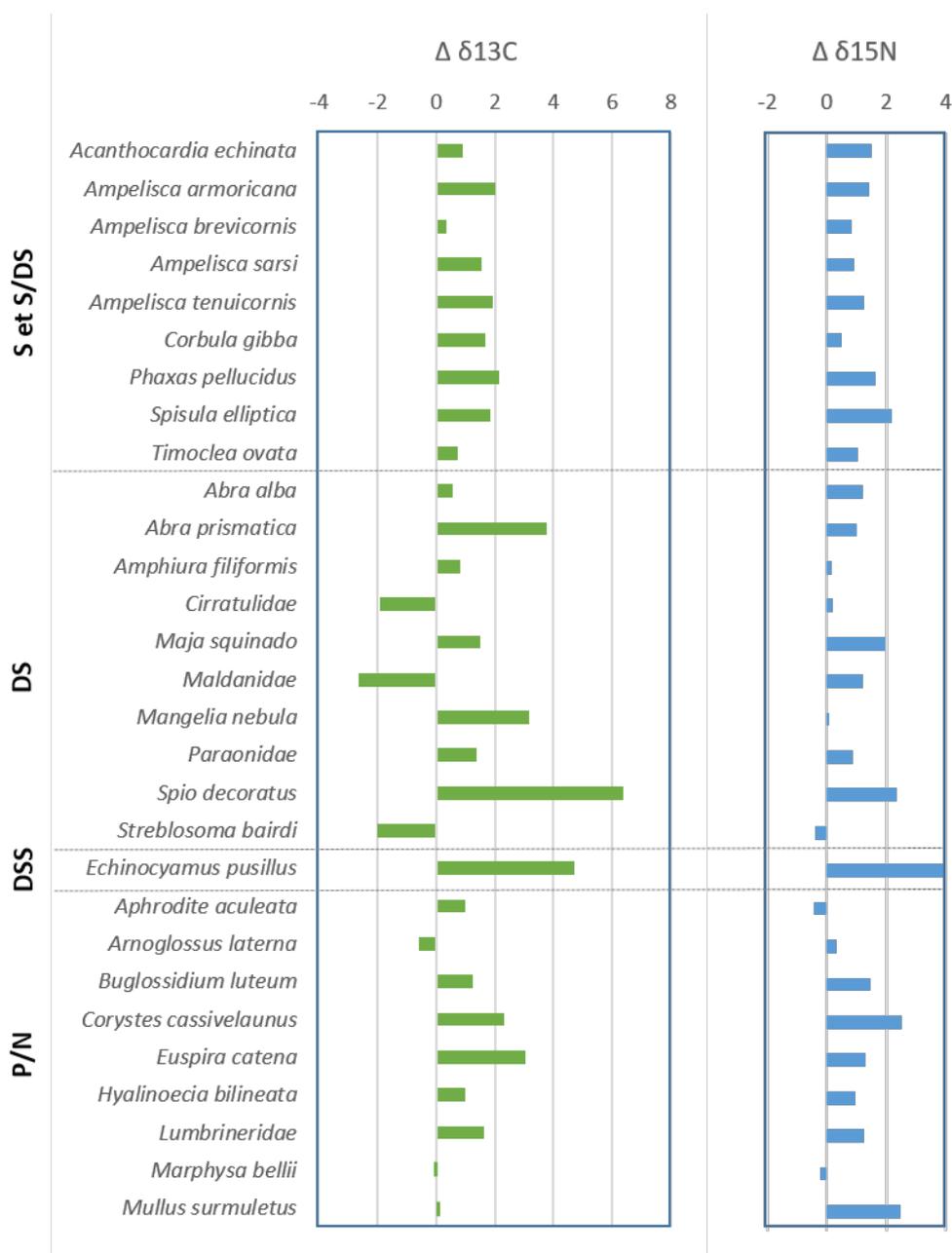


Figure 3: Comparaison saisonnière (février et septembre 2019) des valeurs de  $\delta^{13}C$  et de  $\delta^{15}N$  des sources et des consommateurs du réseau trophique de Pierre Noire.

