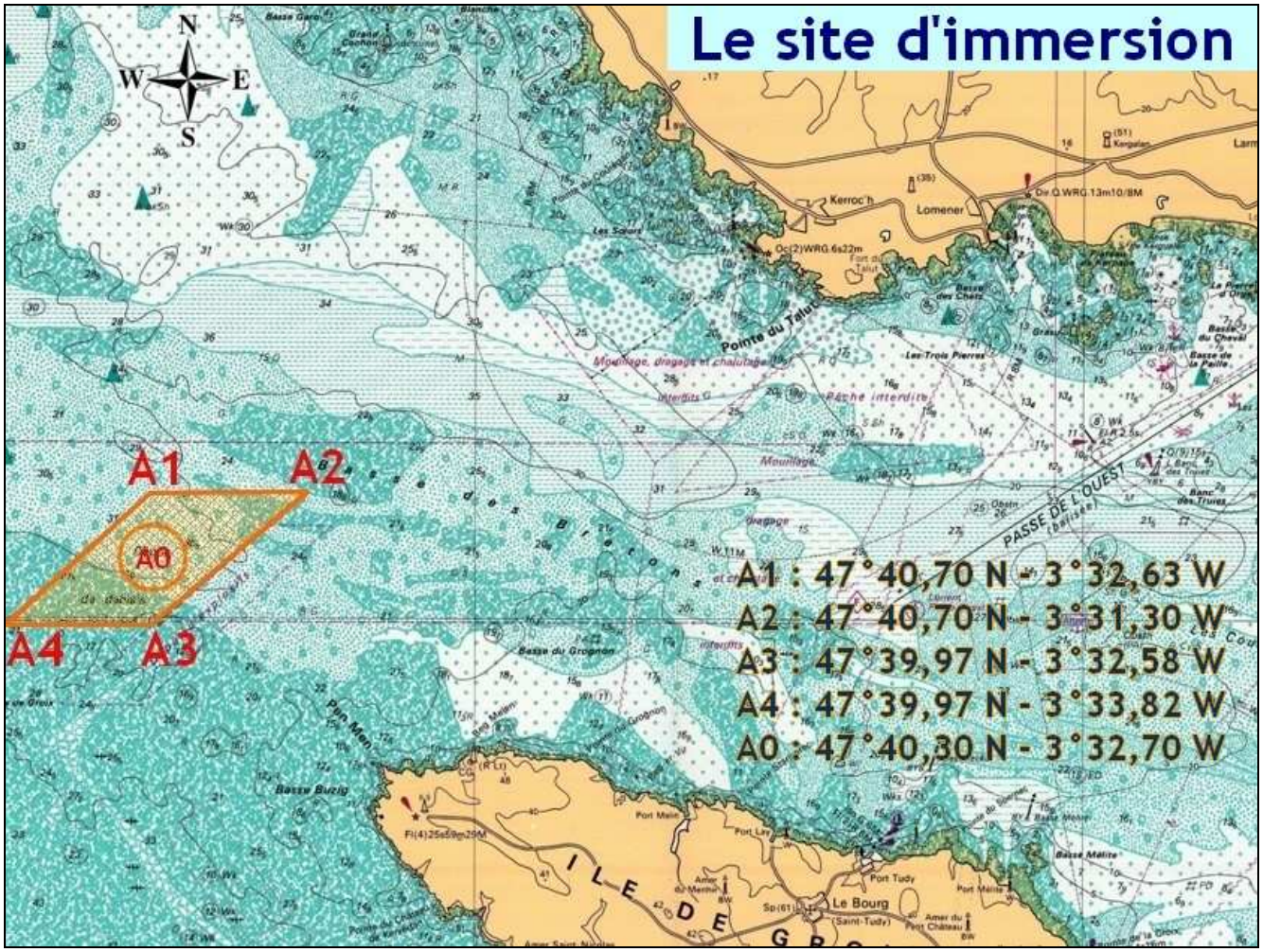
Direction des
Ports, Aéroports et
du Fret

Antenne Portuaire
et Aéroportuaire
de Lorient

SUIVI DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX



SUIVI 2015

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Rapport 2015

- 1 : Rapport d'étape
- 2 : Fiches de protocole
- 3 : Bathymétrie
- 4 : Plongées phase 1
- 5 : Plongées phase 2
- 6 : Expertise Bureau d'études COCHET
- 7 : Expertise MNHN
- 8 : Chimie et peuplement benthique
- 9 : Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues Subtidales »

Annexes 2015

- DVD1 : Vidéo du point Kerroc'h
- DVD2 : Vidéo du site d'immersion
- CD3 : Documents annexes
    - Analyses de laboratoire
    - Chimie et peuplement benthique
    - Surveillance des clapages

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

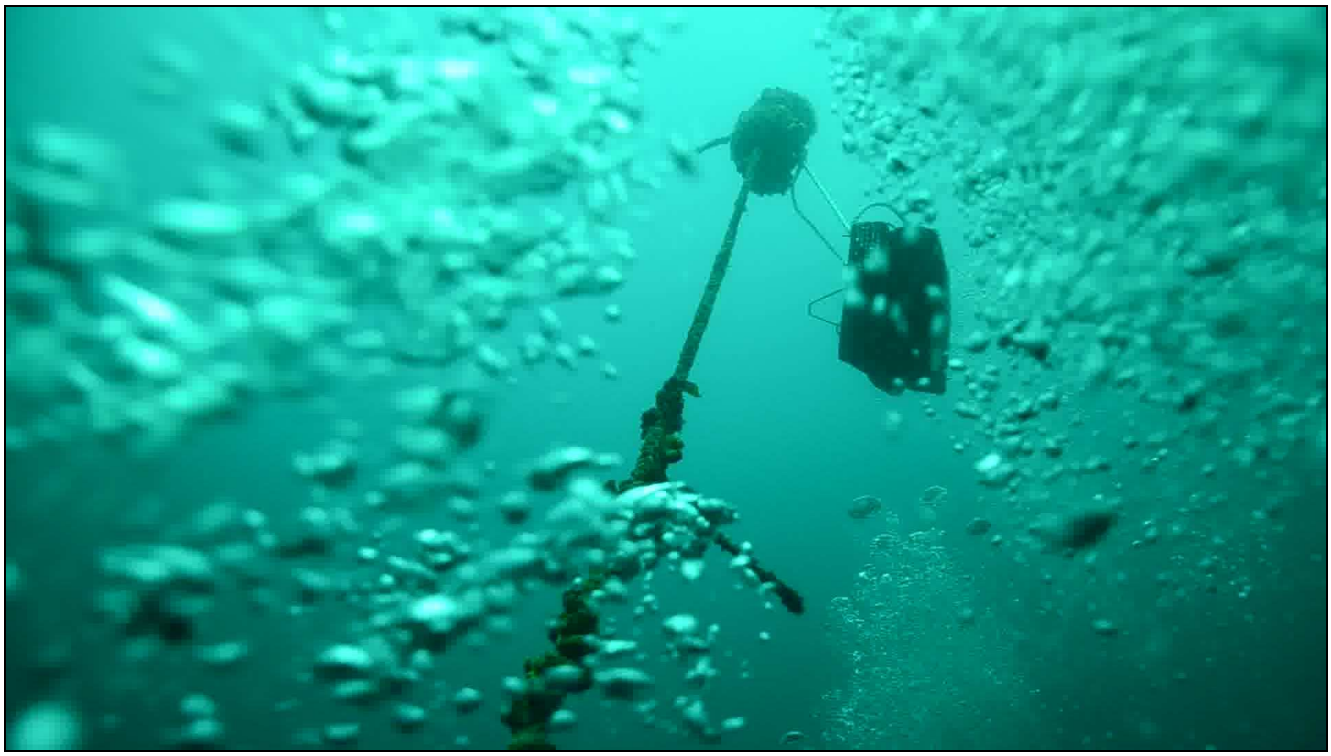
Partie n°1

Rapport d'étape

Direction des Ports
Aéroports et du
fret

Antenne Portuaire
et Aéroportuaire
de Lorient

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION AU LARGE DE GROIX



Rapport d'étape pour la période 2014-2015

Septembre 2016

Sommaire

1 Historique 3
2 Le suivi du site d'immersion 2015 4
2.1 Le levé bathymétrique annuel 5
2.2 Rapport de plongée 6
2.2.1 Première phase 6
2.2.2 Deuxième phase 6
2.3 Expertise sur sédiments et coquillages 7
2.3.1 Analyse des sédiments 7
2.3.2 Le suivi biologique 8
2.3.3 Expertise des laminaires nécrosées 10
2.4 Expertise des vidéos 11
2.5 Le compartiment « chimie et peuplement benthique » 12
2.5.1 Méthodologie 13
2.5.2 Résultats de la surveillance 2015 13
2.6 Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « macroalgues subtidales » 14
3 Le suivi des immersions 16
3.1 Intégration du suivi dans les arrêtés d'autorisation 16
3.2 Suivi des travaux de dragage et d'immersion 16
3.3 Travaux de dragage et d'immersion pour la période 2014-2015 16
3.4 Récapitulatif des volumes de matériaux immergés 16
4 Conclusions 17
Récapitulatif des volumes immergés depuis 1997 19

1 Historique

Le choix du site

Dès 1990, le site d'immersion utilisé depuis l'après guerre soulevant une forte opposition locale, il fut envisagé de trouver un nouveau site adapté. Après une large concertation, menée entre 1992 et 1994 sous l'égide de la sous-préfecture de LORIENT et la mise en place d'un groupe de pilotage, une étude d'impact des sites potentiels fut réalisée et présentée en 1996 aux élus et administrations.
Les conclusions de cette étude ont conduit le groupe de pilotage à retenir le site A actuellement utilisé.

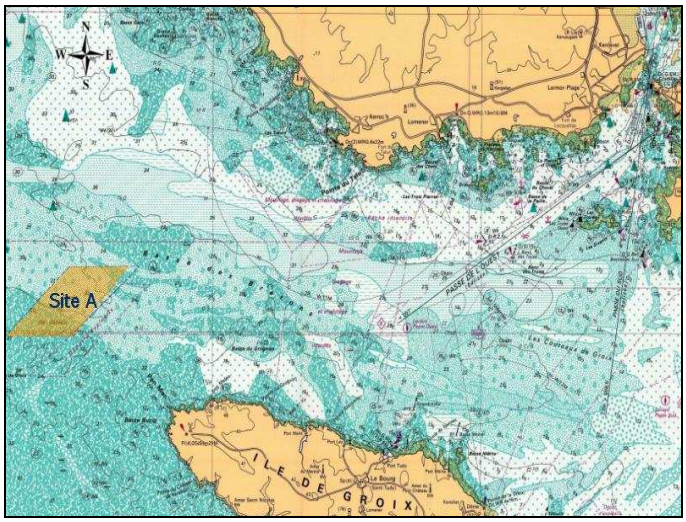


Figure 1 : site retenu après étude

Ce site d'immersion au nord-ouest de l'ÎLE DE GROIX est donc utilisé depuis 1997 pour accueillir les déblais de dragages des ports de la rade de LORIENT ; sa durée d'exploitation a été estimée à 30 ans pour un volume moyen annuel de sédiments immergés de 200 000 m³.

La mise en place du suivi

A partir de l'an 2000, afin d'évaluer un éventuel impact sur le milieu récepteur, un programme annuel de surveillance du site a été mis en place puis, en janvier 2005, sur proposition du président du conseil départemental d'hygiène, un comité de suivi du site a été créé.

Le suivi annuel du site d'immersion comprend les opérations suivantes :

- un levé bathymétrique annuel pour comparaison des fonds,
- une vidéo annuelle des fonds marins de la zone,
- un suivi biologique annuel,
- un suivi des opérations de dragages et immersion (permis d'immersion, cahier des charges des opérations, volumes dragués, routes des chalands et points de clapage).

Reconduit chaque année, ce suivi permet ainsi d'avoir une bonne connaissance de l'évolution du site par comparaison des résultats de l'année N avec ceux de l'année N-1.

Ces opérations sont, depuis le 1er janvier 2007 et le transfert du port de Lorient au Conseil Régional de BRETAGNE, réalisées et/ou encadrées par l'Antenne Portuaire et Aéroportuaire de LORIENT, en collaboration avec le service de la Police de l'Eau du littoral et jusqu'en 2013 de l'IFREMER. La plupart des moyens, matériels et humains, nécessaires à la réalisation de ce suivi sont fournis par des prestataires extérieurs, la Région BRETAGNE assurant la gestion et la coordination des diverses interventions.

Les suivis des précédentes années

Le premier suivi, effectué en 2001-2002, a donné lieu à un état « zéro » du site en juin 2002 et à l'immersion des premiers coquillages destinés au suivi biologique.

Le second suivi, effectué sur la période 2002-2003, a permis d'effectuer les premières comparaisons vidéo et les premières analyses sur les organismes vivants mis à l'eau en 2002 ; les résultats n'ont pas révélé d'impact néfaste sur le milieu à proximité du site.

Les résultats du suivi de la période 2003-2004 n'ont pas mis en évidence d'impact préjudiciable sur l'environnement à proximité de la zone d'immersion.

Sur le suivi de la période 2004-2005, en complément des opérations déjà formalisées, six nouveaux points de suivi ont été répartis entre le site d'immersion et la côte de Ploemeur. L'examen des différents résultats et mesures n'a pas révélé d'impact préjudiciable sur l'environnement à proximité de la zone d'immersion.

Les résultats du suivi des périodes suivantes, en dehors de quelques anomalies ponctuelles difficilement imputables aux immersions des déblais de dragages, ont confirmé ceux des années antérieures : pas d'altération significative du milieu sous-marin à proximité de la zone d'immersion pour les compartiments faune, flore et sédiments.

Le suivi réalisé au cours de l'été 2015 couvre la période d'immersion comprise de septembre 2014 à juin 2015. En 2015, 70 381m³ de déblais, issus des dragages effectués pour le compte de DCNS LORIENT (12 070 m³) et de la Région Bretagne (58 311 m³), ont été immergés sur le site. La modestie des volumes immergés durant cette période peut préjuger d'une absence d'impacts directs. Les comparaisons des résultats avec ceux des années antérieures sont développées dans les chapitres suivants.

2 Le suivi du site d'immersion 2015

Le protocole de suivi

Afin de pouvoir comparer les résultats d'une campagne sur l'autre, des fiches de protocole ont été rédigées à l'attention des différents acteurs qui assurent les opérations de suivi sur le site. Un exemplaire de ces fiches de protocole est joint à ce rapport en partie n°2.

La périodicité retenue pour les différentes interventions est globalement respectée. Toutefois, peuvent apparaître des contraintes d'ordre météorologique, budgétaire, de disponibilité de personnel ou d'organisation nécessitant d'adapter le programme établi et de différer ponctuellement certaines opérations. Ces adaptations calendaires ne remettent pas en cause les phases du suivi qui sont toutes réalisées dans les temps.

Un protocole de suivi a également été mis au point avec l'IFREMER et le service de la Police de l'Eau du littoral. Il concerne la manipulation des coquillages destinés au suivi biologique ainsi que l'interprétation des résultats des analyses pratiquées sur ces derniers. Un exemplaire de ce protocole est joint au rapport en partie n°2.

Evolution du suivi entre 2014 et 2015

Le comité de suivi du 14 octobre 2014 a entériné les propositions du comité restreint du 23 avril 2014 modifiant les protocoles de suivi. Ces modifications visent à :

- rationnaliser le suivi sédimentologique en conservant uniquement les points 21 et 24 du fait des caractéristiques des sédiments prélevés aux points n°23, 25 et 26 (sédiments grossiers) qui, par nature, ne fixent pas les contaminants.
- remplacer la plupart des vidéos par la réalisation d'un étagement faunistique et floristique suivant les protocoles DCE sur l'élément de qualité « macroalgues subtidales » sur quatre points dont deux nouvellement définis à la pointe ouest de l'lle de Groix. Le comité de suivi a

considéré que les vidéos étaient trop quantitatives et pas assez qualitatives. Si elles ont eu leur utilité les premières années du suivi du site, l'évolution des moyens et des protocoles de suivi de l'état écologique des milieux incite à progresser. Néanmoins 3 points vidéos (2 en bordure sud du site d'immersion et 1 à Kerroc'h) sont maintenus à des fins pédagogiques.

L'intérêt du Protocole DCE est d'ajouter quatre points de contrôle à un réseau existant beaucoup plus vaste. L'uniformisation des méthodes de mesure et de constat permettra de pouvoir travailler par comparaison géographique. Ainsi, une évolution notable sur les points de contrôle, comparée à celle éventuelle sur d'autres stations éloignées, sera plus conclusive sur l'implication des immersions sur le site.

2.1 Le levé bathymétrique annuel

Le dernier levé bathymétrique du site d'immersion a été réalisé les 18 et 19 juin 2015 par la société GEOXYZ, prestataire bathymétrique de la Région BRETAGNE.

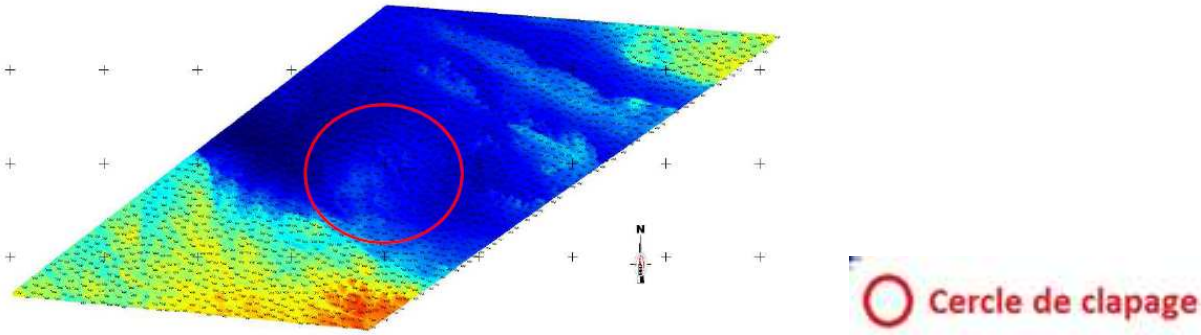


Figure 2 : relevé bathymétrique de juin 2015

Après traitement, il a été comparé au levé de l'année précédente. L'image réduite du plan de comparaison réalisé sur la zone de clapage, à partir des bathymétries de 2014 et 2015 fait apparaître quelques points d'engraissement des fonds dans cette partie du site d'immersion.

Un calcul différentiel de cubatures évalue le volume « résiduel » de matériaux au centre de la zone de clapage d'une année à l'autre. La présence et le volume de ces dépôts nous permettent de constater que :

- Le volume de remobilisation est relativement constant (de l'ordre de 45 000m³ par an) depuis 2012,
- Le volume d'apport est faible du fait qu'entre septembre 2014 et juin 2015 (date entre les 2 bathymétries) il n'y a pas eu de gros apports sur le site issus des dragages (environ 20 000m³). En effet, les apports sur le site sont principalement intervenus de janvier à juin 2014 (64 000 m³) et de septembre à décembre 2015 (de l'ordre de 50 000 m³).

	apports (volume positif)	pertes (volume négatif)
volume calculé	8.973 m³	42.913 m³

Surface de calcul : 430927 m² (Cercle de 0,2Mn = 0,370 km de rayon)

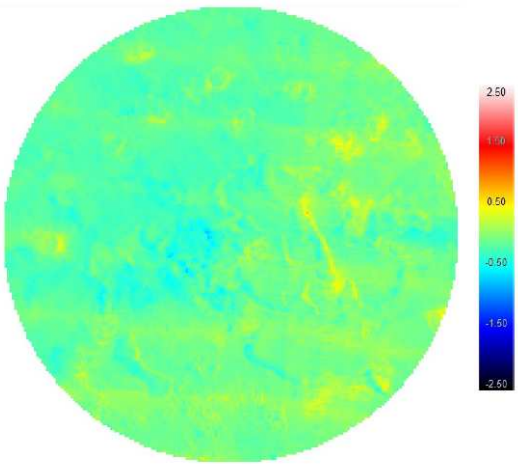


Figure 3 : différentiel bathymétrique 2014 - 2015 calculé sur une pastille de 370 m de rayon au centre de la zone de clapage

2.2 Rapport de plongée

2.2.1 Première phase

La 1ère phase de plongées du suivi annuel du site d'immersion a lieu au mois de juin. Elle concerne cette année trois points situés sur la côte de Ploemeur, numérotés 21, 23 et 24. Le point 23 fait l'objet d'un suivi vidéo des fonds et des prélèvements de sédiments de surface sont réalisés aux points 21 et 24.

Le suivi vidéo des fonds permet d'observer la nature des fonds, l'éventuelle présence de sédiments non conformes à la géologie des lieux, la présence ou non de faune et de flore et leur type.

Le prélèvement de sédiments de surface pour analyses granulométriques et physicochimiques permet d'apprécier leur niveau éventuel de pollution ainsi que sa possible origine.

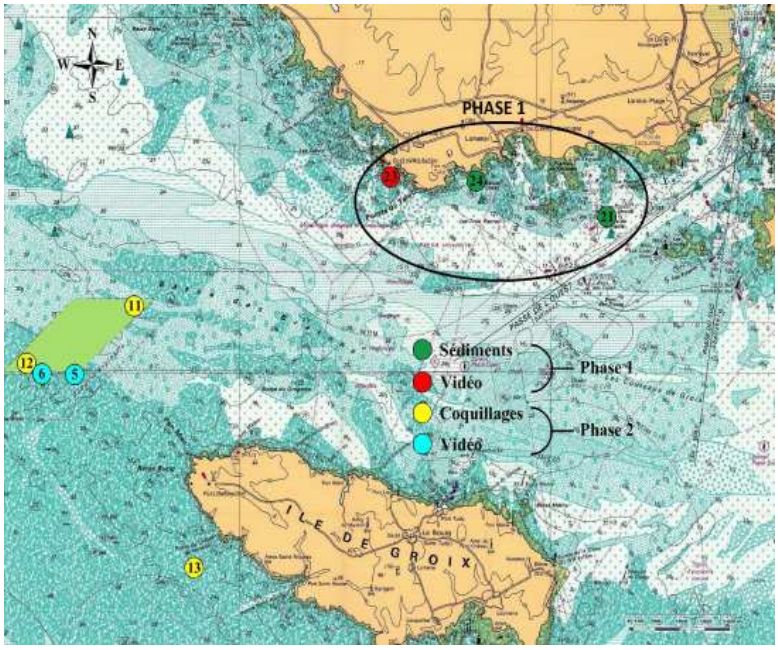


Figure 4 : localisation des points de suivi de la phase 1

Les séquences vidéo recueillies sur le site de Kerroc'h totalisent environ 10 minutes de film. Il s'agit, comme lors des campagnes précédentes d'une exploration circulaire autour du point cible, suivie d'un élargissement aux abords du site.

Les prélèvements de sédiments, conditionnés en flacons plastique et bocaux en verre, sont conservés au frais et expédiés dès la fin de la campagne de plongées au Laboratoire. A partir des sous-échantillons récoltés à chaque point de suivi, le laboratoire constitue des échantillons moyens.

Les résultats des analyses des sédiments sont transmis au bureau d'études de Mme Hélène COCHET et les films de vidéo sous-marine à la station du MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE de CONCARNEAU; ces deux organismes en assurent respectivement l'expertise technique. Les résultats de ces travaux sont présentés en pièce 6 et 7 du présent dossier.

2.2.2 Deuxième phase

La 2ème phase de plongées a lieu de fin août à début septembre. Elle intègre désormais un suivi vidéo des fonds sur deux points du site d'immersion, numérotés 5 et 6, et un suivi biologique sur 3 points, numérotés de 11 à 13 (11 et 12 étant situés sur le site d'immersion et 13 au sud-ouest de l'île de Groix servant de poche témoin).

Le suivi biologique, reconduit chaque année, est destiné à mesurer l'impact éventuel sur le milieu aquatique des sédiments immergés sur le site au large de Groix. Sur les 3 points de suivi, repérés par corps-morts, filins courts et bouées, des poches de coquillages (huîtres et moules) sont suspendues à

environ 3 mètres du fond, en remplacement de celles immergées l'année précédente. A noter que lors de la récupération des poches 2015, les poches du point 12 n'ont pas été retrouvées. Les installations sont détruites, il ne reste que les corps morts.

Les séquences de vidéo sous-marines sont collectées par les services de la Région Bretagne sous forme de séquences compilées dans un DVD puis transmises au MNHM pour expertise. Les poches de coquillages 2014 des points de suivi biologique ont été recueillies par le laboratoire Cochet Environnement.

Les résultats de ces travaux sont présentés en pièce 6 et 7 du présent dossier.

2.3 Expertise sur sédiments et coquillages

2.3.1 Analyse des sédiments

Tous les échantillons de sédiments récoltés au cours de la mission de plongées ont été analysés par le Laboratoire ALPA CHIMIES (agréé par le ministère de l'écologie et du développement durable). Compte tenu de la volonté de la station Ifremer de La Trinité-sur-Mer d'abandonner ce type de mission, le bureau d'études COCHET a réalisé l'expertise des sédiments prélevés et les résultats sont consignés dans le rapport consultable en partie n°6.

La localisation des stations suivies pour le volet « sédiments marins » a été revue pour l'année 2015 suite à une réunion du comité de suivi tenue à Lorient le 14 octobre 2014. Il a été décidé collectivement de supprimer le suivi réalisé sur les 4 stations numérotées : 22 (Fosse centrale) ; 23 (Kerroc'h) ; 25 (Anse du Stole) ; à 26 (Basse des Bretons). Pour le suivi 2015, seules les stations 21 (Basse de la Paille) et 24 (Anse du Perello) ont été retenues.

Pour chacune des stations, trois prélèvements ont été réalisés en plongée à l'aide d'un carottier manuel en PVC sur la base d'un protocole standardisé. L'échantillon moyen soumis aux analyses concerne les premiers décimètres du sédiment. Les échantillons sont conditionnés en mer et dès le retour à terre, ils sont adressés au laboratoire de Rouen Alpa Chimies (laboratoire agréé par le MEDDTL, arrêté du 27 octobre 2011) pour analyses.

La caractérisation physique et chimique des sédiments a porté sur les paramètres suivants :

- Granulométrie laser, teneur en matière sèche, carbone organique, densité,
- Les métaux lourds suivants ont été recherchés : aluminium, arsenic, cadmium, cuivre, chrome, mercure, nickel, plomb et zinc.
- Les contaminants organiques suivants ont été recherchés : Polychlorobiphényl (PCB) et congénères : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180, 105 et 156. - 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP): Naphtalène, Acenaphtylène, Acenaphtène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)Pyrène, Dibenz(a,h)anthracène, Benzo(g,h,i)pérylène, Indeno(123-cd)Pyrène.
- Les contaminants organiques métalliques suivants ont été recherchés : MTB, DTB et TBT (Tributylétain).

Conclusion

<u>Contaminants métalliques</u>

Pour la station 24 « Anse du Perello », les caractéristiques minéralogiques 2015 sont stables par rapport aux données 2005-2014 : le pourcentage de sédiments fins (< à 63µm) est faible avec un pourcentage en carbone organique équilibré.

Pour le Cadmium et le Cuivre les valeurs obtenues sont inférieures au seuil de détection.

Pour le Mercure, le Zinc, l'Arsenic, le Chrome et le Nickel, les concentrations obtenues sont inférieures à la valeur de référence fixée par le RNO et sont toutes cohérentes au regard des caractéristiques minéralogiques de ce point de suivi.

Pour le Plomb, la concentration obtenue (28 mg/kg PS) est légèrement supérieure à la valeur retenue par le RNO (25 mg/kg PS). Cette concentration est cependant nettement inférieure à la concentration 2014 et également inférieure à la moyenne 2005-2014 de ce point de suivi qui montre depuis 2005 des pollutions récurrentes pour ce paramètre.

Pour la station 21 « Basse de la Paille », les résultats en granulométrie sont plus hétérogènes au regard des 10 années suivies. Contrairement à l'année 2014 qui montrait des pourcentages en fractions fines et en carbone organique relativement peu élevés, l'année 2015 affiche des résultats qui se situent dans la moyenne des données 2005-2015.

Pour le Cadmium, les valeurs obtenues sont inférieures au seuil de détection.

Pour le Cuivre, le Mercure, le Plomb, le Zinc et le Nickel, les concentrations sont inférieures à la valeur de référence fixée par le RNO et sont toutes cohérentes au regard des caractéristiques minéralogiques de ce point de suivi.

Pour le Chrome et l'Arsenic, les valeurs se montrent significativement plus élevées que la normale au regard de la concentration en aluminium obtenue en 2015 pour ce point de suivi. Néanmoins la concentration en Chrome reste inférieure à la valeur de référence fixée par le RNO.

L'ensemble des concentrations obtenues pour les 2 points de suivi sont inférieures au niveau N1 défini par le GEODE.

<u>Contaminants organiques</u>

Les concentrations mesurées en HAPs sur les sédiments des 2 points suivis en 2015 sont toutes inférieures aux niveaux I et II « GEODE » définis par l'arrêté du 8 février 2013.

Pour les 2 stations suivies en 2015, les HAPs intermédiaires et lourds (cancérigènes) représentent respectivement 50% et 40% de la concentration totale. Les HAPs légers ne représentent que 10% de la concentration totale.

Pour chacun des HAPs et pour les 16 HAPs mesurés, les concentrations à Basse de la paille sont supérieures à celles de l'anse du Perello, mais ces résultats restent dans la norme et sont tout à fait cohérents au regard de la teneur en carbone organique de ces stations puisque la station Anse du Perello possède une teneur en carbone organique 2 fois moins importante que la station Basse de la paille.

Le suivi 2015 montre des teneurs en PCB totaux et TBT inférieures aux seuils de détection pour les 2 stations suivies.

2.3.2 Le suivi biologique

Afin de suivre un éventuel impact chimique des sédiments immergés au large de Groix, un suivi biologique est réalisé annuellement depuis 2002 sur des moules et des huîtres creuses. Des poches à coquillages sont implantées (technique du « caging ») pendant une année, à proximité immédiate du lieu d'immersion (stations N° 11 et N° 12) et au Nord-Ouest de Groix (lot témoin, station N° 13). Ces coquillages sont utilisés en tant qu'intégrateur de la contamination chimique du milieu. Il s'agit de la technique du « mussel watch » utilisée dans de nombreux réseaux de suivi littoraux dont le ROCCH (Réseau d'Observation des Contaminants CHimiques - Ifremer).

Afin de mesurer un éventuel impact chimique sur les usages sensibles, la recherche des contaminants chimiques est également réalisée en parallèle sur des moules cultivées et sauvages de deux stations de surveillance :

- La station « Port Lay » située sur l'île de Groix pour mesurer un éventuel impact sur la mytiliculture (élevage de moules sur filières) ;

- La station « Pérello » située sur la commune de Ploemeur, à proximité de la prise d'eau de mer d'un établissement aquacole. Les moules prélevées sont sauvages.

Lors de la récupération des poches 2015, les poches du point 12 n'ont pas été retrouvées. Les installations sont détruites, il ne reste que les corps morts.

Les chairs de moules conditionnées en piluliers ont été envoyées pour analyses au laboratoire Alpa Chimies de Rouen (Laboratoire agréé par le MEEM).

- Sur les moules, les analyses portent sur la recherche de sept contaminants rémanents : 5 métaux lourds (cuivre, zinc, plomb, mercure et cadmium), les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et les Polychlorobiphényles (PCB).
- Sur les huîtres, des mesures biométriques sont réalisées pour mesurer un effet éventuel du TBT qui a la particularité d'entraîner une modification de la croissance avec la formation de chambres à gélatine au niveau des valves des huîtres creuses.

En 2015, deux conditionnements ont été opérés pour étudier la possibilité de faire évoluer le protocole initial (protocole Ifremer) afin de s'abstenir de décontaminer les piluliers par un passage au four à 450°C pendant 8h (avant le conditionnement de la chair des coquillages). D'après le laboratoire d'analyses, un lavage à l'eau déminéralisée suffirait. La chair des moules des points de référence, 11, 13, de Port Lay et du Perello ont été conditionnées dans des piluliers passés au four. La chair des moules des points 11 ; 13 et de Port Lay ont été conditionnées en parallèle dans des piluliers non passés au four.

Conclusion

<u>Stations de suivi n°11 et 13 (témoin)</u>

Les différences de concentration observées pour les métaux lourds entre les différents points de suivi sont cohérentes au regard des indices de condition. Néanmoins, on observe des concentrations anormalement élevées en plomb sur les deux points de suivi n°11 et 13 sans pour autant atteindre des valeurs extrêmes. Tout en restant inférieures au seuil sanitaire, ces valeurs sont supérieures à la moyenne locale et la médiane nationale. Des concentrations anormalement élevées avaient été relevées en 2014 sur les points de suivis n°11 et n°12.

Pour les 3 métaux (Plomb; Mercure; Cadmium) pris en compte dans la réglementation, les concentrations en 2014 restent inférieures au seuil sanitaire.

Les concentrations 2015 en HAP totaux et fluoranthène ont nettement diminué après une année d'immersion. Elles sont de plus inférieures à la moyenne 2004-2014 et nettement inférieures à la moyenne locale.

Les concentrations en PCB totaux et PCB 153 ont nettement diminué après une année d'immersion. Pour les PCB totaux, elles sont légèrement inférieures à la moyenne 2004-2013. Pour le PCB 153, les concentrations 2015 sont équivalentes à la moyenne 2004-2013 et nettement inférieures à la moyenne locale.

Les mesures réalisées sur les huîtres immergées mettent en évidence un indice de déformation plus élevé qu'avant immersion sans pour autant observer une croissance en épaisseur manifeste et un indice anormal. L'examen visuel des coquilles montre la présence d'un chambrage inférieur sur le point 11 (8%) en comparaison du point témoin n°13 (20%). Les résultats obtenus ne nous permettent pas de conclure à une croissance anormale des huîtres en raison de concentrations trop importantes en TBT.

<u>Stations de surveillance : Port Lay et le Perello</u>

Comme ça l'avait été déjà noté en 2014, on observe une concentration 2015 anormalement élevée en zinc sur le site de Port Lay.

Concernant les autres métaux recherchés, les données obtenues depuis 2002 ne mettent pas en évidence une tendance significative et anormale dans l'évolution des concentrations.

Pour les 3 métaux pris en compte dans la réglementation (Plomb; Mercure; Cadmium), les concentrations 2015 sont inférieures au seuil sanitaire.

Concernant les contaminants organiques sur le site de Port Lay, les concentrations 2015 en HAPs et PCBs sont supérieures aux concentrations des années précédentes et nettement supérieures à la moyenne 2004-2014. Cette observation est particulièrement remarquable pour le fluoranthène (utilisé comme un indicateur en HAPs) et en PCB 153 (également utilisé comme indicateur). Cependant les résultats d'analyses obtenus avec un conditionnement différent, c'est à dire dans les piluliers non passés au four ne montrent pas des résultats aussi élevés et anormaux pour le zinc, les PCBs et le fluoranthène ce qui conduit à nous interroger sur ces résultats. Des contre-analyses ont été réalisées sur des échantillons conservés et les résultats montrent des concentrations comparables à celles sous conditionnement « pilulier rincé à l'eau déminéralisée ». Il semble qu'une erreur dans le procces de prélèvement/analyses soit à l'origine des valeurs élevées constatées.

Sur le site du Perello, les concentrations 2015 en HAPs, en fluoranthène, en PCB totaux et PCB 153 sont nettement inférieures aux concentrations des années précédentes et à la moyenne 2004-2014.

2.3.3 Expertise des laminaires nécrosées

L'expertise des vidéos réalisée en septembre 2014 a permis de constater sur le point 5 (situé au niveau de la zone d'immersion) une perturbation de la population de *Laminaria hyperborea* aux environs des -19m C.M. Dans ce secteur, de nombreux individus étaient nécrosés ou en mauvaises santé. C'est la première année depuis le début du suivi que ce phénomène est observé.

En mer d'Iroise, des observations similaires ont été faites en 2008. Les analyses avaient révélées des teneurs importantes de Butylétains dans les tissus des laminaires nécrosées et l'hypothèse d'une contamination par le TBT avait alors été avancée.

Des analyses sur les laminaires prélevées ont été effectuées afin de détecter une éventuelle contamination due aux sédiments immergés des ports de Lorient. Les échantillons de Laminaria hyperborea ont été prélevés sur la station 13 (témoin) et sur la station 5 lors de la mission du 24 septembre 2015 menée par la région Bretagne dans le cadre du suivi annuel de la zone d'immersion. Le MNHM a accompagné l'équipe des plongeurs afin de réaliser les prélèvements de laminaires. Ces prélèvements ont été effectués 1 an après le constat fait en septembre 2014 des laminaires nécrosées. Ils ont été expédiés au laboratoire ALPA CHIMIES (laboratoire agréé par le MEDDTL, arrêté du 27 octobre 2011) en charge des analyses. Les doubles de ces échantillons sont conservés à la station marine MNHN de Concarneau.

En raison de l'hypothèse invoquée d'une contamination de la population de *Laminaria hyperborea* en Mer d'Iroise en 2008 due aux contaminants organiques métalliques, il a été décidé en concertation avec le MNHN de Concarneau, de déterminer les teneurs en MTB, DTB et TBT (Mono, Di et Tributhylétain) sur l'ensemble des échantillons prélevés au large de Groix. Les 3 échantillons de la station n°13 (témoin) n'étaient pas assez conséquents si bien que seules les analyses sur les échantillons de la station n°5 (zone impactée) ont pu être réalisées sur ces paramètres. D'autre part, suite aux concentrations en plomb anormalement élevées observées en 2013-2014 dans les coquillages (moules) au niveau des stations 11 et 12 de la zone d'immersion il a été également décidé de connaître la teneur en plomb des échantillons des stations n°5 et n°13.

Conclusion

<u>Contaminants organiques métalliques</u>

Sur la station n°5 (zone impactée en 2014), l'ensemble des échantillons prélevés montrent des concentrations en MBT, DBT et TBT inférieures au seuil de détection. A titre de comparaison, l'analyse chimique des échantillons de laminaires prélevés en mer d'Iroise, avait montré des teneurs en composés organométalliques importantes avec des concentrations maximales en monobuthylétain et ce sur des échantillons sains. Les teneurs mesurées en mer d'Iroise sont bien supérieures aux teneurs obtenues sur les échantillons de la station n°5.

Au vu des résultats qui montrent des concentrations toutes inférieures au seuil de détection, on ne peut pas conclure que les contaminants organiques métalliques (MBT, DBT et TBT) soient la cause des nécroses observées chez la Laminaria hyperborea.

Par ailleurs, les résultats 2014 des analyses granulométriques et chimiques de sédiments marins avaient montré des teneurs dans les sédiments toutes inférieures au seuil de détection et le suivi biologique réalisé sur les huîtres n'avait pas montré de malformations de la coquille dues au TBT.

