

SLAMIR (Suivi des LAMinaires en IRoise)

Etude du réseau trophique associé aux peuplements dominés par *Laminaria hyperborea* en conditions naturelles et exploitées

Dominique Davoult¹, Olivier Bohner¹, Cédric Leroux² & Pascal Riera¹

1. Sorbonne Université, CNRS, UMR 7144 AD2M, Station Biologique, Roscoff
2. Sorbonne Université, CNRS, FR 2424, Station Biologique, Roscoff

Rapport final

Introduction

Rappel des objectifs

L'objectif général du programme SLAMIR est d'apporter des éléments de réponse aux deux questions suivantes :

- Quelle est la fonctionnalité des champs de *Laminaria hyperborea* ?
- Quel est l'impact de l'exploitation goémonière ?

Plus précisément, cette partie vise à rechercher des modifications éventuelles du réseau trophique associé à *Laminaria hyperborea* sous l'influence de la récolte. L'hypothèse ainsi posée fait suite à des observations réalisées précédemment lors du projet Hyperimp (2011-2012), intégré à la thèse de Jean-Charles Leclerc, qui mettaient en évidence que la signature isotopique du carbone et de l'azote de certaines espèces animales de la communauté dominée par *Laminaria hyperborea* étaient significativement différentes entre une zone non exploitée et une zone expérimentale fortement exploitée spécialement pour le projet. L'étude présentée ici se différencie de ces observations préalables parce qu'elle compare des zones non exploitées avec des zones en conditions réelles standard d'exploitation et cible un nombre restreint d'espèces là où le projet Hyperimp établissait également un état des lieux de la diversité algale et animale de la communauté benthique associée à *L. hyperborea*.

L'étude du réseau trophique est réalisée par l'analyse des isotopes stables du carbone et de l'azote qui permet d'identifier (1) la structure globale du réseau trophique (2) les principales sources consommées par

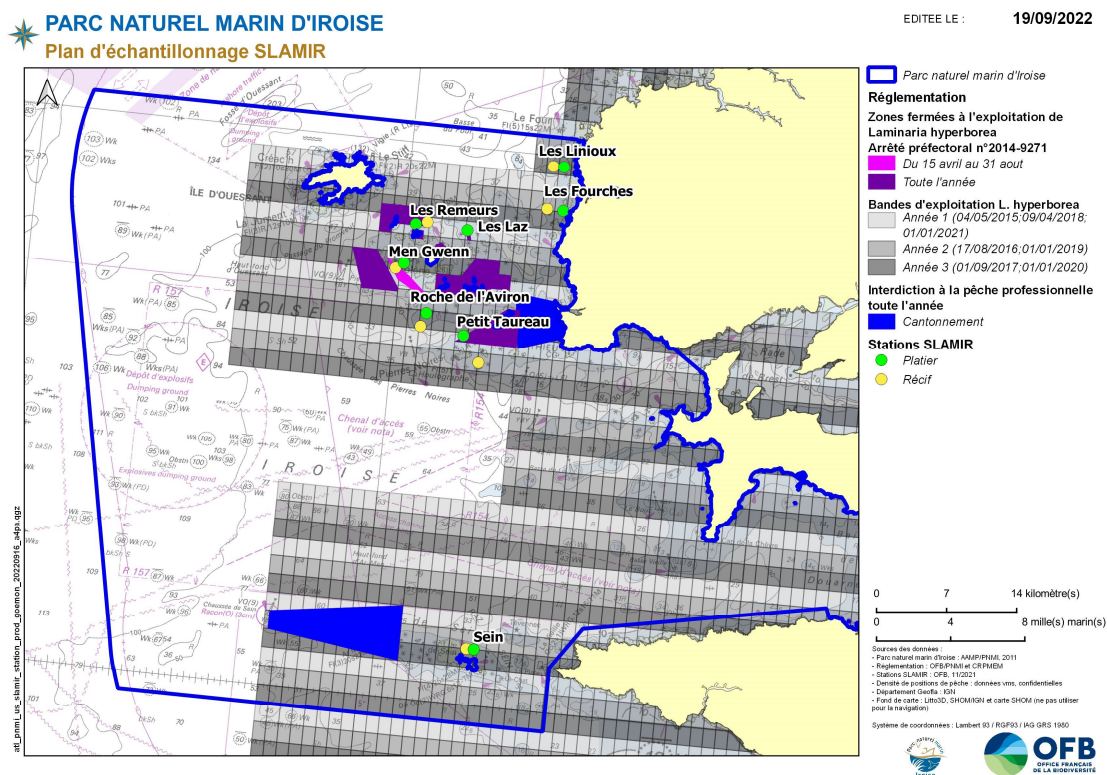
les organismes hétérotrophes (ici la macrofaune benthique composée d'animaux de taille supérieure à 1 mm).

Compte-tenu de la très grande diversité au sein de cette communauté et du coût de l'analyse, il a été décidé de réaliser l'étude sur un choix limité d'espèces représentatives de la communauté et des différents niveaux trophiques.

Matériel & Méthodes

Protocole

Le suivi est réalisé en plongée par la Station Biologique de Roscoff (Service plongée et membres de l'équipe EDYCO – Ecogéochimie et Dynamique des écosystèmes Côtiers), une fois par an et sur deux jours, sur des zones de plateau : une station non récoltée et une station récoltée récemment, à la fois dans la partie Nord (points 1 & 2) de la zone d'étude chaque année et dans la partie Sud (points 3 & 4) en 2018 puis dans la partie Est proche de Lanildut (points 5 & 6), en 2019, 2020 et 2021, soit 4 stations d'échantillonnage chaque année. En outre, en 2021, la station 2 (Men Gwenn) a été remplacée par la station 2bis (les Laz), objet d'une récolte plus conséquente (Fig. 1)



Récapitulatif des stations échantillonnées :

- Station 1 : Les Remeurs, non exploitée
- Station 2 : Men Gwenn, exploitée
- Station 2bis : Les Laz, exploitée (2021 seulement, à la place de la station 2, faiblement exploitée)
- Station 3 : Le Petit Taureau, non exploitée (2018 seulement, abandonnée suite à la découverte de traces d'exploitation)
- Station 4 : Roche de l'aviron, exploitée (2018 seulement, également abandonnée car station miroir de la précédente)
- Station 5 : les Linioux (Nord PNMI), non exploitée (2019, 2020 & 2021)
- Station 6 : Les Fourches, exploitée (2019, 2020 & 2021)

Effort d'échantillonnage

A chaque station, 5 individus de grande taille (canopée, également appelée strate arbustive, $L > 150$ cm) de *Laminaria hyperborea* sont récoltés : le stipe est d'abord coupé à sa base et mis en sac afin de récolter à la fois l'individu et les espèces épiphytes (macroalgues et invertébrés), puis le crampon est détaché du substrat et mis à part dans un autre sac afin de trier au laboratoire la faune spécifique de cette partie de l'algue. 5 individus de petite taille de *L. hyperborea* (sous canopée, également appelée sous-strate, $L < 20$ cm) sont également récoltés (individus entiers, crampon compris). Un échantillonnage de sédiment (environ 200 g) est également réalisé à chaque station.

8 litres d'eau sont prélevés, un échantillon pour la partie Nord et un autre pour la partie Sud ou Est (selon les années) afin de caractériser la signature isotopique des eaux du large et des eaux côtières.