## 7 Références bibliographiques

- Bernardez, C., Freire, J., Gonzalez-Gurriaran, E., 2000. Feeding of the spider crab *Maja squinado* in rocky subtidal areas of the Ria de Arousa (north-west Spain). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 80 (1), 95-102.
- Briant, N., Savoye, N., Chauvelon, T., David, V., Rodriguez S., Charlier, K., Sonke, J.E., Chiffolleau J.F., Brach-Papa, C., Knoery, J., 2018. Carbon and nitrogen elemental and isotopic ratios of filter-feeding bivalves along

- the French coasts: an assessment of specific, geographic, seasonal and multi-decadal variations. *Science of the Total Environment* 613-614, 196-207.
- Carlier, A., Riera, P., Amouroux, J.M., Bodiou, J.Y., Gremare, A., 2007. Benthic trophic network in the Bay of Banyuls-sur-Mer (northwest Mediterranean, France): An assessment based on stable carbon and nitrogen isotopes analysis. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 72 (1-2), 1-15.
- Cucherousset, J., Villéger, S., 2015. Quantifying the multiple facets of isotopic diversity: New metrics for stable isotope ecology. *Ecological Indicators* 56, 152–160.
- Dauvin, J.C., 1984. Dynamique d'écosystèmes macrobenthiques des fonds sédimentaires de la baie de Morlaix et leur perturbation par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. Thèse de doctorat d'Etat. Université Pierre et Marie Curie, 468 pp.
- DeGrave, S., Turner, J.R., 1997. Activity rhythms of the squat lobsters, *Galathea squamifera* and *G. strigosa* (Crustacea: Decapoda: Anomura) in south-west Ireland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 77 (1), 273-276.
- DeNiro, M.J., Epstein, S., 1978. Influence of diet on distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42 (5), 495-506.
- Deniro, M.J., Epstein, S., 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45 (3), 341-351.
- Dobbs, F.C., Guckert, J.B., 1988. Microbial food resources of the macrofaunal-deposit feeder *Ptychodera bahamensis* (Hemichordata, Enteropneusta). *Marine Ecology Progress Series* 45 (1-2), 127-136.
- Drévès, L., Clabaut, P., Chevalier, C., 2002. PYCASO, avril 2000 - Étude biomorphosédimentaire du domaine marin côtier entre Dieppe et Criel-sur-Mer (Seine-Maritime ; France). Rapport IFREMER DEL/SR/02.10, novembre 2002, 62 p. + annexes.
- Dupont, R., 2019 - Variabilité inter-annuelle de l'architecture du réseau trophique benthique d'un habitat sédimentaire subtidal à partir d'un suivi isotopique ( $\delta^{13}C$  vs  $\delta^{15}N$ ). Sorbonne Université, Rapport Master 2, 36 p. + annexes.
- Fauchald, K., Jumars, P.A., 1979. The diet of worms. A study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and marine Biology. An annual review* 17, 193-284.
- Fanelli, E., Cartes, J.E., Badalamenti, F., Rumolo, P., Sprovieri, M., 2009. Trophodynamics of suprabenthic fauna on coastal muddy bottoms of the southern Tyrrhenian Sea (western Mediterranean). *Journal of Sea Research* 61 (3), 174-187.
- Fry, B., Sherr, E.B., 1984. Delta-c-13 measurements as indicators of carbon flow in marine and fresh-water ecosystems. *Contributions in Marine Science* 27 (SEP), 13-47.
- Gibbs, P.E., 1977. British Sipunculans, in: Kermack, D.M. (Eds.), *Synopses of the British Fauna (New Series)*, No. 12. Academic Press, London, New York and San Francisco