<u>Plomb</u>

Les concentrations en plomb sont très variables d'un échantillon à un autre. Les échantillons sains de la station n°13 présentent des concentrations identiques aux échantillons nécrosés de la station n°5. Au vu des teneurs en plomb très variables d'un échantillon à l'autre on ne peut conclure que le plomb présent dans les laminaires prélevées soit à l'origine des nécroses observées.

Compte tenu des résultats obtenus qui sont bien en dessous de valeurs citées dans la littérature, on ne peut pas conclure que les composés organométalliques (TBT/DBT et MTB) ainsi que le plomb soient à l'origine des nécroses observées en septembre 2014 sur la population de Laminaria hyperborea.

Néanmoins, il est important de rappeler que les prélèvements ont été réalisés 1 an après l'observation de ces laminaires nécrosées et qu'à cette date, la population semblait être en meilleur état et se régénérer (CR de la mission du 24/09/2015).

La mise en place en 2016 d'une mission de surveillance DCE pour l'élément de qualité « macroalgues subtidales » avec notamment le suivi de la population de Laminaria hyperborea au niveau de la zone d'immersion (à proximité du point n°5) permettra dans un premier temps de suivre la régénération de cette population mais aussi d'acquérir davantage de données sur l'impact éventuel des déblais de dragage sur les macroalgues.

2.4 Expertise des vidéos

Les images vidéo ont été réalisées sur 2 points au niveau de la zone de dépôt et sur une station à la côte. L'acquisition des images s'est faite en deux temps : la phase 1 concerne la station de Kerroc'h à la côte (23 juin 2015). La phase 2 concerne 2 points (Points 5 et 6) au sud de la zone d'immersion (24 septembre 2015). A l'origine, le point 5 devait également être abandonné, mais l'observation en 2014 des laminaires en mauvais état de santé a nécessité un retour sur ce site pour réaliser des images et des prélèvements de laminaires, afin de déterminer l'éventuelle trace d'une pollution chimique.

L'objectif de cette collecte d'images est de décrire la nature des fonds et de réaliser l'inventaire faunistique et floristique pour chaque point. Pour détecter une éventuelle évolution du milieu, les résultats seront comparés à ceux obtenus les années précédentes.

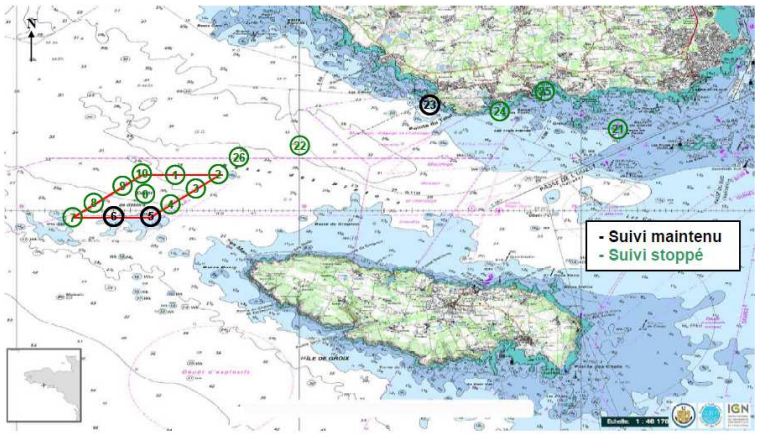


Figure 1 : Localisation des 3 stations suivies en 2015 et des 14 stations abandonnées

Conclusion

Depuis 2005, la réalisation de séquences vidéos sur les 6 stations de la radiale entre l'embouchure du Port de Lorient et le site d'immersion au Nord-Ouest de L'Île de Groix et les 11 points de la zone d'immersion ont permis, chaque année, de décrire sommairement la biocénose (caractéristiques des peuplements) et le biotope correspondant (caractéristiques physiques). En 2015, le suivi a été maintenu sur 3 sites à fond rocheux.

En 2015, le dépôt de particules reste très important sur la station 23 Kerroc'h. La partie profonde n'a pas été filmée contrairement aux années 2010, 2011 et 2014. La vidéo montre une zone riche en algue brune Cystoseira baccata qui est typique des milieux abrités à moyennement battus sous influence sédimentaire. Aucun changement de topographie n'a été détecté par la vidéo.

Les points 5 et 6 de la zone d'immersion présentent toujours le même biotope, à savoir un fond rocheux occupé par une ceinture à laminaires denses, sous influence sédimentaire.

Les variations de conditions de prises de vue limitent l'analyse comparative. La donnée vidéo ne permet pas de conclure sur l'existence de changement significatif concernant la composition des peuplements de substrat rocheux.

La profondeur atteinte par les Laminaria hyperborea sur ces 2 points reste comparable à celle atteinte sur des sites considérés comme peu turbides en Bretagne Sud. Au Point 5, la perturbation détectée en 2014 concernant l'état de santé des laminaires, n'est pas visible cette année. Cependant, la profondeur de -19m C.M. où avaient été observées les laminaires nécrosées, ne semble pas avoir été prospectée en 2015.

2.5 Le compartiment « chimie et peuplement benthique »

Suite au classement du site d'immersion en zone NATURA 2000 en mer et aux objectifs fixés par la DCE, il a été convenu, lors du comité de suivi du site en juin 2009, d'engager des actions supplémentaires au suivi, afin de mieux quantifier les impacts éventuels des immersions.
A ce titre et à partir du suivi 2010, un compartiment « chimie et peuplement benthique » a été instauré sur trois (3) points à proximité ou dans l'aire d'influence du site d'immersion :

- un point d'accumulation dans la vallée sous-marine descendante qui suit naturellement le site d'immersion au nord-ouest,
- un point à proximité de la côte nord-ouest,
- un point au nord-est du site, pour lequel on disposait déjà de données granulométriques et de peuplement benthique (CREOCEAN en 1995, IN VIVO en 2007).

Ces trois points sont positionnés dans les sédiments fins et dans le milieu subtidal.

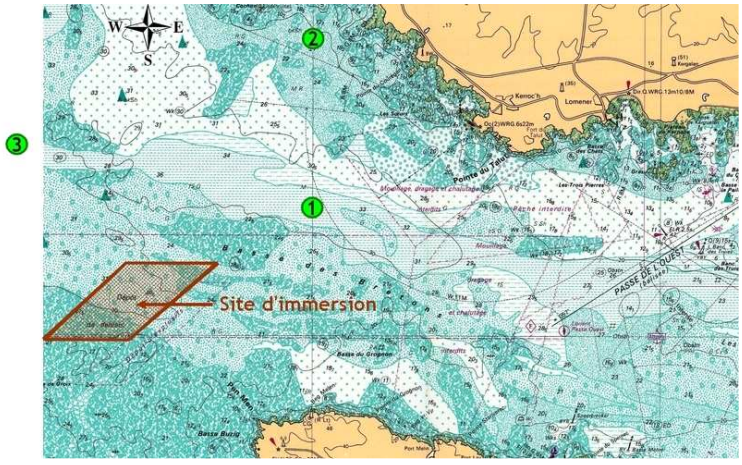


Figure 6 : localisation des points « chimie et peuplement benthique »

2.5.1 Méthodologie

Les prélèvements, réalisés à la benne, ont pour objectif de corréler pollution organique, score de risque et peuplements benthiques.

Dans les échantillons de faune benthique, les organismes sont triés par grands groupes systématiques ; les individus sont identifiés jusqu'au niveau de l'espèce, puis dénombrés station par station pour chaque espèce ou taxon. La biomasse spécifique des principaux taxons et groupes trophiques de chaque station est calculée afin de déterminer la structure générale du peuplement ; pour compléter cette analyse, plusieurs indices structurels ou fonctionnels sont utilisés : indice de diversité de Shannon, indice trophique, indices biotiques I2EC, AMBI et M-AMBI, etc.

Les échantillons de sédiments sont analysés en laboratoire agréé sur les paramètres suivants : granulométrie, Matière Sèche, densité, Al et COT, taux de matière organique, 8 métaux lourds (Cd, Cu, Hg, Pb, Zn, As, Cr, Ni), 16 HAP (naphtalène, acénaphtylène, acénaphtène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène, pyrène, chrysène, benzo(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, benzo(a)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène, benzo(g,h,i)pérylène, indéno(123-cd)pyrène), 9 PCB (28-52-101-118-138-153-180-105-156) et 3 composés organostanniques (MBT, DBT, TBT).

Les résultats des analyses de 2010, exploités sous forme d'analyse comportementale et statistique, ont donné lieu à l'établissement d'un point « zéro » sur le suivi des communautés benthiques de substrat meuble de cette zone, chaque station y étant décrite avec ses principales caractéristiques (faciès sédimentaire, granulométrie, matière organique, niveau de micropolluants, structure taxonomique, peuplements…).

Cette surveillance, poursuivie annuellement, doit permettre de détecter d'éventuels signes de perturbation du milieu (biomasse, biocénose, peuplements, micropolluants) et de les corréler avec les éléments issus des analyses.

2.5.2 Résultats de la surveillance 2015

Le rapport d'études rédigé par le bureau d'études IN VIVO « Suivi 2015 du site d'immersion des produits de dragage au large de Groix – Surveillance chimie et peuplements benthiques » est présenté dans la partie n°8 du présent rapport.

Conclusion

<u>Analyses granulométriques</u>

Les trois stations présentent des granulométries différentes. La station 1 est composée de vase, la station 2 de sables fins type « sablons » et la station 3 de sables grossiers de type « gravelles ».

<u>Analyses géochimiques</u>

Les analyses chimiques montrent que les concentrations des éléments métalliques sont toutes inférieures aux seuils réglementaires, de même que les concentrations en PCB et TBT et HAP sont aussi inférieures aux seuils réglementaires.

Les scores de risque sont négligeables pour les stations 1 et 2 et faible pour la station 3.

Les teneurs en Carbone Organique Total (COT) sont comprises entre 2,85 g/kg MS (station 2) et 12 g/kg MS (station 1).

<u>Analyses des peuplements benthiques</u>

Les sédiments rencontrés et les peuplements qui y sont associés sont typiques des fonds marins de la zone étudiée.

Les 3 stations échantillonnées ont révélé une richesse spécifique importante avec une moyenne de 43 espèces, un minimum de 31 (station 1) et un maximum de 54 (station 2).

On observe des densités variables des peuplements selon les stations avec une moyenne de 850 individus/m2 (+/- 925), un minimum de 298 individus/m2 (station 3, sables grossiers de type «gravelles») et un maximum de 1918 individus/m2 (station 2, sables envasés).

Les résultats concernant la richesse spécifique, la densité des espèces et leur répartition au sein des stations échantillonnées autour de la zone de clapage se révèlent globalement bons. Certaines disparités apparaissent entre les stations. La station 1, caractérisée par des sédiments vaseux présente une diversité moindre. La station 3, de sables grossiers, se révèle plus diversifiée et le peuplement y est bien équilibré. La station 2, de sables envasés présente en 2015 la plus grande diversité mais est un peu moins équilibrée que les autres compte tenu de la dominance d'une ou 2 espèces.

Les peuplements des stations de 2015 présentent donc une richesse spécifique et une diversité moins importantes sur les stations 1 et 3 en 2015 qu'en 2010, et équivalente sur la station 2.

La dominance d'espèces sensibles et indifférentes à l'hypertrophisation (groupes écologiques I et II) et la faible présence d'espèces opportunistes (groupes écologiques IV et V) induisent des valeurs d'indices AMBI qui révèlent un bon état du milieu. Ces résultats des indices basés sur les groupes écologiques montrent que le milieu n'est pas ou très légèrement perturbé au regard de la matière organique. Cela correspond aux valeurs généralement observées en mer ouverte. La qualité écologique du site, au regard des peuplements benthiques est bonne.

L'état écologique est qualifié de très bon sur les stations 1 et 2 par l'indice M-AMBI (pas d'application de cet indice pour les sables grossiers comme sur la station 3).

La comparaison des valeurs de l'I2EC entre 2010 et 2015 révèle une faible modification des peuplements aux polluants organiques et métalliques. En effet, on note une diminution de la valeur de l'I2EC au cours du temps notamment due à une proportion d'espèces sensibles et indifférentes à l'hypertrophisation en 2014, permettant d'atteindre les « seuils normaux » sur la majorité des stations définis par Alzieu. Une légère augmentation de ces valeurs est visible en 2015 définissant des milieux en légère transition, mais la quasi absence d'espèces opportunistes sur le site étudié, ne permet pas de conclure à l'apparition de véritables écotones.

2.6 Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « macroalgues subtidales »

Compte tenu de la difficulté à interpréter les images vidéo, il a été décidé de remplacer ce suivi par un suivi de l'étagement des macroalgues subtidales, selon le protocole DCE.

L'intérêt du protocole DCE est d'ajouter des points de contrôle à un réseau existant plus vaste. L'uniformisation des méthodes de mesure et de constat permettra de pouvoir travailler par comparaison géographique. En 2015, un suivi quantitatif sur quadrat basé sur le protocole DCE-2 «Macroalgues Subtidales» a été initié dans l'objectif d'établir un diagnostic plus fin de l'état écologique des sites suivis.

Le protocole vise à connaître l'état de conservation des roches subtidales, en s'appuyant sur :

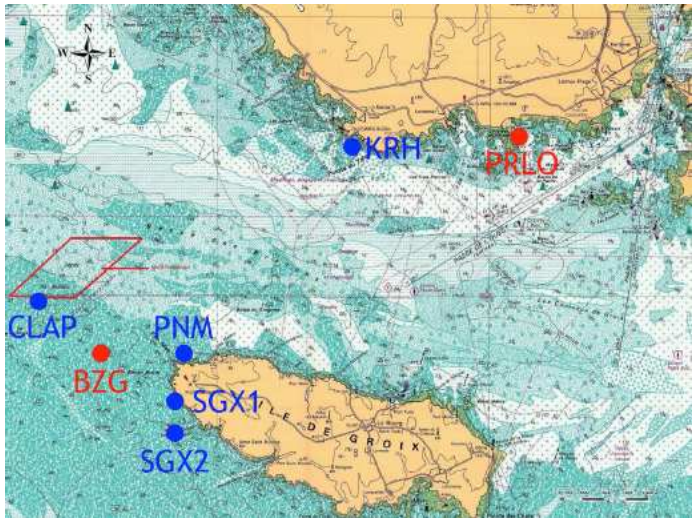
- Les limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales,
- La composition et la densité des espèces structurantes,
- La composition et la densité des algues caractéristiques,
- La composition et la densité des algues opportunistes,
- La composition et la densité des espèces animales,
- L'étude des stipes de Laminaria hyperborea et de leurs épibioses,
- La structure de l'habitat.

Il a été réalisé en plongée sous-marine du 28 au 31 juillet 2015 (Mortes-Eaux).

Ainsi les résultats permettront :

- D'établir des listes spécifiques et les paramètres structuraux (diversité, abondance, biométrie)
- De définir l'état de qualité du site (EQR ou Ecological Quality Ratio)
- D'avoir un état 0 pour les suivis postérieurs

5 stations initiales + 2 supplémentaires (basse Buzig – W Groix et l'anse du Perello) ont été étudiées. Sur chaque station, il a été réalisé des prises de vues du site pour permettre une description de la station.



Conclusion

Seules trois stations ont pu être complètement investiguées selon le protocole d'étude ECBRS/DCE2 des macroalgues subtidales, se répartissant au Sud du site d'immersion et également à l'Ouest et au Sud-Ouest de l'île de Groix. Les autres sites plus à la côte ne présentant pas de grandes algues structurantes, n'ont pas pu être évalués complètement. La station Basse de Buzig (BZG) a été ajoutée pour permettre d'avoir au moins 2 stations sur Groix dans la zone d'influence potentielle du site d'immersion.

Il est possible de redéfinir une ou deux stations à la côte pour compléter le suivi sur la zone.

Concernant la qualité générale des stations, il a été appliqué les formules d'indice de qualité sur les 3 stations et également du rapport de Qualité Ecologique (EQR). Les stations Basse Buzig (BZG) et Sud du Site de d'immersion (CLAP) sont classées en qualité bonne, tandis que la station Sud Groix 2 est plutôt de qualité moyenne. Cependant, un biais lié aux profondeurs d'investigations a été introduit. Il faut donc prendre ces résultats avec du recul. Néanmoins, il pourra être suivi ces indices dans les années à venir pour dégager ou pas une tendance d'évolution.

Limite des résultats obtenus en 2015

L'objectif de cet indicateur "macroalgues subtidales" est de qualifier un site en mauvais, moyen, bon ou très bon état, de manière totalement objective (les données qualitatives et quantitatives aboutissent à une notation), avec ce qu'il a et ce qu'il n'a pas, car la présence et l'absence de certaines espèces sont indicatrices de la qualité du milieu, et tout résultat aboutit à une note et donc à une évaluation du site.

Les sites à étudier doivent avoir un fond subtidal (en-dessous du 0m C.M.), rocheux (pour permettre d'avoir le support benthique recherché), et compris entre 3 et 13m pour les sites témoins extérieurs. Or les fonds prospectés en 2015 étaient trop profonds.

Une redéfinition des sites d'étude sera effectuée en lien avec le MNHM en préalable aux investigations du suivi 2016.

3 Le suivi des immersions

3.1 Intégration du suivi dans les arrêtés d'autorisation

Les arrêtés autorisant les immersions sur le site précisent la délimitation exacte de la zone d'immersion, le point précis de clapage ainsi que les périodes autorisées et les précautions vis à vis de la navigation ; y sont également stipulées les modalités d'auto surveillance à mettre en œuvre par le titulaire de l'autorisation et par l'entreprise assurant les travaux.

L'obligation qu'a le permissionnaire de participer au suivi environnemental du site est également précisée dans l'arrêté.

3.2 Suivi des travaux de dragage et d'immersion

Le contrôle des routes et points de clapage, réalisé en interne par l'entreprise de dragages, est remis au service Police de l'Eau du littoral à la fin des travaux. Il se présente sous la forme d'un report sur plan du tracé de la route du chaland et du point de clapage enregistrés à bord pour chaque immersion, avec les informations de positionnement correspondantes.

Parallèlement, le capitaine de la drague ou du chaland doit signaler le moment du clapage par VHF au sémaphore de Beg Melen, qui procède alors au relevé radar de sa position.

3.3 Travaux de dragage et d'immersion pour la période 2014-2015

Les travaux intervenus au cours de la période septembre 2014 – juin 2015 sont les suivants :

- Dragage d'entretien des souilles du port de commerce de Lorient. Le volume total de sédiments dragués avoisine les 8 000m³ (les 50 000m³ restant pour l'année 2015 ont été réalisés entre septembre et décembre 2015); de type vaseux, ils ont été clapés sur la partie centrale du site.

- Dragages d'entretien des entrées de bassins et des souilles dans le Scorff au port de LORIENT pour le compte de DCNS LORIENT, en février-mars 2015. Le volume total de sédiments dragués s'élève à 12 000m³ ; de type vaseux, ils ont été clapés sur la partie centrale du site.

Les rapports journaliers, plans des routes et points de clapage, ainsi que le tableau récapitulatif des relevés radar sont joints en annexe CD.

3.4 Récapitulatif des volumes de matériaux immergés

Depuis le début de l'utilisation du site d'immersion au nord-ouest de GROIX en 1997, un peu plus de 1 750 000 m³ de sédiments ont été clapés, soit une moyenne actuelle d'un peu plus de 92 000 m³ par an. L'impact des rejets de dragage sur le site d'immersion a été étudié pour un volume annuel moyen de 200 000 m³ pendant 30 ans.

En 2015, 70 391m³ de sédiments ont été immergés au total. Le tableau synthétisant les volumes dragués et les lieux d'origine, depuis 1997 jusqu'en 2015 pour les opérations terminées, est joint en dernière page du présent rapport.

4 Conclusions

Après plus de dix ans de **suivi bathymétrique**, il est possible, par le biais des plans de comparaisons, de suivre l'évolution des fonds dans le périmètre du site d'immersion. La présence d'un dépôt significatif dans la zone de clapage d'une année sur l'autre peut être observée ; on constate ensuite un étalement sur le fond et une consolidation des sédiments, variables suivant les épisodes de tempêtes qui engendrent une remobilisation plus ou moins importante des sédiments sur le site.

La comparaison des **vidéos** entre 2014 et 2015 ne laisse pas apparaître de perturbations significatives d'origine anthropique. Le phénomène de nécrose des laminaires n'a pas été observé en 2015. Le point 5 continuera à faire l'objet d'une vigilance particulière en 2016.

Pour les **sédiments**:

- Absence de contamination sur l'ensemble des sites,
- Concentration inférieure aux seuils et valeurs de références (RNO et GEODE) à l'exception du plomb au Perello légèrement supérieure mais en baisse.

Les sédiments prélevés en 2015 présentent globalement les mêmes caractéristiques granulométriques et organiques que ceux des années antérieures ; les concentrations en métaux lourds et contaminants organiques sont à des niveaux voisins des années antérieures.

Pour les **coquillages**:

- Les poches du point 12 n'ont pas été retrouvées,
- Pas d'accumulation de contaminants métalliques à l'exception du plomb (station 11 comme en 2014),
- Valeurs inférieures aux seuils sanitaires pour les métaux faisant l'objet d'une réglementation (Pb/Hg/Cd),
- Concentrations en HAP (sauf fluoranthène en piluliers par un passage au four) et PCB (sauf Port Lay en piluliers par un passage au four) équivalentes ou inférieures aux moyennes 2005-2014,
- Pas de déformation de coquilles due au TBT,
- Différence de concentration en Zinc à Port Lay entre les piluliers par un passage au four et les piluliers non passés au four,
- La contre analyse réalisée sur l'échantillon de Port Lay (résultats du 25 mai 2016) montre des concentrations pour les piluliers par un passage au four similaires aux concentrations pour les piluliers non passés au four (erreur de process?),
- Pour les autres paramètres, peu d'écart entre les piluliers par un passage au four et les piluliers non passés au four.

Le suivi biologique montre, pour les points de suivi et de surveillance au travers de l'expertise réalisée, l'absence d'impact significatif des rejets de dragage pour les paramètres recherchés : métaux lourds, PCB, HAP et TBT.

Pour les **laminaires nécrosées** prélevées en 2015, suite à l'observation de 2014 :

- Teneurs très faibles en TBT, DBT, MTB:
  - inférieures aux seuils de détection,
  - inférieures aux teneurs observées en mer d'Iroise en 2008 ou le même phénomène avait été constaté,
  - analyses sur le point 13 impossibles (stipes prélevés trop petits),
- Teneurs Hétérogènes sur le plomb mais:
  - pas supérieures aux teneurs dans les stipes sains,
  - inférieures aux teneurs observées en mer d'Iroise en 2008,
- Contamination au TBT ou plomb non avérée,
- Prélèvement réalisé 1 an après l'observation des nécroses sur une population en meilleure santé et en phase de régénération,
- Acquisition de données avec la surveillance DCE.

Concernant le compartiment « **chimie et peuplement benthique** » :

- Les résultats obtenus en 2015 rejoignent les tendances des précédents suivis,
- Les éléments analysés montrent tous des concentrations inférieures aux seuils réglementaires,

- Pas de déséquilibre des peuplements benthiques,
- Conservation globale de la structure des peuplements et des espèces caractéristiques,
- Richesses spécifiques et densités importantes sur la station 2, plutôt en baisse sur les stations 1 et 3,
- l'I2EC est égal à 1 pour la station 1 (milieu normal) et 3 pour les stations 2 et 3 (état de transition de faible enrichissement),
- Dominance d'espèces sensibles et indifférentes à l'hypertrophisation.

En 2015 sur ce compartiment, il n'a pas été détecté de signes notables de perturbation du milieu en relation avec les immersions.

En ce qui concerne la mise en place du **protocole DCE** « Macroalgues subtidales »

- Réalisé suivant le protocole ECRBRS/DCE2 du MNHM mais de façon incomplète et pas aux bonnes profondeurs,
- Principalement sur la Laminaria Hyperborea,
- 7 stations investiguées mais 3 stations seulement ont été considérées satisfaisantes par le prestataire pour l'application du protocole,
- Qualité de bonne à moyenne sur les stations investiguées.

Néanmoins l'application du protocole 2015 se révèle insuffisant pour constituer un état 0 satisfaisant et complet. Il sera révisé qualitativement et quantitativement en 2016.

****

L'examen des différents résultats et mesures issus des opérations réalisées dans le cadre du suivi 2015 ne révèle pas d'impact préjudiciable sur l'environnement à proximité du site d'immersion. Le suivi 2015 montre en général un bon état écologique du site et de ses environs.

Le nouveau protocole donne globalement satisfaction. La surveillance du site d'immersion sera poursuivie pour la période 2015-2016, avec les modifications suivantes :

- Maintien et déploiement du protocole DCE voué à remplacer les films des fonds,
- Du fait du développement des protocoles DCE, les 3 vidéos seront toutes réalisées en même temps (par économie) et en septembre, concomitamment à l'immersion des poches de coquillages.
- Le nombre de points d'immersion de poches de coquillages est inchangé,
- Recours à la contre analyse en cas d'écart notable,
- Au regard de la cohérence des résultats entre les piluliers par un passage au four et les piluliers non passés au four, il est proposé de modifier le protocole pour remplacer le passage au four des piluliers par un rinçage à l'eau déminéralisée,
- Au regard des résultats 2015 (peu d'écart entre les résultats sur les échantillons sains et nécrosés), il est proposé de ne pas reconduire les prélèvements et analyses sur les laminaires. Il sera toujours possible de reproduire ces expertises dans le cas ou les investigations subaquatiques (films et DCE) mettraient en évidence une éventuelle dégradation.

Les autres opérations de suivi restent inchangées.

Récapitulatif des volumes immergés depuis 1997

Provenance		Années du suivi																		Totaux
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Plaisance (LORIENT Agglo)	Groix	15 000																			*15 000*
	Locmiquélic Pen Mane	34 600																			*34 600*
	Port-Louis				28 900									194 000							*222 900*
	Gâvres					1 500															*1 500*
	Avant-port Lorient					2 400															*2 400*
	BSM Lorient																		48 000		*0*
	Ste Catherine							90 230	65 820												*156 050*
	Sous totaux	**49 600**	**0**	**0**	**28 900**	**3 900**	**0**	**90 230**	**65 820**	**0**	**0**	**0**	**0**	**194 000**	**0**	**0**	**0**	**0**	**48 000**	**0**	***480 450***
Commerce (Région Bretagne)	Quai de 656 m					23 000	1 700			8 800			29 100		39 400	34 600	3 600			19 005	*140 200*
	Quai de 150 m					12 500	2 600						27 850		11 800	9 100				12 160	*63 850*
	Zone d'évitage					34 600	8 700						56 900			83 400					*183 600*
	Quai du Rohu	4 700				800			4 500						39 700	13 600		17 400		11 834	*80 700*
	Poste Roulier	9 000					500											6 700		6 450	*16 200*
	Autres		9 000										99 450	4 000				13 300		8 862	*125 750*
	Sous totaux	**13 700**	**9 000**	**0**	**0**	**70 900**	**13 500**	**0**	**4 500**	**8 800**	**0**	**0**	**213 300**	**4 000**	**90 900**	**140 700**	**3 600**	**37 400**	**0**	**58 311**	***668 611***
Port de pêche (Région Bretagne)			**1 000**																		*1 000*
Passagers (CG56)	Gare Maritime																	**6 600**			*6 600*
Construction navale (DCNS)	Estuaire du Scorff	**27 000**	**23 000**	**22 700**	**0**	**34 000**	**14 700**	**16 800**	**18 700**	**34 000**	**8 700**	**13 210**	**6 200**	**0**	**27 100**	**26 300**	**4 400**	**9 850**	**16 802**	12 070	*315 532*
Chenaux d'accès (Région Bretagne)	Passe Ouest					**50 000**												**5 300**			*55 300*
	Banc du Turc														**162 800**	**60 400**					*223 200*
Totaux		**90 300**	**33 000**	**22 700**	**28 900**	**158 800**	**28 200**	**107 030**	**89 020**	**42 800**	**8 700**	**13 210**	**219 500**	**198 000**	**280 800**	**227 400**	**8 000**	**59 150**	**64 802**	70 381	*1 750 693*
Moyenne annuelle depuis la mise en service du site																					*92 142*

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°2

Fiches de protocole

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

GENERALITES

Responsable	**Région BRETAGNE -DPAF/Antenne Portuaire de Lorient**	
Intervenants	- COCHET Environnement (expertise sédiments et coquillages) - MNHN Concarneau (expertise vidéo des fonds) - ALPA CHIMIES (analyses sédiments et chair de coquillages) - ISMER Lorient (moyens nautiques, plongeurs et vidéos sous-marines) - GEOxyz Euralille (levé bathymétrique) - IN VIVO (suivi chimie et peuplement benthique) - CRB/DPAF/Antennes Portuaires de Lorient et Saint-Malo	
Financement	- Région Bretagne, - les utilisateurs du site (DCNS Lorient, LORIENT Agglo, …).	
Mise en place	Depuis 1997, les déblais issus de dragages des ports de la rade de Lorient sont immergés sur un site délimité au nord-ouest de l'île de Groix ; la durée d'exploitation du site a été estimée à 30 ans pour un volume moyen annuel de sédiments immergés de 200 000 m³. Afin de suivre un éventuel impact de l'immersion des déblais de dragage, un suivi annuel du site est réalisé depuis 2002.	
Composition du suivi	**Opérations**	**Périodicité**
	Suivi vidéo des fonds et sédiments sur la radiale	1 fois/an
	Bathymétrie des fonds du site	1 fois/an
	Suivi vidéo des fonds du site	1 fois/an
	Suivi biologique du site	1 fois/an
	Surveillance biologique sur Ploemeur et Groix	1 fois/an
	Surveillance chimie et peuplement benthique	1 fois/an
Rendu final	Un dossier point d'étape est réalisé l'année N+1 pour la période qui va du 15 septembre de l'année N-1 au 15 septembre de l'année N ; il contient tous les résultats des actions menées sur cette période : films des fonds, bathymétrie, analyses de sédiments marins et de chair de coquillages, expertise et comparaison avec les années précédentes, informations sur les volumes immergés depuis le précédent rapport, etc.	

Diffusion du rapport	Président de LORIENT Agglo	Depuis 2004
	Maire de Groix	Depuis 2002
	Maire de Ploemeur	Depuis 2002
	Sous-Préfet de Lorient	Depuis 2005
	Service de la Police de l'Eau	Depuis 2005
	DCNS Lorient	Depuis 2006
	IFREMER La Trinité-sur-Mer	Depuis 2002
	DIREN Bretagne	Depuis 2008
	Autres : Espace & Développements (2005-2004) - Mabille (2002) COCHET (2013)	

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

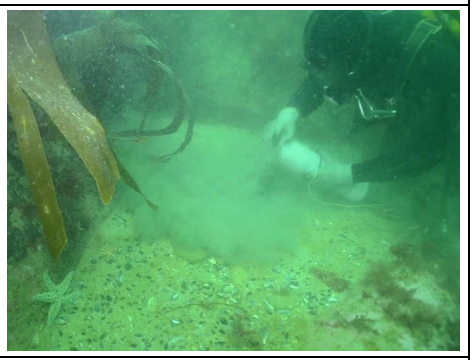
SUIVI VIDEO DES FONDS SUR LA RADIALE	
Responsable	**Région BRETAGNE -DPAF/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- MNHN Concarneau (expertise technique) - ISMER Lorient (moyens nautiques, plongeurs et vidéos sous-marines) - CRB/DPAF/Antennes Portuaires de Lorient et Saint-Malo
Période d'intervention	**Juin**
Mise en place	Chaque année, en tant que responsable de l'opération, l'Antenne Portuaire de Lorient commande et coordonne l'intervention auprès des divers prestataires concernés.
Moyens matériels nécessaires à mettre en oeuvre	- ISMER : moyens nautiques, matériel hyperbare non individuel, petit matériel (corps morts, bouées, manilles, cordages…), équipements individuels hyperbares, moyens vidéo (caméra, caisson étanche, torches…) et de montage vidéo ; - Antenne Portuaire de Saint-Malo : équipements individuels hyperbares.
Moyens humains nécessaires	- ISMER : marins, plongeurs vidéastes ; - Antenne Portuaire de Lorient : coordination, rapport et montage vidéo ; - Antenne Portuaire de Saint-Malo : plongeurs.
Protocole à suivre	Un point a été maintenu sur la côte de Ploemeur suite au comité de suivi du 14 octobre 2014. Sur ce point, les plongeurs filment la nature des fonds, la faune et la flore présentes selon une circulaire de 5 mètres de rayon sur 360°.
Rendu final	- APAL : réalisation d'un film en séquences claires et nettes de trois (3) minutes chacune concernant le point de suivi vidéo. L'original au format mini DV et dix (10) copies sur support DVD ; - MNHN : examen et analyse des vidéos avec description du faciès sédimentaire, de la faune et de la flore – comparaison avec les séries des années précédentes pour détecter les éventuelles évolutions.

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

PRELEVEMENTS DE SEDIMENTS	
Responsable	**Région BRETAGNE –DPAF /Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- COCHET Environnement (expertise technique) - ALPA CHIMIES (analyses sédiments) - ISMER Lorient (moyens nautiques, plongeurs et vidéos sous-marines) - CRB/DPAF/Antennes Portuaires de Lorient et Saint-Malo
Période d'intervention	**Juin**
Mise en place	Chaque année, en tant que responsable de l'opération, l'Antenne Portuaire de Lorient commande et coordonne l'intervention auprès des divers prestataires concernés.
Moyens matériels nécessaires à mettre en oeuvre	- ISMER : moyens nautiques, matériel hyperbare non individuel, petit matériel (corps morts, bouées, cordages…), équipements individuels hyperbares ; - Laboratoire ALPA CHIMIE : flaconnages, transporteur, analyses ; - Antenne Portuaire de Saint-Malo : équipements individuels hyperbares, carottier, spatule.
Moyens humains nécessaires	- ISMER : marins, plongeurs ; - Antenne Portuaire de Saint-Malo : plongeurs ; - Antenne Portuaire de Lorient : contrôleurs.
Protocole à suivre	Deux points ont été maintenus entre le site d'immersion et la côte de Ploemeur suite au comité de suivi du 14 octobre 2014. En chacun des points, les plongeurs effectuent des prélèvements de sédiments, à raison de trois (3) prélèvements par point ; ils doivent utiliser une paire de gants neuve lors de la première plongée, ces gants devant être rangés à l'abri de toute contamination extérieure entre chaque plongée. Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un carottier ou d'une spatule ; les instruments de prélèvement doivent être soigneusement nettoyés entre chaque prélèvement. Le prélèvement et le conditionnement des échantillons sont assurés par un contrôleur à bord ; pour chaque prélèvement, la moitié, destinée aux analyses chimiques et granulométriques est conditionnée dans un récipient en plastique et l'autre moitié, destinée aux analyses organiques, est conditionnée dans un récipient en verre. Les analyses chimiques sont confiées à un laboratoire agréé.
Rendu final	- ALPA CHIMIES : constitution des 2 échantillons moyens à partir des dix-huit (6) prélèvements - analyses physico-chimiques des échantillons (granulométrie, densité, Al, COT, Matières Sèches, métaux lourds, 16 HAP, 9 PCB congénères, M-D-TBT) ; - COCHET Environnement : traitement et commentaire des résultats d'analyses pour chaque type de paramètres – comparaison avec les concentrations des années précédentes pour déceler les éventuelles évolutions spatiales et/ou temporelles.

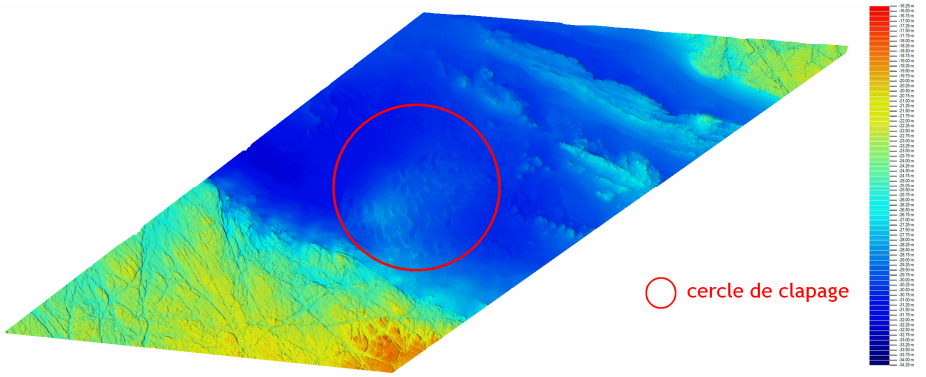
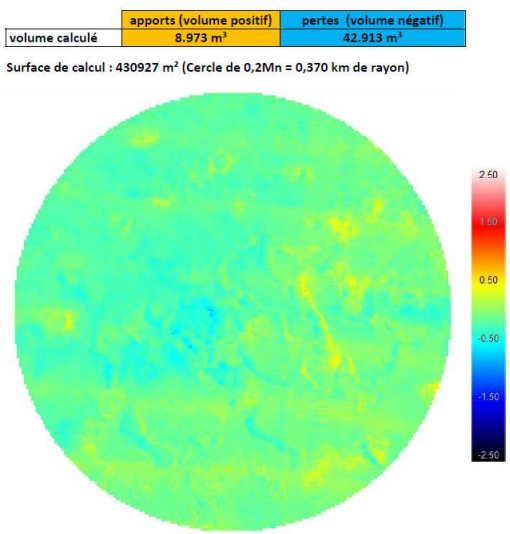
SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

ECHANTILLONNAGE DES SEDIMENTS

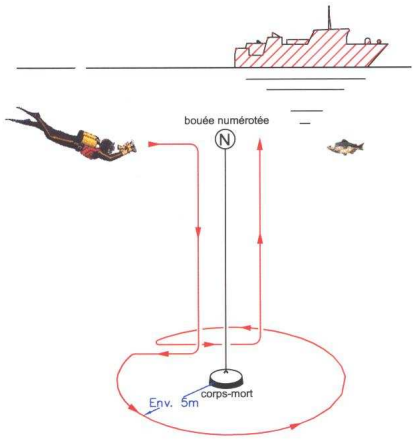
Responsable	**Région BRETAGNE – DPAF/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- Moyens nautiques – Plongeurs (extérieurs) - Contrôleur de l'Antenne Portuaire de Lorient
Période d'intervention	**Juin**
Mise en place	Chaque année, en tant que responsable de l'opération, l'Antenne Portuaire de Lorient organise la campagne de prélèvements et récupère les flaconnages et glacières de transport nécessaires auprès du Laboratoire ALPA CHIMIES.
Moyens nécessaires à mettre en œuvre	- carottiers PVC, seau, spatule : matériel APAL - flaconnages plastique (6) et verre (6) et glacières de transport : fournis par Laboratoire ALPA-CHIMIE
Protocole à suivre	Sur chacun des 2 points de la radiale, les plongeurs prélèvent 3 carottes de sédiments superficiels dans une zone d'environ 1 m². Les carottiers sont ensuite ramenés à bord du navire, en veillant à ne pas les contaminer dans le zodiac (eaux stagnantes, nourrice de carburant, etc.). 
	A bord du navire, le contrôleur procède à l'échantillonnage : - transvaser le contenu d'un carottier dans le seau, - homogénéiser le mélange à la spatule, - remplir aux 2/3 avec la spatule 1 flacon verre et 1 flacon plastique, - étiqueter les 2 flacons avec le même numéro d'échantillon, - stocker les échantillons au frais dans les glacières, - rincer abondamment le matériel (seau + spatule + carottier) à l'eau de mer plusieurs fois, - transvaser le contenu d'un autre carottier dans le seau, - recommencer la procédure. **3 carottes par point ⇨ 3 flacons verre + 3 flacons plastique**
	En fin de campagne de prélèvements, il faut stocker les 36 échantillons au frais avant l'expédition groupée en glacières au Laboratoire ALPA CHIMIES.
Rendu final	- Laboratoire ALPA CHIMIES : analyses granulométriques et physico-chimiques des échantillons de sédiments.