Tri et choix des espèces

Dès le retour au laboratoire, la récolte est triée à l'état frais et des réplicats sont réalisés à chaque station sur les frondes de laminaires ($n = 5$ pour les grandes et les petites laminaires), sur plusieurs macroalgues rouges fixées sur les stipes de laminaires (*Palmaria palmata*, *Phycodrys rubens* et *Rhodomenia pseudopalmata*, $n = 5$ pour chaque) ainsi que sur plusieurs espèces d'invertébrés macrobenthiques, les espèces pouvant varier selon la station et l'année ($n = 3$ à 5 réplicats par espèce). L'objectif est de prendre en compte à chaque station la diversité des sources de nourriture et des régimes alimentaires de la macrofaune locale. Les échantillons ainsi réalisés sont congelés dans l'attente de leur préparation finale pour l'analyse isotopique.

L'eau échantillonnée fait l'objet de deux analyses isotopiques pour chaque partie (Nord et Sud ou Est) de la zone. Le sédiment échantillonné fait l'objet de 3 analyses isotopiques à chaque station.

Rappel du principe de l'analyse isotopique (Fig. 2)

- Un atome peut exister sous différentes formes, appelés isotopes, qui diffèrent par le nombre de neutrons qui le constitue (exemple : ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C , ce dernier étant en outre radioactif, c'est-à-dire non stable)
- La technique de spectrométrie de masse permet de séparer les isotopes d'un même élément et de calculer leur abondance respective, celle-ci est représentée en unité ‰ qui représente la part de l'isotope le plus rare dans la mesure effectuée
- En écologie, C, N, S et O sont très utilisés, C et N étant les principaux parce que caractéristiques de la matière organique (on mesure les rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ et $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$)
- Selon l'origine de la matière utilisée (molécules inorganiques par les producteurs primaires au cours de la photosynthèse, molécules organiques consommés par les animaux), la signature mesurée sera différente et influencera l'ensemble du réseau trophique associé.

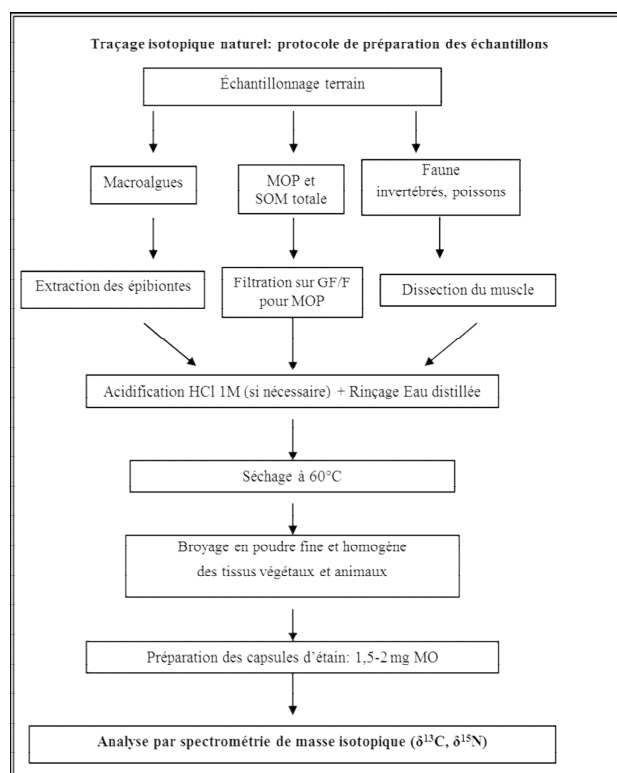


Figure 2. Schéma du traitement des échantillons en vue de leur analyse isotopique. MOP : Matière Organique Particulaire en suspension. SOM : Matière Organique Sédimentée.

Statistiques

Des tests non paramétriques de Scheirer-Ray-Hare ont été réalisés sur les données à 2 facteurs (Nord/Sud et Exploité/Non exploité, par exemple). Les comparaisons 2 à 2 ont été réalisées à l'aide du test non

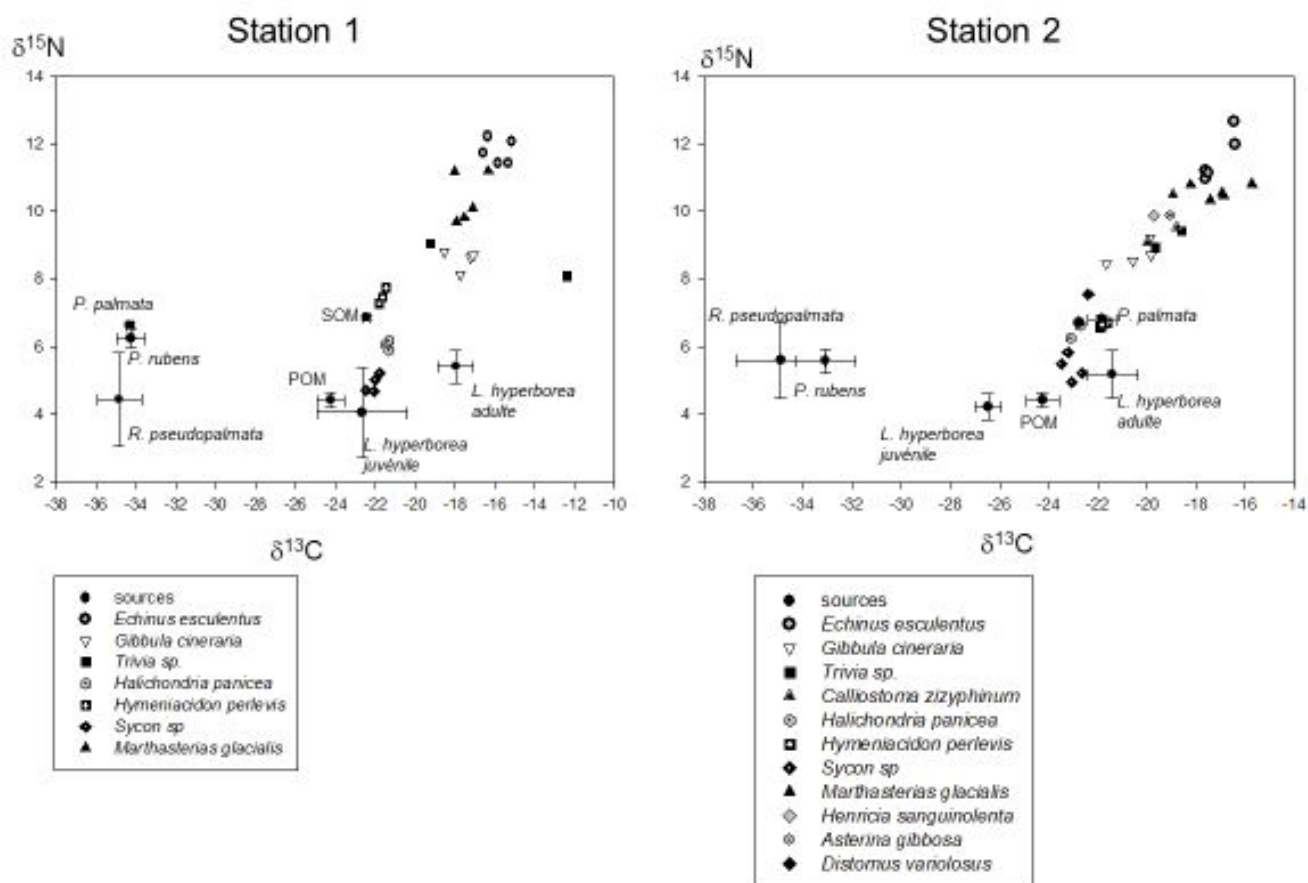
paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney. Enfin, la corrélation linéaire entre la signature de certaines espèces considérées deux à deux (par exemple une source et son consommateur) a été testée sur les données obtenues au cours des 4 années d'étude.

Résultats & Discussion

Les résultats présentés ici sont ceux de l'échantillonnage 2021. Les résultats des années précédentes, déjà présentées dans chaque rapport annuel, sont donnés en annexe.