- Grall, J., Le Loc'h, F., Guyonnet, B., Riera, P., 2006. Community structure and food web based on stable isotopes ( $\delta N-15$  and  $\delta C-13$ ) analysis of a North Eastern Atlantic maerl bed. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 338 (1), 1-15.
- Haddock, S.H.D., 2007. Comparative feeding behavior of planktonic ctenophores. *Integrative and Comparative Biology* 47 (6), 847-853
- Layman, C.A., Arrington, D.A., Montaña, C.G., Post, D.M., 2007. Can stable isotope ratios provide for community wide measures of trophic structure? *Ecology* 88, 42–48.
- Le Loc'h, F., Hily, C., 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 (1-4), 17-34.
- Minagawa, M., Wada, E., 1984. Stepwise enrichment of  $n-15$  along food-chains - further evidence and the relation between  $\delta n-15$  and animal age. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48 (5), 1135-1140.
- Nicolas, D., Le Loc'h, F., Desaunay, Y., Hamon, D., Blanchet, A., Le Pape, O., 2007. Relationships between benthic macrofauna and habitat suitability for juvenile common sole (*Solea solea*, L.) in the Vilaine estuary (Bay of Biscay, France) nursery ground. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 73 (3-4), 639-650.
- Pearson, T.H., 1971. Studies on the ecology of the macrobenthic fauna of Lochs Linnhe and Eil, west coast of Scotland: II. Analysis of the macrobenthic fauna by comparison of feeding groups, *Vie et milieu, Suppl.* 22(I-II): pp. 53-91.
- Peterson, B.J., Fry, B., 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18, 293-320.
- Popp, B.N., Laws, E.A., Bidigare, R.R., Dore, J.E., Hanson, K.L., Wakeham, S.G., 1998. Effect of phytoplankton cell geometry on carbon isotopic fractionation. *Geochimica Cosmochimica Acta* 62(14), 69-77.
- Riera, P., 2006. Les isotopes stables en écologie littorale et côtière : principes, exemples de résultats et perspectives. *Océanis* 32 (2), 163-183
- Rigolet, C., Le Souchu, P., Caisey, X., Dubois, S.F., 2011. Group sweeping: Feeding activity and filtration rate in the tubiculous amphipod *Haploops nira* (Kaim-Malka, 1976). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 406 (1-2), 29-37.
- Rigolet, C., Thiébaud, E., Dubois, S., 2014. Food web structures of subtidal benthic muddy habitats: evidence of microphytobenthos contribution supported by an engineer species. *Marine Ecology Progress Series* 500, 25–41.
- Simonini, R., Ansaloni, I., Pagliai, A.M.B., Prevedelli, D., 2004. Organic enrichment and structure of the macrozoobenthic community in the northern Adriatic Sea in an area facing Adige and Po mouths. *ICES Journal of Marine Science* 61 (6), 871-881.
- Tieszen, L.L., Boutton, T.W., Tesdahl, K.G., Slade, N.A., 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: Implications for  $^{13}C$  analysis of diet. *Oecologia* 57, 32–37.

Velasco, E.M., Gomez-Cama, M.C., Hernando, J.A., Soriguer, M.C., 2010. Trophic relationships in an intertidal rockpool fish assemblage in the gulf of Cadiz (NE Atlantic). *Journal of Marine Systems* 80 (3-4), 248-252.

## 8 Annexes

Annexe A : Liste des espèces référencées dans les graphes de la Figure 2. S : suspensivores, S/DS : suspensivores et dépositives de surface, DS : dépositives de surface, DSS dépositives de sub-surfaces, P/N prédateurs/nécrophages (P/N).