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

SUIVI BATHYMETRIQUE DU SITE

Responsable	**Région BRETAGNE – DPAF/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- GEOxyz Euralille (levé bathymétrique) - CRB/DPAF/Antenne Portuaire de Lorient
Période d'intervention	**Juin - septembre**
Mise en place	Chaque année, en tant que responsable de l'opération, l'Antenne Portuaire de Lorient commande et coordonne l'intervention auprès du prestataire concerné.
Moyens nécessaires à mettre en oeuvre	- GEOxyz : moyens nautiques et bathymétriques, - GEOxyz : marins, hydrographes et dessinateurs.
Protocole à suivre	Le prestataire extérieur effectue un levé des fonds sur toute la superficie du site d'immersion l'année N.  Les données collectées sont traitées et reportées sur plan avec indication des sondes et des isobathes à une échelle lisible. Un traitement graphique avec Mensura ou un logiciel comparable est effectué par le prestataire extérieur pour déterminer les éventuels rehaussements des fonds dans la partie centrale de la zone de clapage. Ce traitement doit restituer un plan de comparaison des fonds et un calcul de différentiel de volumes avec l'année précédente. 
Rendu final	- GEOxyz : rendu final des données sur CD-ROM et sur papier ; un plan de la bathymétrie et un plan de comparaison faisant apparaître les éventuels rehaussements des fonds sont intégrés dans le dossier point d'étape annuel.

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

SUIVI VIDEO DES FONDS DU SITE D'IMMERSION		
Responsable	**Région BRETAGNE – DPAF/Antenne Portuaire de Lorient**	
Intervenants	- MNHN Concarneau (expertise technique) - ISMER Lorient (moyens nautiques, plongeurs et vidéos sous-marines) - CRB/DPAF/Antennes Portuaires de Lorient et Saint-Malo	
Période d'intervention	**Août - septembre**	
Mise en place	Chaque année, en tant que responsable de l'opération, l'Antenne Portuaire de Lorient commande et coordonne l'intervention auprès des divers prestataires concernés.	
Moyens matériels nécessaires à mettre en oeuvre	- ISMER : moyens nautiques, matériel hyperbare non individuel, petit matériel (corps morts, bouées, manilles, cordages…), équipements individuels hyperbares, moyens vidéo (caméra, caisson étanche, torches…) et de montage vidéo.	
Moyens humains nécessaires	- CRB/DPAF/Antennes Portuaires de Lorient et Saint-Malo - ISMER : marins, plongeurs vidéastes.	
Protocole à suivre	Deux (2) bouées sont mouillées sur la zone. A chacune des bouées, les plongeurs font un film vidéo. La séquence débute par la présentation du numéro inscrit sur la bouée, montre ensuite son corps mort puis les fonds tout autour du point de mouillage par une circulaire de 5 mètres de rayon sur 360°. Le point central du site sera filmé et (éventuellement) tout autre point défini par l'Antenne Portuaire de Lorient à la suite du levé bathymétrique annuel.	
Rendu final	-CRB : Réalisation d'un film en séquences claires et nettes de trois (3) minutes chacune concernant chaque point de suivi vidéo. L'original au format mini DV et dix (10) copies sur support DVD ; - MNHN : examen et analyse des vidéos sur chaque point avec description du faciès sédimentaire, de la faune et de la flore – comparaison avec les séries des années précédentes pour détecter les éventuelles évolutions.	

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

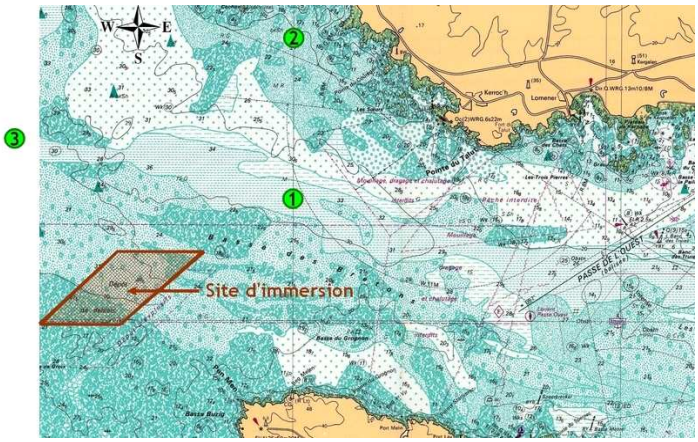
SUIVI BIOLOGIQUE DU SITE	
Responsable	**Région BRETAGNE – DPAF/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- COCHET Environnement (expertise technique) - Laboratoire ALPA CHIMIES (analyses chair de coquillages) - ISMER Lorient (moyens nautiques, plongeurs) - CRB/DPAF/Antennes Portuaires de Lorient et Saint-Malo
Période d'intervention	**Août - septembre**
Mise en place	Chaque fois que nécessaire, en tant que responsable de l'opération, l'Antenne Portuaire de Lorient commande et coordonne l'intervention auprès des divers intervenants concernés, au minimum deux mois avant la campagne (temps de préparation par COCHET Environnement des poches de coquillages à mettre en place).
Moyens matériels nécessaires à mettre en oeuvre	- ISMER : moyens nautiques, équipements individuels hyperbares ; - COCHET Environnement : moyens de conditionnement des échantillons, biométrie ; - Laboratoire ALPA CHIMIES : moyens d'analyses.
Moyens humains nécessaires	- ISMER : marins, plongeurs ; - CRB/DPAF/Antennes Portuaires de Lorient et Saint-Malo
Protocole à suivre	Les prélèvements des poches de coquillages (huîtres et moules) et la mise à l'eau de nouvelles poches sont réalisés annuellement sur 2 points proches du site, plus 1 au sud-ouest de Groix servant de lot témoin. Les poches immergées l'année N-1 sont remontées l'année N.
	La préparation des poches de coquillages à immerger et le conditionnement de la chair des coquillages relevés sont assurés par COCHET Environnement. Les coquillages sont utilisés comme « sentinelles » pour étudier les niveaux et les tendances d'une éventuelle contamination du milieu. Les polluants rémanents (5 métaux lourds, 16 HAP et 9 PCB) sont recherchés dans la chair des moules par un Laboratoire d'analyses agréé par le Ministère de l'écologie ; des mesures biométriques (TBT) sont effectuées sur les huîtres par COCHET Environnement.
Rendu final	- Laboratoire ALPA CHIMIES : analyses des échantillons de chair de coquillages ; - COCHET Environnement : traitement et commentaire des résultats d'analyses pour chaque type de paramètres – comparaison avec les concentrations des années précédentes pour déceler les éventuelles évolutions spatiales et/ou temporelles.

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

<table>
<tr><th colspan="3">SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DU SITE</th></tr>
<tr><td><u>Responsable</u></td><td colspan="2">Région BRETAGNE – DPAF/Antenne Portuaire de Lorient</td></tr>
<tr><td><u>Intervenants</u></td><td colspan="2">- COCHET Environnement (expertise technique)
- Laboratoire ALPA CHIMIES (analyses chair de coquillages)
- CRB/DPAF/Antenne Portuaire de Lorient</td></tr>
<tr><td><u>Période d'intervention</u></td><td colspan="2">Août - septembre</td></tr>
<tr><td><u>Mise en place</u></td><td colspan="2">Chaque année, en tant que responsable de l'opération, l'Antenne Portuaire de Lorient organise les prélèvements de coquillages sur les 2 sites de surveillance à Ploemeur et à Groix, en relation avec COCHET Environnement.</td></tr>
<tr><td><u>Moyens matériels nécessaires à mettre en oeuvre</u></td><td colspan="2">- COCHET Environnement : moyens de prélèvement et de conditionnement des échantillons ;
- Laboratoire ALPA CHIMIES : moyens d'analyses.</td></tr>
<tr><td><u>Moyens humains nécessaires</u></td><td colspan="2">- COCHET Environnement : préleveur-contrôleur.</td></tr>
<tr><td rowspan="2"><u>Protocole à suivre</u></td><td>Les prélèvements de coquillages sont réalisés par COCHET Environnement sous le contrôle de l'Antenne Portuaire de Lorient sur les 2 sites de surveillance:
Ploemeur : moules sauvages à la prise d'eau du Pérello,
Groix : moules d'élevage à Port Lay.</td><td> </td></tr>
<tr><td colspan="2">Le conditionnement de la chair des coquillages relevés est assuré par COCHET Environnement. Les coquillages sont utilisés comme « sentinelles » pour étudier les niveaux et les tendances d'une éventuelle contamination du milieu. Les polluants rémanents (5 métaux lourds, 16 HAP et 9 PCB) sont recherchés dans la chair des moules par un Laboratoire d'analyses agréé par le Ministère de l'écologie.</td></tr>
<tr><td><u>Rendu final</u></td><td colspan="2">- Laboratoire ALPA CHIMIES : analyses des échantillons de chair de coquillages ;
- COCHET Environnement : traitement et commentaire des résultats d'analyses pour chaque type de paramètres – comparaison avec les concentrations des années précédentes pour déceler les éventuelles évolutions spatiales et/ou temporelles.</td></tr>
</table>

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

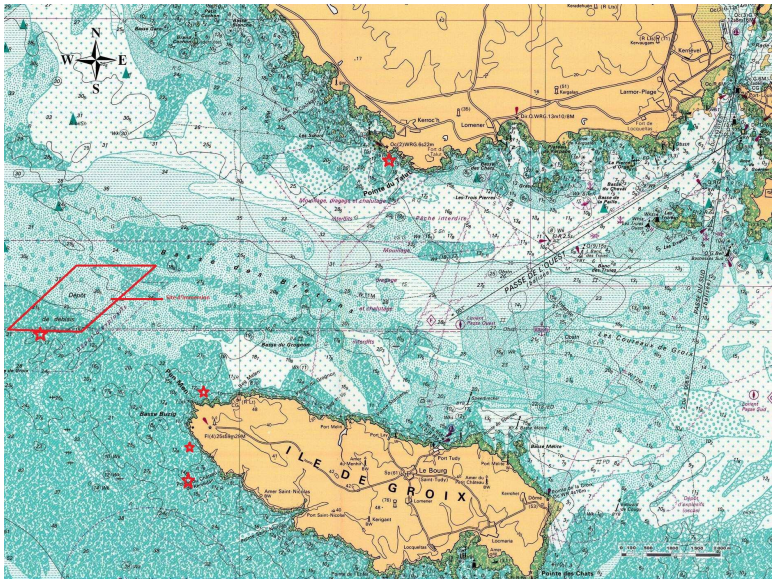
SURVEILLANCE CHIMIE ET PEUPLEMENT BENTHIQUE

Responsable	**Région BRETAGNE DPAF/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- INVIVO SETEC (analyses benthos et expertise technique) - Laboratoire agréé (analyses sédiments marins) - CRB/DPAF/Antenne Portuaire de Lorient
Période d'intervention	**Juillet - août**
Mise en place	Chaque année, en tant que responsable de l'opération, l'Antenne Portuaire de Lorient commande et coordonne l'intervention sur les 3 points de surveillance, deux au nord-est du site d'immersion et un au nord-ouest.
Moyens matériels nécessaires à mettre en oeuvre	- Prestataire extérieur : moyens nautiques, moyens de prélèvement et de conditionnement des échantillons ; - Laboratoire agréé : moyens d'analyses.
Moyens humains nécessaires	- Prestataire extérieur : préleveur-contrôleur, benthologue.
Protocole à suivre	Les prélèvements de sédiments sont réalisés par le prestataire extérieur à la benne sur les trois (3) stations de surveillance. Un minimum de six (6) prélèvements par station est souhaitable, cinq (5) pour l'inventaire du benthos et un (1) pour la physico-chimie du sédiment.
	
	Les échantillons sont tamisés sur une maille de 1 mm, le refus de tamis est placé dans des conteneurs en plastique ou des sacs portant mention de la date, du site, du numéro de réplicat et de l'engin utilisé. En laboratoire, les organismes sont triés par grands groupes systématiques ; les individus sont identifiés jusqu'au niveau de l'espèce, puis dénombrés station par station pour chaque espèce ou taxon. Plusieurs indices structurels ou fonctionnels sont utilisés : I2EC, AMBI, M-AMBI, Shannon, etc.
Rendu final	- Laboratoire agréé : analyses physico-chimiques des échantillons prélevés (granulométrie, densité, Al, COT, Matières Sèches, métaux lourds, 16 HAP, 9 PCB congénères, M-D-TBT) ; - Prestataire extérieur : inventaire des peuplements benthiques dans les échantillons prélevés – calcul des indices représentatifs - traitement et commentaire des résultats d'analyses pour chaque type de paramètres – comparaison avec les résultats des années précédentes pour déceler les éventuelles évolutions spatiales et/ou temporelles.

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

PROTOCOLE DE SURVEILLANCE DCE POUR L'ELEMENT DE QUALITE « MACROALGUES SUBTIDALES »

Responsable	**Région BRETAGNE DPAF/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- INVIVO SETEC (plongées sur site, référencement, état de qualité) - CRB/DPAF/Antenne Portuaire de Lorient
Période d'intervention	**Juillet - août**
Mise en place	Le comité de suivi du 14 octobre 2014 a décidé de réaliser l'inventaire, l'étagement et le suivi faunistique et floristique suivant le protocole DCE sur 4 points en remplacement des vidéos.
Moyens matériels nécessaires à mettre en œuvre	- Prestataire extérieur INVIVO SETEC: moyens nautiques, moyens vidéo, moyens de prélèvement et de conditionnement des échantillons ;
Moyens humains nécessaires	- Prestataire extérieur : plongeurs, préleveur-contrôleur, benthologue, algologue.
Protocole à suivre	Le prestataire retenu doit se conformer au Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales » - Second cycle de suivi (DCE-2) *Muséum d'histoire Naturelle* Cf. document 2.2

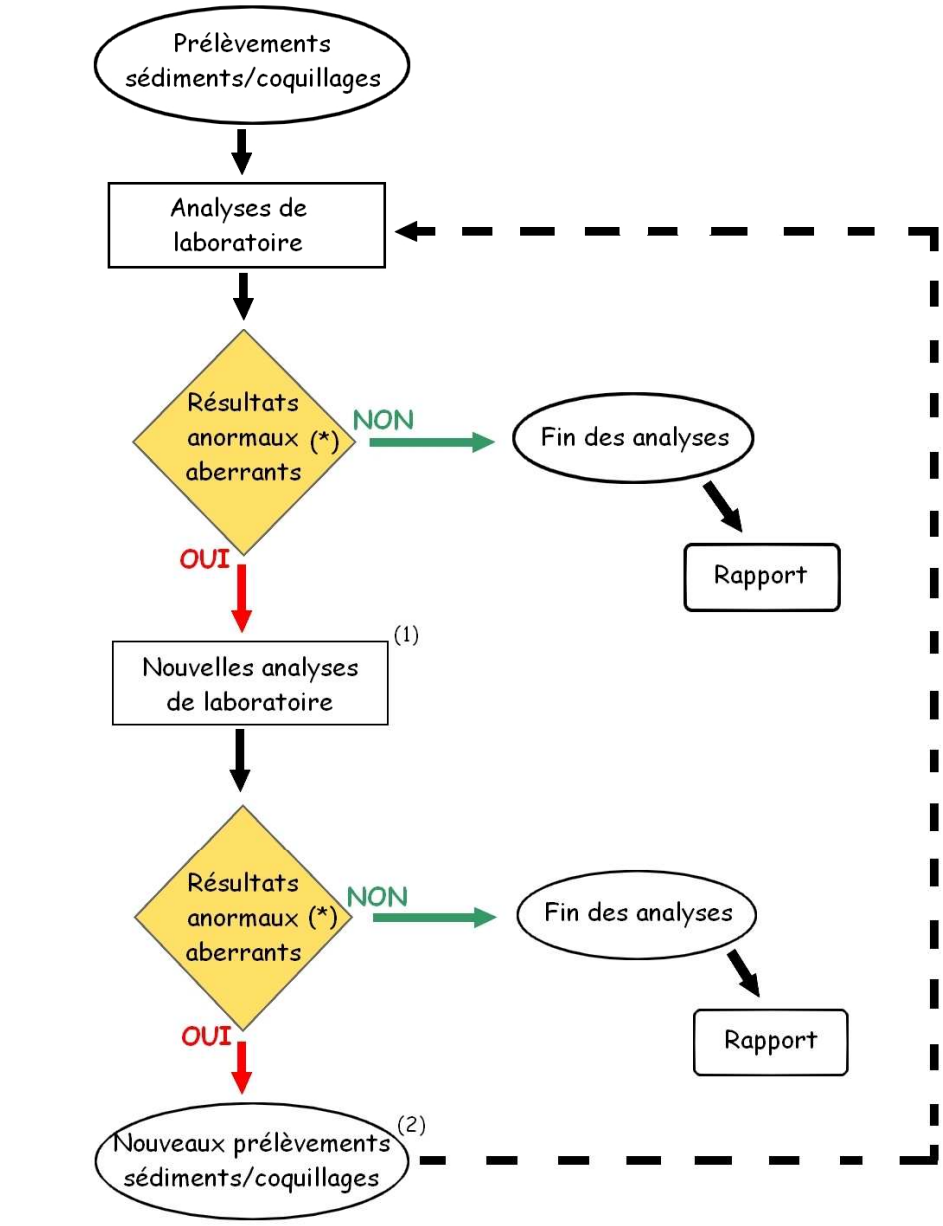


SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

DEMARCHE QUALITE

Responsable	Région BRETAGNE - DPAF/Antenne Portuaire de Lorient

PROTOCOLE POUR LES ANALYSES DE LABORATOIRE SUR LES SEDIMENTS MARINS ET LES CHAIRS DE COQUILLAGES



(*) par rapport aux années antérieures

(1) sur la fraction aliquote conservée en laboratoire

(2) sur les stations de la radiale pour les sédiments et sur les points de surveillance pour les coquillages

DCE
Surveillance des Masses d'Eau
Suivi biologique –Macroalgues subtidales

Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales » - Second cycle de suivi (DCE-2)

RAPPORT DU MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Station de Biologie Marine de CONCARNEAU
Version 2014 – V1
Janvier 2014

DERRIEN-COURTEL Sandrine et LE GAL Aodren
Station de Biologie Marine de Concarneau
MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
Place de La Croix – BP 225 - 29182 CONCARNEAU Cedex
Tel. : 02.98.50.42.91 - Fax : 02.98.97.81.24 - E-mail : derrien@mnhn.fr - alegal@mnhn.fr

Organisme coordinateur :
Muséum National d'Histoire Naturelle
Station de Biologie Marine de Concarneau
Place de La Croix – BP 225 - 29182 CONCARNEAU Cedex
Tel. : 02.98.50.42.91 - Fax : 02.98.97.81.24 - E-mail : derrien@mnhn.fr / alegal@mnhn.fr

Chef de Projet, Responsabilité scientifique :
- Dr DERRIEN-COURTEL Sandrine, Chargée de Recherche (MNHN Concarneau)

Rédaction, mise au point du protocole :
- DERRIEN-COURTEL Sandrine (MNHN Concarneau)
- LE GAL Aodren (MNHN Concarneau)

Références bibliographiques de ce rapport :
DERRIEN-COURTEL S. et LE GAL A., 2014. Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales » - Second cycle de suivi (DCE-2) Version 2014 – V1. Contrat IFREMER-MNHN, ,28p.

Sommaire

INTRODUCTION **5**

I. SITES DE SUIVI **6**

II. PROTOCOLE D'ECHANTILLONNAGE DCE-2 ..... **8**

II.1 GENERALITES 8
II.2 LES METRIQUES 8
II.2.1 Limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales *10*
II.2.2 Composition et densité des espèces définissant l'étagement *10*
II.2.3 Composition spécifique *11*
II.2.4 Richesse spécifique totale *15*
II.2.5 Stipes de Laminaria hyperborea – épibioses *16*
II.2.6 Etude de la faune *16*
II.2.7 Structure des populations d'algues arbustives pérennes *17*

CONCLUSION **19**

Liste des figures

Figure 1 : Localisation des points de suivi DCE-2 du littoral Manche-Atlantique 6
Figure 2 : Simplification de l'échantillonnage dans le cadre du protocole DCE-2 9
Figure 3 : Echantillonnage à réaliser en fonction de la configuration d'un site 18
Figure 4 : Synthèse de l'échantillonnage à réaliser selon le protocole DCE-2 dans le cas d'un site à infralittoral inférieur profond 19

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les points de suivi DCE-2 de la façade Manche-Atlantique 7
Tableau 2 : Liste des espèces définissant l'étagement selon le type de milieu et l'écorégion 11
Tableau 3 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 1-2 des milieux peu turbides pour l'écorégion Manche orientale 12
Tableau 4 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 3 des milieux peu turbides pour l'écorégion Manche orientale 12
Tableau 5 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 1-2 des milieux turbides et peu turbides pour l'écorégion Manche occidentale -Pays de Loire 13
Tableau 6 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 3 des milieux turbides et peu turbides pour l'écorégion Manche occidentale-Pays de Loire 13
Tableau 7 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 1-2 des milieux peu turbides pour l'écorégion Pays basque 14
Tableau 8 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 3 des milieux peu turbides pour l'écorégion Pays basque 14
Tableau 9 : Liste des espèces opportunistes 15

Liste des annexes

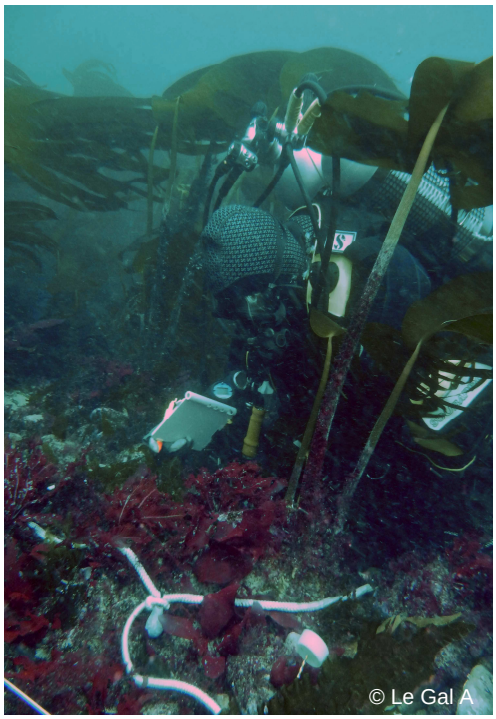
Annexe I : Planche Photo 21
Annexe II : Typologies des ceintures algales 22
Annexe III : Algues structurantes définissant l'étagement des ceintures subtidales 24
Annexe IV: Les différents stades de nécroses chez *Laminaria hyperborea* 28
Annexe V : 2009-2012 : Evolution de l'infralittoral supérieur à Penchâteau 25
Annexe VI : Imbrication de la faune et de la flore-Exemple du secteur Golfe du Morbihan-Quiberon-Belle-Île 26
Annexe VII : Les algues structurantes – Importance fonctionnelle et sensibilité 27

Introduction

Le programme de surveillance DCE entre dans sa seconde phase pour la période 2014 – 2018. A cette occasion, nous dressons un bilan du protocole de suivi DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales ». Une réflexion globale menée sur le protocole d'échantillonnage a permis d'identifier des possibilités d'optimisation.

Ce rapport détaille les évolutions du protocole DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales ». En s'appuyant sur l'expérience acquise au travers des différents programmes de surveillance REBENT-Bretagne, ECBRS (Derrien-Courtel et Le Gal, 2014) et DCE-1 (Derrien-Courtel et Le Gal, 2011a) ainsi que du traitement des données (Derrien-Courtel *et al.*, 2013), quelques modifications sont proposées en veillant à conserver les métriques étudiées ainsi que les barèmes de notation.

Le développement du programme de surveillance DCE « macroalgues subtidales » s'est largement appuyé sur les seules données quantitatives disponibles à l'échelle régionale, à savoir celles issues du programme Rebent-Bretagne. Ce dernier était alors au début de son second cycle d'acquisition de données. Les données acquises ultérieurement dans le cadre du Rebent-Bretagne[1], du premier cycle DCE[2] mais également grâce au suivi annuel « Estuaire Loire-Vilaine »[3] permettent aujourd'hui de mieux appréhender certains aspects tels que la variabilité interannuelle des différents métriques.
Afin d'intégrer cette variabilité et ses effets sur l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau, la fréquence d'échantillonnage a été ramenée à une périodicité de trois ans, et voire même à un an sur certains sites instables présentant une variabilité importante. Le second cycle DCE est également l'opportunité d'intégrer le compartiment faune, jusque là délaissé. Enfin, un suivi plus fin des algues structurantes sera réalisé. Ces évolutions permettront une meilleure compréhension des résultats obtenus et pour ceux des sites turbides en particulier.
Conscients des conséquences, en termes de budgets et de moyens humains notamment, nous avons mené une réflexion sur l'échantillonnage lui-même, pour le simplifier ou plus précisément pour l'optimiser au maximum.



Plongeur du MNHN-Concarneau travaillant sur quadrat, le long d'un transect.

[1] Financé par : la région Bretagne, les Fonds Européens FEDER et l'Ifremer
[2] Financé par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne et l'Ifremer
[3] Financé par : l'Agence de l'Eau Loire Bretagne, l'Agence des Aires Marines Protégées, l'Association Loire Vilaine, Cap Atlantic, la DREAL Loire Atlantique, la Fondation TOTAL, IAV, l'Ifremer et Séché Environnement / Saur

I. Sites de suivi

Dans le cadre de la DCE-2, 44 sites répartis sur la façade Manche-Atlantique (cf. Figure 1 et Tableau 1) ont été retenus pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales ».

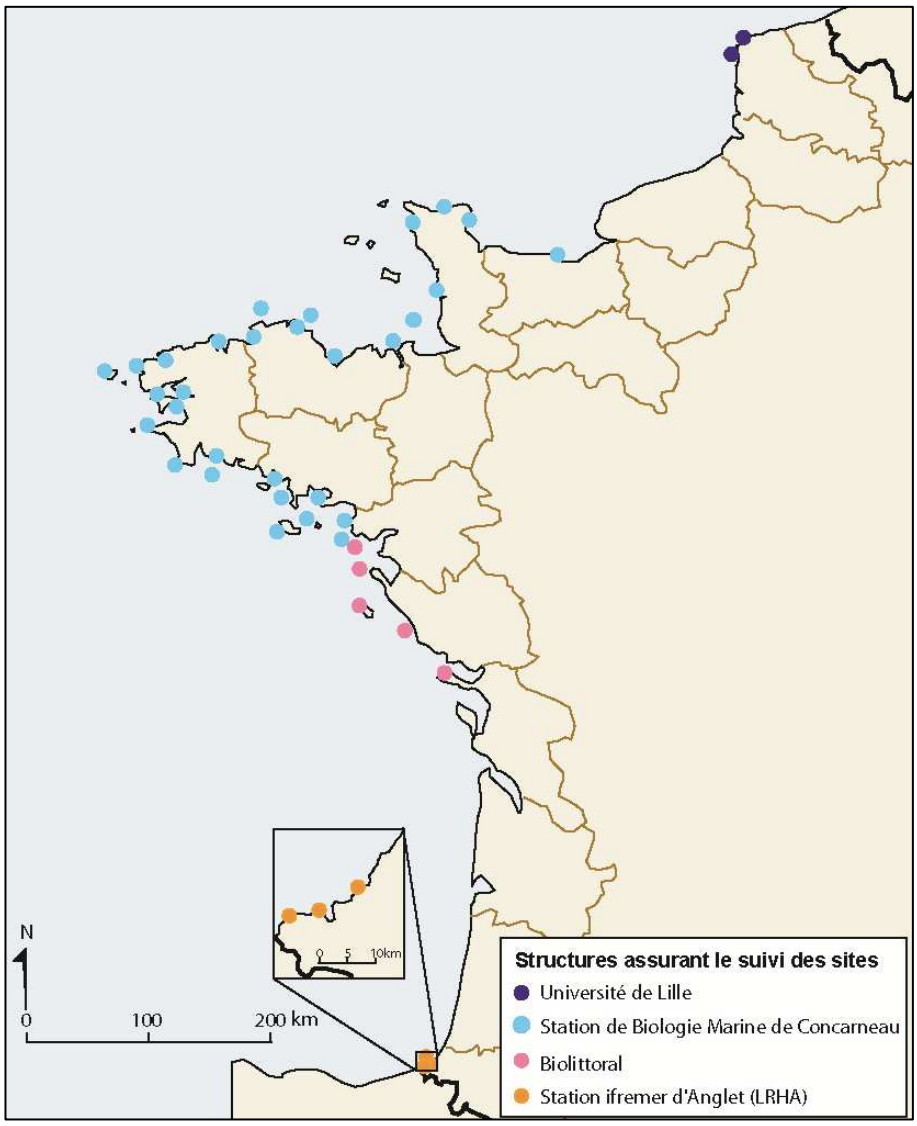


Figure 1 : Localisation des points de suivi DCE-2 du littoral Manche-Atlantique

Ecorégion	Station	Type masse d'eau	Code masse d'eau	Masse d'eau	Lattitude	Longitude
Manche orientale	Wissant	C09	FRAC02	Malo-Gris Nez	50°54,740 N	01°40,600 E
	Audresselles	C01	FRAC03	Gris nez-Slack	50°49,970 N	01°35,070 E
	Bénouville	C01	FRHC17	Pays de Caux (sud)	49°43,373 N	00°14,680 E
	Saint Aubin	C11	FRHC13	Côte de Nacre (est)	49°21,170 N	00°25,731 W
Manche occidentale-Pays de Loire	Tatihou	C07	FRHC09	Anse de Saint-Vaast-la-Hougue	49°35,152 N	01°13,916 W
	Cap Levy	C15	FRHC07	Cap Levy - Gatteville	49°41,453 N	01°28' 690 W
	Cap de Flamanville	C15	FRHC04	Cap de Carteret - Cap de la Hague		
	Les Ecrehou	C17	FRHC03	Ouest Cotentin		
	Chausey	C17	FRHC01	Archipel Chausey	48°51,904 N	01°51,123 W
	Les Haies de la Conchée	C10	FRGC03	Rance - Fresnaye	48°41,224 N	02°02,743 W
	Rohein	C09	FRGC05	Fond Baie de Saint-Brieuc	48°39,497 N	02°44,292 W
	Moguedhier	C01	FRGC07	Paimpol - Perros-Guirec	48°50,339 N	03°03,394 W
	La Pointe du Paon	C01	FRGC07	Paimpol - Perros-Guirec	48°51,983 N	02°59,098 W
	La Barrière	C15	FRGC08	Perros-Guirec (large)	48°23,333 N	03°30,749 W
	Roc'h Mignon	C13	FRGC10	Baie de Lannion	48°45,371 N	03°34,608 W
	Le Corbeau	C11	FRGC11	Baie de Morlaix	48°40,614 N	03°53,296 W
	îles de la Croix	C01	FRGC13	Les Abers (large)	48°36,929 N	03°36,232 W
	Liniou	C01	FRGC13	Les Abers (large)	48°29,414 N	04°48,462 W
	Ile Ronde	C12	FRGC16	Rade de Brest	48°19,479 N	04°27,804 W
	Fort de la Fraternité	C12	FRGC16	Rade de Brest	48°18,576 N	04°34,640 W
	Ar Forc'h vihan	C02	FRGC18	Iroise (large)	48°26,722 N	05°08,503 W
	Pointe du Van	C02	FRGC18	Iroise (large)	48°03,965 N	04°43,028 W
	Ile de l'Aber	C13	FRGC20	Baie de Douarnenez	48°13,310 N	04°26,263 W
	Gaouac'h	C14	FRGC26	Baie d'Audierne	47°48,442 N	04°23,884 W
	Les Bluiniers	C14	FRGC28	Concarneau (large)	47°43,348 N	04°03,812 W
	Linuen	C13	FRGC29	Baie de Concarneau	47°50,653 N	03°57,777 W
	Bastresse Sud	C10	FRGC34	Lorient - Groix	47°40,909 N	03°22,041 W
	Pierres Noires	C04	FRGC35	Baie d'Etel	47°35,884 N	03°12,954 W
	Tourelle de Grégam	C12	FRGC39	Golfe du Morbihan	47°33,933 N	02°55,003 W
	Pointe du Grand Guet	C01	FRGC42	Belle-Ile	47°19,017 N	03°14,938 W
	Le Grand Coin	C13	FRGC38	Golfe du Morbihan large	47°24,467 N	03°00,254 W
	Ile Dumet	C03	FRGC44	Baie de Vilaine (côte)	47°23,966 N	02°34,082 W
	Plateau du Four	C03	FRGC45	Baie de Vilaine (large)	47°18,235 N	02°39,183 W
	La Banche	C10	FRGC46	Loire-Large	47°11,090 N	02°29,600 W
	Le Pilier	C10	FRGC46	Loire-Large	47°02,705 N	02°22,645 W
	Yeu Chien perrins	C14	FRGC47	Ile d'Yeu	46°43,980 N	02°24,350 W
	La Vigie	C10	FRGC50	Nord Sables d'Olonne	46°43,282 N	02°01,041 W
	Phare des baleines	C03	FRGC53	Pertuis Breton	46°14,856 N	01°35,530 W
Pays Basque	Guetary Sud	C14	FRFC11	Anglet-Hendaye (Côte Basque)	43°25,715 N	01°37,080 W
	Les Jumeaux	C14	FRFC11	Anglet-Hendaye (Côte Basque)	43°23,134 N	01°45,395 W
	Soccoa	C14	FRFC11	Anglet-Hendaye (Côte Basque)	43 °23,800 N	01°41,340 W

Tableau 1 : Les points de suivi DCE-2 de la façade Manche-Atlantique

Les coordonnées précises ne sont pas encore définies pour les nouvelles stations

II. Protocole d'échantillonnage DCE-2

II.1 Généralités

Pour l'application de ce protocole, les sites d'études doivent présenter des platiers subtidaux rocheux(en dessous du zéro hydrographique).
Pour chaque site (Annexe I), un transect est positionné dans la partie qui présente à la fois :

1) la dénivellation la plus rapide afin que le transect ne soit pas trop long,
2) le nombre maximum de ceintures, donc l'apparition la plus tardive possible du fond sédimentaire (car il vient « tronquer » la limite de la dernière ceinture).

Dans un deuxième temps, après un repérage de surface (au sondeur, compas de relevé et dGPS), le transect est posé puis balisé[4]. On dispose alors de deux repères de surface : bouées en début et fin de transect.

Les relevés seront réalisés de préférence de mi-mars à mi-juillet, une fois l'an, tous les trois ans .

Les mesures qualitatives et quantitatives sont réalisées *in situ* sur des quadrats de 0,25 m^2, et se font au niveau de l'infralittoral (infralittoral supérieur et infralittoral inférieur) et du circalittoral côtier. Pour chaque ceinture on privilégiera un échantillonnage à l'une des trois profondeurs fixes (-3m C.M., -8m C.M. et -13m C.M.) si elles s'y trouvent et sinon au milieu des ceintures (prendre soin de noter cette profondeur pour les suivis ultérieurs). Les relevés ne concernent que les espèces fixées sur le substrat rocheux, en aucun cas les espèces épibioses (sur d'autres macroalgues ou sur la faune fixée) ne sont prises en comptes.
L'échantillonnage de chaque ceinture sera réalisé à l'aide de 10 quadrats pour l'infralittoral supérieur, 8 quadrat pour l'infralittoral inférieur et 10 quadrats pour le circalittoral côtier.
Les quadrats sont positionnés de manière aléatoire, au plus près de la bathymétrie ou au milieu de la ceinture, et au plus près du transect (tout en évitant les failles, les pentes abruptes et le sédiment).

II.2 Les métriques

Toutes les métriques de l'élément de qualité « Macroalgues Subtidales » utilisées dans la DCE-1 (Derrien-Courtel et Le Gal, 2011a) sont conservées et deux nouvelles métriques apparaissent pour le prochain cycle de suivi DCE-2. Ces nouvelles métriques n'ont pas vocation à être notées tout de suite. L'analyse des données recueillies doit permettre de réfléchir à la manière de les intégrer dans l'évaluation DCE. En plus de ces nouveaux paramètres, la fréquence d'échantillonnage est doublée, passant de 6 ans à 3 ans (et de 6 ans à 1 an pour les « limites des ceintures algales » et la « structure de la strate arbustive », pour certains sites sensibles et/ou à variabilité naturelle importante). Nous proposons le suivi annuel de ces deux paramètres car ils s'intéressent aux espèces de la strate arbustive qui répondent plus rapidement aux changements du milieu par rapport aux espèces de la sous strate (Kennelly, 1987; Melville et Connell, 2001; Lilley et Schiel, 2006). Ces sites sensibles et/ou à variabilité naturelle importante demandent donc d'augmenter la fréquence d'échantillonnage de ces deux métriques pour tenter de mieux comprendre les raisons de leur instabilité. Cela doit permettre une meilleure prise en compte de l'état général des populations de laminaires et/ou de cystoseires. A cet égard, on peut rappeler les études menées sur les laminaires nécrosées d'Iroise (Derrien-Courtel et Le Gal, 2011b) d'une part et sur la raréfaction des laminaires

[4] *Un relevé topographique peut être réalisé (manuellement tous les 50cm) le long de ce transect, pour déterminer le profil bathymétrique le long duquel seront effectués les relevés sur quadrats. La topographie du fond peut en effet parfois contribuer à l'explication des résultats obtenus.*

(Derrien-Courtel et al., 2013) en particulier sur le secteur du Mor Braz (Barillé et Derrien-Courtel, 2010; Derrien-Courtel *et al.*, 2011) d'autre part.