Ils sont présentés par station, les stations 1 et 2bis de la partie Nord ensemble (Fig. 3) et les stations 5 et 6 de la partie Est ensemble (Fig. 4).

Partie Nord



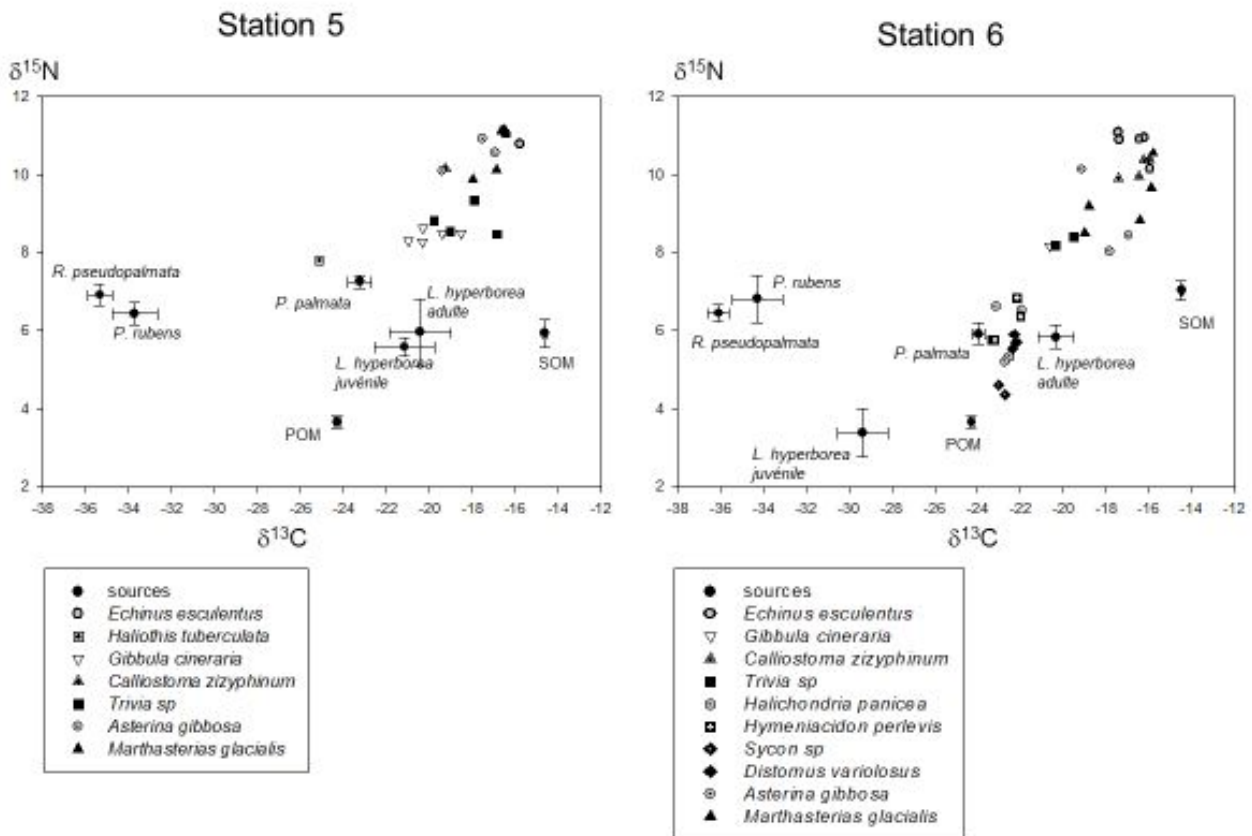


Figure 4. Résultats 2021 des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ (moyenne $\pm$ écart-type) aux stations 5 et 6.

Les sources (matière organique et producteurs primaires)

Comme les années précédentes, on observe une nette différenciation des sources (matière organique particulière de la masse d'eau – POM (considérée comme un proxy du plancton), matière organique du sédiment - SOM, lamineaires grandes et petites, *Palmaria palmata*, *Phycodrys rubens* et *Rhodomenia pseudopalmata*) à la base du réseau trophique sur l'axe des $\delta^{13}\text{C}$, avec une large gamme allant globalement de -38 à -18‰, les algues rouges étant les moins riches en $^{13}\text{C$

$p = 0.325$) mais une différence significative entre sites exploités/non exploités ($p = 0.028$), à l'inverse des résultats de 2020. Au contraire, les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ sont différentes entre Nord et Est (Scheirer-Ray-Hare, $p = 0.028$) et non différentes entre sites exploités/non exploités ($p = 0.650$).

Les **Laminaires juvéniles** ne montrent pas de différences en $\delta^{13}\text{C}$ entre Nord et Est ($p = 0.650$), mais une nette différence entre sites exploités/non exploités (Scheirer-Ray-Hare, $p < 0.001$ à chaque test). Les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ montrent les mêmes tendances : pas de différence entre sites Nord et Est ($p = 0.705$), différences significatives entre sites exploités/non exploités ($p = 0.028$). Comme les années précédentes, sur toutes les stations, les Laminaires adultes sont toujours plus enrichies en ^{13}C que les laminaires juvéniles.

Il n'y a pas d'hypothèse évidente pour expliquer ces différences chez les laminaires entre sites mais on peut suggérer des apports terrigènes saisonniers, en particulier hivernaux, plus importants aux stations 5 et 6 qu'aux stations 1 et 2 ainsi que des disponibilités différentes du carbone inorganique dissous pour les algues aux stations du large et de la côte, même si aucune différence de signature n'a pu être mise en évidence entre la POM du large et celle de la côte dans nos prélèvements. Il faut cependant considérer que la signature mesurée dans les macroalgues résulte d'une intégration dans le temps de plusieurs mois alors que celle de la POM est une valeur instantanée qui ne dit rien des apports à d'autres périodes ni des variations saisonnières des apports côtiers.

Au niveau des **algues rouges**, *Palmaria palmata* montre des différences de $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ entre sites exploités/non exploités (Scheirer-Ray-Hare, $p = 0,034$ et $p = 0,058$ respectivement).

Rhodomenia pseudopalmata ne montre pas de différence de $\delta^{13}\text{C}$ entre les Nord et Est (Scheirer-Ray-Hare, $p = 0,104$) ni entre sites exploités/non exploités ($p = 0,088$). Les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ sont en revanche différentes entre Nord et Est et ($p < 0,001$) mais pas entre sites exploités/non exploités ($p = 0,820$).

Phycodrys rubens ne montre des différences de $\delta^{13}\text{C}$, ni entre Nord et Est ($p = 0,496$), ni entre sites exploités/non exploités ($p = 0,545$). Les $\delta^{15}\text{N}$ sont différents entre Nord et Est ($p = 0,010$) mais pas entre sites exploités/non exploités ($p = 0,325$).

La matière organique en suspension (**POM**), considérée ici comme un proxy du phytoplancton, montre des $\delta^{13}\text{C}$ proches de -24‰ sur l'ensemble de la zone d'étude, valeur typiquement marine et sans influence terrigène. Cette POM est toujours proche de la base du réseau trophique pour les 4 stations, comme observé en 2020 mais ne semble pas constituer la seule source à la base des réseaux trophiques. Les macroalgues, et notamment cette année

Les valeurs de SOM sont très variables et, comme les années précédentes, ne semblent pas contribuer au réseau trophique de la communauté macrobenthique.

Les consommateurs

Echinus esculentus

On n'observe pas de différence de $\delta^{13}\text{C}$ des **oursins** entre sites exploités/non exploités ni entre Nord et Est (Scheirer-Ray-Hare, $p > 0,40$ pour les deux tests). Seuls les $\delta^{15}\text{N}$ montrent une différence entre sites exploités/non exploités ($p = 0,043$). Résultat inverse à 2019 et 2020, qui montre qu'il peut exister une variabilité inter annuelle des compositions isotopiques des animaux, tout comme on l'observe aussi cette année pour les algues, notamment les laminaires, par rapport aux années précédentes.