identifiant	Taxon	Régime trophique
1	<i>Abra alba</i>	DS
2	<i>Abra prismatica</i>	DS
3	<i>Acanthocardia echinata</i>	S
4	<i>Acrocnida brachiata</i>	S
5	<i>Ampelisca armoricana</i>	S/DS
6	<i>Ampelisca brevicornis</i>	S/DS
7	<i>Ampelisca sarsi</i>	S/DS
8	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	S/DS
9	<i>Ampharete lindstroemi</i>	DS
10	<i>Amphiura filiformis</i>	DS
11	<i>Antalis vulgaris</i>	P/N
12	<i>Aphrodite aculeata</i>	P/N
13	<i>Aporrhais pespelecani</i>	DSS
14	<i>Arnoglossus laterna</i>	P/N
15	<i>Bathyporeia spp.</i>	DSS
16	<i>Bittium reticulatum</i>	DS
17	<i>Buglossidium luteum</i>	P/N
18	<i>Callionymus lyra</i>	P/N
19	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	P/N
20	<i>Ciliata mustela</i>	P/N
21	<i>Cirratulidae</i>	DS
22	<i>Clausinella fasciata</i>	S
23	<i>Corbula gibba</i>	S
24	<i>Corystes cassivelaunus</i>	P/N
25	<i>Crangon crangon</i>	P/N
26	<i>Ebalia spp.</i>	P/N
27	<i>Echinaster sepositus</i>	P/N
28	<i>Echinocyamus pusillus</i>	DSS
29	<i>Ensis ensis</i>	S
30	<i>Eumida sanguinea</i>	P/N
31	<i>Eurydice pulchra</i>	P/N
32	<i>Euspira catena</i>	P/N
33	<i>Euspira nitida</i>	P/N
34	<i>Glycera spp.</i>	P/N
35	<i>Goniada maculata</i>	P/N
36	<i>Hyalinoecia bilineata</i>	P/N

identifiant	Taxon	Régime trophique
37	<i>Lanice conchilega</i>	S
38	<i>Liocarcinus spp.</i>	P/N
39	<i>Loligo spp.</i>	P/N
40	<i>Lumbrineridae</i>	P/N
41	<i>Macropodia spp.</i>	P/N
42	<i>Mactra corallina</i>	S
43	<i>Magelona spp.</i>	P/N
44	<i>Maja squinado</i>	DS
45	<i>Maldanidae</i>	DS
46	<i>Mangelia nebula</i>	DS
47	<i>Marphysa bellii</i>	P/N
48	<i>Mimachlamys varia</i>	S
49	<i>Moerella donacina</i>	DS
50	<i>Mullus surmuletus</i>	P/N
51	<i>Nephtys spp.</i>	P/N
52	<i>Nucula nitidosa</i>	DS
53	<i>Odontosyllis gibba</i>	P/N
54	<i>Ophiura albida</i>	P/N
55	<i>Owenia fusiformis</i>	S/DS
56	<i>Pagurus spp.</i>	P/N
57	<i>Pandora albida</i>	S
58	<i>Paraonidae</i>	DS
59	<i>Pecten maximus</i>	S
60	<i>Phascolion (Phascolion) strombus strombus</i>	DS
61	<i>Phaxas pellucidus</i>	S
62	<i>Phyllodoce spp.</i>	P/N
63	<i>Pleuronectes platessa</i>	P/N
64	POM fond	source
65	<i>Ptychodera spp.</i>	DSS
66	<i>Scaphander lignarius</i>	P/N
67	<i>Scoloplos armiger</i>	DSS
68	<i>Sepia officinalis</i>	P/N
69	<i>Sepiola spp.</i>	P/N
70	<i>Solea senegalensis</i>	P/N
71	<i>Solea solea</i>	P/N
72	SOM	source
73	<i>Spio decoratus</i>	DS
74	<i>Spisula elliptica</i>	S
75	<i>Spisula subtruncata</i>	S
76	<i>Streblosoma bairdi</i>	DS
77	<i>Syllidae</i>	P/N
78	<i>Terebellides stroemi</i>	DS
79	<i>Thracia phaseolina</i>	S/DS
80	<i>Thyasira flexuosa</i>	S/DS

<b>identifiant</b>	<b>Taxon</b>	<b>Régime trophique</b>
81	<i>Timoclea ovata</i>	S
82	<i>Trachurus trachurus</i>	P/N
83	<i>Trisopterus minutus</i>	P/N
84	<i>Tritia reticulata</i>	P/N
85	<i>Turbonilla crenata</i>	P/N
86	<i>Turritella communis</i>	S
87	<i>Urothoe pulchella</i>	DSS
88	<i>Zeus faber</i>	P/N

Annexe B. Signatures isotopiques moyennes et écarts type pour les campagnes d'hiver et d'été 2019.