En contre partie, l'échantillonnage est simplifié afin de ne conserver que les éléments strictement nécessaires à l'évaluation de la qualité des masses d'eau et donc à leur notation. En effet, pour le premier cycle de suivi DCE (DCE-1), l'indicateur macroalgues subtidales (métriques, barèmes de notation…) avait été défini à postériori, par rapport à la mise au point du protocole d'échantillonnage (ceci pour des raisons de calendrier). Le traitement des données du premier cycle d'acquisition a mis en évidence des possibilités de simplification que nous proposons d'exploiter pour le second cycle DCE (DCE-2). La simplification de l'échantillonnage concerne principalement la quantité de travail à réaliser sur les sites où l'infralittoral dépasse les -13m C.M. En effet, l'hétérogénéité dans la configuration des sites est telle que 10 à 30 quadrats pouvaient être réalisés au sein de cet étage pour respecter le protocole d'échantillonnage initial. Hors, il était par la suite nécessaire de ne retenir que 10 quadrats (soit le minimum commun) pour le traitement des données. Le protocole DCE-2 impose désormais de réaliser ces 10 quadrats à une seule et même bathymétrie, le -3 m C.M. (cf. Figure 7), où au-dessus lorsque l'infralittoral supérieur n'atteint pas les -3m C.M.

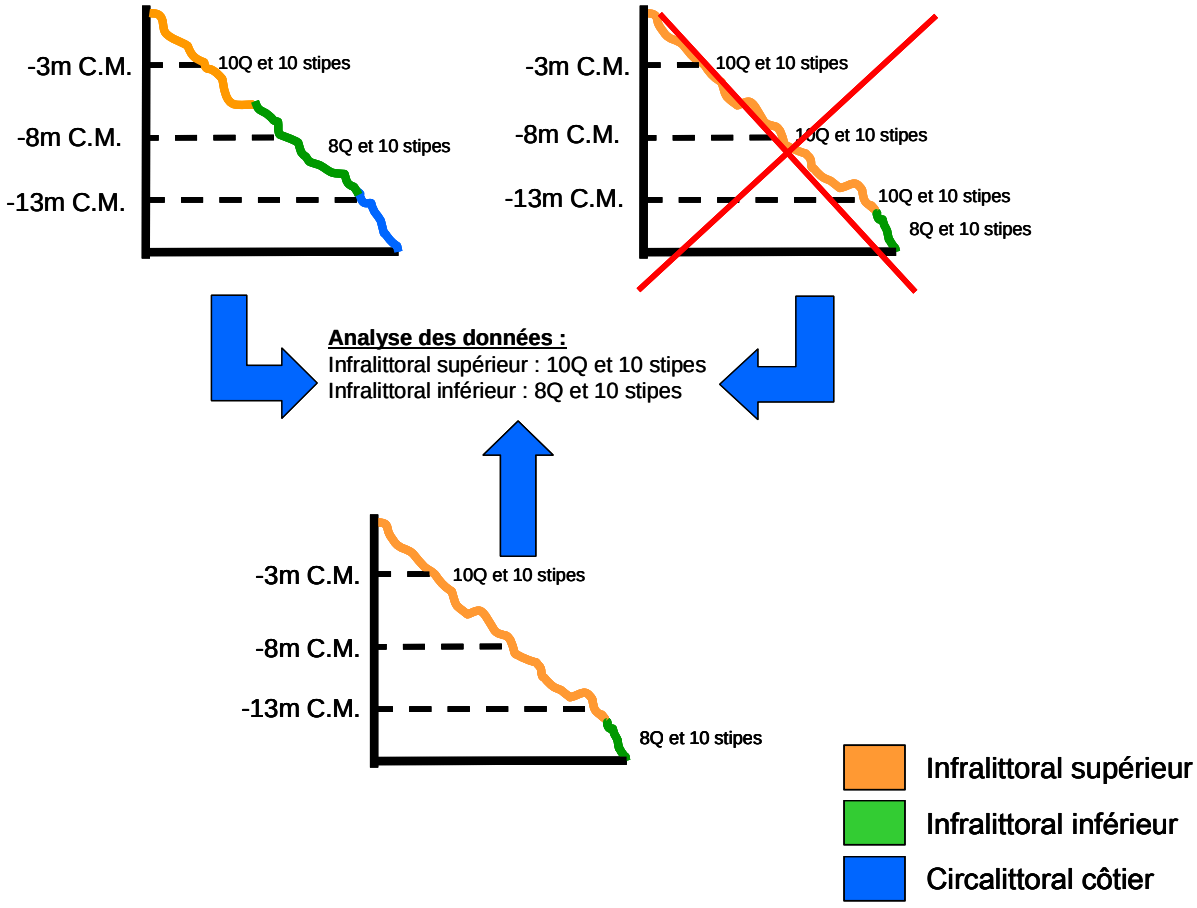


Figure 2 : Simplification de l'échantillonnage dans le cadre du protocole DCE-2

a) Cas d'un site à infralittoral supérieur peu profond : 10 quadrats devaient être réalisés
b) Cas d'un site à infralittoral supérieur profond : 30 quadrats devaient être réalisés
c) Cas d'un site à infralittoral supérieur profond : pour la DCE-2, 10 quadrats seront réalisés au sein d'une seule et même bathymétrie, le -3m C.M.

L'ensemble des métriques utilisées dans le protocole DCE-2 sont présentées ci-après. Pour une meilleure compréhension des modifications opérées, un paragraphe explicatif a été rédigé (en police bleu et italique) pour chacune des métriques.

II.2.1 Limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales

Cette métrique reste inchangée. Cependant, certains sites où des évolutions rapides ont été constatées feront l'objet d'un suivi annuel de ce paramètre afin de mieux apprécier la variabilité naturelle et d'en tenir compte pour la qualification de l'état écologique de la masse d'eau concernée.

En effet, pour certains sites, les notations témoignent en effet d'une variabilité inter-annuelle importante d'origine naturelle et/ou anthropique, ce qui rend de fait les résultats difficiles à interpréter. Pour tenter de mieux appréhender cette forte variabilité qui touche en premier lieu les espèces dites "structurantes" à haut niveau de fonctionnalité, nous proposons aux Agences de l'Eau, en lien avec leurs opérateurs de terrain, de définir, lorsque cela leur semble opportun, ces sites dits "sensibles et/ou à variabilité naturelle importante". Ceci dans l'objectif de mieux identifier les relations pressions-impacts qui régissent l'évolution de ces habitats. Cela n'a bien évidemment aucun caractère obligatoire.

Le relevé des limites des ceintures algales doit faire l'objet d'une attention toute particulière, car toute la suite du protocole en dépend.
Les limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales (profondeur par la suite corrigée et rapportée au zéro des cartes marines du SHOM) sont relevées du fond vers la surface (pour des raisons de sécurité en plongée : profil de la plongée). A chaque limite de ceinture algale, la profondeur, l'heure et la date sont systématiquement notées.
Les limites des ceintures algales sont définies par rapport à la présence / absence et l'abondance des algues référentes (*cf.* Tableau 2*,* Annexe II et Annexe III).

Le relevé des limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales permet de connaître la profondeur atteinte par les niveaux 1-2 (= zone à laminaires ou grandes algues brunes denses), le niveau 3 (= zone à laminaires ou grandes algues brunes clairsemées) et le niveau 4 (= zone sans laminaires ni grandes algues brunes structurantes, mais avec encore des algues dressées).
La limite entre la frange infralittorale (ceinture facultative de niveau 1 à *Laminaria digitata* ou *Padina pavonica*) et l'infralittoral supérieur n'a pas besoin d'être déterminée et on considère une seule ceinture (N1-2), en regroupant donc ces deux horizons. Toutefois, la présence des espèces *Laminaria digitata* ou *Padina pavonica* devra être notée.

II.2.2 Composition et densité des espèces définissant l'étagement

Cette métrique reste inchangée en elle-même. Par contre, l'échantillonnage ne sera plus réalisé à chacune des 3 bathymétries (-3m, -8m et -13m C.M.) lorsqu'elles se situent dans l'infralittoral supérieur mais uniquement à la bathymétrie où la densité totale de ces espèces est la plus importante (10 quadrats). Sauf cas très particulier, la densité maximum des espèces structurantes est observée au -3m C.M. Si aucune bathymétrie ne se retrouve dans l'infralittoral supérieur, les quadrats seront répartis dans la ceinture présente, entre 0 et -3m C.M..

La présence et la densité de ces espèces sont relevées au niveau des quadrats positionnés dans les ceintures de niveaux 1-2 par comptage des pieds au sein de 10 quadrats. Les espèces à dénombrer sont présentées dans le Tableau 2.

Ecorégions		
Pays de Loire-Manche occidentale	**Manche orientale**	**Pays Basque**
Cystoseira spp *Halidrys siliquosa* jeunes laminaires indéterminées. *Laminaria digitata* *Laminaria hyperborea* *Laminaria ochroleuca* *Saccorhiza polyschides* *Padina pavonica* *Saccharina latissima* *Sargassum muticum* *Solieria chordalis*	jeunes laminaires indéterminées.*Laminaria digitata* *Laminaria hyperborea* *Laminaria ochroleuca* *Saccorhiza polyschides*	*Cystoseira spp.* jeunes laminaires indéterminées. *Laminaria ochroleuca* *Saccorhiza polyschides*

Tableau 2 : Liste des espèces définissant l'étagement selon le type de milieu et l'écorégion

II.2.3 Composition spécifique

Cette métrique reste inchangée en elle-même. En effet, la notation se fera toujours à partir du nombre d'espèces caractéristiques et de la densité d'espèces opportunistes mesurés à l'aide de 10 quadrats pour l'infralittoral supérieur et 8 quadrats pour l'infralittoral inférieur. Par contre, il ne sera plus nécessaire de réaliser 10 quadrats à chacune des 3 bathymétries (-3m, -8m et -13m C.M.) lorsqu'elles se situent dans l'infralittoral supérieur (ou 8 quadrats si elles se situent dans l'infralittoral inférieur). Ainsi, les quadrats (10 dans l'infralittoral supérieur et 8 dans l'infralittoral inférieur) seront réalisés au niveau d'une seule et même bathymétrie, le -3m C.M. (ou entre 0 et -3m C.M si le -3m C.M. ne se trouve pas dans la ceinture à échantillonner). Cette modification permet d'alléger sensiblement la quantité de travail sur les sites où l'infralittoral atteint des profondeurs importantes. Au final, et à titre d'exemple, dans le cas d'un site où le -3m, le -8m et le -13 C.M. se trouvent dans l'infralittoral supérieur, il sera nécessaire et suffisant de réaliser 10 quadrats au -3m C.M., avec dénombrement de la flore (espèces caractéristiques, opportunistes et structurantes) et de la faune.

Cette métrique est composée de 3 sous-indices :

a) Espèces caractéristiques

Il s'agit de dénombrer les espèces caractéristiques au sein de l'infralittoral supérieur et de l'infralittoral inférieur. Pour chacune des trois écorégions identifiées (Manche orientale, Manche occidentale- Pays de Loire, Pays Basque), des listes d'espèces caractéristiques ont été définies (cf. respectivement, Tableau 3, Tableau 4, Tableau 5, Tableau 6, Tableau 7 et Tableau 8) pour les niveaux 1-2 (infralittoral supérieur) et 3 (infralittoral inférieur).

	Eaux peu turbide
Phéophycées	*Dictyota dichotoma*
	Laminaria saccharina
	Sargassum muticum
Rhodophycées	*Ahnfeltia plicata*
	Algues calcaires dressées
	Apoglossum ruscifolium
	Calliblepharis ciliata
	Calliblepharis jubata
	Callophyllis laciniata
	Cladostephus spongiosus
	Cordylecladia erecta
	Cruoria pellita
	Cryptopleura ramosa
	Dilsea carnosa
	Erythroglossum laciniatum
	Halurus equisetifolius
	Heterosiphonia plumosa
	Phyllophora crispa
	Phyllophora pseudoceranoides
	Phymatolithon lenormandii
	Plocamium cartilagineum
	Polyneura bonnemaisonii
	Rhodymenia pseudopalmata

Tableau 3 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 1-2 des milieux peu turbides pour l'écorégion Manche orientale

	Eaux peu turbides
Phéophycées	*Dictyopteris polypodioides*
	Dictyota dichotoma
	Halopteris filicina
	Laminaria hyperborea
Rhodophycées	*Acrosorium venulosum*
	Bonnemaisonia asparagoides
	Calliblepharis ciliata
	Callophyllis laciniata
	Cruoria pellita
	Cryptopleura ramosa
	Delesseria sanguinea
	Heterosiphonia plumosa
	Kallymenia reniformis
	Meredithia microphylla
	Phyllophora crispa
	Phymatolithon lenormandii
	Plocamium cartilagineum
	Polyneura bonnemaisonii

Tableau 4 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 3 des milieux peu turbides pour l'écorégion Manche orientale

	Eaux peu turbides	Eaux turbides
Phéophycées	*Dictyopteris polypodioides* *Dictyota dichotoma* *Halopteris filicina* *Laminaria hyperborea*	*Cystoseira spp.* *Dictyopteris polypodioides* *Dictyota dichotoma* *Halidrys siliquosa* *Padina pavonica* *Sargassum muticum*
Rhodophycées	*Acrosorium venulosum* Algues calcaires dressées *Bonnemaisonia asparagoides* *Calliblepharis ciliata* *Callophyllis laciniata* *Cryptopleura ramosa* *Delesseria sanguinea* *Dilsea carnosa* *Drachiella spectabilis* *Erythroglossum laciniatum* *Halurus equisetifolius* *Heterosiphonia plumosa* *Kallymenia reniformis* *Meredithia microphylla* *Phyllophora crispa* *Phymatolithon lenormandii* *Plocamium cartilagineum* *Rhodymenia pseudopalmata* *Sphaerococcus coronopifolius*	*Apoglossum ruscifolium* *Calliblepharis ciliata* *Calliblepharis jubata* *Callophyllis laciniata* *Chondria dasyphylla* *Cryptopleura ramosa* *Erythroglossum laciniatum* *Kallymenia reniformis* *Nitophyllum punctatum* *Phyllophora crispa* *Plocamium cartilagineum* *Polyneura bonnemaisonii* *Pterothamnion spp.* *Rhodophyllis spp.* *Solieria chordalis*

Tableau 5 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 1-2 des milieux turbides et peu turbides pour l'écorégion Manche occidentale -Pays de Loire

	Eaux peu turbides	Eaux turbides
Phéophycées	*Dictyopteris polypodioides* *Dictyota dichotoma* *Halopteris filicina* *Laminaria hyperborea*	*Dictyopteris polypodioides* *Sargassum muticum*
Rhodophycées	*Acrosorium venulosum* *Bonnemaisonia asparagoides* *Calliblepharis ciliata* *Callophyllis laciniata* *Cruoria pellita* *Cryptopleura ramosa* *Delesseria sanguinea* *Heterosiphonia plumosa* *Kallymenia reniformis* *Meredithia microphylla* *Phyllophora crispa* *Phymatolithon lenormandii* *Plocamium cartilagineum* *Polyneura bonnemaisonii*	*Apoglossum ruscifolium* *Bonnemaisonia asparagoides* *Calliblepharis ciliata* *Callophyllis laciniata* *Chylocladia verticillata* *Cryptopleura ramosa* *Erythroglossum laciniatum* *Heterosiphonia plumosa* *Nitophyllum punctatum* *Phyllophora crispa* *Phymatolithon lenormandii* *Plocamium cartilagineum* *Polyneura bonnemaisonii* *Pterothamnion plumula* *Rhodophyllis divaricata* *Solieria chordalis*

Tableau 6 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 3 des milieux turbides et peu turbides pour l'écorégion Manche occidentale-Pays de Loire

	Eaux peu turbides
Phéophycées	*Cystoseira spp.* *Dictyopteris polypodioides* *Dictyota dichotoma* *Stypocaulon scoparium* *Taonia atomaria* *Zanardinia typus*
Rhodophycées	*Callophyllis laciniata* *Champia parvula* *Corallina sp.* *Drachiella spectabilis* *Gelidium spp* *Halopithys incurva* *Halurus equisetifolius* *Jania rubens* *Lithophyllum incrustans* *Nitophyllum punctatum* *Peyssonnelia spp.* *Phyllophora crispa* *Plocamium cartilagineum* *Pterosiphonia complanata* *Pterosiphonia pennata* *Rhodymenia pseudopalmata* *Sphondylothamnion multifidum*

Tableau 7 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 1-2 des milieux peu turbides pour l'écorégion Pays basque

	Eaux peu turbides
Phéophycées	Algues brunes encroûtantes *Cystoseira spp.* *Dictyopteris polypodioides* *Dictyota dichotoma* *Halopteris filicina* *Zanardinia typus*
Rhodophycées	*Calliblepharis ciliata* *Callophyllis laciniata* *Gelidium corneum* *Heterosiphonia plumosa* *Lithophyllum incrustans* *Mesophyllum lichenoides* *Nitophyllum punctatum* *Peyssonnelia spp.* *Phyllophora crispa* *Plocamium cartilagineum* *Pterosiphonia complanata* *Rhodymenia pseudopalmata*

Tableau 8 : Liste des espèces caractéristiques du niveau 3 des milieux peu turbides pour l'écorégion Pays basque

b) Espèces opportunistes :

Ces espèces sont comptabilisées en nombre d'individus et une note est attribuée selon leur densité totale. Les espèces prises en compte sont les mêmes pour les niveaux 1-2 et 3 ainsi que pour les 3 écorégions, exception faite de *Codium spp*. et *Cladophora spp.* qui sont considérées comme opportunistes pour le Pays Basque (*cf*. Tableau 9).

Groupe taxonomique	Espèces	Remarque
Chlorophycées	*Codium spp.*	Considérées comme opportunistes pour l'écorégion pays basque uniquement
	Cladophora spp.	
	Enteromorpha spp.	
	Ulva spp.	
Microalgues coloniales	Diatomées (filamenteuses)	
Phéophycées	*Desmarestia ligulata*	
	Ectocarpales	
	Hincksia spp.	
Rhodophycées	*Ceramium spp.*	
	Hypoglossum hypoglossoides	
	Heterosiphonia japonica	
	Polysiphonia spp. (hormis *P. lanosa* et *P. elongata*)	

Tableau 9 : Liste des espèces opportunistes

c) Présence d'espèces indicatrices de bon état écologique

Pour chaque écorégion, deux espèces sont définies comme indicatrices d'un bon état écologique. Pour l'écorégion Pays de Loire-Manche occidentale et l'écorégion Manche orientale, ces espèces sont deux algues brunes : la laminaire *Laminaria digitata* et *Padina pavonica*. Pour l'écorégion pays basque, il s'agit de la rhodophycée *Gelidium corneum* et de *Padina pavonica.* Lorsque l'une ou l'autre de ces deux espèces indicatrices est présente, un point est ajouté à la moyenne des deux sous-indices « espèces caractéristiques » et « espèces opportunistes » pour l'infralittoral supérieur uniquement.

II.2.4 Richesse spécifique totale

Cette métrique reste inchangée. Par contre, il ne sera plus nécessaire de réaliser 10 quadrats à chacune des 3 bathymétries (-3m, -8m et -13m C.M.) lorsqu'elles se situent dans l'infralittoral supérieur (ou 8 quadrats si elles se situent dans l'infralittoral inférieur). En effet, l'échantillonnage de chaque ceinture ne nécessitera plus qu'une seule série de 10 ou 8 quadrats qui seront réalisés prioritairement au -3m C.M.(si plusieurs bathymétries se trouvent dans la même ceinture). Cette modification permet d'alléger sensiblement la quantité de travail sur les sites où l'infralittoral atteint des profondeurs importantes.

La richesse spécifique totale est déterminée sur 2,5 m² (10 quadrats) pour l'étage infralittoral supérieur (niveaux 1-2) et sur 2m² (8 quadrats) pour l'étage infralittoral inférieur (niveau 3). La diversité floristique correspond au nombre total de taxons recensés au sein de la surface d'échantillonnage correspondant au niveau. Pour les espèces difficiles à identifier *in situ*, un échantillon peut être collecté et mis en alguier[5].

[5] *Si nécessaire, une contractualisation pourra être envisagée avec la Station de Biologie Marine de Concarneau qui pourra assurer la détermination des macroalgues subtidales (S. Derrien-Courtel).*

II.2.5 Stipes de *Laminaria hyperborea* – épibioses

Cette métrique reste inchangée mais l'échantillonnage est simplifié. En effet, il ne sera plus nécessaire ni de mesurer le diamètre du stipe ni de détailler la surface par espèce pour les 5 principales épibioses (la surface totale, toutes espèces confondues est suffisante). De plus, il sera possible de prélever les stipes de l'infralittoral supérieur, mais uniquement lorsque *Laminaria hyperborea* est présente en densité importante.

Cette note repose sur 2 sous-indices : la longueur moyenne des stipes de *Laminaria hyperborea* d'une part et la surface moyenne des épibioses d'autre part. Pour chacun de ces paramètres, il existe deux barèmes, fonctions du niveau.
Il s'agit d'effectuer ces relevés sur 10 stipes représentatifs, choisis de manière aléatoire dans chacun des niveaux (10 stipes dans les niveaux 1-2 et 10 stipes dans le niveau 3), si cette laminaire y est dominante et bien représentée. Afin d'assurer une sélection aléatoire des individus de *Laminaria hyperborea*, nous proposons de procéder de la manière suivante : Le plongeur palme au dessus de la canopée et se laisse couler main en avant en fermant les yeux. Les mesures porteront sur l'individu de *Laminaria hyperborea* le plus proche du point de contact de la main sur le substrat (en évitant les topographies particulières telles que les tombants par exemple). Le plongeur se déplace pour échantillonner l'ensemble de l'infralittoral supérieur. L'échantillonnage ne concernera pas les individus juvéniles (taille inférieure à 1cm). Afin de limiter les coûts et assurer un niveau de précision suffisant, les dix stipes pourront être récoltés à condition que *Laminaria hyperborea* soit suffisamment bien représentée (elle est trouvée facilement). Sinon, les mesures seront réalisées *in situ*.

Pour chaque stipe de *Laminaria hyperborea*, on relève alors :
- la longueur totale du stipe (du début de la lame au début du crampon),
- la surface moyenne occupée par l'ensemble des épibioses. Il s'agit d'estimer la surface occupée par l'ensemble des épibioses dans un plan : [hauteur le long du stipe] x [la largeur perpendiculairement au stipe] x2 (si les épibioses sont développés sur tout le pourtour du stipe),
- la longueur totale occupée par les épibioses (début et fin de la zone occupée par les épibioses par rapport au début du crampon),
- et identifier les 5 espèces les plus représentées **pour chaque stipe.**

Pour chaque stipe, la surface totale des épibioses est rapportée à la longueur totale épiphytée du stipe pour obtenir une surface totale par mètre linéaire de stipe épiphyté. On calcule ensuite la moyenne sur les 10 stipes pour obtenir la surface moyenne des épibioses.

II.2.6 Etude de la faune

Il s'agit d'un nouveau paramètre qui vise à intégrer la faune jusqu'ici délaissée dans le cadre du suivi DCE-1. En effet, il semble pertinent de suivre conjointement les deux compartiments « flore » et « faune » fortement imbriqués d'un point de vue fonctionnalité (aspects vérifiés au niveau de nos approches par « groupes trophiques », dans le cadre du suivi REBENT), afin d'y déceler des signaux témoignant d'une amélioration ou d'une dégradation du milieu. De plus, la faune est généralement fortement représentée dans les milieux extrêmement turbides et peut, à ce titre, constituer un indicateur complémentaire, voire même majeur dans certaines masses d'eau (Annexe IV et Annexe V).

On dénombre les algues et les invertébrés fixés au sein des 10 quadrats de l'infralittoral supérieur (niveau 2) au -3m C.M. (ou à défaut entre 0 et -3m C.M.), ainsi que dans 10 quadrats dans le circalittoral côtier (niveau 4). Pour les espèces encroûtantes, on note le pourcentage de recouvrement (on ne relève que les espèces dont le recouvrement est supérieur à 1%). Les espèces dont on peut individualiser les individus seront dénombrées même si elles sont abondantes. La faune et la flore étant très imbriquées, il est pour la même raison que précédemment nécessaire d'étudier également la flore du circalittoral côtier. Ne disposant à l'heure actuelle que d'un nombre trop

restreint de données pour établir des listes d'espèces caractéristiques pour le circalittoral côtier (pour la flore et la faune) à l'échelle de la façade Manche-Atlantique, il est, dans un premier temps nécessaire de dénombrer toutes les algues (tandis que dans l'infralittoral, seules les espèces caractéristiques, opportunistes ou structurantes seront dénombrées) et toute la faune[6].
Si aucune des 3 bathymétries -3m C.M., -8m C.M. et -13m C.M ne se situe dans le circalittoral côtier, il sera nécessaire d'en définir une autre qui sera conservée dans les futurs suivis. Il sera donc préférable de choisir cette bathymétie dans la zone médiane de la ceinture.

II.2.7 Structure des populations d'algues arbustives pérennes

Il s'agit d'un nouveau paramètre dont l'objectif est de permettre un suivi plus fin de la strate arbustive au sein des biocénoses à laminaires et/ou à cystoseires afin de mieux apprécier la fonctionnalité associée (Annexe VI). En complément, les mesures de stipes de laminaires pérennes réalisées permettent d'appréhender une notion de fonctionnalité liée à ces laminaires qui se joue à deux niveaux. En effet, d'une part Laminaria hyperborea va participer à la formation d'une canopée qui représente un abri (fonction d'habitat) pour de nombreuses espèces (poissons, crustacés…) et d'autre part les stipes de Laminaria hyperborea constituent un support pour d'autres espèces parfois inféodées (fonction de micro-habitat) telles que des algues, des annélides, des crustacés (amphipodes)…

On dénombre et on identifie à l'espèce les algues arbustives **dont le stipe mesure plus de 1cm** (toutes les laminaires dont le stipe mesure moins de 1cm seront dénombrées et regroupées dans une catégorie « laminaires juvéniles ») dans des quadrats supplémentaires qui seront échellonnés en fonction de la profondeur de la limite inférieure de l'infralittoral supérieur (que celle-ci soit tronquée par du sédiment ou pas) :

- Si N2 inf <-5,5m C.M : 5Q tous les 1m à partir du -1m C.M., soit 25 quadrats au maximum,
- Si N2 inf ≥-5,5m C.M et < -18m C.M. : 5Q tous les 2,5m à partir du -3m C.M., soit 30 quadrats au maximum,
- Si N2 inf ≥-18m C.M : 5Q tous les 5m à partir du -3m C.M., soit 30 quadrats au maximum (en France, sur l'ensemble de la façade Manche-Atlantique, la profondeur maximum observée pour la limite inférieure de l'infralittoral des sites DCE-1 est de -30.6m C.M).

Nous proposons de réaliser un minimum de 5 quadrats par bathymétrie. Cependant, l'opérateur peut en réaliser un plus grand nombre (soit 10), notamment lorsque la densité des algues arbustives est faible.
Dans ces quadrats, on mesure également la longueur du stipe des laminaires pérennes *Laminaria hyperborea* et *Laminaria ochroleuca* (lorsque le stipe mesure plus de 1 cm) et on qualifie leur état physiologique (cf. Annexe VII). Les laminaires pérennes étant absentes du pays basque, nous proposons de mesurer la taille totale des individus de *Cystoseira spp*. (et *C. baccata* notamment).

Ce protocole peut être assez complexe à intégrer, notamment en raison des multiples cas de figures (configuration de sites) qui peuvent se présenter. Nous conseillons aux opérateurs d'apporter une attention particulière pour s'assurer que l'ensemble des données nécessaires sont bien recueillies. Des fiches immergeables pré-imprimées pourront s'avérer fort utiles pour que les plongeurs s'assurent que l'ensemble de l'échantillonnage ait bien été réalisé.

La Figure 3 présente quelques cas de figures qui permettent de visualiser l'échantillonnage à réaliser. La Figure 4 permet notamment de visualiser la quantité maximale de travail à réaliser lorsqu'un site présente une ceinture de l'infralittoral inférieur qui s'étend au-delà des -13m C.M.

[6] *Si nécessaire, une contractualisation pourra être envisagée avec la Station de Biologie Marine de Concarneau qui pourra assurer la détermination des invertébrés fixés des roches subtidales (S. Derrien-Courtel et son équipe).*

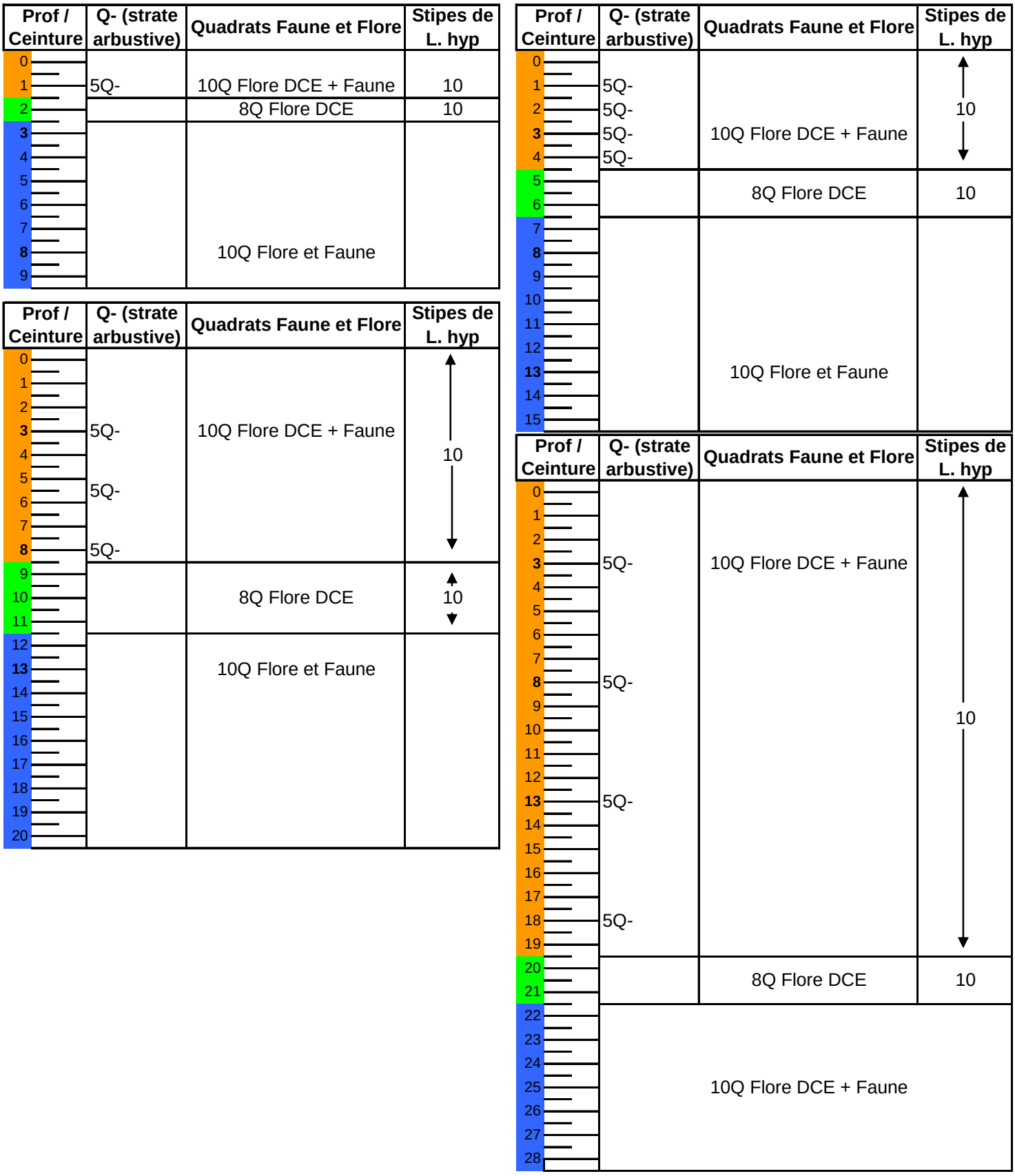


Figure 3 : Echantillonnage à réaliser en fonction de la configuration d'un site

Penser à Vérifier que les espèces structurantes ont bien été dénombrées à la bathymétrie où elles sont le plus denses (au sein du -3m, -8m ou -13m C.M.) conformément au protocole (cf. paragraphe II.2.2) - (Prof en m C.M.)
Q- : Quadrats du volet 3 dans lesquels on dénombre les algues arbustives et/ou structurantes et on mesure les laminaires pérennes (ou les cystoseires dans le cas du Pays Basque)

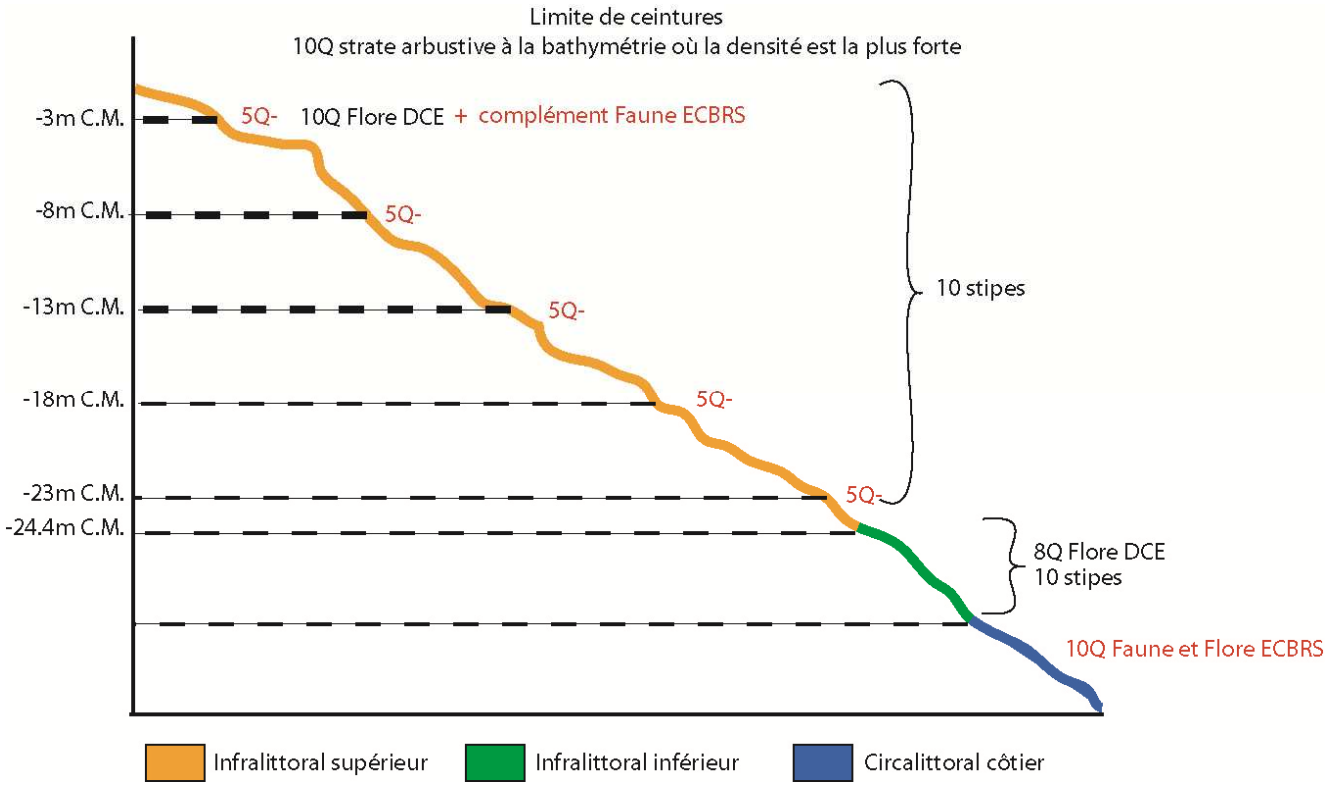


Figure 4 : Synthèse de l'échantillonnage à réaliser selon le protocole DCE-2 dans le cas d'un site à infralittoral inférieur profond

En noir : échantillonnage déjà réalisé dans le cycle DCE-1 (2008-2014)
En rouge : échantillonnage complémentaire introduit pour le cycle DCE-2 (2014-2020)
Q- : Quadrats du volet 3 dans lesquels on dénombre les algues arbustives et/ou structurantes et on mesure les laminaires pérennes (ou les cystoseires dans le cas du Pays Basque)

Conclusion

La réflexion menée sur le protocole DCE-1 appliqué pendant le premier cycle d'acquisition DCE a permis d'identifier des possibilités d'optimisation. Ceci permet, en contre partie, d'augmenter la fréquence d'échantillonnage des sites afin d'aboutir à une évaluation plus fiable lors du second cycle DCE (DCE-2). L'intégration du compartiment faune, du circalittoral côtier et de paramètres liés à la structure et la fonctionnalité de la strate arbustive permettront une analyse plus fine de l'évolution des sites, une meilleure appréhension des milieux très turbides et donc souvent à dominance faunistique, mais aussi de répondre, tout au moins en partie, aux besoins inhérents aux Directives Européennes (*évaluation de l'état de conservation* pour la DHFF, *relations pressions/impacts* pour la DCE et notamment *l'évaluation du bon état écologique* pour la Directive Cadre Stratégie Milieux Marins).

Les nouveaux paramètres et l'augmentation de la fréquence d'échantillonnage permettront également de mieux appréhender les relations pressions/impact.

Cependant, l'optimisation de l'échantillonnage ne profite pas de la même manière à tous les sites, et de manière plus générale à tous les bassins. En effet, ce sont les sites profonds à infralittoral étendu qui bénéficient d'une diminution d'échantillonnage (les sites à infralittoral peu profond ne nécessitaient déjà qu'un échantillonnage minimum).