A toutes les stations, et comme les années précédentes, les oursins *Echinus esculentus* ont toujours une position claire de carnivores, au sommet du réseau trophique. On peut en conclure que les oursins, ici, ne se nourrissent majoritairement pas par broutage des laminaires ou autres algues, mais plutôt sur les consommateurs primaires, c'est à dire la petite faune sessile (par exemple balanes et Bryozoaires) associée aux laminaires. Ces données confirment encore une fois le caractère indicateur des oursins qui, du fait de leur position élevée, intègrent en quelque sorte les variations locales et interannuelles de l'ensemble du réseau trophique.

Les autres consommateurs

L'**étoile de mer** *Marthasterias glacialis* ne montre pas de $\delta^{15}\text{N}$ différents entre Nord et Est ni entre sites exploités/non exploités (Scheirer-Ray-Hare, $p = 0,2$). Son $\delta^{13}\text{C}$ ne montre pas de différence entre Nord et Est ni entre sites exploités/non exploités ($p > 0,40$). Elle montre une position élevée proche des oursins, bien que légèrement inférieure. Comme l'an dernier, les étoiles de mer adultes ont des compositions isotopiques similaires sur les 4 sites, potentiellement liées à leur mobilité importante.

Pour le **gastéropode brouteur** *Gibbula cineraria* (maintenant *Steromphala cineraria*), on observe une différence en $\delta^{13}\text{C}$ entre Nord et Est et sites exploités/non exploités (Scheirer-Ray-Hare, $p = 0,02$ et $p = 0,01$, respectivement). Leurs $\delta^{15}\text{N}$ ne montrent aucune différence. Cette espèce confirme son potentiel indicateur de différences potentielles entre sites, ce qui tient sans doute à sa faible mobilité géographique et l'utilisation de sources trophiques locales.

L'**éponge** *Halichondria panicea*, bien représentée sur les sites 1, 2 et 6 cette année, ne montre pas de différences significatives en $\delta^{15}\text{N}$ entre sites (Kruskal-Wallis, $p = 0,083$) mais des différences nettes en $\delta^{13}\text{C}$ (Kruskal-Wallis, $p = 0,020$). La position des éponges sur les 4 sites montre bien leur dépendance vis

à vis du phytoplancton, avec la possibilité de petites variations entre sites sur le $\delta^{13}\text{C}$, ce qui suggère qu'elles peuvent aussi se nourrir en partie sur de la matière organique détritique dérivée des macroalgues.

Globalement, on constate par rapport aux années précédentes qu'il peut exister une certaine variabilité inter annuelle, à la fois au niveau des algues et des invertébrés, ceci même si l'allure générale des réseaux trophiques reste toujours la même. Cette année, les différences sont globalement moins marquées que les années précédentes entre Nord et Est et entre sites exploités/non exploités.

Comme les années précédentes, on ne voit toujours pas de tendance claire entre Nord/Est ou entre sites exploités/non exploités au niveau de l'ensemble des réseaux trophiques.

Cette année, les 4 figures montrent bien **un continuum d'espèces** à partir de la base représentée par les filtreurs jusqu'au sommet avec les grandes étoiles de mer et les oursins. Ce continuum traduit bien le degré d'omnivorie important de ces réseaux trophiques qui montre (1) la diversité des niveaux trophiques et (2) la diversité des modes d'alimentation et des régimes alimentaires sur ces sites, exploités ou non. On ne peut donc pas considérer que l'exploitation a un impact sur la structure globale du réseau trophique des communautés locales.

Tendances pluriannuelles, recherche de corrélations sur l'ensemble des résultats obtenus de 2018 à 2021

Nous avons essayé de dégager des tendances à l'échelle des 4 années d'observation qui nous donnent un jeu de données assez important.

Nous n'avons pas pu mettre en évidence de différence systématique entre zones exploitées et zones non exploitées. En revanche, au cours des 4 années, nous avons pu souvent mettre en évidence une différence significative de signature isotopique pour la matière organique particulaire de la masse d'eau entre la zone du large (partie Nord) et la zone plus côtière (Sud en 2018 et Est les autres années). La figure 5 illustre cette régularité.

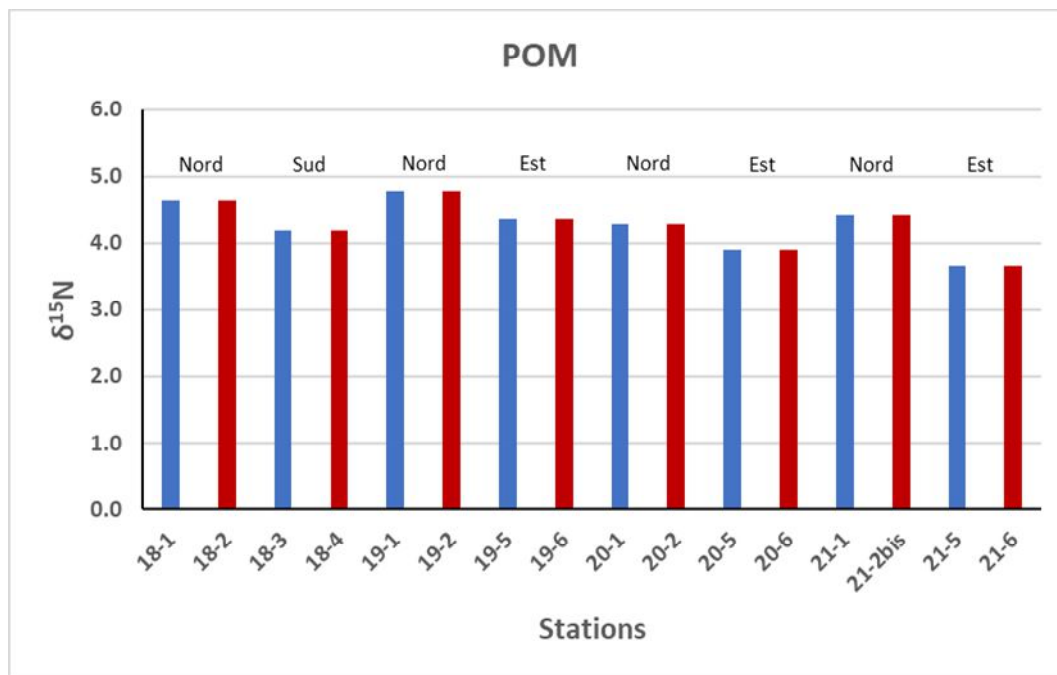
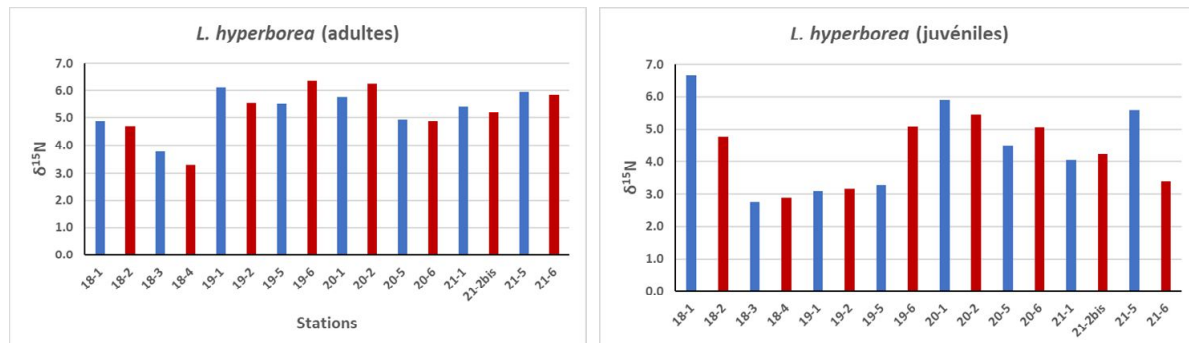


Figure 5. Variations spatiales et temporelles du $\delta^{15}\text{N}$ de la matière organique particulaire (POM) de la masse d'eau. En bleu, les valeurs des stations non exploitées, en rouge, celles des stations exploitées.