Date	Taxon	Régime trohique	Moyenne $\delta^{13}C$	Ecart type $\delta^{13}C$	Moyenne $\delta^{15}N$	Ecart type $\delta^{15}N$
12/02/2019	<i>Abra alba</i>	DS	-17,647	0,0899	8,7365	0,4046
12/02/2019	<i>Abra prismatica</i>	DS	-14,832	0,0976	8,6733	0,3901
12/02/2019	<i>Acanthocardia echinata</i>	S	-18,6759	0	8,5313	0
12/02/2019	<i>Ampelisca armoricana</i>	S/DS	-20,25	0,2163	7,99	0,1651
12/02/2019	<i>Ampelisca brevicornis</i>	S/DS	-20,4948	0,0568	7,4978	0,1609
12/02/2019	<i>Ampelisca sarsi</i>	S/DS	-19,9888	0,4924	7,1896	0,2939
12/02/2019	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	S/DS	-20,0857	0	8,0211	0
12/02/2019	<i>Amphiura filiformis</i>	DS	-19,2778	0	8,9797	0
12/02/2019	<i>Aphrodite aculeata</i>	P/N	-19,0209	0,3665	9,2391	1,3491
12/02/2019	<i>Arnoglossus laterna</i>	P/N	-18,7367	0,6218	11,2502	0,7565
12/02/2019	<i>Buglossidium luteum</i>	P/N	-16,9041	0,3954	13,5784	0,3496
12/02/2019	<i>Ciliata mustela</i>	P/N	-19,1342	0	13,1657	0
12/02/2019	<i>Cirratulidae</i>	DS	-21,1884	0,5892	9,033	0,2099
12/02/2019	<i>Clausinella fasciata</i>	S	-17,5711	0	7,5456	0
12/02/2019	<i>Corbula gibba</i>	S	-19,8969	0	6,553	0
12/02/2019	<i>Corystes cassivelaunus</i>	P/N	-16,0609	0,4022	12,2472	0,627
12/02/2019	<i>Crangon crangon</i>	P/N	-14,4573	0,3182	13,0308	0,2791
12/02/2019	<i>Echinocyamus pusillus</i>	DSS	-17,9429	0	10,8529	0
12/02/2019	<i>Eumida sanguinea</i>	P/N	-17,9343	0	12,9816	0
12/02/2019	<i>Euspira catena</i>	P/N	-18,0248	0,06	9,3655	0,5726
12/02/2019	<i>Hyalinoecia bilineata</i>	P/N	-18,0544	0,8336	10,3925	0,1266
12/02/2019	<i>Lumbrineridae</i>	P/N	-18,0702	0	12,1179	0
12/02/2019	<i>Maja squinado</i>	DS	-16,9263	0,422	12,6182	0,0359
12/02/2019	<i>Maldanidae</i>	DS	-17,0617	1,5865	9,9866	0,2457
12/02/2019	<i>Mangelia nebula</i>	DS	-15,7489	0	10,0424	0
12/02/2019	<i>Marphysa bellii</i>	P/N	-17,2443	0,2784	12,5041	0,6353
12/02/2019	<i>Mullus surmuletus</i>	P/N	-18,2302	0,3889	14,1292	0,6932
12/02/2019	<i>Nephtys spp.</i>	P/N	-16,9034	1,4062	11,3365	0,4669
12/02/2019	<i>Nucula nitidosa</i>	DS	-16,006	1,7785	7,1712	0,4273
12/02/2019	<i>Odontosyllis gibba</i>	P/N	-18,2547	0	10,3531	0
12/02/2019	<i>Owenia fusiformis</i>	S/DS	-18,2162	0	8,6101	0
12/02/2019	<i>Pandora albida</i>	S	-18,5881	0	6,9967	0
12/02/2019	<i>Paraonidae</i>	DS	-18,4628	0	11,5963	0
12/02/2019	<i>Phaxas pellucidus</i>	S	-17,8652	1,1352	7,6127	0,0532
12/02/2019	<i>Pleuronectes platessa</i>	P/N	-15,8001	0	13,6276	0
12/02/2019	<i>Scoloplos armiger</i>	DSS	-18,1305	0	10,2077	0
12/02/2019	<i>Solea senegalensis</i>	P/N	-16,7963	0,3397	13,9099	0,4887
12/02/2019	<i>Spio decoratus</i>	DS	-15,7547	0	9,7735	0
12/02/2019	<i>Spisula elliptica</i>	S	-18,2632	0,5347	7,8584	0,2056
12/02/2019	<i>Spisula subtruncata</i>	S	-18,2902	0	7,5483	0
12/02/2019	<i>Streblosoma bairdi</i>	DS	-20,7141	0,6565	9,4551	0,7389
12/02/2019	<i>Timoclea ovata</i>	S	-20,077	0,3317	7,4159	0,3599