Bibliographie

Barillé AL et Derrien-Courtel S (2010) Etat de santé des masses d'eau côtières dans le secteur Loire-Vilaine avec le Bio-indicateur des Laminaires- année 2009. Contrat ELV - Bio-Littoral - MNHN, 93p

Castric-Fey A (1973) Hydraires et Bryozoaires infralittoraux du plateau continental Sud-armoricain. I. Plateau de Rochebonne et île d'Yeu. *Cah Biol Mar* 14: 205-216

Castric-Fey A, Girard-Descatoire A, L'Hardy-Halos MT et Derrien-Courtel S (2001) La vie sous-marine en Bretagne – Découverte des fonds rocheux. Les Cahiers Naturalistes de Bretagne n°3, edit. biotope Conseil Régional de Bretagne, 17 6p

Castric-Fey A, Girard-Descatoire A et Lafargue F (1978) Les peuplements sessiles de l'archipel de Glenan. Répartition de la faune dans les différents horizons. *Vie Milieu* 28-29 (1) ser AB: 51-67

Connor DW, Allen JH, Golding N, Lieberknecht LM, Northen KO et Reker JB (2004) The Marine Habitat Classification for Britain and Ireland Version 04.05. Peterborough JNCC, 49p

Derrien-Courtel S et Le Gal A (2011a) Mise au point du protocole de suivi des macroalgues subtidales pour la façade Manche-Atlantique, Contrat Ifremer-MNHN, 37p

Derrien-Courtel S et Le Gal A (2011b) Rapport sur les observations d'un phénomène de nécroses sur la laminaire *Laminaria hyperborea* pendant l'année 2008, Contrat IFREMER-MNHN, juin 2012, 28p

Derrien-Courtel S et Le Gal A (2014) Mise en réseau des suivis des biocénoses des roches subtidales de la façade Manche/Atlantique & Elaboration d'une stratégie d'Evaluation de leur Etat de Conservation - Protocole ECBRS - Version 5, 18p

Derrien-Courtel S, Le Gal A et Barillé AL (2011) Etat de santé des masses d'eau côtières dans le secteur Loire-Vilaine - année 2010, Contrat ELV-Bio- Litttoral-MNHN, Mai 2011, 37p

Derrien-Courtel S, Le Gal A et Barillé AL (2012) Etat de santé des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilaine – année 2011, Contrat ELV-MNHN, juin 2012, 90p

Derrien-Courtel S, Le Gal A et Grall J (2013) Regional-scale analysis of subtidal rocky shore community. *Helgol Mar Res*: 1-16

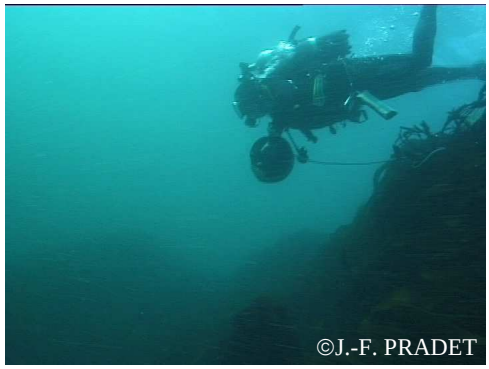
Kennelly SJ (1987) Physical disturbances in an Australian kelp community. I. Temporal effects. *Mar Ecol Prog Ser* 40: 145-153

Lilley SA et Schiel DR (2006) Community effects following the deletion of a habitat-forming alga from rocky marine shores. *Oceanologia* (148): 672-681

Melville AJ et Connell SD (2001) Experimental effects of kelp canopies on subtidal coralline algae. *Austral Ecol* (26): 102-108

Annexe I : Planche Photo

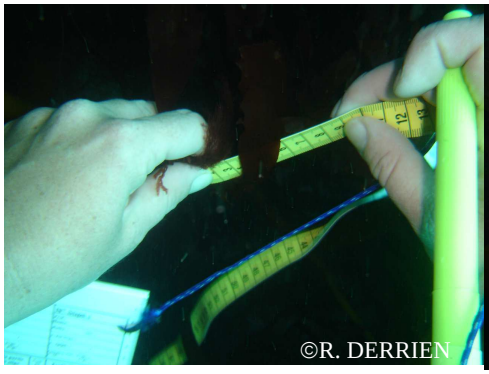
Derniers préparatifs avant la plongée

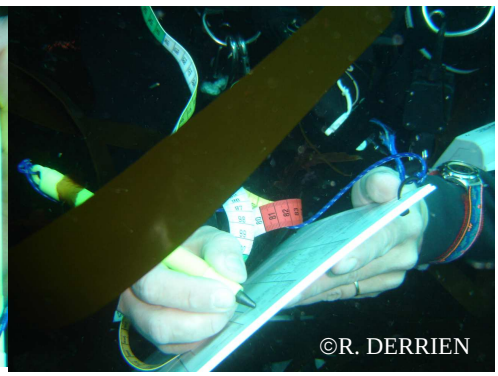


La pose du transect

Plongeur réalisant un relevé de ceinture

Plongeur effectuant un relevé sur quadrat





Plongeur effectuant un relevé sur un stipe de *Laminaria hyperborea.*

Annexe II : Typologies des ceintures algales

Typologies des ceintures algales

1) Dans le cas des milieux peu turbides, l'étagement des peuplements a été défini selon (Castric-Fey, 1973; Castric-Fey *et al.*, 1978; Castric-Fey *et al.*, 2001; Connor *et al.*, 2004). Nous replacerons ici, pour mémoire les niveaux d'étagement de la roche sublittorale (c'est-à-dire l'infralittoral et le circalittoral) au sein de l'étagement littoral global (du supralittoral au circalittoral) :

- Etage supralittoral (= zone des embruns marins) caractérisé par les lichens
- Etage médiolittoral (= zone de balancement des marées ou estran) caractérisé par des ceintures de Fucales émergées (*Pelvetia*, *Fucus*, *Ascophyllum*) ou des populations de crustacés et mollusques fixés sur la roche (balanes, patelles, moules…), puis par la ceinture de *Chondrus* - *Mastocarpus* (émergée en marée de vive eau).
- Etage infralittoral (= zone continuellement immergée, à forte instabilité environnementale) caractérisé par de grandes algues photophiles : laminaires et Fucales sous-marines (*Sargassum*, *Cystoseira*, *Halidrys*) et la dominance de la flore sur la faune fixée.

* Horizon à *Laminaria digitata* = «Niveau 1» (en mode battu : ceinture de *Laminaria digitata* denses frange infralittorale (facultative) ; en mode calme : *Laminaria digitata* clairsemées, *Saccharina latissima*, pelouse à *Padina* (facultative), herbiers à *Zostera marina* sur sable.

* Horizon à laminaires denses (« kelp forest », ou à Fucales sous-marines denses) = «Niveau 2» (en mode battu : forêt de laminaires denses ; en mode calme : prairies de *Cystoseira* et *Halidrys*) = étage infralittoral supérieur. Pour cette ceinture, on compte plus de 3 pieds de laminaires par mètre carré.

* Horizon à laminaires clairsemées («laminarian park»), ou à Fucales sous-marines clairsemées et prairies denses d'algues de petite taille = «Niveau 3» (en mode battu : laminaires clairsemées ; en mode calme : prairies de *Solieria chordalis*) = étage infralittoral inférieur. Pour cette ceinture, on compte moins de 3 pieds de laminaires par mètre carré.

- Etage circalittoral (= zone de faibles variations environnementales)

* Horizon circalittoral côtier : = étage circalittoral supérieur. Les laminaires sont désormais absentes. Horizon caractérisé par la présence d'algues sciaphiles (*Dictyopteris polypodioides*, *Rhodymenia pseudopalmata*…) de densité décroissante avec la profondeur et la dominance de la faune fixée (gorgones, roses de mer, éponges axinellides …) sur la flore = «Niveau 4».

* Horizon circalittoral du large : = étage circalittoral inférieur caractérisé par l'absence d'algues dressées et l'apparition d'un nouveau stock d'animaux fixés (*Dendrophyllia cornigera* …) : faune fixée sciaphile dominante = «Niveau 5».

Cas du pays basque

Pour cette écorégion, la définition de l'étagement en milieu peu turbide a demandé quelques adaptations.

* Horizon à *Padina pavonica* = «Niveau 1»; pelouse à *Padina* (facultative).

* Horizon à Cystoseires denses = «Niveau 2» prairies de *Cystoseira* = étage infralittoral supérieur. Pour cette ceinture, on compte plus de 3 pieds de Cystoseires par mètre carré.

* Horizon à Cystoseires clairsemées = «Niveau 3» = étage infralittoral inférieur. Pour cette ceinture, on compte moins de 3 pieds de Cystoseires par mètre carré.

- Etage circalittoral (= zone de faibles variations environnementales)

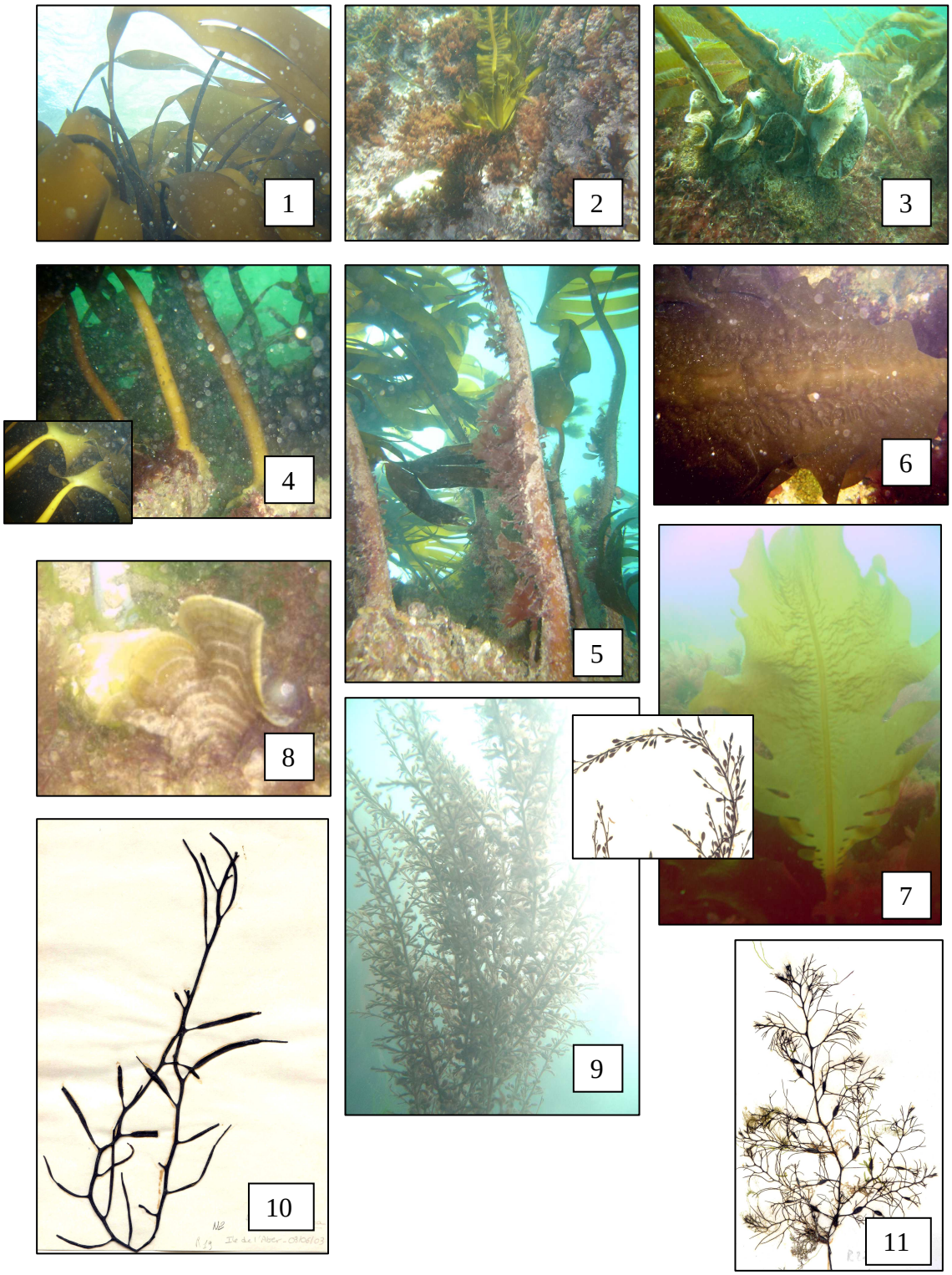
* Horizon circalittoral côtier : = étage circalittoral supérieur. Les Cystoseires sont désormais absentes. Horizon caractérisé par la présence d'algues sciaphiles de densité décroissante avec la profondeur et la dominance de la faune fixée (*Alcyonium digitatum*, *Corynactis viridis, Actinothoe sphyrodeta*…) sur la flore = «Niveau 4».

* Horizon circalittoral du large : = étage circalittoral inférieur caractérisé par l'absence d'algues dressées et l'apparition d'un nouveau stock d'animaux fixés: faune fixée sciaphile dominante = «Niveau 5».

2) Dans les milieux très turbides, la tranche d'eau d'où peut s'effectuer la photosynthèse est réduite et les peuplements infralittoraux photophiles tendent à disparaître. Par contre, les espèces circalittorales peuvent remonter jusqu'à la limite inférieure de l'estran. Il est donc difficile de situer les limites entre les étages. Sur les roches toujours plus ou moins soumises à l'ensablement ou à l'envasement, les algues dominantes sont les algues brunes *Saccharina latissima* et *Sargassum muticum* et l'algue rouge sciaphile *Solieria chordalis*.
Nous devons donc redéfinir les niveaux d'étagement au moyen des espèces présentes dans ces habitats sous-marins d'eaux turbides, à la fois abrités et soumis à des courants de marée importants.
* Horizon à *Padina pavonica* : Sur la roche, présence facultative de *Padina pavonica*.
* Horizon à Sargasses et Halidrys denses: Champ de *Sargassum muticum* et/ou *Halidrys siliquosa*, parfois associés à *Saccharina latissima, Laminaria hyperborea*, et/ou *Saccorhiza polyschides*. Sous-strate de Rhodophycées sciaphiles. Dominance des algues sur la faune fixée = étage infralittoral supérieur.
* Horizon à Sargasses et Halidrys clairsemées: Rares *Sargassum muticum* et/ou *Halidrys siliquosa* en touffes dispersées. Abondance des algues Rhodophycées sciaphiles comme *Solieria chordalis* et de la faune fixée = étage infralittoral inférieur.
* Horizon circalittoral côtier : Dominance de la faune fixée ; algues foliacées rares = étage circalittoral supérieur, peu distinct, ici, de l'étage circalittoral inférieur.
* Horizon circalittoral du large : = étage circalittoral inférieur caractérisé par l'absence d'algues dressées et l'apparition d'un nouveau stock d'animaux fixés: faune fixée sciaphile dominante.

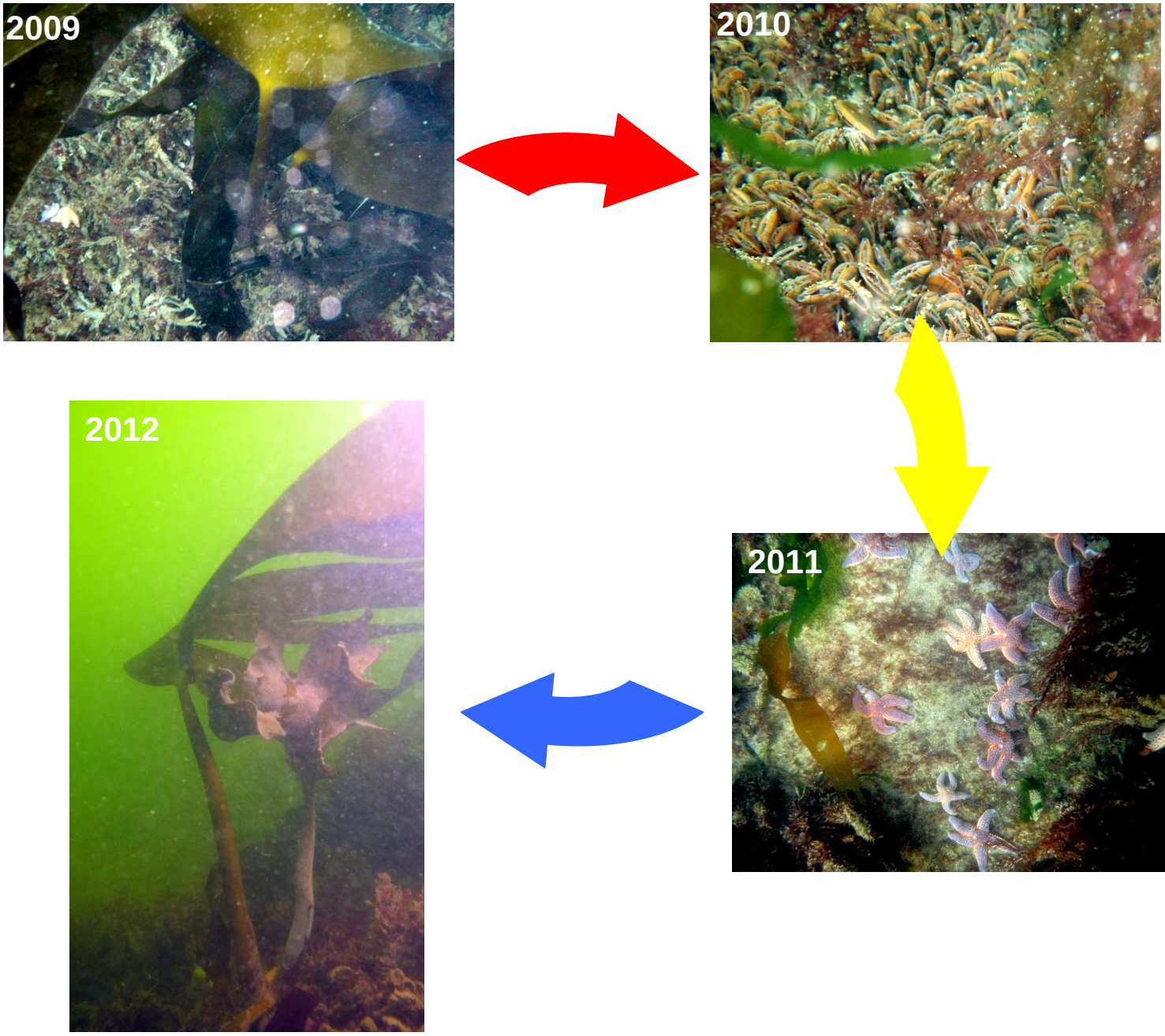
Ceinture algale	Eau peu turbide			Eau très turbide
	Site exposé	*Cas du Pays Basque*	*Site abrité*	
Frange infralittorale (facultative) = Niveau 1	Présence de *Laminaria digitata*	Présence de *Padina pavonica*	Présence de *Laminaria digitata* ou *Padina pavonica*	Présence de *Padina pavonica*
Infralittoral supérieur= Niveau 2	"Forêt de laminaires denses" : Laminaires (*Laminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca*, *Saccorhiza polyschides et Saccharina latissima)* densité > ou = 3/m²	Champs de *Cystoseira spp.* (> ou = 3ind/m²)	Champs de *Cystoseira spp., et/ou Saccharina latissima* et/ou *Halidrys siliquosa* (> ou =3ind/m²)	*Sargassum muticum* et/ou *Halidrys siliquosa*, parfois associées avec *Laminaria hyperborea*, et/ou *Saccorhiza polyschides, et/ou Saccharina latissima* (> ou = 3ind/m²). Sous strate composée d'algues rouges sciaphiles
Infralittoral inférieur = Niveau 3	"Forêt de laminaires clairsemées" : Laminaires (*Laminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca*, *Saccorhiza polyschides* et *Saccharina latissima*) densité <3/m²	Champs de *Cystoseira spp*. (< 3 ind/m²)	Champs de *Cystoseira spp.*, et/ou *Saccharina latissima* et/ou *Solieria chordalis* <3ind/m²)	Rares *Sargassum muticum* et/ou *Halidrys siliquosa* éparses <3ind/m²). Abondance d'algues rouges sciaphiles *Solieria chordalis* et de la faune fixée
Circalittoral côtier = Niveau 4	Absence de laminaires et présence d'algues sciaphiles, prédominance de la faune fixée	Dominance de la faune fixée, algues foliacées rares	Absence de *Cystoseira spp.*, et/ou *Saccharina latissima* et/ou *Solieria chordalis* et présence d'algues sciaphiles, prédominance de la faune fixée	Dominance de la faune fixée, algues foliacées rares
Circalittoral du large= Niveau 5	Algues dressées absentes. Apparition de faune sciaphile	Dominance de la faune fixée, algues dressées absentes	Algues dressées absentes. Apparition de faune sciaphile	Dominance de la faune fixée, algues dressées absentes

Annexe III : Algues structurantes définissant l'étagement des ceintures subtidales



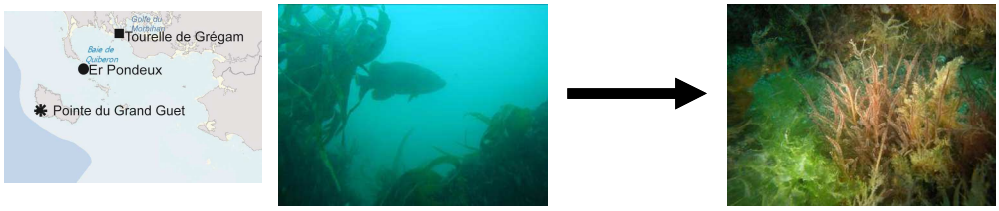
Légende : 1- *Laminaria digitata* ; 2- *Alaria esculenta* ; 3- *Saccorhiza polyschides* ; 4- *Laminaria ochroleuca* ; 5- *Laminaria hyperborea* ; 6- *Saccharina latissima* ; 7- *Undaria pinnatifida* (attention, cette laminaire introduite ne participe pas à la typologie des ceintures subtidales !) ; 8- *Padina pavonica* ; 9- *Sargassum muticum* ; 10- *Halidrys siliquosa* ; 11- *Cystoseira spp*.

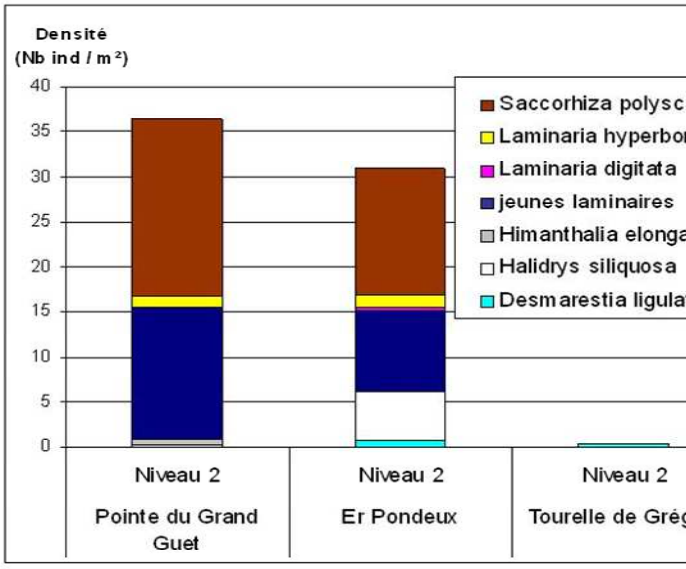
Annexe IV : 2009-2012 : Evolution de l'infralittoral supérieur à Penchâteau

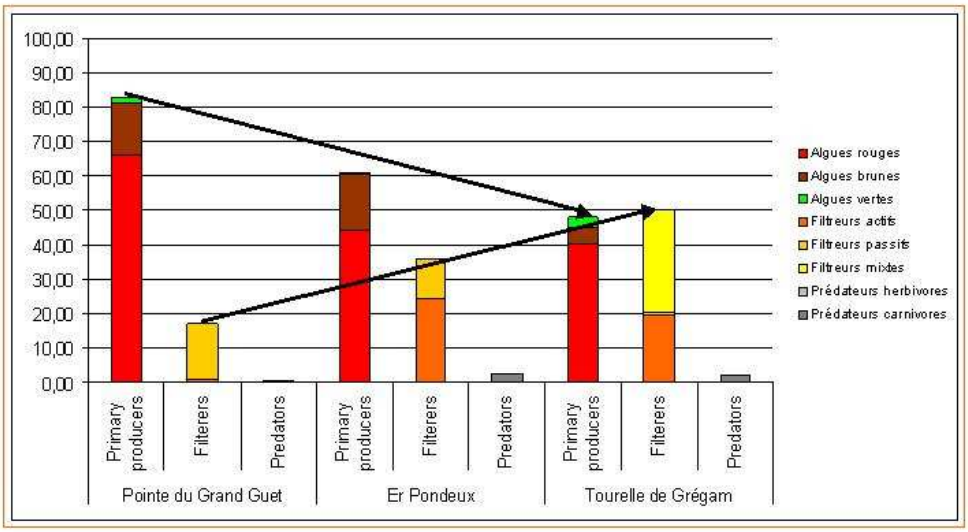


Penchateau : Entre 2009 et 2010, la laminaire *Laminaria hyperborea* disparaît au profit d'une moulière. On assiste ensuite (2011) à la prolifération de l'étoile de mer *Asterias rubens* qui se nourrit des moules avant de disparaître à son tour, permettant l'installation de la laminaire opportuniste *Saccorhiza polyschides* puis la recolonisation de la roche par *Laminaria hyperborea.* Ce cas illustre bien la nécessité de prendre en compte la faune, au même titre que la flore (Derrien-Courtel *et al.*, 2012).

Annexe V : Imbrication de la faune et de la flore-Exemple du secteur Golfe du Morbihan-Quiberon-Belle-Île







Sur la radiale Belle-île-Golfe du Morbihan, on observe la disparition progressive des algues arbustives et en particulier des laminaires qui vont laisser place à des algues sciaphiles telles que *Solieria chordalis* (cf photos). Globalement l'abondance relative des producteurs primaires diminue au profit des filtreurs à qui profite l'augmentation de matière en suspension.
(Données REBENT 2005 – Base de données du MNHN-Concarneau)

Annexe VI : Les algues structurantes – Importance fonctionnelle et sensibilité

Une biocénose à laminaire riche (à gauche) et pauvre (à droite)

La présence de laminaires en forte densité créé une canopée et forme un habitat pour de nombreuses espèces mobiles et fixées. Certaines pressions (eutrophisation, particules en suspensions) mettent en péril cette fonctionnalité.

Champ de laminaires (*Laminaria hyperborea*) en Iroise en 2006 (à gauche) et en 2008 (à droite)

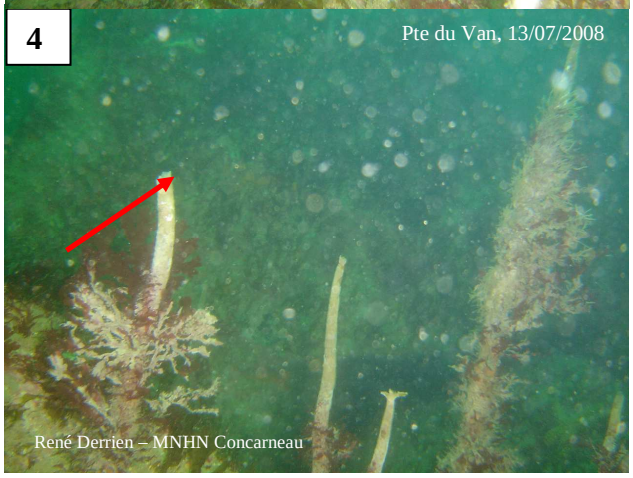
La strate arbustive peut se dégrader très rapidement telle que cela a été observé en 2008 lors d'un important phénomène de nécrose.(Derrien-Courtel et Le Gal, 2011b)

Annexe VII: Les différents stades de nécroses chez *Laminaria hyperborea*

➔ une laminaire *Laminaria hyperborea* en bonne santé :
photo **1 :**

➔ une laminaire *Laminaria hyperborea* nécrosée :
photos **2**, **3** et **4 :**

Stade 2- avec une fronde en partie « nécrosée »
Stade 3- avec une fronde quasiment totalement disparue
Stade 4- avec une fronde totalement disparue

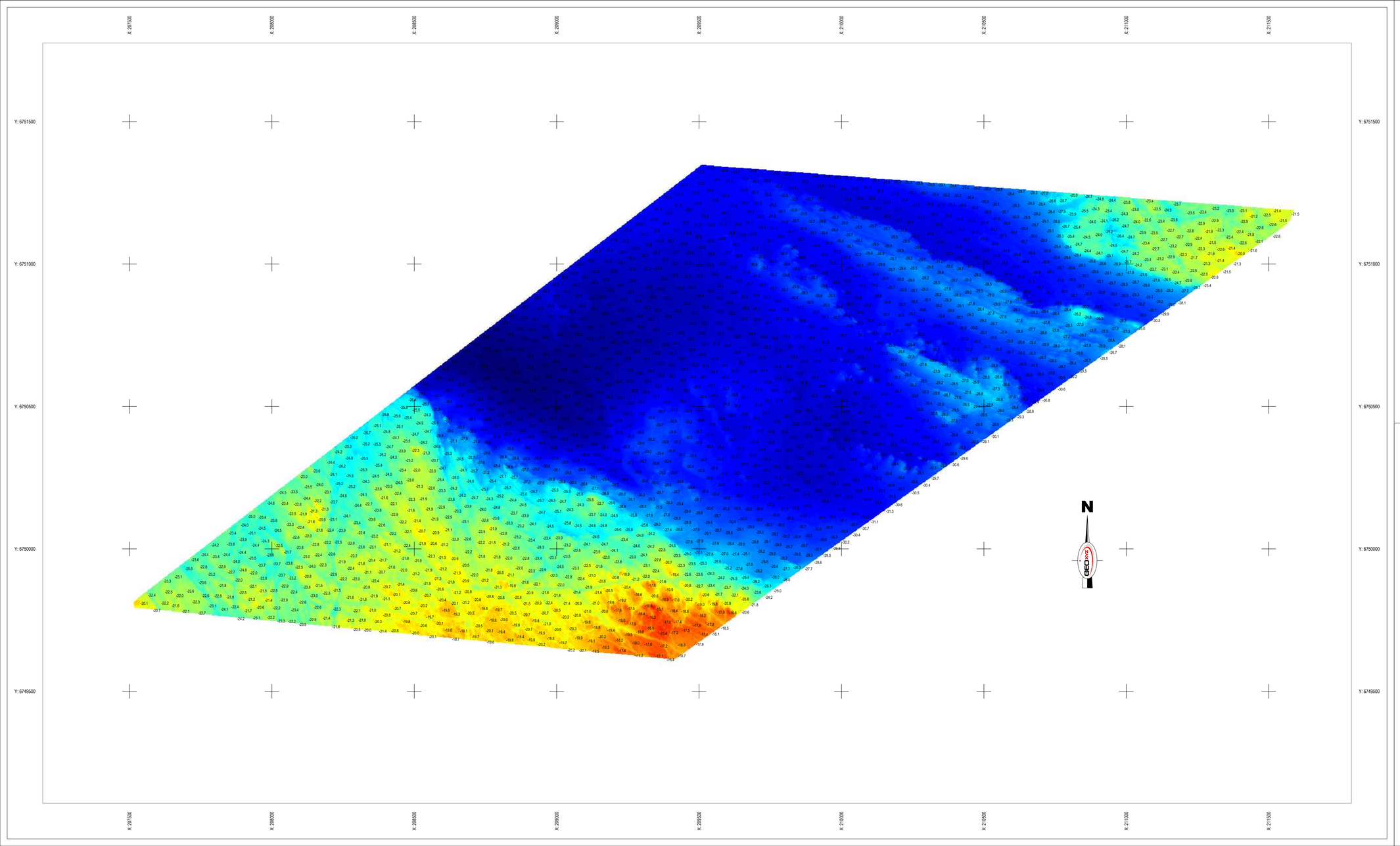


LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°3

Plan bathymétrique – juin 2015

Comparaison et calcul de cubatures 2014/2015



-16.25 m
-16.50 m
-16.75 m
-17.00 m
-17.25 m
-17.50 m
-17.75 m
-18.00 m
-18.25 m
-18.50 m
-18.75 m
-19.00 m
-19.25 m
-19.50 m
-19.75 m
-20.00 m
-20.25 m
-20.50 m
-20.75 m
-21.00 m
-21.25 m
-21.50 m
-21.75 m
-22.00 m
-22.25 m
-22.50 m
-22.75 m
-23.00 m
-23.25 m
-23.50 m
-23.75 m
-24.00 m
-24.25 m
-24.50 m
-24.75 m
-25.00 m
-25.25 m
-25.50 m
-25.75 m
-26.00 m
-26.25 m
-26.50 m
-26.75 m
-27.00 m
-27.25 m
-27.50 m
-27.75 m
-28.00 m
-28.25 m
-28.50 m
-28.75 m
-29.00 m
-29.25 m
-29.50 m
-29.75 m
-30.00 m
-30.25 m
-30.50 m
-30.75 m
-31.00 m
-31.25 m
-31.50 m
-31.75 m
-32.00 m
-32.25 m
-32.50 m
-32.75 m
-33.00 m
-33.25 m
-33.50 m
-33.75 m
-34.00 m
-34.25 m

-17.6 Minute de sonde issue de la valeur minimum d'une grille de 1x1m dans une maille de 40mx40m. Le point en haut à gauche de l'écriture détermine la position de la sonde.

Les isobathes tous les 1m sont tracées à partir d'une grille de 1x1m.

OPERATION HYDROGRAPHIQUE

Port de LORIENT

Carte bathymétrique - Multifaisceaux
Zone d'immersion

Sondage du 18/06 au 19/06/2015

Plan effectué par:

GEOXYZ sarl
67 Rue du Luxembourg
59777 Euralille
FRANCE

tel: +33 (0)3 61 50 07 83
fax: +33 (0)3 69 20 98 90

Client:

Région Bretagne
283, avenue du Général Patton
C.S. 21101
35711 RENNES Cedex 7

Vue générale:

Matériel de mesure:

Vedette :	GEOSURVEYOR V
Sondeur :	RESON 8101
Positionnement :	Sterna Systems RTK GNSS Receiver 960
Centrale attitude :	PHINS
Logiciel :	Qimay - AutoCAD

Opérations:

Opérateurs :	Pierre Serpe
Période des levers :	18/06 au 19/06/2015

Paramètres de géodésie:

Système de coordonnées :	Lambert 93
Référence altimétrique :	0 CM + 2.64m IGN69
Données géodésiques :	WGS84
Projection :	Lambert

Numéro de projet: F0080-318 **Numéro du plan:** 1/1 **Echelle:** 1:5000

Index:	Date:	Modifications:	Dessinateur:	Controle:
0	03/07/2015		ML Pollet	
A				
B				
C				

CALCULS DE CUBATURES

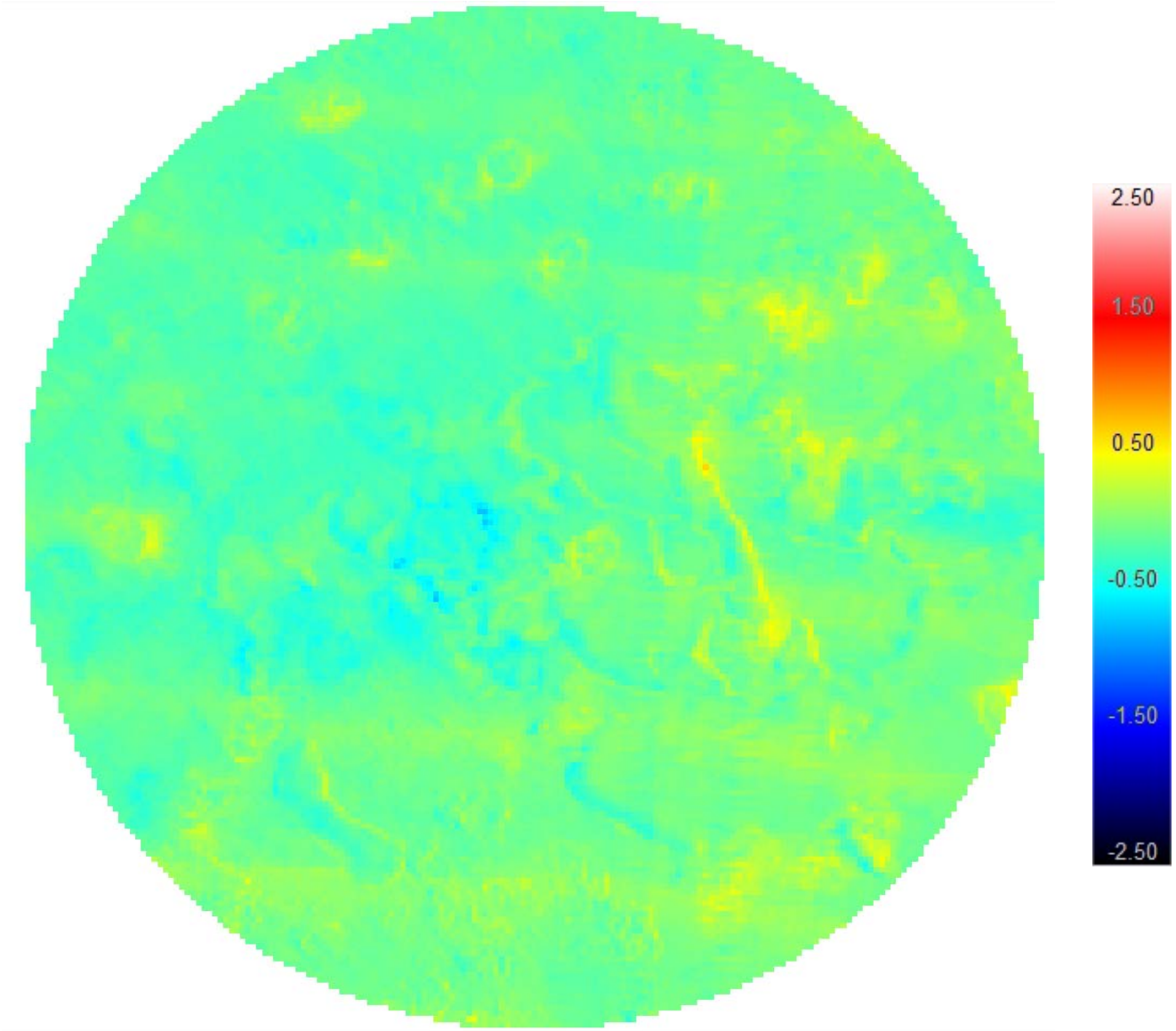
CALCUL DE CUBATURE ENTRE DEUX MODELES NUMERIQUES
Septembre 2014 - Juin 2015

Les calculs de cubatures ont été réalisés sur la base de deux MNT de 2x2m entre les données levées par GEOXYZ en septembre 2014 et juin 2015 :

- **Surface fixe d'application = 4 m²**
- **Calcul de volume (différentiel x surface) en chaque point.**

	apports (volume positif)	pertes (volume négatif)
volume calculé	8.973 m³	42.913 m³

Surface de calcul : 430927 m² (Cercle de 0,2Mn = 0,370 km de rayon)



LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°4

Rapport des plongées de la phase 1

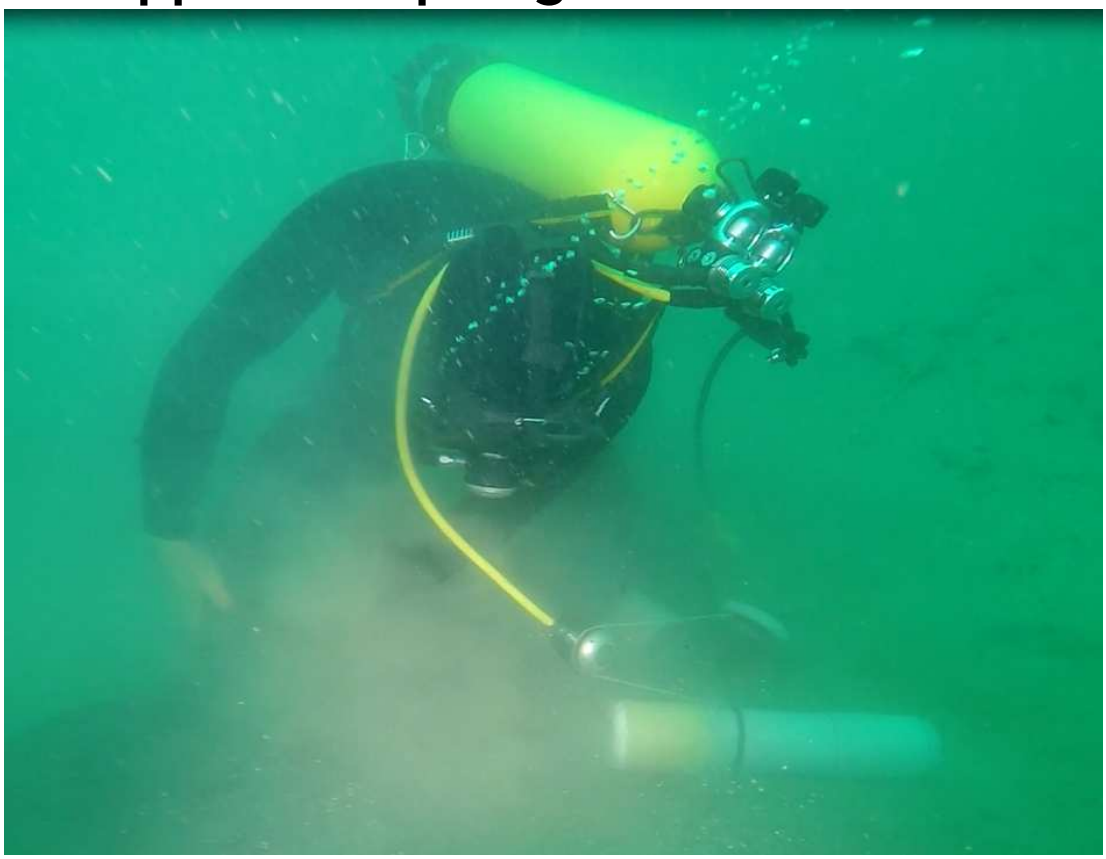
Réalisées en juin 2015 sur les six stations réparties entre le site d'immersion et la côte de Plœmeur

Direction des ports,
aéroports et du fret

Antenne portuaire et
aéroportuaire de Lorient

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION AU LARGE DE GROIX

Rapport des plongées de la Phase 1



Juin 2015

Sommaire

1 Généralités....3
2 Les prestations de plongées....5
2.1 Généralités....5
2.2 Moyens mis en œuvre....5
3 Rapports de plongées....6
3.1 Point du suivi n°21: Basse de la Paille....6
3.2 Point du suivi n°24: Anse du Péréllo-littoral de Ploemeur....7
3.3 Point du suivi n°23 : Kerroc'h, littoral de Plœmeur....7
4 Suite donnée aux plongées de la phase 1....8

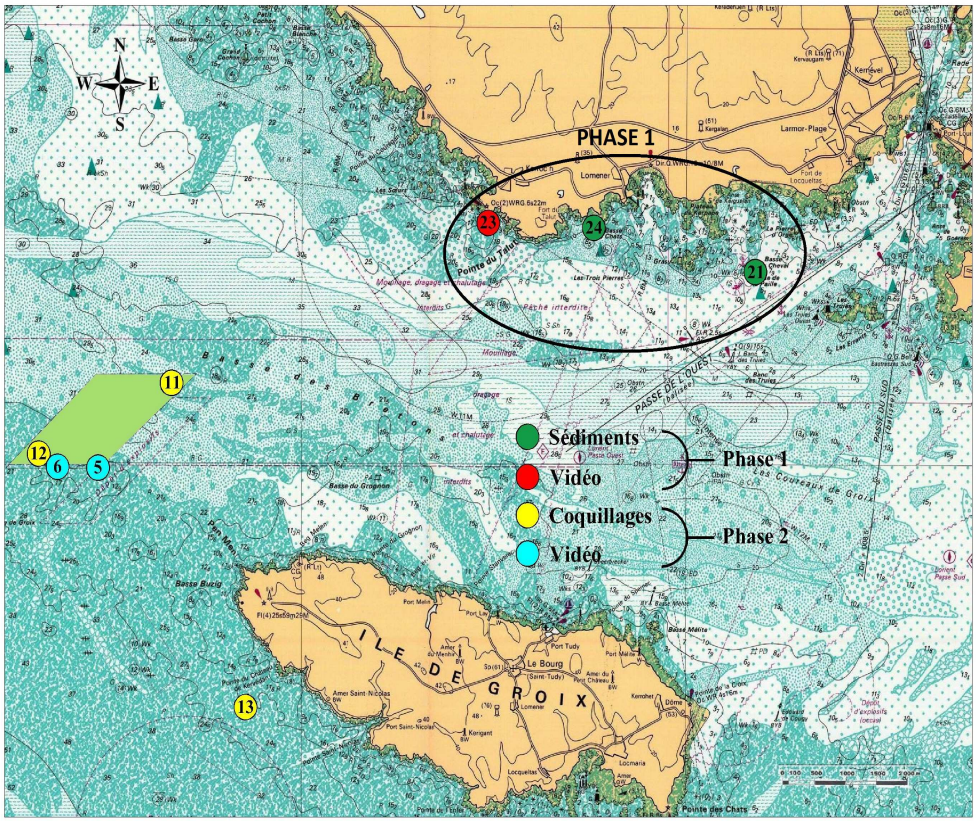
1 Généralités

La 1ère phase de plongées du suivi annuel du site d'immersion a généralement lieu au cours du mois de juin ; elle concerne ce année trois points situés sur la côte de Ploemeur, numérotés 21, 23 et 24. Le point 23 fait l'objet d'**un suivi vidéo des fonds** et des **prélèvements de sédiments de surface** sont réalisés aux points 21 et 24. Les fonds varient de -6 à -16 mètres Cotes Marines.

Le suivi vidéo des fonds permet d'observer la nature des fonds, l'éventuelle présence de sédiments non conformes à la géologie des lieux, la présence ou non de faune et de flore et leur type ; il consiste à filmer les fonds dans un rayon de cinq (5) mètres autour du point de repère géolocalisé, il est possible ainsi d'observer les éventuelles évolutions au fil des années.

Le prélèvement de sédiments de surface pour analyses granulométriques et physico-chimiques permet d'apprécier leur niveau éventuel de pollution ainsi que sa possible origine.

Au titre de l'expertise technique, une comparaison avec les années antérieures est effectuée.



Les trois points matérialisés ont les coordonnées suivantes:

21	47°41’5200 N - 3°24’2300 W		
23	47°41’9000 N - 3°27’6300 W		
24	47°41’9100 N - 3°26’4500 W		

La latitude théorique annoncée du point 24 («Anse du Péréllo») est inexacte, car elle porte à terre. Après relevé, le tableau corrigé est le suivant:

21	47°41’5200 N - 3°24’2300 W		
23	47°41’9000 N - 3°27’6300 W		
24	47°41’8750 N - 3°26’4500 W		

2 Les prestations de plongées

2.1 Généralités

Le dispositif de la mission est composé des plongeurs professionnels de l'Antenne de la Région BRETAGNE à SAINT-MALO équipés de matériel vidéo sous-marin, et des accessoires nécessaires à la collecte des échantillons, à leur conditionnement et à leur conservation à bord.

Les moyens nautiques pour se rendre sur les différents sites sont assurés par un prestataire extérieur.

Le planning prévisionnel est de trois plongées étalées sur trois demi-journées. Le navire est positionné sur site au DGPS par le capitaine, un repère est alors mouillé,permettant aux plongeurs après exploration de retrouver les objets (balises immergées) matérialisant les différents sites, alors que le navire principal s'est éloigné pour surveiller le site et assurer la sécurité nautique alentour. Le COH et le plongeur secours sont à bord d'une embarcation secondaire à proximité immédiate de la verticale plongeurs,

Un représentant de la Région BRETAGNE est présent à bord du navire principal pour la confection des échantillons de sédiments prélevés et pour prendre les décisions nécessaires (abandon ou poursuite de recherches sur un site par exemple…).

2.2 Moyens mis en œuvre

Moyens nautiques : ISMER (LORIENT) : barge INISHGLAS + vedette ENEZ TREZ ;

Plongeurs et équipage:

Port de SAINT-MALO : Michel GLET scaphandrier classe II mention A, Jean-Michel FERRAND - scaphandrier classe II mention A, Marc DEPAIL scaphandrier classe II mention A et José VIEIRA (Chef d'Opérations Hyperbares) ;

ISMER (LORIENT) : Jean-Gabriel SAMZUN – Capitaine, Eric PHILIPPON, matelot et Jean-François FERRAN, matelot ;

Moyens vidéos : APASM caméra GoPro

Coordinateur :

Port de LORIENT : Philippe LE VAILLANT.

Plan de prévention:

Un plan de prévention spécifique à cette intervention a été établi en commun avec les différents partenaires (APAL, APASM, Assistant de prévention, ISMER), il a été approuvé le vendredi 19 juin 2015 par Didier BRIAND, DPAVN.

3 Rapports de plongées

3.1 Point du suivi n°21: Basse de la Paille

Date	**22 juin 2014**	Plongée n°	**1**	Début	**13 h 59**	Fin	**14 h 13**
Coordonnées		Latitude	**47°41'520N**		Longitude	**3°24'230W**	
Plongeurs		**Marc DEPAIL - Jean-Michel FERRAND**					
Profondeur	**17,00 m**	Nature des fonds		**Sable, vase**		Visibilité	**5,0 m**
Mer	**belle**	Temps	**Beau, ciel voilé, vent W4**	Marée	**58**	Hauteur	**+2,00m**

Observations : température au fond 14°C vidéo sous-marine et prélèvement de sédiments ; faune et flore très peu présentes.

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°21

3.2 Point du suivi n°24: Anse du Péréllo-littoral de Ploemeur

Date	22 juin	Plongée n°	2	Début	15h 00	Fin	15h 13
Coordonnées		Latitude	47°41'875 N		Longitude	3°26'450 W	
Plongeurs		Michel GLET-Jean-Michel FERRAND					
Profondeur	8,00 m	Nature des fonds		Sable, graviers		Visibilité	5m
Mer	belle	Temps	Ciel voilé vent W4	Marée	58	Hauteur	+1,70m

Observations: faune et flore abondantes, vidéo et prélèvement de sédiments.

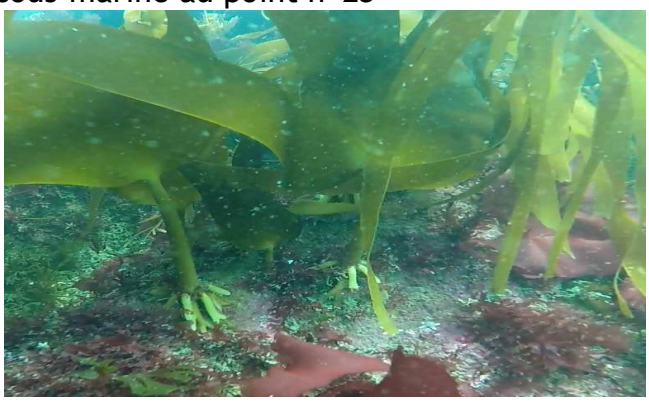
Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°24

3.3 Point du suivi n°23: Kerroc'h, littoral de Plœmeur

Date	23 juin	Plongée n°	3	Début	11h14	Fin	11h 32
Coordonnées		Latitude	47°41'900 N		Longitude	3°27'630 W	
Plongeurs		Michel GLET - Jean-Michel FERRAND - Marc DEPAIL					
Profondeur	8,60	Nature des fonds		Roches algues		Visibilité	2,00
Mer	belle	Temps	Beau vent w2	Marée	53	Hauteur	+4,00

Observations: vidéo sous-marine ; fond rocheux, peu de sable, cailloux et galets, présence de nombreuses espèces végétales, et animales. Visibilité 2 à 3 m.

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°23



4 Suite donnée aux plongées de la phase 1

Les séquences vidéo recueillies sur le site de Kerroc'h totalisent environ 10 minutes de film. Il s'agit, comme lors des campagnes précédentes d'une exploration circulaire autour du point cible, suivie d'un élargissement aux abords du site. Profondeur variant de 8 à 10 mètres,

Les prélèvements de sédiments, conditionnés en flacons plastique et bocaux en verre, sont conservés au frais et expédiés dès la fin de la campagne de plongées, le mardi 23 juin après-midi, au Laboratoire de ROUEN. A partir des sous-échantillons récoltés à chaque point de suivi, le laboratoire constitue des échantillons moyens sur lesquels il procède à des analyses de granulométrie, Matières Sèches, densité, Carbone Organique Total, Aluminium, métaux lourds, Polychlorobiphényles et Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

Les résultats des analyses des sédiments seront transmis au bureau d'études de Mme Hélène COCHET et les films de vidéo sous-marine à la station du MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE de CONCARNEAU; ces deux organismes en assurent respectivement l'expertise technique. Les résultats de ces travaux font l'objet de rapports qui sont intégrés au dossier de suivi annuel du site d'immersion.

****

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°5

Rapport des plongées de la phase 2

Réalisées en septembre 2015 sur deux points du site d'immersion et trois points de suivi biologique

Direction des Ports
Aéroports et Voies
Navigables

Antenne Portuaire et
Aéroportuaire
de Lorient

SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

Rapport des plongées de la Phase 2

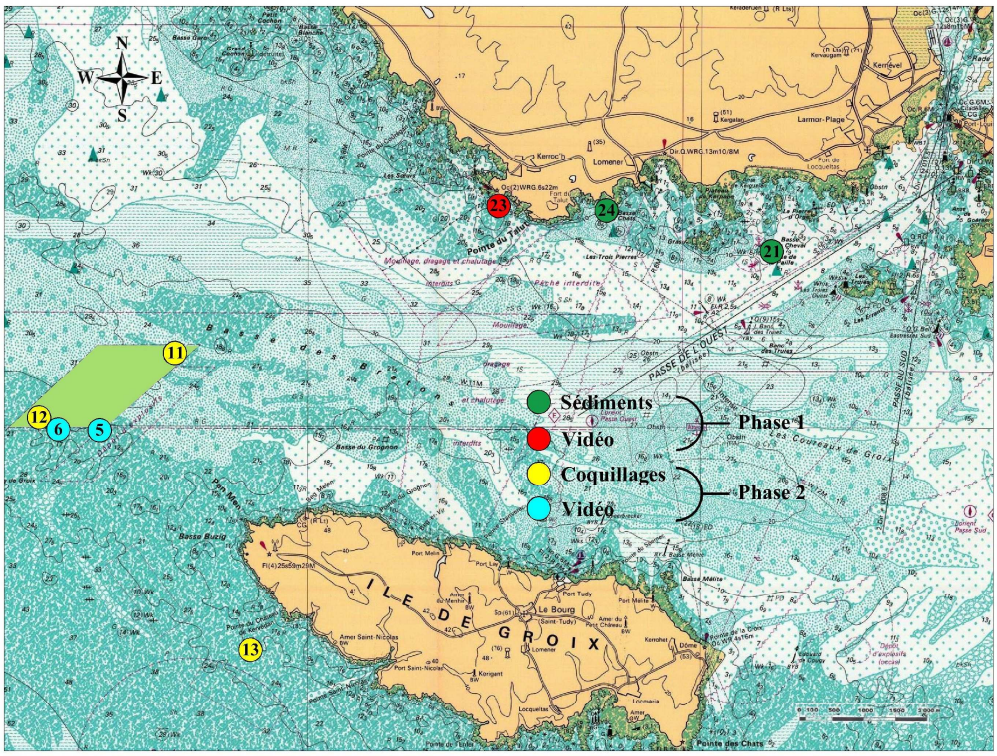
Septembre 2015

Sommaire

1 Généralités....3
2 Les prestations de plongées....5
2.1 Généralités....5
2.2 Moyens mis en œuvre....6
3 Rapports des plongées....7
3.1 Première journée – le 23/09/2015....7
3.1.1 Plongée sur point 13....7
3.1.2 Plongée sur point 13 (deuxième tentative)....7
3.1.3 Plongée sur point 11....7
3.1.4 Plongée sur point 12....8
3.2 Deuxième journée – le 24/09/2015....8
3.2.1 Plongée sur point 13....8
3.2.2 Plongée sur point 12....8
3.2.3 Plongée sur point 6....9
3.2.4 Plongée sur point 5....9
3.2.5 Plongée sur point 11....9
4 Suite donnée aux plongées de la phase 2....10

1 Généralités

La 2ème phase de plongées du suivi annuel du site d'immersion a généralement lieu fin août début septembre. Elle intègre désormais **un suivi vidéo des fonds** sur deux points du site d'immersion, numérotés 5 et 6, et **un suivi biologique** sur trois (3) points, numérotés de 11 à 13, deux (2) étant situés sur le site d'immersion et un (1) au sud-ouest de l'île de Groix. Les fonds varient de -25 à -36 mètres Cotes Marines.



Le suivi vidéo des fonds a pour objectif principal l'observation de la nature des matériaux en place et, éventuellement, de la faune et la flore en périphérie Sud de la zone d'immersion. Pour les deux points matérialisés chacun par une installation sous marine constituée d'un corps mort et d'une bouée sur orin, la vidéo consiste à filmer les fonds dans un rayon de cinq (5) mètres autour du point. On insistera sur l'examen des algues, en privilégiant des plans fixes ou de lents déplacements.

Le suivi biologique est destiné à mesurer l'impact éventuel sur le milieu aquatique des sédiments immergés sur le site au large de Groix. Sur les trois (3) points de suivi, repérés par corps-morts, filins courts et bouées, des poches de coquillages – huîtres et moules - sont suspendues à environ trois (3) mètres du fond, en remplacement de celles immergées l'année précédente. Des mesures biométriques sont alors effectuées sur les huîtres et des analyses physico-chimiques sur la chair des moules. Cette bio surveillance active permet d'évaluer indirectement les apports de contaminants disponibles dans la colonne d'eau et d'en déceler les impacts, même faibles.

Le protocole est reconduit chaque année, permettant ainsi d'avoir une bonne connaissance de l'évolution du site, en comparant les résultats de l'année N avec ceux de l'année N-1, et d'apprécier le niveau de pollution éventuelle ainsi que sa possible origine.

Les cinq (5) points matérialisés ont les coordonnées suivantes :

Suivi vidéo des fonds			
5	47°39'960 N - 3°32'702 W	6	47°39'963 N - 3°33'199 W
Suivi biologique			
11	47°40'480 N - 3°31'960 W	12	47°40'060 N - 3°33'340 W
13	47°38'000 N - 3°30'830 W		

La 2ème phase de plongées s'est déroulée les 23 et 24 septembre 2014.

2 Les prestations de plongées

2.1 Généralités

Le dispositif de la mission est composé de trois plongeurs professionnels de la région Bretagne , assistés d'un chef d'opérations hyperbares et d'une société extérieure qui permet de compléter l'effectif afin d'optimiser le nombre de plongées par sortie en mer. Les prises de vues sous-marines sont désormais effectuées grâce au matériel de l'antenne de Saint Malo.

Les moyens nautiques pour se rendre sur les différents sites sont assurés par un prestataire extérieur.

La barge sert de moyen de transfert sur site (1h30 de navigation) et de plateforme de travail pour la préparation des plongeurs et les manipulations d'échantillons.

Le planning prévisionnel est de deux (2) plongées par jour et par équipe, le navire ne rentrant pas à terre entre les plongées. Le navire est positionné sur site au DGPS par le capitaine et les plongeurs doivent retrouver des objets matérialisant les différents sites.

Un représentant du maître d'ouvrage est présent à bord lors des phases de positionnement, de suivi vidéo, de récupération et de remplacement des poches de coquillages pour prendre les décisions nécessaires (abandon ou poursuite de recherches sur un site par exemple…).

Cette campagne 2015 voit apparaitre une nouveauté, la collecte d'échantillons d'algues. En effet, l'examen des vidéos 2014 a permis de constater la présence de nécroses sur certaines algues, notamment au point 5, il a donc été décidé, afin d'approfondir l'étude, d'en prélever des échantillons à fin d'analyses. Cette collecte concerne donc le point 5, avec prise de fragments de sujets sains et de sujets nécrosés, puis de prise d'échantillons témoins au point 13. Cette

prestation de collecte et de conditionnement d'échantillons de Laminaires a été réalisée par un scientifique scaphandrier du Muséum National d'Histoire Naturelle – station de biologie marine de Concarneau, ce qui garantit la qualité et la rigueur des prélèvements.

2.2 Moyens mis en œuvre

Moyens nautiques : ISMER (LORIENT) : barge INISHGLAS + zodiac MAKO;
Capitaine : Jean-Gabriel SAMZUN – matelot Robert LASBLEI

Plongeurs : - Michel GLET, Jean-Michel FERRAND, Marc DEPAIL (Port de SAINT-MALO),
- Jean-Gabriel SAMZUN (ISMER LORIENT), Nicolas SAMZUN (Renfort ISMER)
- Aodren LE GAL (MNHN Concarneau, le 24 septembre)

Chef d'Opérations Hyperbares : José VIEIRA (Port de SAINT-MALO) ;

Moyens vidéos : Port de Saint Malo ;

Coordinateur : Philippe LE VAILLANT (Port de LORIENT).

3 Rapports des plongées

3.1 Première journée – le 23/09/2015

Départ de l'avant port de Lorient à 08h00.

3.1.1 Plongée sur point 13

Les conditions de mer et les prévisions d'évolution météorologique entrainent le choix de commencer par le point 13 (Sud de Groix).

Date	**23 sept**	Plongée n°	**1**	Début	**09 h 51**	Fin	**10 h 33**
Coordonnées		Latitude	**47°38,014 N**		Longitude	**3°3,804 W**	
Plongeurs		**Marc DEPAIL – Nicolas SAMZUN**					
Profondeur	**30 m**	Nature des fonds		**Roches et sable**		Visibilité	**2,0 m**
Mer	**Belle (avec houle 2m)**			Marée	**43**	Hauteur	**3,00 m**

Observations : plongée sur position GPS + trace échosondeur : installation non trouvée malgré circulaire élargie; la visibilité est faible. Fond de sable, cailloutis et roches.

3.1.2 Plongée sur point 13 (deuxième tentative)

Nouvelle tentative, après recalage au DGPS et quadrillage du site au sondeur.

Date	**23 sept**	Plongée n°	**2**	Début	**10 h 12**	Fin	**10 h 47**
Coordonnées		Latitude	**47°38,014 N**		Longitude	**3°3,804 W**	
Plongeurs		**Jean-Michel FERRAND – Michel GLET**					
Profondeur	**30 m**	Nature des fonds		**Roches et sable**		Visibilité	**2,0 m**
Mer	**Belle (avec houle 2m)**			Marée	**43**	Hauteur	**3,80 m**

Observations : plongée sur position GPS + trace échosondeur : installation découverte. Récupération de la poche double, et pose d'un témoin de repérage pour faciliter l'accès à l'installation le lendemain.

3.1.3 Plongée sur point 11

Date	**23 sept**	Plongée n°	**3**	Début	**12 h 18**	Fin	**12 h 30**
Coordonnées		Latitude	**47°40'480 N**		Longitude	**3°31'960 W**	
Plongeurs		**Marc DEPAIL – Nicolas SAMZUN**					
Profondeur	**33 m**	Nature des fonds		**Sable et roches**		Visibilité	**6,0 m**
Mer	**Belle (vent se levant)**			Marée	**43**	Hauteur	**4.0 m**

Observations : plongée sur position GPS + trace échosondeur : installation découverte. Récupération de la poche double, et pose d'un témoin de repérage pour faciliter l'accès à l'installation le lendemain.

3.1.4 Plongée sur point 12

Date	**23 sept**	Plongée n°	**4**	Début	**13 h 08**	Fin	**13 h 30**
Coordonnées		Latitude	**47°40'060 N**		Longitude	**3°33'340 W**	
Plongeurs		**Michel GLET – Jean-Michel FERRAND**					
Profondeur	**24,00 m**	Nature des fonds		**Sable et roches-végétaux**		Visibilité	**8,0 m**
Mer	**Belle (houle 1m clapot)**			Marée	**43**	Hauteur	**4,00 m**

Observations : Exploration soutenue au sondeur, mais infructueuse. Plongée sur position GPS théorique: installation détruite, il ne reste que le corps mort, les poches de coquillages sont perdues. Pose d'un témoin de repérage pour faciliter l'accès à l'installation le lendemain.

Fin de la première journée, retour à Lorient avec les poches des sites 11 et 13.

3.2 Deuxième journée – le 24/09/2015

Départ de l'avant port de Lorient à 08h00, arrivée sur zone à 10h05. L'échange des poches de coquillages s'est fait à la cale du port de la Pointe à Port-Louis pendant le transit.

3.2.1 Plongée sur point 13

Date	**24 sept**	Plongée n°	**5**	Début	**10 h 15**	Fin	**10 h 30**
Coordonnées		Latitude	**47°38'014 N**		Longitude	**3°30'804 W**	
Plongeurs		**Marc DEPAIL – Nicolas SAMZUN- Aodren LE GAL**					
Profondeur	**30,30 m**	Nature des fonds		**Roches**		Visibilité	**6,0 m**
Mer	**Agitée – temps à grains**			Marée	**49-57**	Hauteur	**2,30m**

Observations : plongée sur bouée de repérage; fond de roches ; quelques échinodermes, algues encroûtantes et poissons ; turbidité faible. Mise en place des poches de coquillages. Prise d'échantillons de laminaires sur le site témoin (les sujets disponibles sur site sont de petite taille).

3.2.2 Plongée sur point 12

Date	**24 sept**	Plongée n°	**6**	Début	**11 h 12**	Fin	**11 h 28**
Coordonnées		Latitude	**47°40'060 N**		Longitude	**3°33'340 W**	
Plongeurs		**Marc DEPAIL – Nicolas SAMZUN**					
Profondeur	**24,00 m**	Nature des fonds		**Sable et roches-végétaux**		Visibilité	**5,0 m**
Mer	**Belle (houle 1m clapot)**			Marée	**49-57**	Hauteur	**3,00 m**

Observations : plongée sur bouée de repérage; Mise en place des poches de coquillages, et contrôle de l'installation.

3.2.3 Plongée sur point 6

Date	**24 sept**	Plongée n°	**7**	Début	**12 h 03**	Fin	**12 h 11**
Coordonnées		Latitude	**47°39'963 N**		Longitude	**3°33'199 W**	
Plongeurs		**Jean-Michel FERRAND - Michel GLET**					
Profondeur	**27,9 m**	Nature des fonds		**Roches et sable**		Visibilité	**8,0 m**
Mer	**Houle 1m50 - Clapot se calmant**			Marée	**49-57**	Hauteur	**3,50 m**

Observations : plongée sur coordonnées gps et recherche sondeur. Installation trouvée, circulaire vidéo réalisée.

3.2.4 Plongée sur point 5

Date	**24 sept**	Plongée n°	**8**	Début	**12 h 52**	Fin	**13 h 13**
Coordonnées		Latitude	**47°39'960 N**		Longitude	**3°32'702 W**	
Plongeurs		**Aodren LE GAL - Jean-Gabriel SAMZUN**					
Profondeur	**27,9 m**	Nature des fonds		**Roches et sable**		Visibilité	**7,0 m**
Mer	**Houle 1m-Calme**			Marée	**49-57**	Hauteur	**4,00 m**

Observations : plongée sur coordonnées gps et recherche sondeur. Installation trouvée, circulaire vidéo réalisée. Prise de deux séries d'échantillons de laminaires : algues nécrosées, et algues saines.

3.2.5 Plongée sur point 11

Date	**24sept**	Plongée n°	**9**	Début	**13 h 34**	Fin	**13 h 52**
Coordonnées		Latitude	**47°40'480 N**		Longitude	**3°31'960 W**	
Plongeurs		**Jean-Michel FERRAND - Michel GLET**					
Profondeur	**30 m**	Nature des fonds		**Sable et roches Un peu de vase**		Visibilité	**5,0 m**
Mer	**Clapot - houle 1,50, éclaircies**			Marée	**49-57**	Hauteur	**4,30 m**

Observations : plongée sur bouée de repérage; Mise en place des poches de coquillages, et contrôle de l'installation.

4 Suite donnée aux plongées de la phase 2

Les séquences de vidéo sous-marines sont collectées par l'APAL, sous forme de séquences compilées dans un DVD.

Les poches de coquillages 2014 des points de suivi biologique (point témoin 13-Sud Groix et point 11 –coin Nord Est) ont été recueillies par le laboratoire Cochet Environnement de Locoal-Mendon.

Annexe

Récapitulation des plongées de la phase 2

date	plongée	point	début	fin	équipe	activité
08/09/14	1	5	15h10	15h45	MG/JGS	vidéo
08/09/14	2	6	16h15	16h30	JMF/TP	vidéo
09/09/14	3	11	09h50	10h10	JMF/TP	relevage poches
09/09/14	4	13	11h10	11h43	MG/JGS	repérage poches
09/09/14	5	13	14h12	14h35	JMF/TP	relevage poches
09/09/14	6	12	15h20	15h42	MG/JGS	relevage poches
10/09/14	7	11	11h10	11h30	JMF/TP	immersion poches
10/09/14	8	13	12h10	12h25	MG/JGS	immersion poches
10/09/14	9	12	14h44	14h59	JMF/TP	immersion poches
10/09/14	10	4a	15h43	16h05	MG/JGS	vidéo
11/09/14	11	2	11h03	11h25	MG/JGS	vidéo
11/09/14	12	1	11h58	12h16	JMF/TP	vidéo
18/09/14	13	7	13h50	14h07	JMF/TP	vidéo
18/09/14	14	8	14h37	14h55	MG/JGS	vidéo
19/09/14	15	9	10h05	10h17	JMF/TP	vidéo
19/09/14	16	3	10h43	10h58	MG/JGS	vidéo

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°6

Rapport d'expertise bureau d'étude COCHET

Analyses granulométriques et chimiques de sédiments marins, suivi biologique et chimique sur des coquillages, expertise des analyses sur les Laminaria hyperborea

Résultats 2015

Bureau d'études COCHET
biologie & cultures marines

Suivi du site d'immersion des rejets de dragage de la rade de Lorient au large de Groix

Résultats 2015

1. Résultats des analyses granulométriques et chimiques de sédiments marins
2. Résultats du suivi biologique et chimique réalisé sur les coquillages (moules et huîtres creuses)

Table des matières

Contexte et introduction 3

Résultats des analyses granulométriques et chimiques de sédiments marins 5

1 Matériel et méthodes 5

1.1 Choix et localisation des stations 5

1.2 Prélèvements et conditionnement des sédiments 5

1.3 Polluants recherchés 6

2 Résultats 6

2.1 Analyse des sédiments 6

2.1.1 Caractéristiques physiques et organiques des sédiments prélevés 6

2.1.2 Concentration des métaux lourds dans les sédiments 8

2.1.3 Concentration en HAPs (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) 18

2.1.4 Concentration en PCB (Polychlorobiphényles) 27

2.1.5 Concentration en TBT (Tributylétain) 27

3 Conclusion pour les contaminants métalliques et organiques 28

Résultats du suivi biologique et chimique des coquillages 29

1 Matériel et méthodes 29

1.1 Choix et localisation des stations 29

1.1.1 Réseau de suivi 29

1.1.2 Réseau de « surveillance » 29

1.2 Protocole (mise à l'eau ; prélèvements et conditionnement) 30

2 Résultats 31

2.1 Contamination chimique dans les moules 31

2.1.1 Contaminants métalliques 31

2.1.2 Contaminants organiques : Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) et Organochlorés et apparentés (PCB) 37

2.2 Biométrie des huîtres 42

2.3 Conclusion sur les concentrations en contaminants métalliques et organiques sur les coquillages 43

2.3.1 Stations de suivi n°11 et 13 (témoin) 43

2.3.2 Stations de surveillance : Port Lay et le Perello 43

Conclusions générales 45

1. Sédiments – caractéristiques physiques, teneurs en métaux et contaminants organiques 45

2. Matière vivante – teneurs en métaux lourds et contaminants organiques 46

Annexes 47

Contexte et introduction

Depuis 1997, les déblais issus de dragages des ports de la rade de Lorient sont immergés sur un site délimité au nord-ouest de l'île de Groix. La durée d'exploitation du site a été estimée à 30 ans pour un volume moyen annuel de sédiments immergés de l'ordre de 200 000 m^3.

Afin de suivre un éventuel impact de l'immersion des déblais de dragage, un suivi annuel du site est engagé depuis 2002 par les Services de la Région Bretagne à Lorient. Ce suivi a été modifié pour l'année 2015 si bien qu'il comprend à présent :

- La réalisation d'une bathymétrie du site d'immersion afin d'observer l'évolution des fonds dans la zone de dépôt (confinement et/ou dispersion des sédiments) ;
- La réalisation d'images vidéo sous-marines en **3 points** (2 points sur le site et 1 point entre le site et la côte de Ploemeur) afin d'observer l'évolution de la nature des fonds et éventuellement la faune et la flore ;
- La mise en place d'un point de surveillance DCE pour l'élément de qualité « macroalgues subtidales » destiné à observer l'étagement faunistique et floristique ;
- Le prélèvement de sédiments marins en **2 points** pour des analyses physico-chimiques et la recherche de polluants rémanents;
- Le suivi biologique de coquillages en **5 points** comprenant l'immersion de coquillages sur 3 points pendant une année et la surveillance de 2 points (Port Lay et Le Perello). Le suivi consiste en des analyses de chair (moules) à la recherche de polluants rémanents et une biométrie sur les huîtres ;
- Le prélèvement de sédiments marins en **3 points** pour un suivi de la qualité physico-chimiques des sédiments et des peuplements benthiques, destiné à corréler une éventuelle perturbation de la biocénose avec une dégradation du milieu liée à la présence de polluants rémanents.

Ces différents suivis sont donc effectués chaque année depuis 2002 (2005 pour les sédiments) en application des prescriptions de l'arrêté préfectoral autorisant l'immersion des sédiments dragués.

De 2002 à 2013, l'expertise sur les sédiments et sur les coquillages avait été confiée au Laboratoire Environnement Ressource Morbihan Pays de Loire de l'IFREMER qui n'a pas pu réitérer en 2014 cette prestation.

Les Services de la Région Bretagne à Lorient ont alors confié à partir de 2014 cette expertise au bureau d'études « Cochet environnement » pour l'analyse des résultats de dosages chimiques dans les sédiments marins et dans les coquillages.

En 2015, les analyses granulométriques et chimiques sur les sédiments ont été réalisées sur 2 stations (contre 6 stations suivies de 2005 à 2014) situées dans les courreaux de Groix, entre la sortie de la Rade et la zone de clapage des déblais de dragage.

Les niveaux et tendances de la contamination chimique des coquillages (moules) ont été suivis à proximité du site de dépôt (2 stations, numérotées 11 et 12), sur une zone témoin (n°13) au sud-ouest de Groix et sur deux points de surveillance sensibles (élevage mytilicole de Port Lay à Groix et élevage aquacole de Pérello à Lomener).

Le suivi à proximité du site de dépôt a été complété par un suivi biologique de la croissance des huîtres creuses sur les stations N° 11 ; 12 ; 13.

L'ensemble des points est représenté sur la figure n°1.

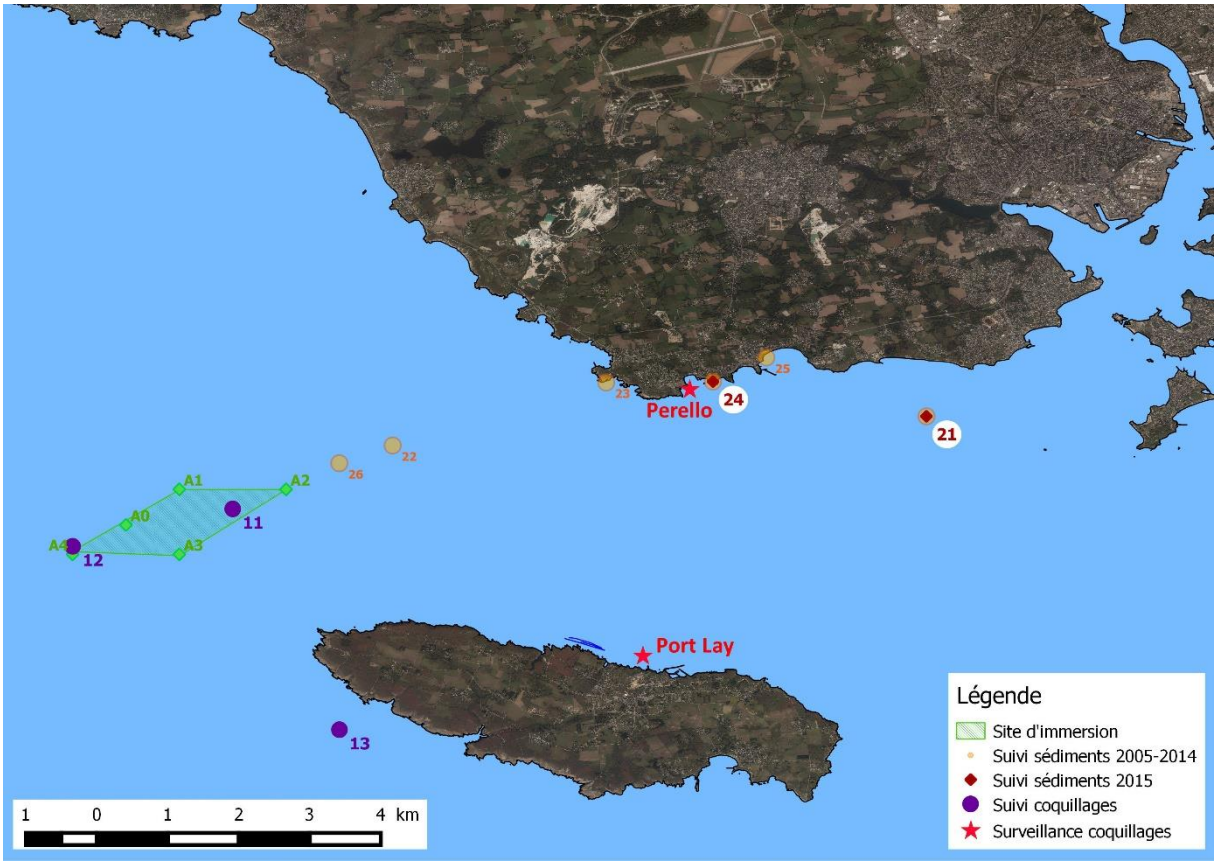


Figure 1 : Délimitation de la zone d'immersion des sédiments des ports de Lorient et localisation de l'ensemble des points de suivi et de surveillance (sédiments et coquillages).