En revanche, aucune régularité systématique n'a pu être mise en évidence pour *L. hyperborea*, que ce soit entre la côte et le large ou entre sites exploités et non exploités. Au contraire, une certaine variabilité apparaît, importante pour les jeunes individus (Fig. 6).



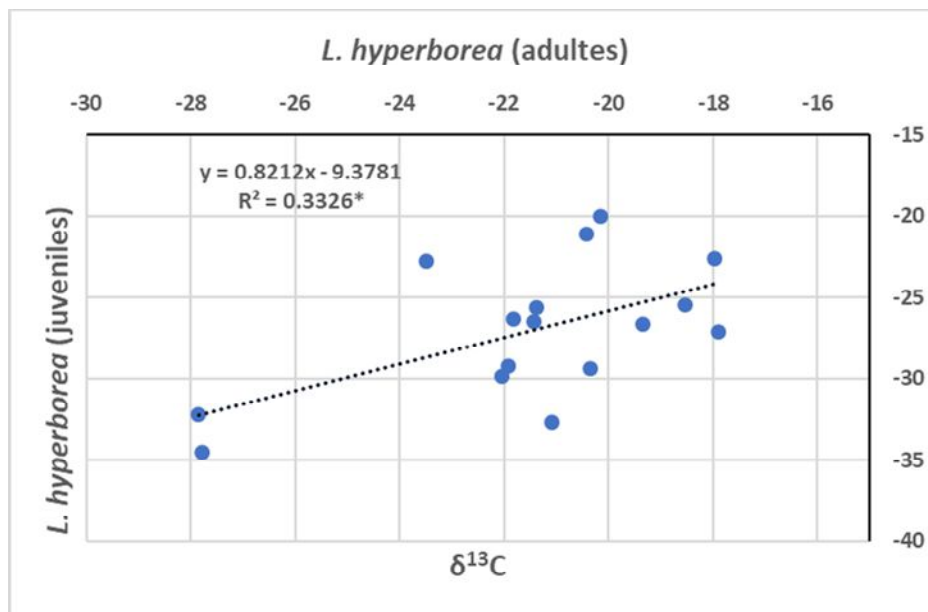


Figure 7. Corrélation linéaire entre les signatures isotopiques du carbone des laminaires juvéniles (stipe < 20 cm) et adultes (stipe > 150 cm). * : $P < 0,05$.

Palmaria palmata, algue rouge épiphyte sur le stipe de *L. hyperborea*, est considérée comme une source favorable aux brouteurs. La forte corrélation avec l'oursin *E. esculentus* (Fig.8) semble indiquer, bien que la signature en azote de celui-ci le place plutôt comme principalement carnivore en Mer d'Iroise, l'effective omnivorie de l'espèce et/ou une prédation sur des espèces elles-mêmes fortement influencées par cette algue à forte valeur nutritive.

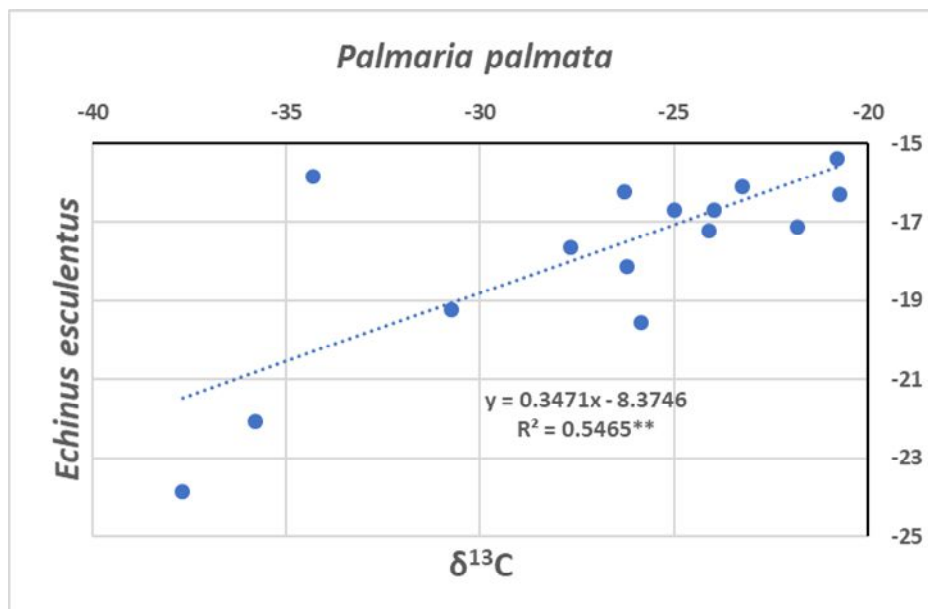


Figure 8. Corrélation linéaire pour le $\delta^{13}\text{C}$ entre l'algue rouge *P. palmata* et l'oursin *E. esculentus*. ** : $P < 0,01$.

Les deux espèces situées les plus hauts en $\delta^{15}\text{N}$ sur l'ensemble des résultats et donc considérées comme carnivores, sont fortement corrélées pour le $\delta^{13}\text{C}$ (Fig. 9).

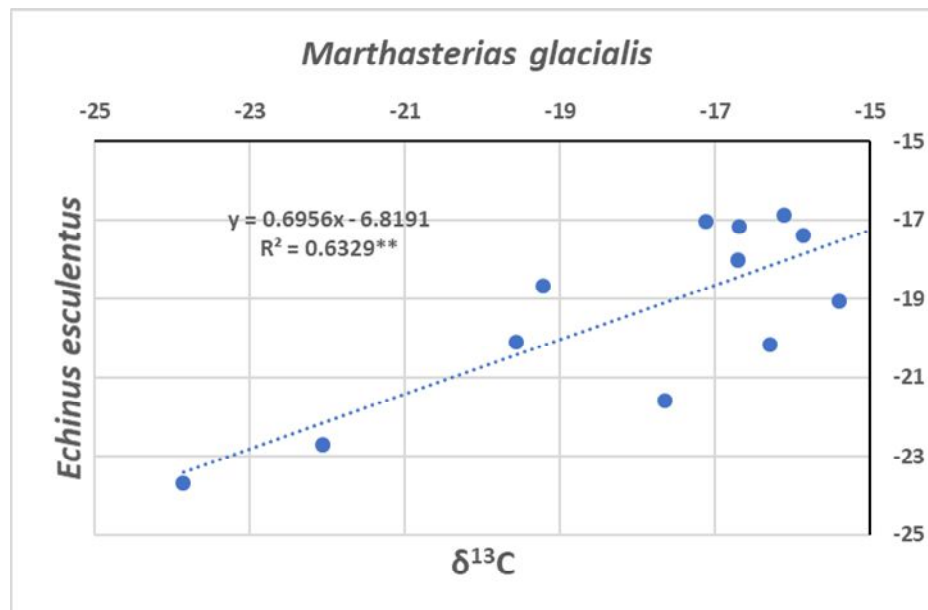


Figure 9. Corrélation linéaire pour le $\delta^{13}\text{C}$ entre l'étoile de mer *M. glacialis* et l'oursin *E. esculentus*. **: $P < 0,01$.