Date	Taxon	Régime trohique	Moyenne δ13C	Ecart type δ13C	Moyenne δ15N	Ecart type δ15N
12/02/2019	<i>Trisopterus minutus</i>	P/N	-18,4237	0,1584	12,8983	1,0727
12/02/2019	<i>Turbonilla crenata</i>	P/N	-15,1391	0	10,9535	0
12/02/2019	<i>Turritella communis</i>	S	-17,2264	0,6829	7,6474	0,285
19/09/2019	<i>Abra alba</i>	DS	-18,1937	0,1718	7,5114	0,4417
19/09/2019	<i>Abra prismatica</i>	DS	-18,6115	0,8205	7,6817	0,9467
19/09/2019	<i>Acanthocardia echinata</i>	S	-19,5852	1,2863	7,0233	2,065
19/09/2019	<i>Acrocnida brachiata</i>	S	-19,996	0	9,0031	0
19/09/2019	<i>Ampelisca armoricana</i>	S/DS	-22,2769	0,2813	6,5591	0,5637
19/09/2019	<i>Ampelisca brevicornis</i>	S/DS	-20,8541	0,1177	6,6432	0,7148
19/09/2019	<i>Ampelisca sarsi</i>	S/DS	-21,5418	0	6,2761	0
19/09/2019	<i>Ampelisca tenuicornis</i>	S/DS	-22,0203	0,3438	6,7789	0,0148
19/09/2019	<i>Amphiura filiformis</i>	DS	-20,0882	0	8,8287	0
19/09/2019	<i>Aphrodite aculeata</i>	P/N	-20,0066	0,3017	9,6577	0,312
19/09/2019	<i>Arnoglossus laterna</i>	P/N	-18,1522	0,2064	10,9361	0,1172
19/09/2019	<i>Bittium reticulatum</i>	DS	-21,3641	0	8,254	0
19/09/2019	<i>Buglossidium luteum</i>	P/N	-18,1606	0,4581	12,1285	0,9761
19/09/2019	<i>Cirratulidae</i>	DS	-19,2882	0,1269	8,8473	0,2337
19/09/2019	<i>Corbula gibba</i>	S	-21,5691	0,2495	6,0443	0,0768
19/09/2019	<i>Corystes cassivelaunus</i>	P/N	-18,3775	0,0737	9,7274	0,2076
19/09/2019	<i>Echinaster sepositus</i>	P/N	-17,0234	0	11,8418	0
19/09/2019	<i>Echinocyamus pusillus</i>	DSS	-22,63	0	6,945	0
19/09/2019	<i>Ensis ensis</i>	S	-20,4618	0,0684	6,1662	0,6738
19/09/2019	<i>Eurydice pulchra</i>	P/N	-17,5076	0	10,6517	0
19/09/2019	<i>Euspira catena</i>	P/N	-21,0453	2,1668	8,0531	1,3226
19/09/2019	<i>Goniada maculata</i>	P/N	-22,5889	0,5026	6,9875	0,5197
19/09/2019	<i>Hyalinoecia bilineata</i>	P/N	-19,0475	0,2098	9,4512	0,6402