Résultats des analyses granulométriques et chimiques de sédiments marins

1 Matériel et méthodes

1.1 Choix et localisation des stations

La localisation des stations suivies pour le volet « sédiments marins » a été revue pour l'année 2015 suite à une réunion du comité de suivi tenue à Lorient le 14 octobre 2014. Il a été décidé collectivement de supprimer le suivi réalisé sur les 4 stations numérotées : 22 (Fosse centrale) ; 23 (Kerroc'h) ; 25 (Anse du Stole) ; à 26 (Basse des Bretons). Pour le suivi 2015, seules les stations 21 (Basse de la Paille) et 24 (Anse du Perello) ont été retenues.

Les 2 stations retenues ainsi que les 4 stations écartées du suivi sont localisées sur les figures 1&2.

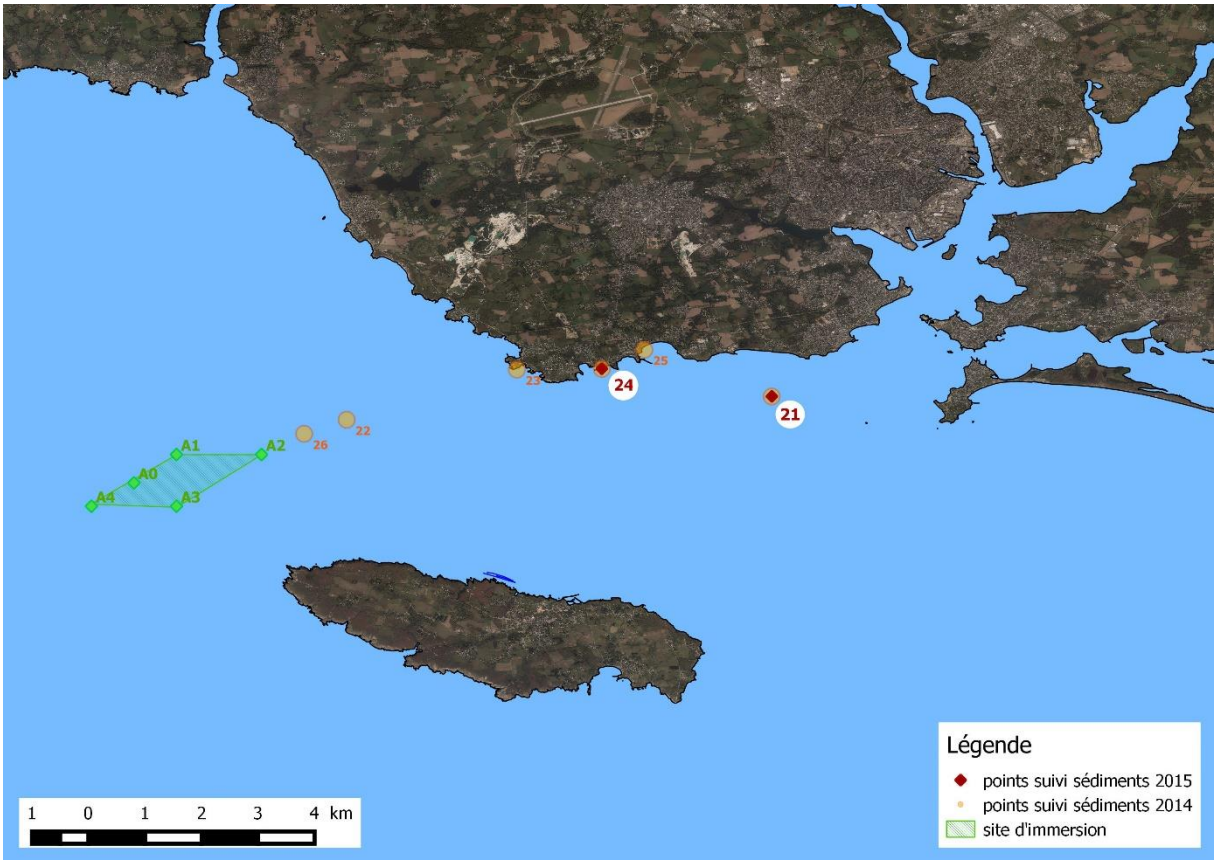


Figure 2 : Localisation des 6 stations « sédiments » suivies de 2005 à 2014 et des 2 stations retenues pour 2015

1.2 Prélèvements et conditionnement des sédiments

Pour chacune des stations, trois prélèvements ont été réalisés en plongée à l'aide d'un carottier manuel en PVC sur la base d'un protocole standardisé.

L'échantillon moyen soumis aux analyses concerne les premiers décimètres du sédiment.

Les échantillons sont conditionnés en mer et dès le retour à terre, ils sont adressés au laboratoire de Rouen Alpa Chimies (laboratoire agréé par le MEDDTL, arrêté du 27 octobre 2011) pour analyses.

1.3 Polluants recherchés

La caractérisation physique et chimique des sédiments a porté sur les paramètres suivants : granulométrie laser, teneur en matière sèche, carbone organique, densité.

Les métaux lourds suivants ont été recherchés : aluminium, arsenic, cadmium, cuivre, chrome, mercure, nickel, plomb et zinc.

Les contaminants organiques suivants ont été recherchés : Polychlorobiphényl (PCB) et congénères : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180, 105 et 156. - 16 hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP): Naphtalène, Acenaphtylène, Acenaphtène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)Pyrène, Dibenz(a,h)anthracène, Benzo(g,h,i)pérylène, Indeno(123-cd)Pyrène.

Les contaminants organiques métalliques suivants ont été recherchés : MTB, DTB et TBT (Tributylétain).

2 Résultats

2.1 Analyse des sédiments

2.1.1 Caractéristiques physiques et organiques des sédiments prélevés

- **Résultats 2015 :**

Les résultats sont analysés au regard du pourcentage en sédiments fins (inférieurs à 63µm) et du pourcentage en carbone organique. En effet, les sédiments fins sont propices au piégeage des contaminants métalliques et/ou organiques.

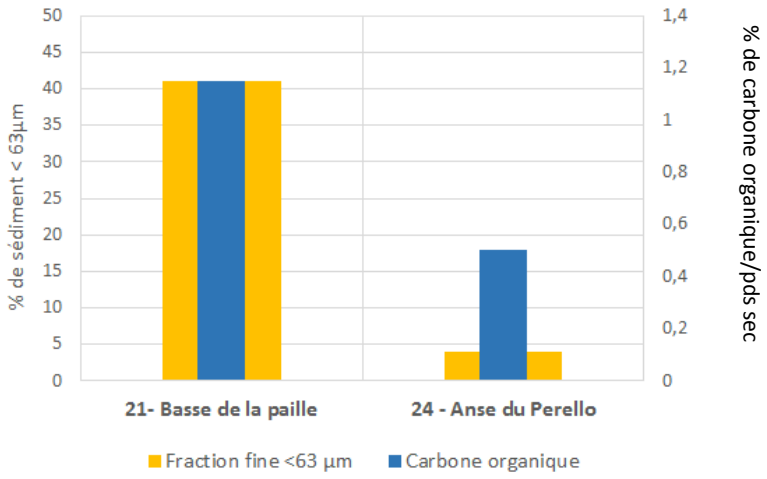
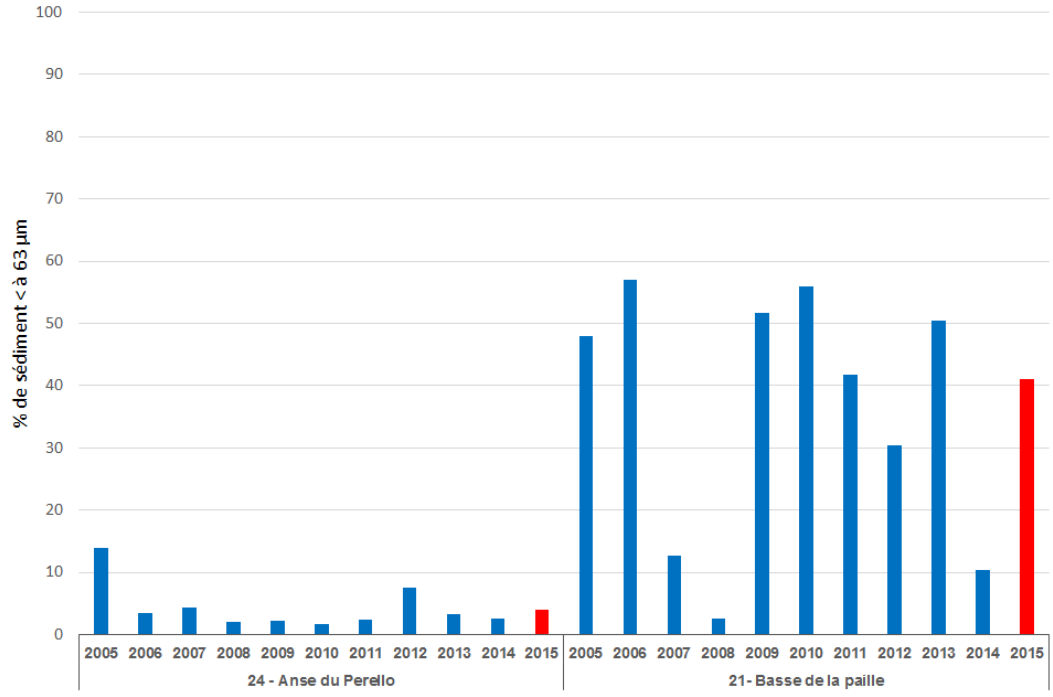


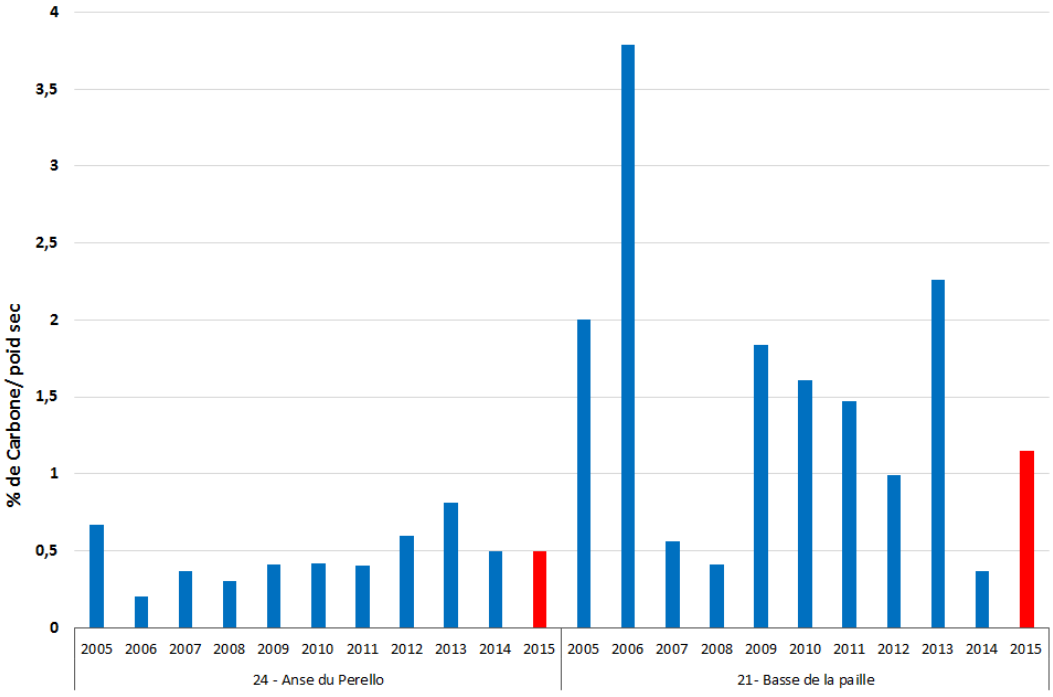
Figure 3 : Fraction fine (<63µm) et % de carbone organique sur les 2 stations suivies en 2015

Les résultats montrent une hétérogénéité des sédiments prélevés entre les deux stations.

La part de fraction fine est importante à la station 21 –Basse de la Paille (41%) tandis qu'elle reste faible à la station 24 –Anse du Perello- (4%). Les pourcentages de Carbone organique suivent la même tendance.

- **Résultats 2005-2015 :**





Figures 4 et 5 : Fraction fine (<63µm) et % de carbone organique sur les 2 stations suivies en 2015

- Sur la station 24 – Anse du Perello- nous observons une bonne homogénéité des données 2005-2015 avec un pourcentage de sédiments fins (< à 63µm) faible et un pourcentage en carbone organique équilibré.
- Sur la station 21- Basse de la Paille-, les résultats sont plus hétérogènes au regard des 10 années suivies. Contrairement à l'année 2014 qui montrait des pourcentages en fractions fines et en carbone organique relativement peu élevés, l'année 2015 affiche des résultats qui se situent dans la moyenne des données 2005-2015.

2.1.2 Concentration des métaux lourds dans les sédiments

- **Approche interannuelle et valeurs de références**

Pour les 2 stations et pour chacun des contaminants, un premier graphique présente la concentration obtenue en 2015 au regard des données acquises depuis 2005.

Il est également indiqué par contaminant :

- **Son seuil de détection en laboratoire**. Le plomb, le zinc et le chrome ne possède pas de seuil de détection

Contaminants métalliques	Cuivre	Cadmium	Mercure	Nickel	Arsenic
Seuil de détection	3	0.1	0.02	2	1

Tableau 1 : valeurs des seuils de détection par contaminant

- **Les niveaux N1 et N2 Géode** fixant les seuils de qualité pour la gestion des sédiments portuaires.
    - Au-dessous du NIVEAU N1, l'impact potentiel est jugé neutre ou négligeable, les valeurs observées se révélant comparables aux bruits de fond environnementaux ;
    - Entre les NIVEAUX N1 et N2, une investigation complémentaire peut s'avérer nécessaire en fonction du projet considéré et du degré de dépassement du NIVEAU 1 ;
    - Au-delà du NIVEAU N2, une investigation complémentaire est généralement nécessaire car des indices peuvent laisser présager un impact potentiel de l'opération. En fonction des résultats obtenus, l'immersion est susceptible d'être interdite et la mise en place de solutions alternatives encouragées. Une étude d'impact approfondie est alors jugée indispensable ;

- **Sa valeur de référence retenue par le Réseau National d'Observation de l'Ifremer**. Le tableau 2, présente les valeurs de références connues (RNO et OSPAR) pour être représentatives de sédiments fins non contaminés.

Contaminants métalliques	Plomb	Zinc	Cuivre	Cadmium	Mercure	Nickel	Chrome
OSPAR	**25**	**90**	20	**0.2**	**0.05**	45	**60**
RNO	38.3	104	**13.8**	0.1	0.06	**28.9**	67

Tableau 2 : valeurs de référence (en rouge) en µg/g, retenues par le RNO pour les sédiments du golfe de Gascogne

- **Approche par normalisation**

Dans un deuxième temps, pour chaque contaminant, une approche par normalisation est réalisée pour analyser les concentrations en métaux lourds au regard de leurs caractéristiques minéralogiques.
Pour pouvoir comparer les différentes stations sous l'angle de la qualité chimique, il faut tenir compte de la capacité du sédiment présent à retenir les contaminants chimiques éventuellement présents dans l'eau. Cette capacité à retenir les contaminants est proportionnelle à la part de la fraction organique ou argileuse du sédiment (exprimée à travers la teneur en fraction fine du sédiment –

pourcentage de particules de taille inférieure à 63 µm – ou la teneur en aluminium, élément présent en fortes proportions dans les argiles).
Pour les contaminants métalliques, le paramètre normalisateur pris en compte est la teneur en aluminium, indicateur de l'importance de la fraction organique du sédiment.

Le graphique ci-dessous (figure 6) montre la corrélation entre ces deux paramètres. La station Basse des Bretons (station 26) qui montrait de 2005 à 2014 des caractéristiques minéralogiques atypiques a été retirée du jeu de données.

Les résultats 2015 obtenus sur les 2 stations suivies seront donc analysés au regard de cette approche par normalisation grâce à l'ensemble des résultats obtenus depuis 2005 (hormis ceux de la station 26-Basse des Bretons).

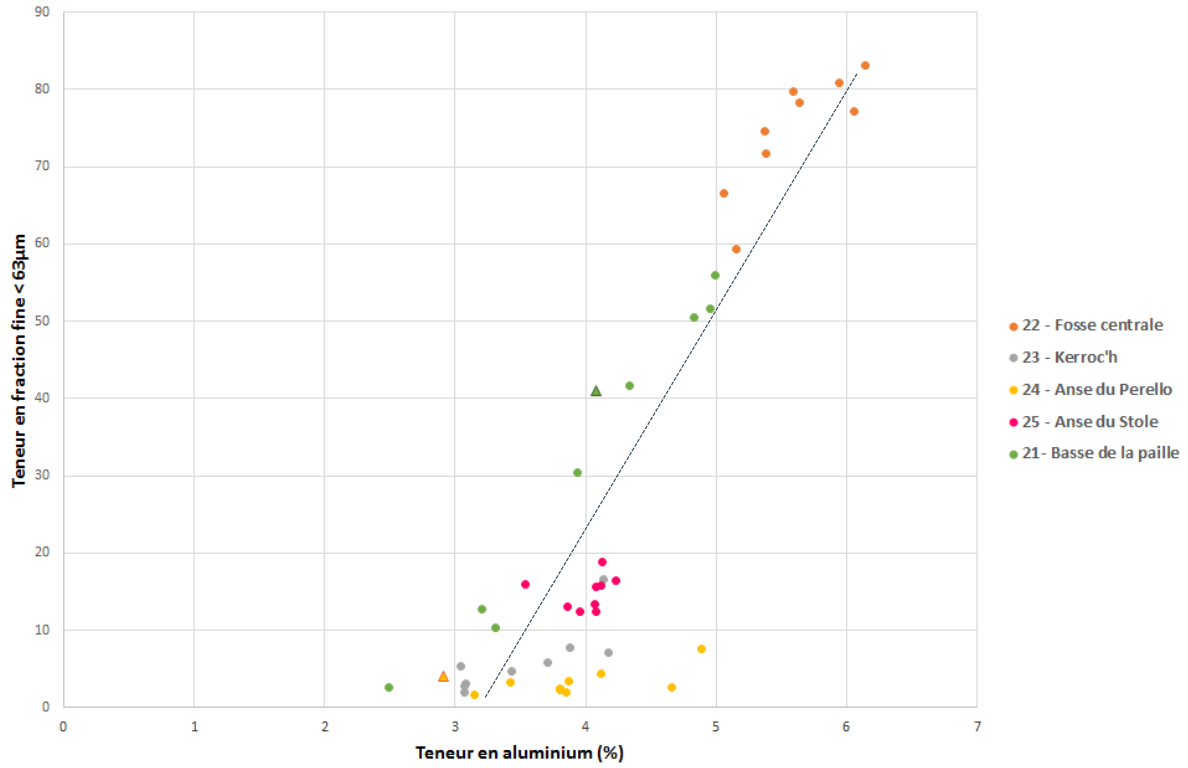
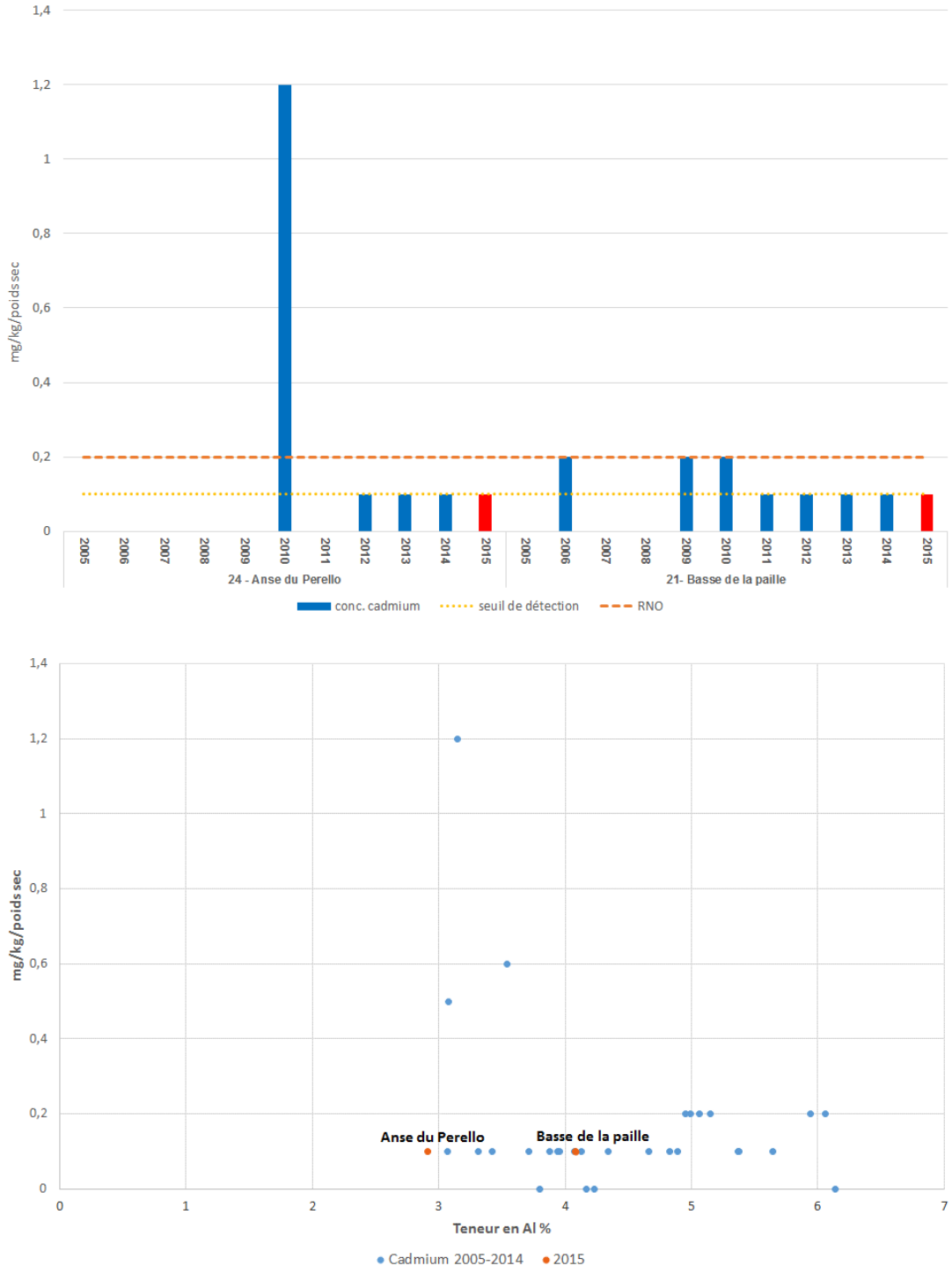


Figure 6 : Distribution des teneurs en Aluminium des échantillons de sédiments prélevés de 2005 à 2015 sur 5 stations en fonction de la fraction fine (<63µm).Les points 2015 sont marqués par des triangles.

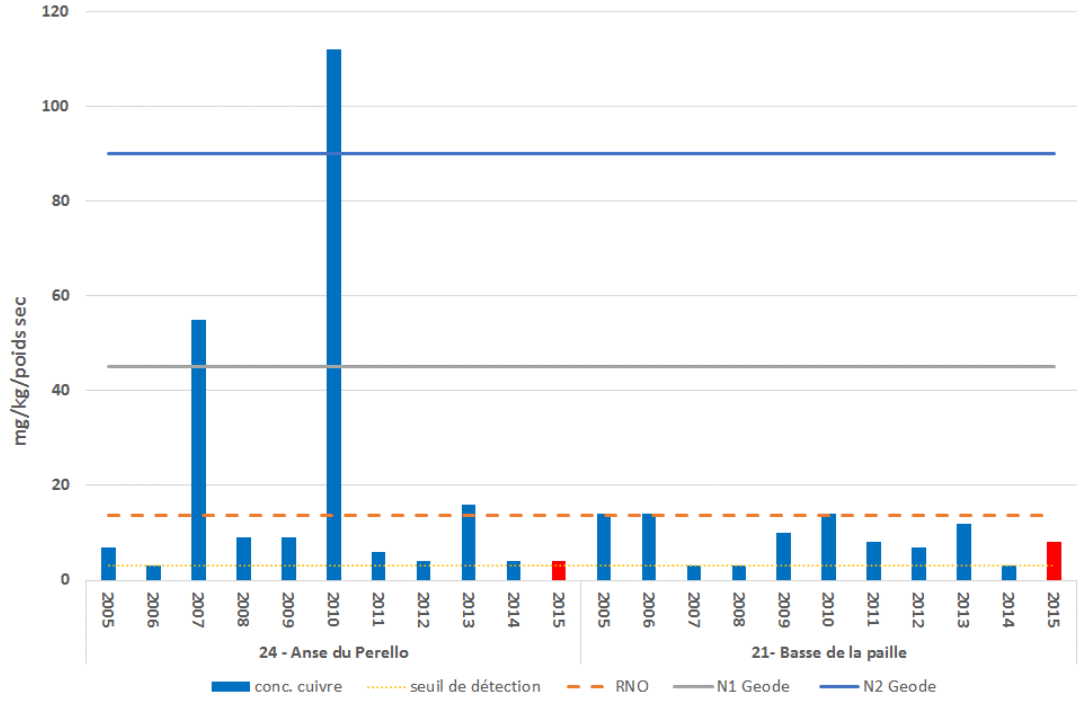
- **Cadmium**

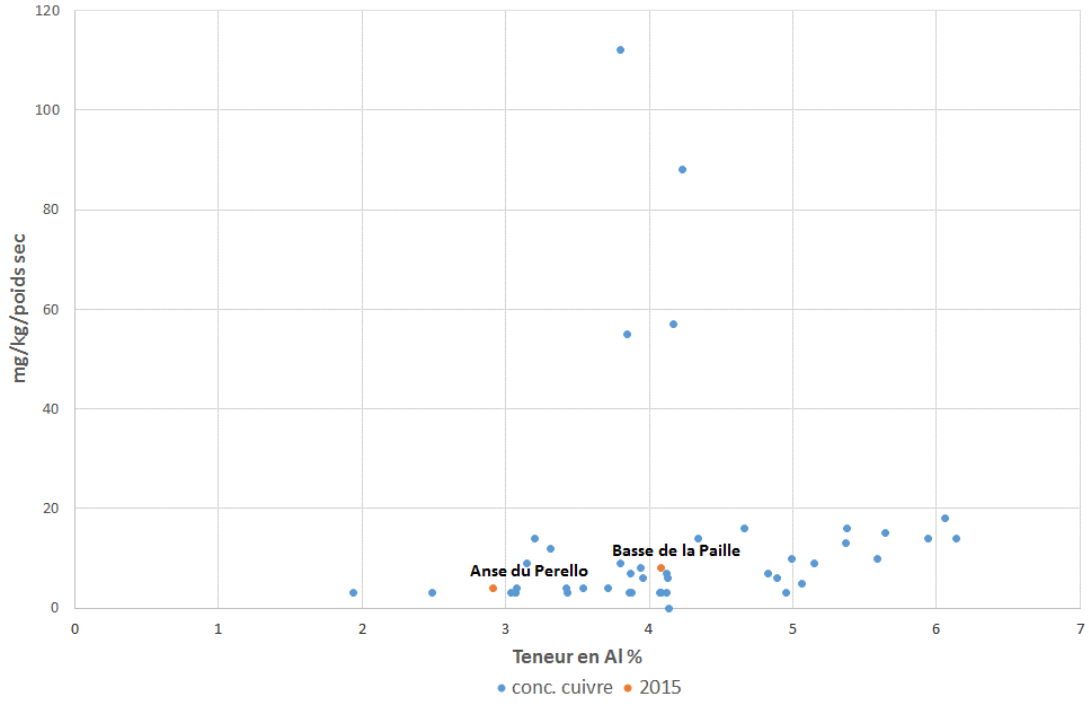


Figures 7 et 8 : Concentrations en cadmium en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

Pour les 2 stations suivies en 2015, les concentrations en cadmium obtenues sont au-dessous du seuil de détection.

- **Cuivre**



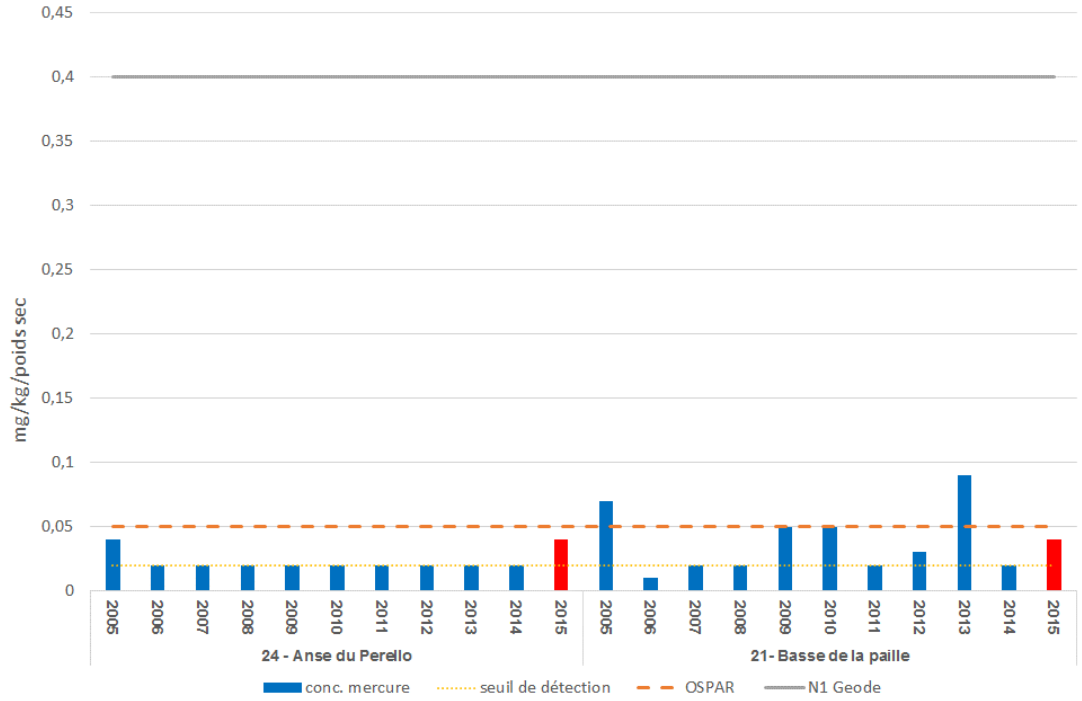


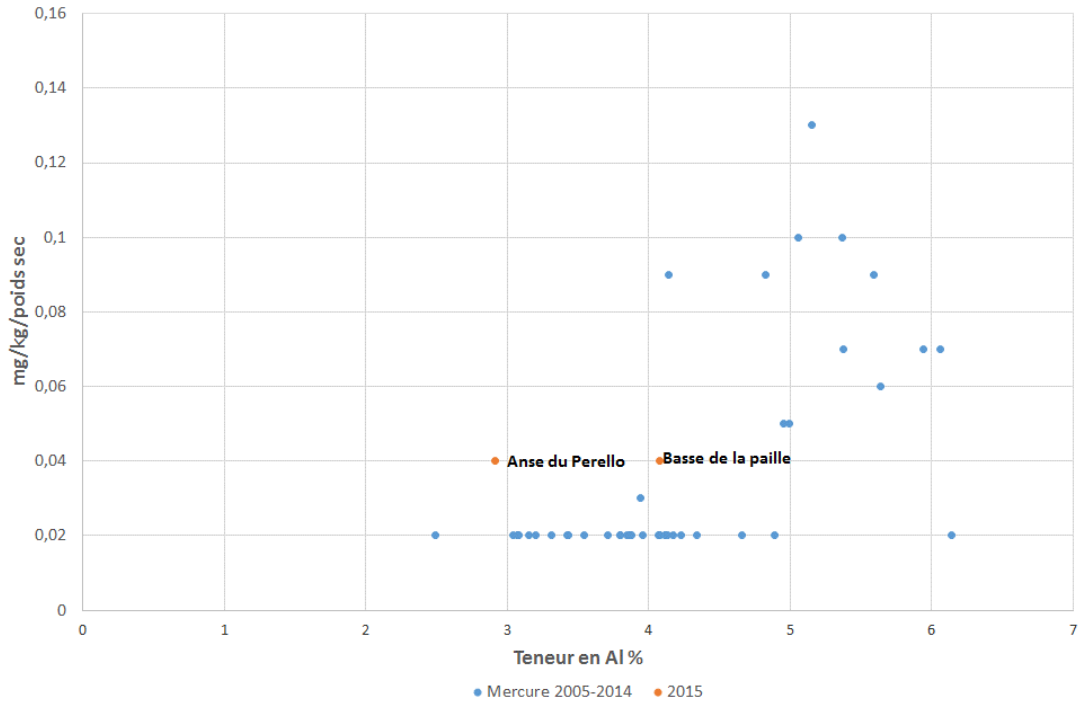
Figures 9 et 10 : Concentrations en cuivre en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

Les deux stations présentent des concentrations en cuivre faibles et inférieures à la valeur de référence retenue par le RNO et par le GEODE.

Ces valeurs sont cohérentes au regard de la teneur en aluminium de ces deux secteurs.

- **Mercure**

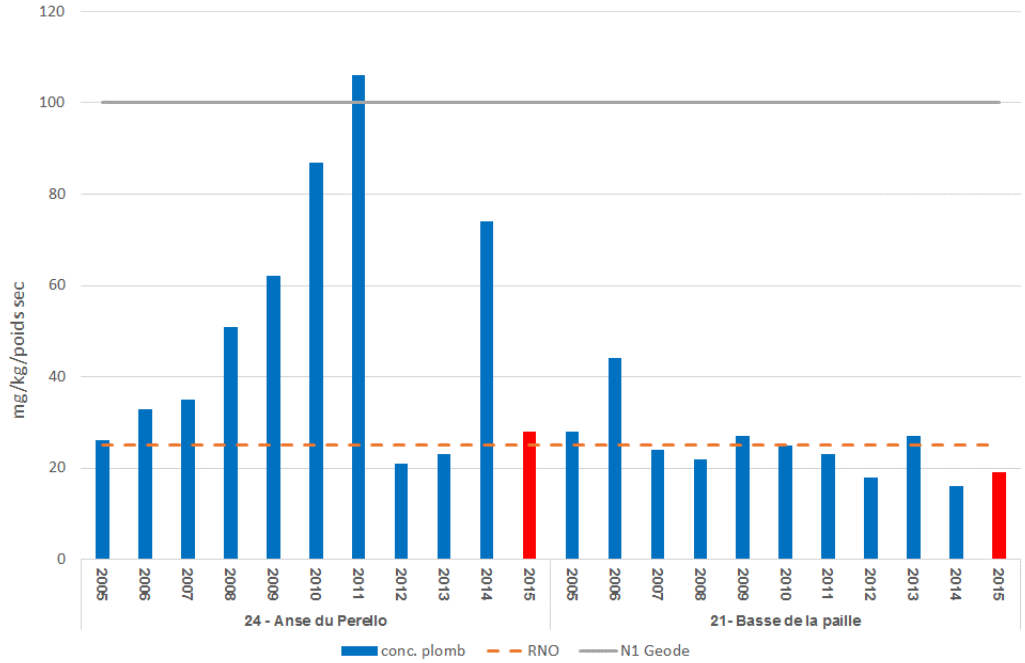


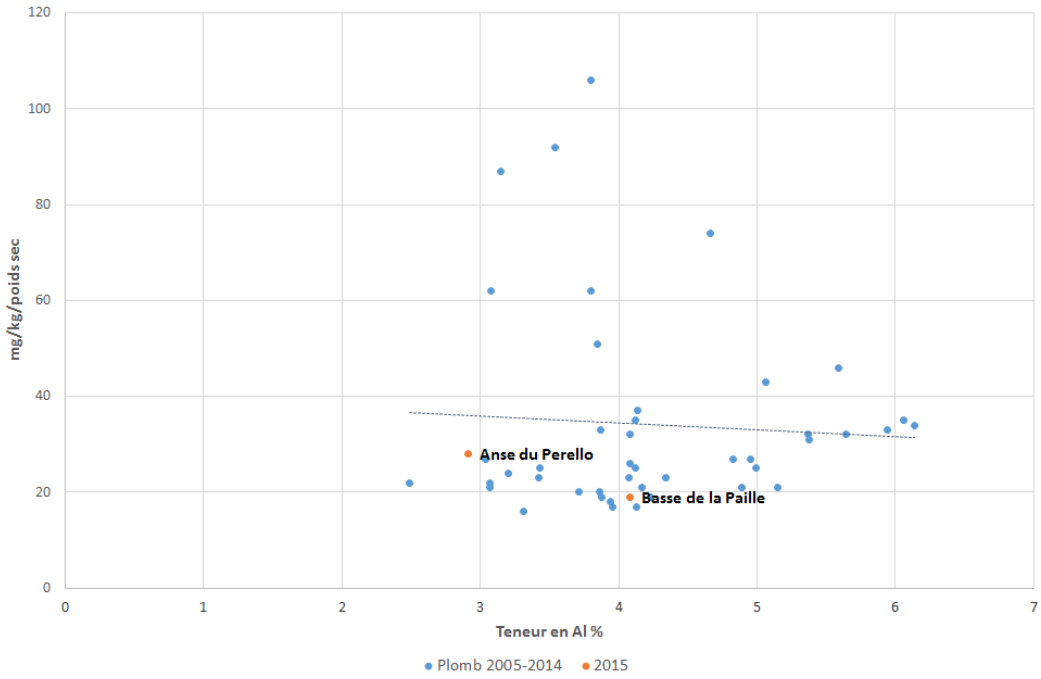


Figures 11 et 12 : Concentrations en mercure en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

Après vérification du seuil de détection du mercure auprès du Laboratoire de Rouen (0.02 mg.kg/MS), les concentrations 2015 sont supérieures aux données antérieures (notamment pour l'anse du Perello). Ces concentrations restent néanmoins inférieures à la valeur de référence retenue par le RNO et par le GEODE.