On retrouve la même tendance entre *E. esculentus* et l'étoile de mer *Asterina gibbosa* (Fig. 10).

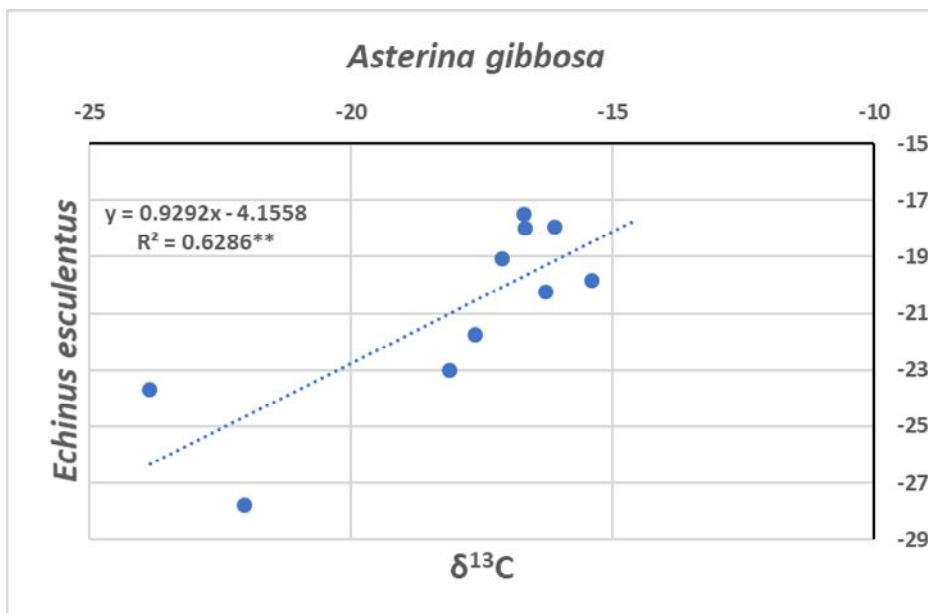


Figure 10. Corrélation linéaire pour le $\delta^{13}\text{C}$ entre l'étoile de mer *A. gibbosa* et l'oursin *E. esculentus*. **: $P < 0,01$.

Plusieurs corrélations significatives ont été mesurées entre la matière organique particulaire (POM) de

la masse d'eau et plusieurs espèces filtreuses, pour l'azote et le carbone, comme ci-dessous (Fig. 11) pour le mollusque bivalve *Anomia ephippium* récolté sur le stipe des laminaires.

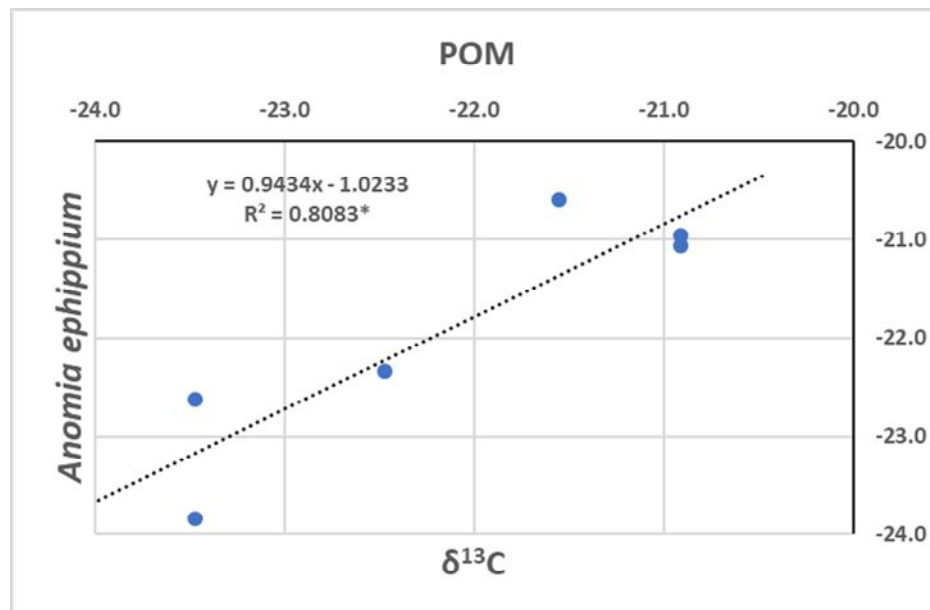
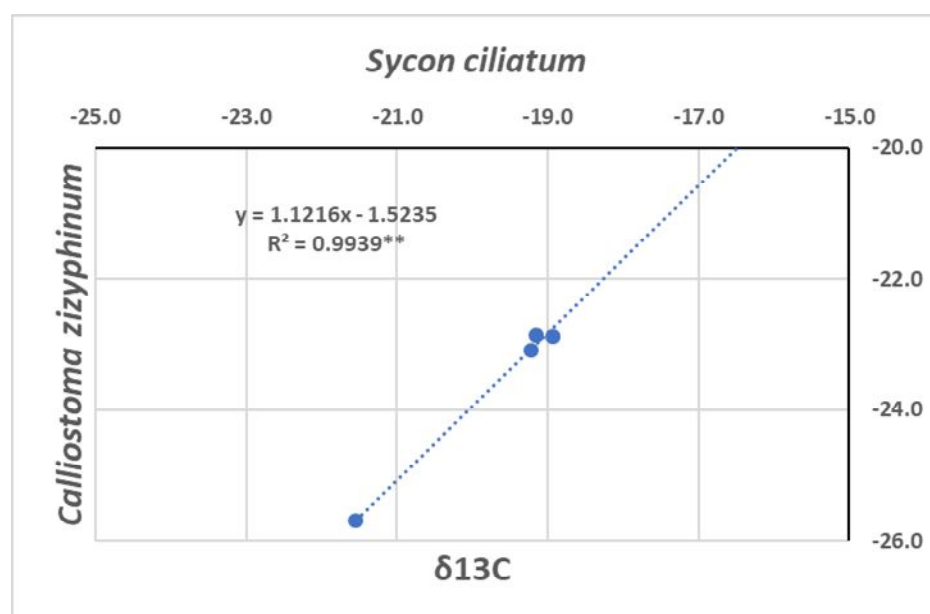


Figure 11. Corrélation linéaire pour le $\delta^{13}C$ entre le POM et le mollusque bivalve *Anomia ephippium*. * : $P < 0,05$.

Le gastéropode *Calliostoma zizyphinum* est considéré comme un organisme brouteur utilisant sa radula pour consommer des microalgues mais aussi des animaux coloniaux fixés comme les éponges. Ici, une forte corrélation a été mise en évidence entre la signature pour le carbone des 2 espèces (Fig. 12).



Enfin, la corrélation la plus robuste a été calculée pour l'azote entre les laminaires juvéniles et l'étoile de mer carnivore *M. glacialis* (Fig. 13), ce qui peut sembler étonnant. Il est à noter que l'étoile de mer a été récoltée systématiquement sur le substrat et se déplace entre les stipes des grandes laminaires qu'elle escalade rarement. Cette corrélation peut indiquer que les proies principales de cette espèce sont généralement situées au sol ou sur les jeunes laminaires donc, d'une part à portée de l'espèce et, d'autre part que celles-ci se nourrissent au moins en partie par broutage sur ces jeunes laminaires. Utile rappel qu'une corrélation ne mesure pas toujours une relation directe de cause à effet mais aussi des relations indirectes, voire des relations fortuites.