19/09/2019	<i>Lanice conchilega</i>	S	-20,0136	0	7,9297	0
19/09/2019	<i>Lumbrineridae</i>	P/N	-19,6839	0	10,867	0
19/09/2019	<i>Mactra corallina</i>	S	-18,8487	0	7,1515	0
19/09/2019	<i>Magelona spp.</i>	P/N	-20,1245	0	8,1938	0
19/09/2019	<i>Maja squinado</i>	DS	-18,4337	1,275	10,6398	2,0327
19/09/2019	<i>Maldanidae</i>	DS	-14,4338	2,1464	8,7839	0,3172
19/09/2019	<i>Mangelia nebula</i>	DS	-18,9312	0	9,957	0
19/09/2019	<i>Marphysa bellii</i>	P/N	-17,2339	0,2347	12,7386	0,3326
19/09/2019	<i>Mimachlamys varia</i>	S	-19,3591	0,0838	6,6662	0,7259
19/09/2019	<i>Mullus surmuletus</i>	P/N	-18,2926	0,7714	11,6638	0,7754
19/09/2019	<i>Ophiura albida</i>	P/N	-19,6828	0,1604	7,8476	0,6028
19/09/2019	<i>Paraonidae</i>	DS	-19,818	0,3714	10,7016	0,4379
19/09/2019	<i>Pecten maximus</i>	S	-19,3811	0,1826	6,7552	0,2867
19/09/2019	<i>Phaxas pellucidus</i>	S	-20,0224	0,5862	5,9736	0,5444
19/09/2019	<i>Scaphander lignarius</i>	P/N	-18,8536	0	10,85	0
19/09/2019	<i>Sepia officinalis</i>	P/N	-21,4565	0,0034	8,1585	0,0035
19/09/2019	<i>Solea solea</i>	P/N	-19,9256	0,3604	9,7415	0,3726
19/09/2019	<i>Spio decoratus</i>	DS	-22,1504	0	7,441	0

Date	Taxon	Régime trohique	Moyenne $\delta^{13}C$	Ecart type $\delta^{13}C$	Moyenne $\delta^{15}N$	Ecart type $\delta^{15}N$
19/09/2019	<i>Spisula elliptica</i>	S	-20,0905	0,7727	5,6543	0,2394
19/09/2019	<i>Streblosoma bairdi</i>	DS	-18,7124	0,3284	9,8294	0,7358
19/09/2019	<i>Terebellides stroemi</i>	DS	-18,3526	0	9,2105	0
19/09/2019	<i>Thracia phaseolina</i>	S/DS	-20,7046	0	7,4587	0
19/09/2019	<i>Timoclea ovata</i>	S	-20,8164	0,1067	6,3727	0,1791
19/09/2019	<i>Trachurus trachurus</i>	P/N	-21,7887	0	8,9731	0
19/09/2019	<i>Urothoe pulchella</i>	DSS	-18,0913	0	9,4557	0
19/09/2019	<i>Zeus faber</i>	P/N	-19,0518	0	12,1865	0
19/09/2019	POM fond	source	-22,7952	0,2822	1,7962	0,6155
19/09/2019	SOM	source	-21,0962	0,1256	4,8929	0,0221