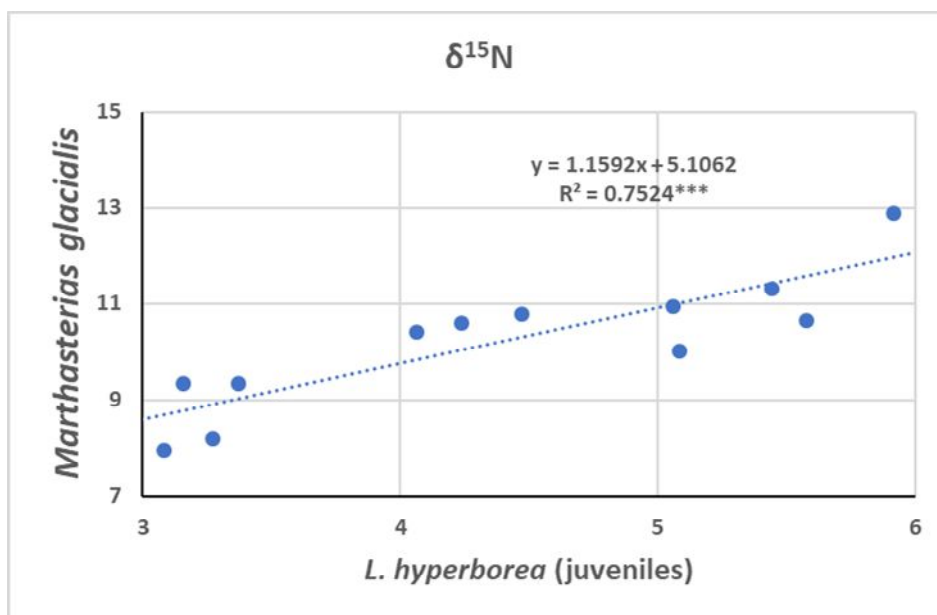


Figure 13. Corrélation linéaire pour le $\delta^{15}\text{N}$ entre les laminaires juvéniles et l'étoile de mer *M. Glacialis*.
*** : $P < 0,001$.

Discussion sur les 4 années de suivi

L'ensemble des résultats obtenus sur les 4 années de suivi ne permet pas de valider l'hypothèse de départ, à savoir une modification significative, liée à l'exploitation, de la signature isotopique des espèces communes du réseau trophique de la communauté macrobenthique associée aux champs de *L. hyperborea*. On ne constate pas non plus de modification de la structure générale des réseaux trophiques.

Chaque année, une partie des résultats met en évidence des différences significatives entre sites exploités et non exploités mais, d'une part, celles-ci sont du même ordre de grandeur que celles observées entre côte et large (Nord et Sud en 2018, Nord et Est les autres années) et, d'autre part, ces

différences ne sont pas constantes d'une année à l'autre et témoignent davantage d'une assez forte variabilité de la signature de ces espèces, certainement due à la variabilité saisonnière et inter-annuelle des apports de carbone et d'azote intégrés au cours des mois précédant l'échantillonnage par les espèces analysées (variabilité climatique et des apports terrigènes, notamment).

Une certaine variabilité a d'ailleurs été observée quant à la composition des espèces épiphytes trouvées sur les stipes de laminaires adultes, avec une dominance de faune sessile (dont des ascidies coloniales) en 2018 et une dominance des algues rouges ensuite, de 2019 à 2021, ce qui témoigne des différences de recrutement et de développement des espèces d'une année à l'autre.

Cet écart avec les observations réalisées en 2011 et 2012 peut s'expliquer par un niveau d'exploitation relativement faible sur les zones exploitées suivies au cours de ces 4 années. Cet impact relativement faible avait déjà été observé lors des plongées d'échantillonnage, il est confirmé par les estimations réalisées par Ifremer (données Martial Laurans) qui mettent en évidence des taux d'exploitation de 0 à 14%. Ce faible taux peut expliquer l'absence apparente d'impact sur le réseau trophique global et sur le régime alimentaire des espèces récoltées qui, même en zones exploitées, vivent dans un environnement dans lequel leurs sources habituelles de nourriture sont toujours disponibles.

Les différences les plus importantes et les plus constantes ont caractérisé un possible effet côte-large entre les stations Nord et Sud en 2018 puis Nord et Est les autres années. Elles peuvent s'expliquer par des différences d'apports en carbone et azote, en partie d'origine continentale en zone côtière.

Enfin, à l'échelle des 4 années, on note un certain nombre de corrélations interprétables qui confirment, (1) pour les espèces situées en haut de l'échelle trophique un certain niveau d'omnivorie, même pour celles considérées comme carnivores (ex. forte corrélation entre l'étoile de mer *Marthasterias glacialis* et l'oursin *Echinus esculentus*, la première considérée comme espèce prédatrice, mais à un niveau légèrement moins élevé ici qu'*E. esculentus*, considéré comme omnivore et au régime alimentaire très plastique, (2) pour les espèces suspensivores inféodées au milieu et notamment au stipe de *L. hyperborea*, un lien fort avec la matière particulaire de la masse d'eau.

Conclusion

La fonctionnalité de *Laminaria hyperborea* est d'abord son rôle, en tant qu'espèce fondatrice, d'habitat : modification de l'hydrodynamisme et de l'éclairement, support de fixation pour le stipe, création de microhabitats pour le crampon. Cependant, en complément de ce rôle clé d'habitat, les résultats de structure globale du réseau trophique montrent que l'espèce enracine avec la POM (matière particulaire en suspension dans la colonne d'eau) le réseau trophique principal de la communauté benthique. L'omnivorie semble partagée par un nombre important d'espèces de la

communauté qui consomment à la fois des macroalgues, le biofilm (complexe de microorganismes : microphytobenthos, bactéries, virus) associé au thalle de celles-ci et de la petite faune mobile ou fixée (balanes, espèces encroûtantes d'éponges, de bryozoaires, d'ascidies) se développant notamment sur le stipe. Les algues rouges épiphytes se développant de façon caractéristique sur le stipe de *L. hyperborea* sont à l'origine de réseaux trophiques associés, par exemple *Palmaria palmata*, considérée comme une source privilégiée pour de nombreux herbivores comme l'ormeau *Haliotis tuberculata* mais pouvant également être consommée par un omnivore comme l'oursin *E. esculentus*, ou encore l'association forte (voire la dépendance trophique) observée en 2020 entre l'algue rouge épiphyte *Rhodomenia pseudopalmata* et le lièvre de mer *Aplysia sp.*

De ces observations, on peut conclure que la disparition de *Laminaria hyperborea* ou son remplacement partiel par une autre espèce changerait en profondeur la structure et le fonctionnement de la communauté. En effet, le remplacement de *L. hyperborea* par une espèce de taille comparable, par exemple *Saccorhiza polyschides*, se traduirait, à défaut d'un changement de régime hydrodynamique (quoique cette dernière soit annuelle !), par une très forte perte de diversité associée au stipe et au crampon.

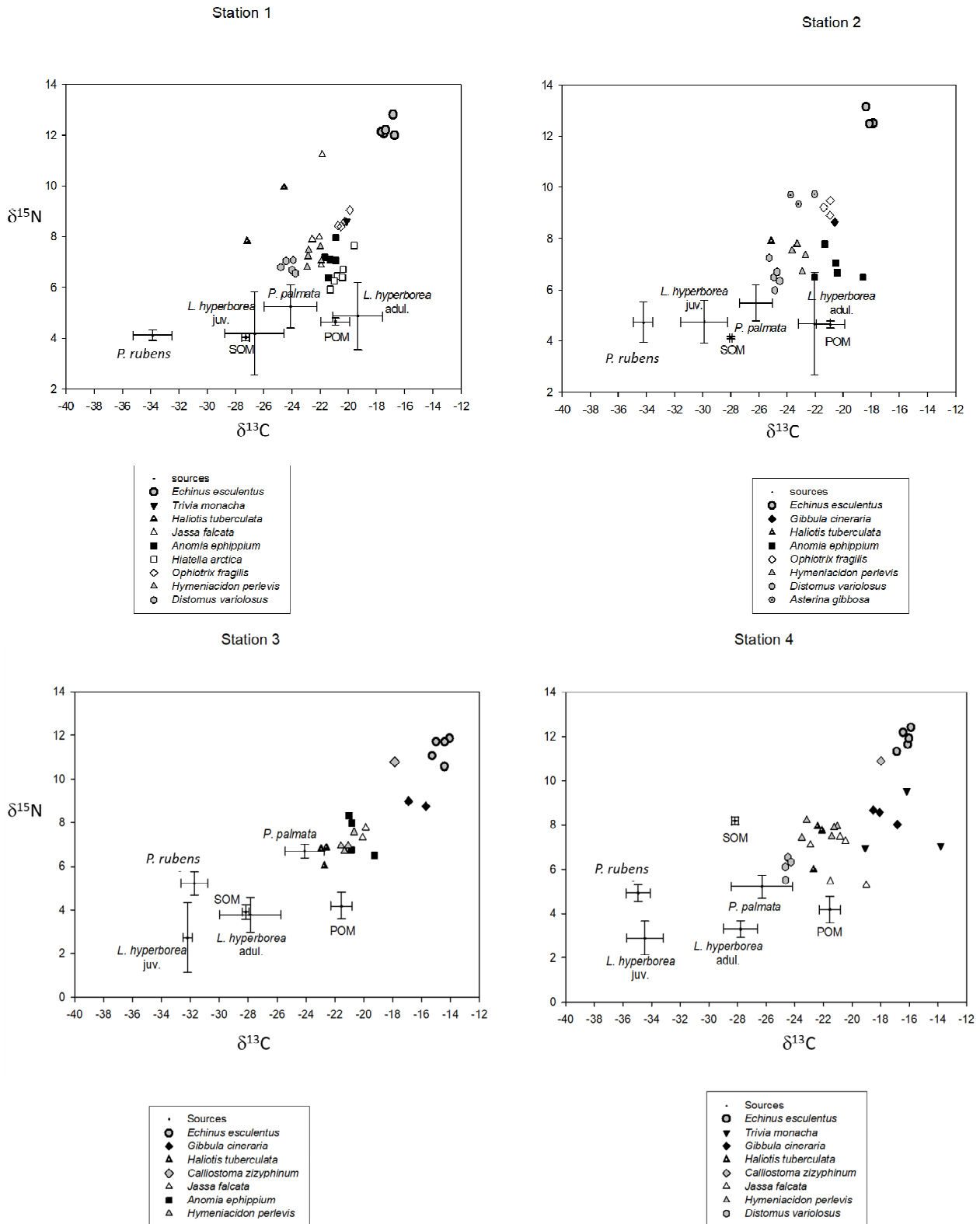
L'hypothèse principale qui avait motivé notre étude, suite aux résultats du programme Hyperimp, à savoir une modification du réseau trophique en conditions exploitées, n'est pas validée, peut-être en raison des niveaux d'exploitation finalement assez faibles relevées sur les zones étudiées. Si la différence observée entre les deux études est bien due à un niveau d'exploitation du stock de laminaires différent, important dans les conditions expérimentales du programme Hyperimp, faible à moyen en conditions réelles d'après les données disponibles, il s'agit plutôt d'une bonne nouvelle pour le fonctionnement actuel de la pêche.

Il semble pertinent à l'avenir (1) de mettre en place un suivi à long terme impliquant chaque année ou tous les deux ans une station de référence jamais exploitée (par exemple la station 1, Les Remeurs) et une station située dans une bande exploitée en fonction de l'estimation du taux d'exploitation, (2) d'exploiter dès la fin de chaque saison de récolte les données déclaratives afin d'estimer des taux d'exploitation les plus précis possibles.

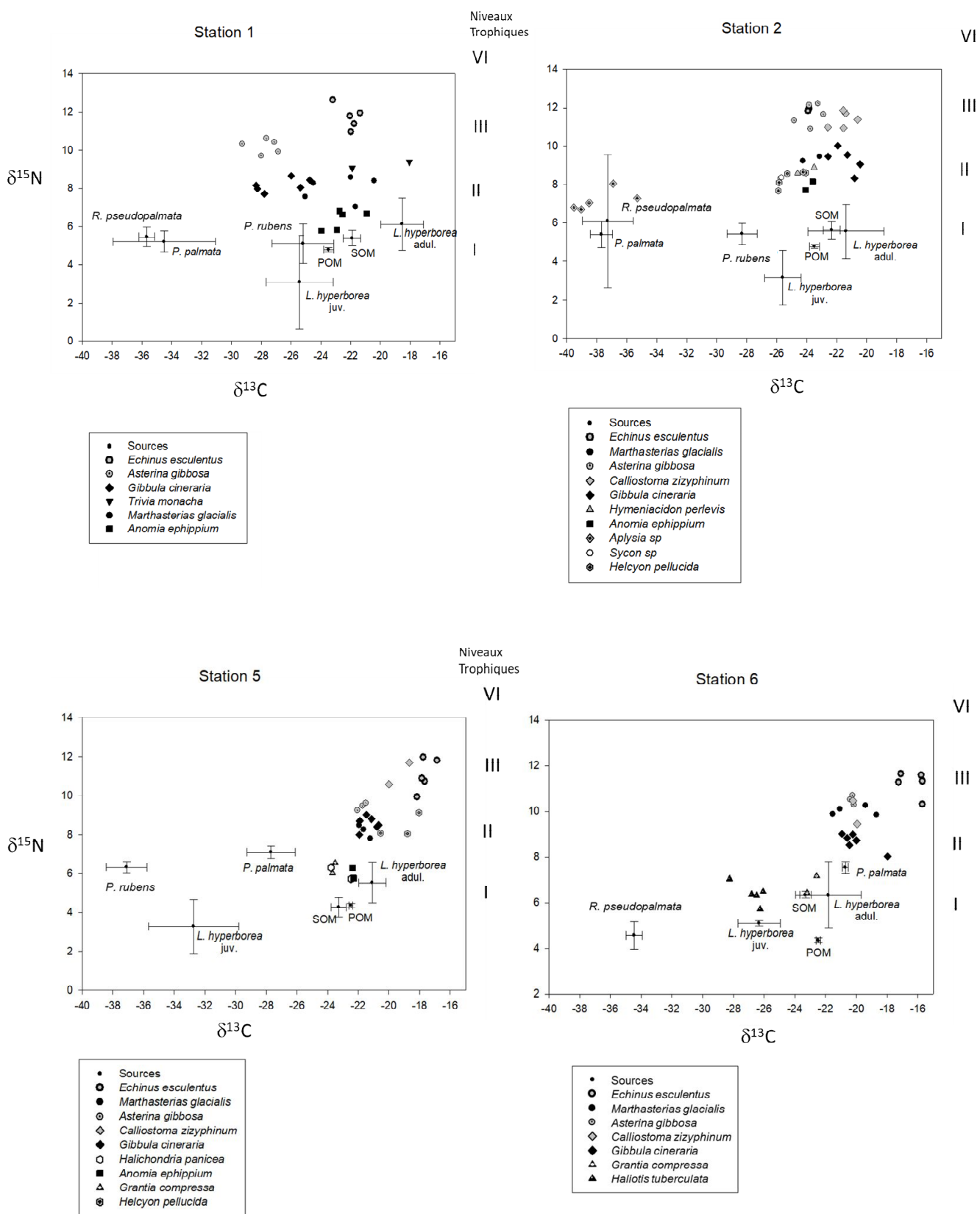
Annexe

Graphes des réseaux trophiques par station obtenus en 2018, 2019 et 2020

2018



2019



2020