- **Plomb**





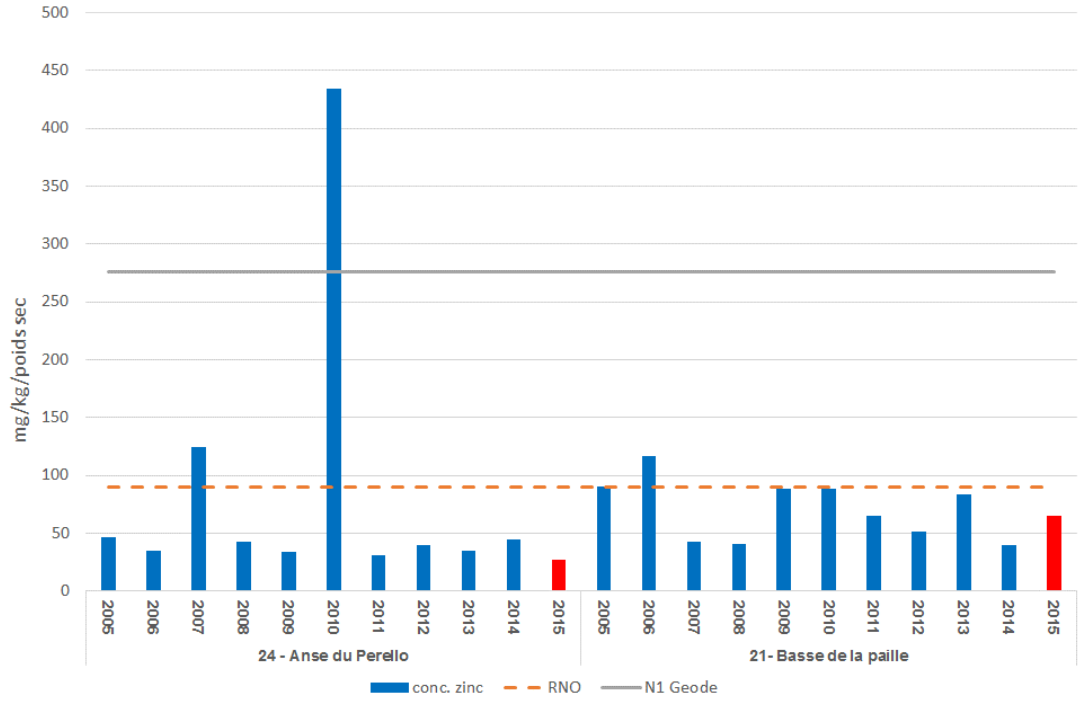
Figures 13 et 14 : Concentrations en plomb en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

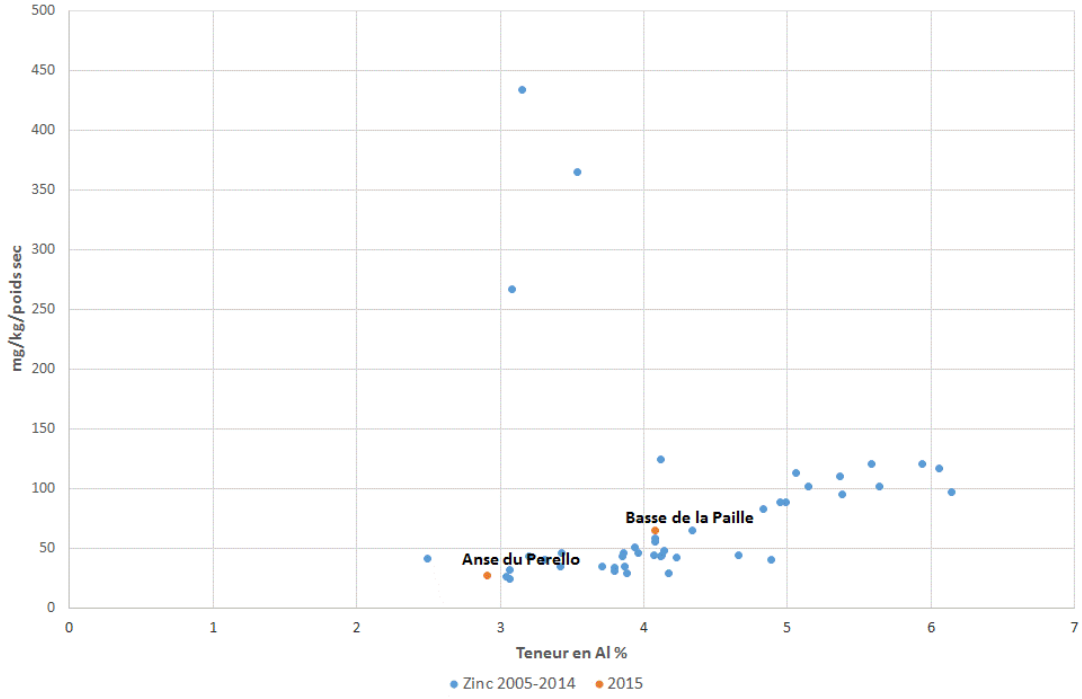
La station 24 – Anse du Perello présente une concentration (28 mg/kg PS) légèrement supérieure à la valeur retenue par le RNO (25 mg/kg PS) mais inférieure au niveau N1 défini par le GEODE.
Cette concentration est par ailleurs nettement inférieure à la valeur 2014 qui montrait une concentration anormalement élevée sur ce point de suivi.

La station 21 - Basse de la Paille affiche une valeur inférieure à la valeur de référence retenue par le RNO et le GEODE.

Les résultats sont cohérents au regard de la concentration en aluminium de ces 2 points de suivi.

- **Zinc**



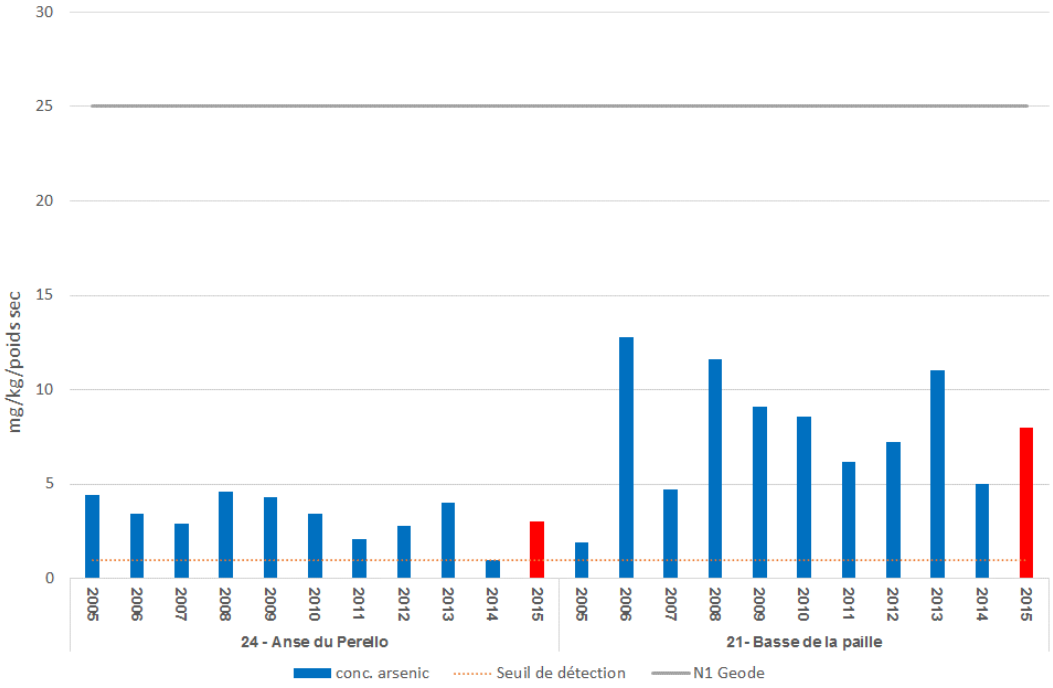


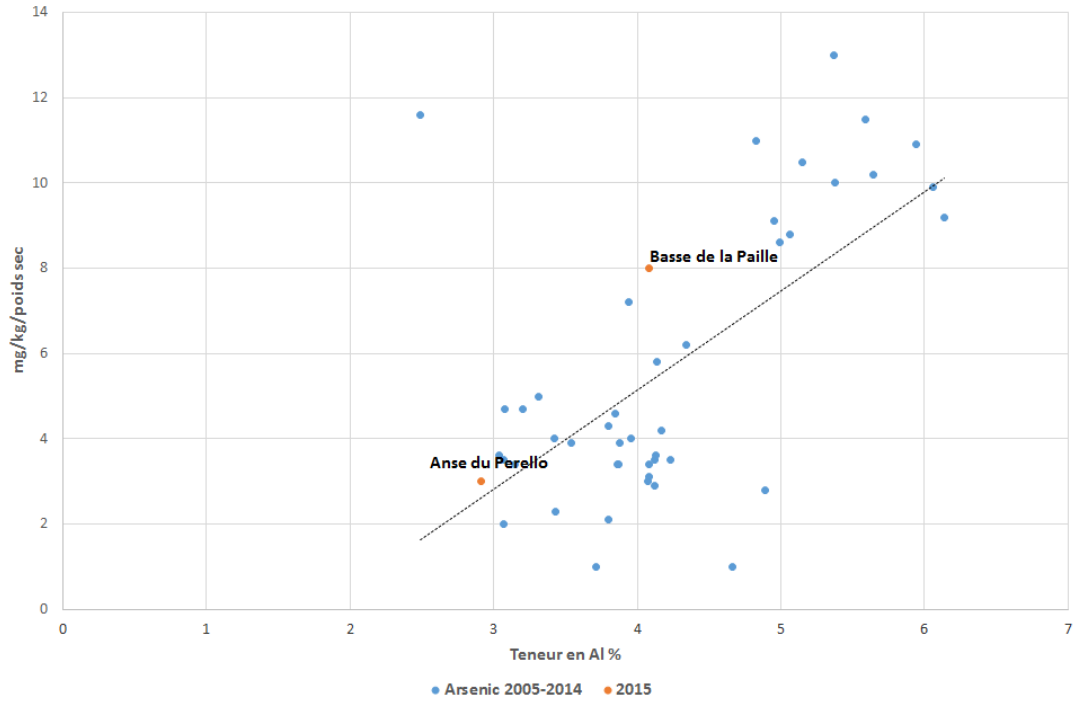
Figures 15 et 16 : Concentrations en zinc en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

Les stations suivies en 2015 présentent des concentrations en zinc inférieures à la valeur retenue par le RNO et inférieures aux moyennes 2005-2014 de chacune des stations.

Les résultats 2015 sont par ailleurs en dessous de la droite de normalisation obtenue pour ce paramètre.

- **Arsenic**



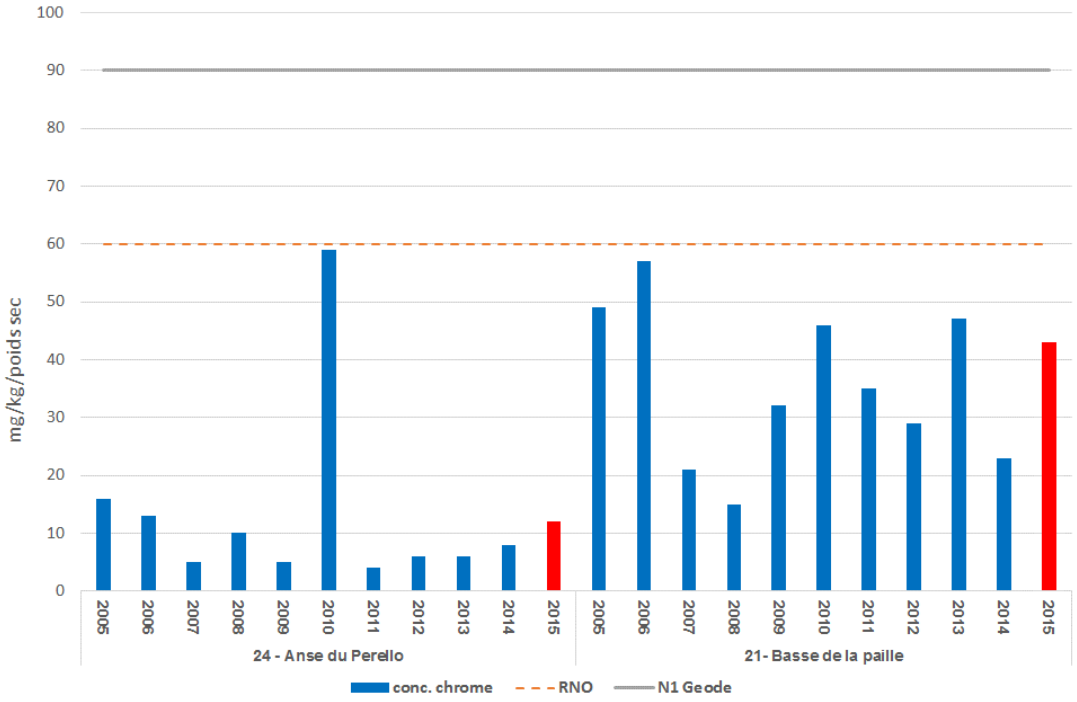


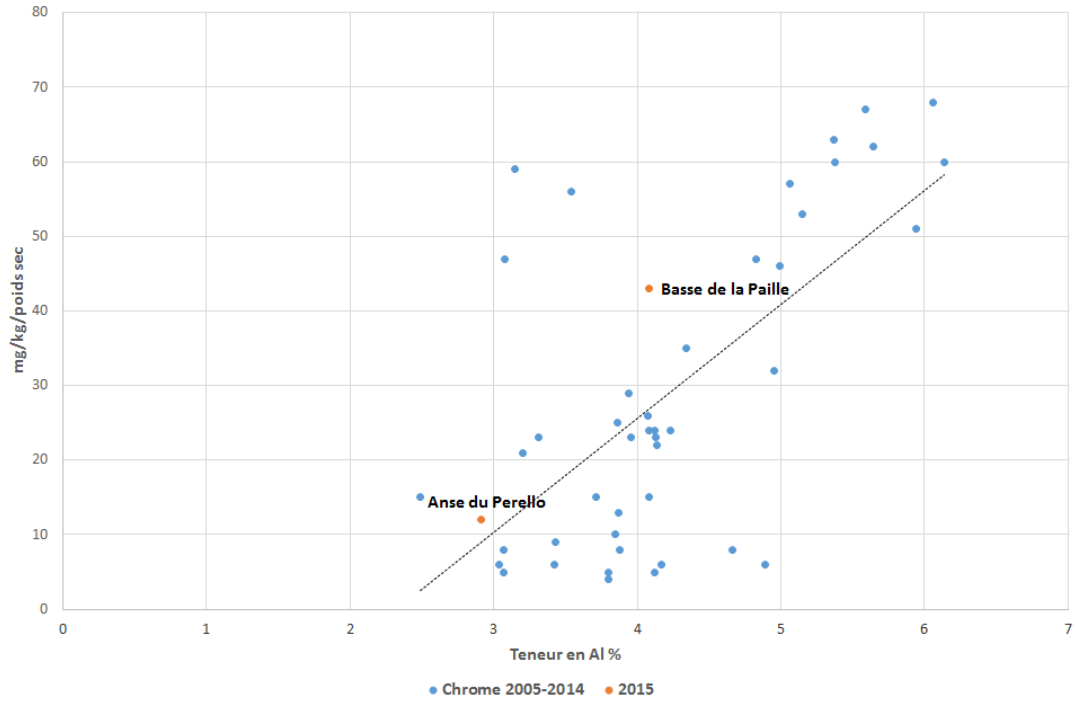
Figures 17 et 18 : Concentrations en arsenic en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

En l'absence de valeurs de référence, pour le secteur de l'anse du Perello, le résultat obtenu pour l'arsenic reste dans la norme.

Pour le secteur de Basse de la paille, la valeur 2015 (8 mg/kg PS) est comparable à la moyenne 2005-2014 (7,81 mg/kg PS). Cette valeur se montre néanmoins significativement au-dessus de la droite de normalisation donc anormalement élevée sans pour autant atteindre des valeurs extrêmes. Ces valeurs restent cependant inférieures au niveau N1 défini par le GEODE.

- **Chrome**



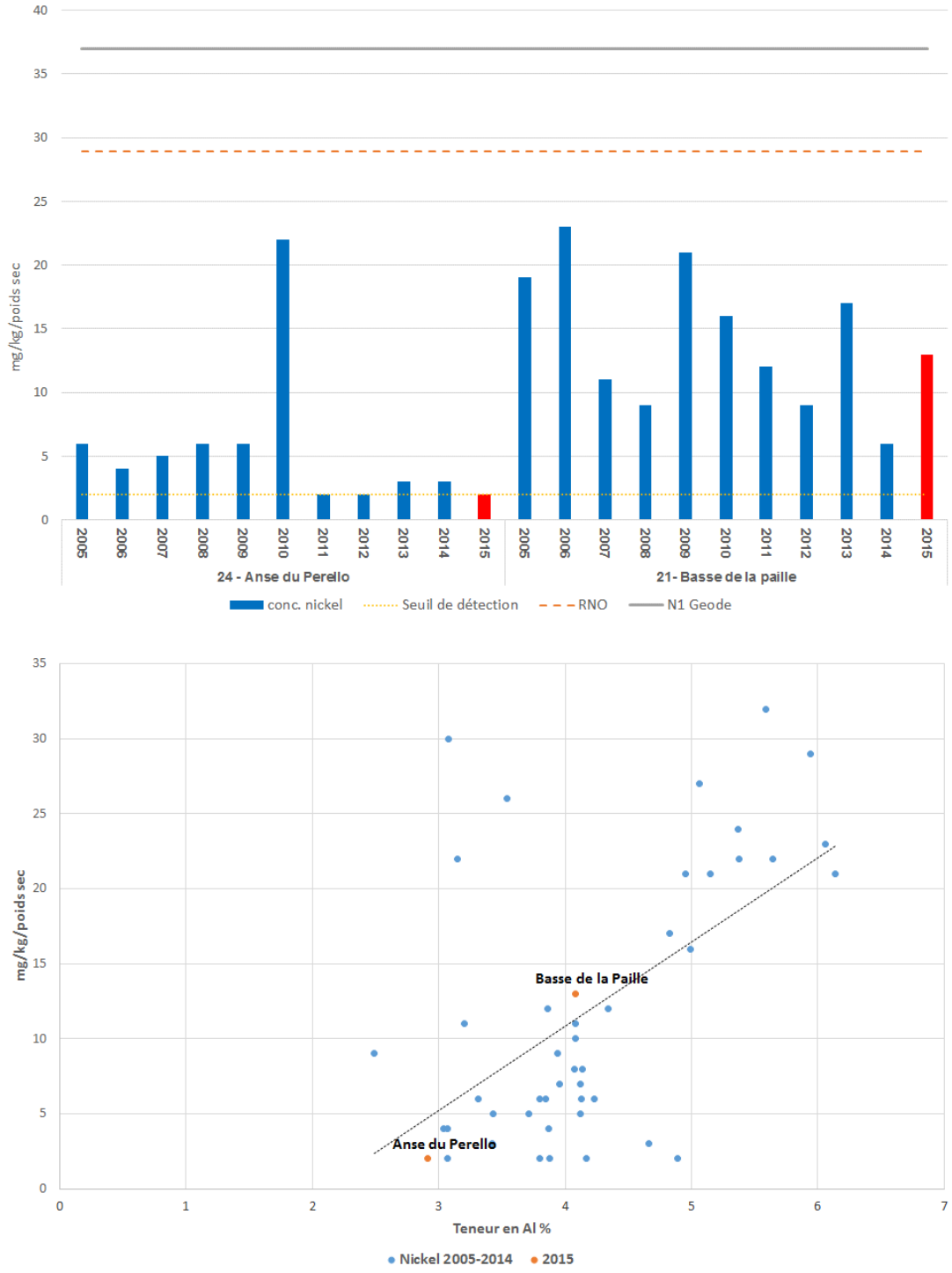


Figures 19 et 20 : Concentrations en chrome en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

Les valeurs obtenues en 2015 pour le chrome sont en dessous de la valeur de référence retenue par le RNO et du niveau N1 défini par le GEODE.

La concentration obtenue au Perello reste dans la norme tandis que celle de la Basse de la Paille se montre significativement au-dessus de la droite de normalisation donc anormalement élevée au regard de la concentration en aluminium de ce secteur sans pour autant atteindre des valeurs extrêmes.

- **Nickel**



Figures 21 et 22 : Concentrations en nickel en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

Dans l'anse du Perello, la valeur est inférieure au seuil de détection du Nickel, inférieure à la moyenne 2005-2014 et son point est situé en dessous de la droite de normalisation.

Pour Basse de la Paille, la concentration obtenue est inférieure à valeur de référence du RNO et se situe dans la norme au regard de la concentration en aluminium de ce point de suivi.

Ces valeurs sont inférieures au niveau N1 défini par le GEODE.

2.1.3 Concentration en HAPs (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)

- **Résultats 2015 : HAPs individuels par rapport aux seuils GEODE**

Un arrêté récent du 8 février 2013 a fixé des niveaux N1 et N2 Géode pour les 16 HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) mesurés dans cette étude. Le graphique ci-dessous affiche les concentrations dans les sédiments pour les 2 stations suivies en 2015 en comparaison avec ces nouveaux seuils N1 et N2. Les concentrations mesurées sont toutes inférieures aux valeurs seuils N1 et N2.

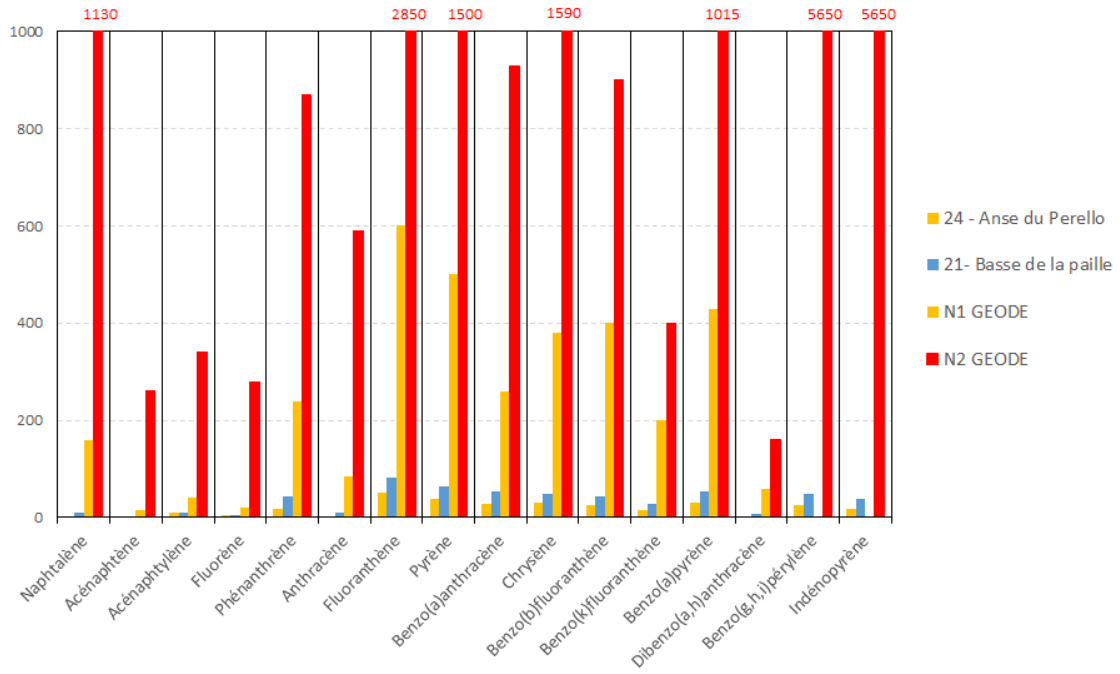


Figure 23 : Concentrations 2015 des 16 HAPs mesurés dans les sédiments de la radiale en comparaison avec les seuils N1 et N2 GEODE

- **Répartition des HAPs en fonction de leur masse moléculaire**

Les HAPs se répartissent en trois catégories en fonction de leur masse moléculaire (annexe 1): Légers/Intermédiaires et Lourds. Les HAPs intermédiaires et lourds sont cancérigènes.

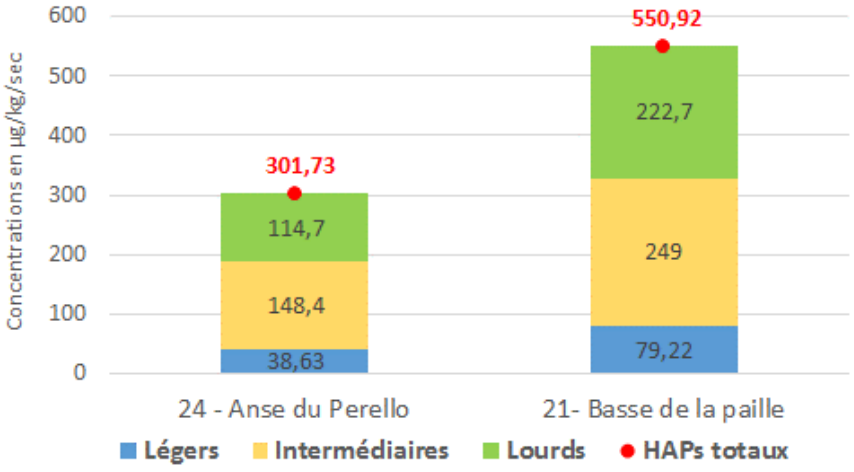


Figure 24 : Répartition des 16 HAPs en fonction de leur masse moléculaire et donc de leur dangerosité.

Pour les 2 stations suivies en 2015, les HAPs intermédiaires et lourds représentent respectivement 50% et 40% de la concentration totale. Les HAPs légers représentent 10% de la concentration totale.

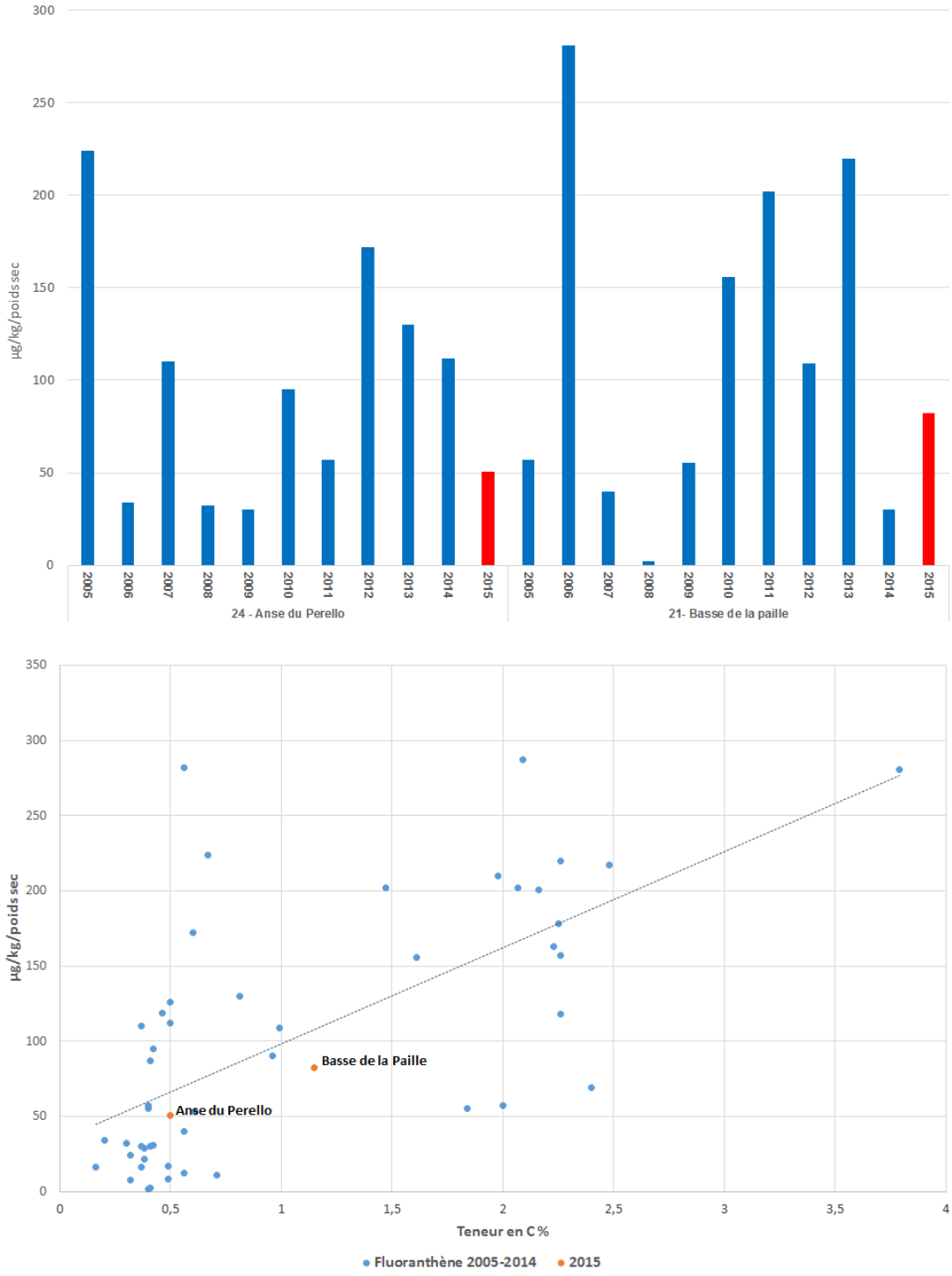
- **Comparaison inter annuelle et par normalisation**

Une approche interannuelle et par normalisation permet de comparer les résultats entre eux. Pour les contaminants organiques, tels que les HAP, le paramètre normalisateur pris en compte est la teneur en carbone organique, indicateur de l'importance de la fraction organique du sédiment.

Pour chacun des 6 HAP individuels représentatifs (Fluoranthène ; benzo(b)fluoranthène ; Benzo(k)fluoranthène ; Indénopyrène ; Benzo(g,h,i)pérylène) puis pour la somme des 16 HAPs sont représentées, dans un premier graphique, les teneurs brutes 2005 – 2015. Ensuite, dans un deuxième graphique, l'ensemble de ces valeurs 2005-2015 sont rapportées à la teneur en carbone organique du sédiment. Ce deuxième graphique permet alors d'identifier les résultats qui montrent des niveaux de contamination proportionnellement plus élevés que les niveaux attendus (droite).

Comme pour l'approche par normalisation réalisée pour les métaux lourds, la station 26 – Basse des Bretons – a été retirée de l'analyse puisqu'elle présentait des caractéristiques minéralogiques et organiques atypiques.

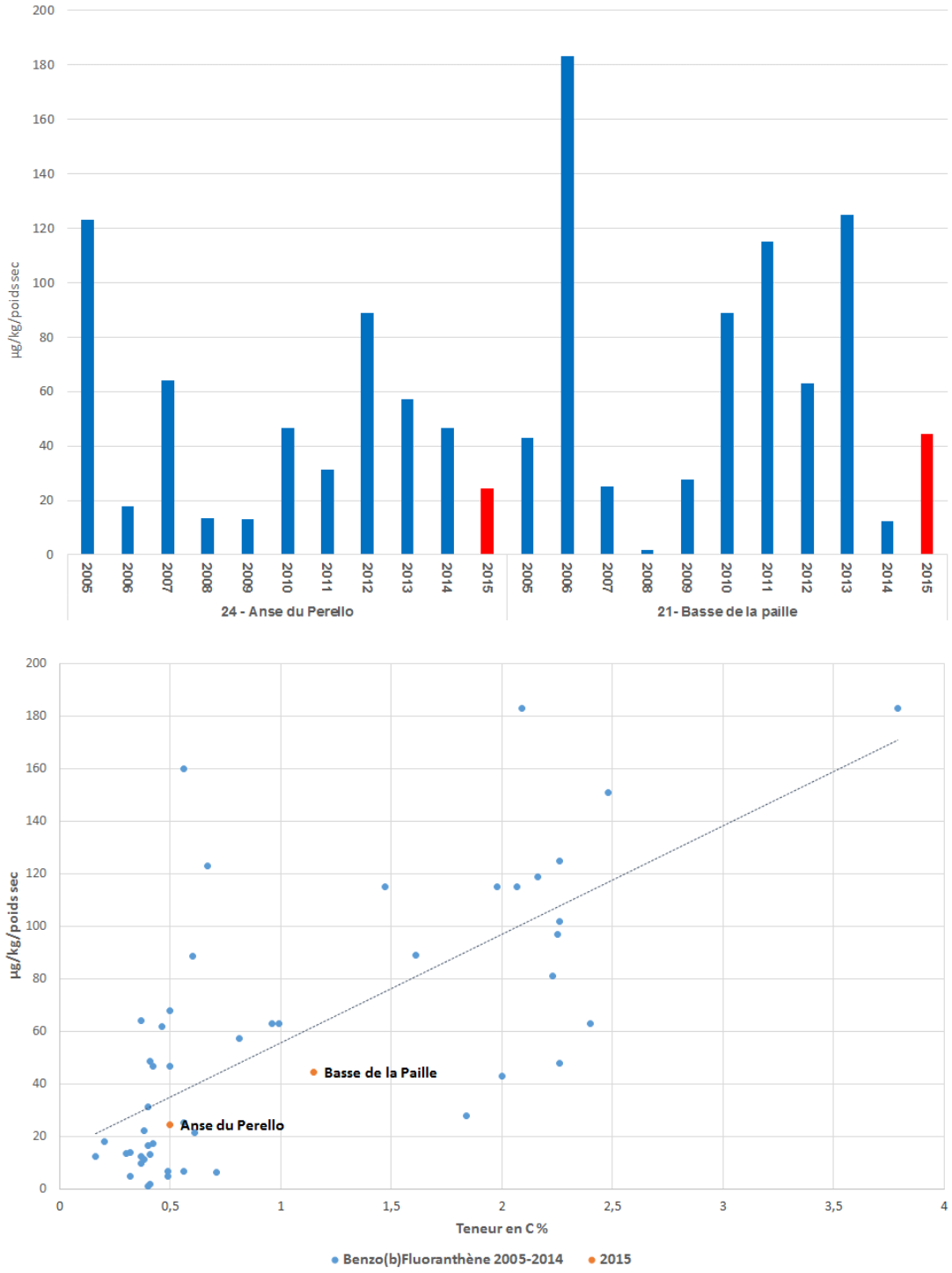
- **Fluoranthène**



Figures 25 et 26 : Concentration en fluoranthène (µg/kg PS) : valeurs brutes et valeurs rapportées à la teneur en carbone organique.

La concentration en fluoranthène à Basse de la paille est supérieure à celle de l'anse du Perello, mais ces résultats sont dans la norme et restent cohérents au regard de la teneur en carbone organique de ces 2 points de suivis.

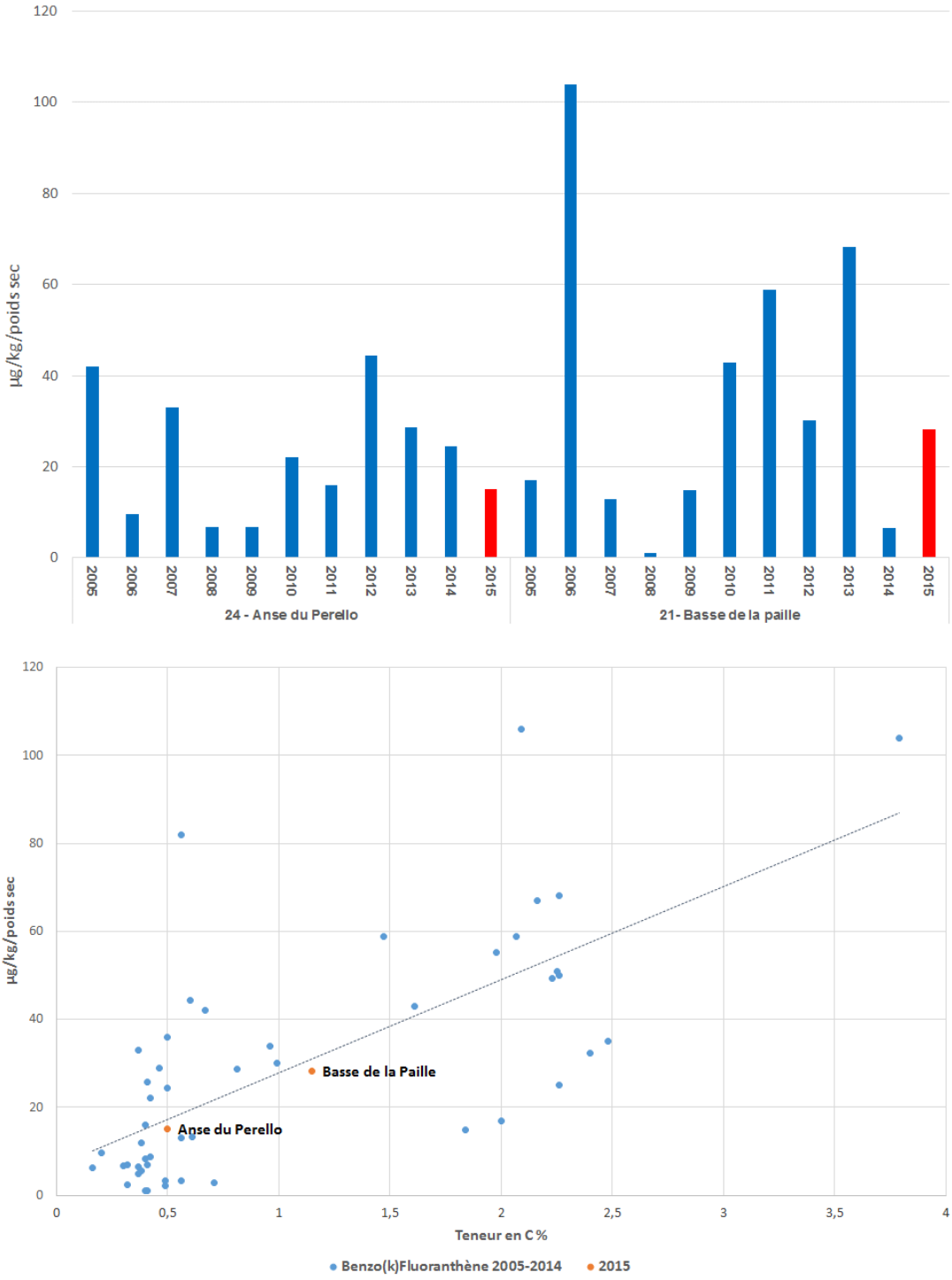
- **Benzo(b)fluoranthène**



Figures 27 et 28 : Concentration en Benzo(b)fluoranthène (µg/kg PS) : valeurs brutes et valeurs rapportées à la teneur en carbone organique.

La concentration en Benzo(b)fluoranthène à Basse de la paille est supérieure à celle de l'anse du Perello, mais ces résultats sont dans la norme et restent cohérents au regard de la teneur en carbone organique de ces 2 points de suivis.

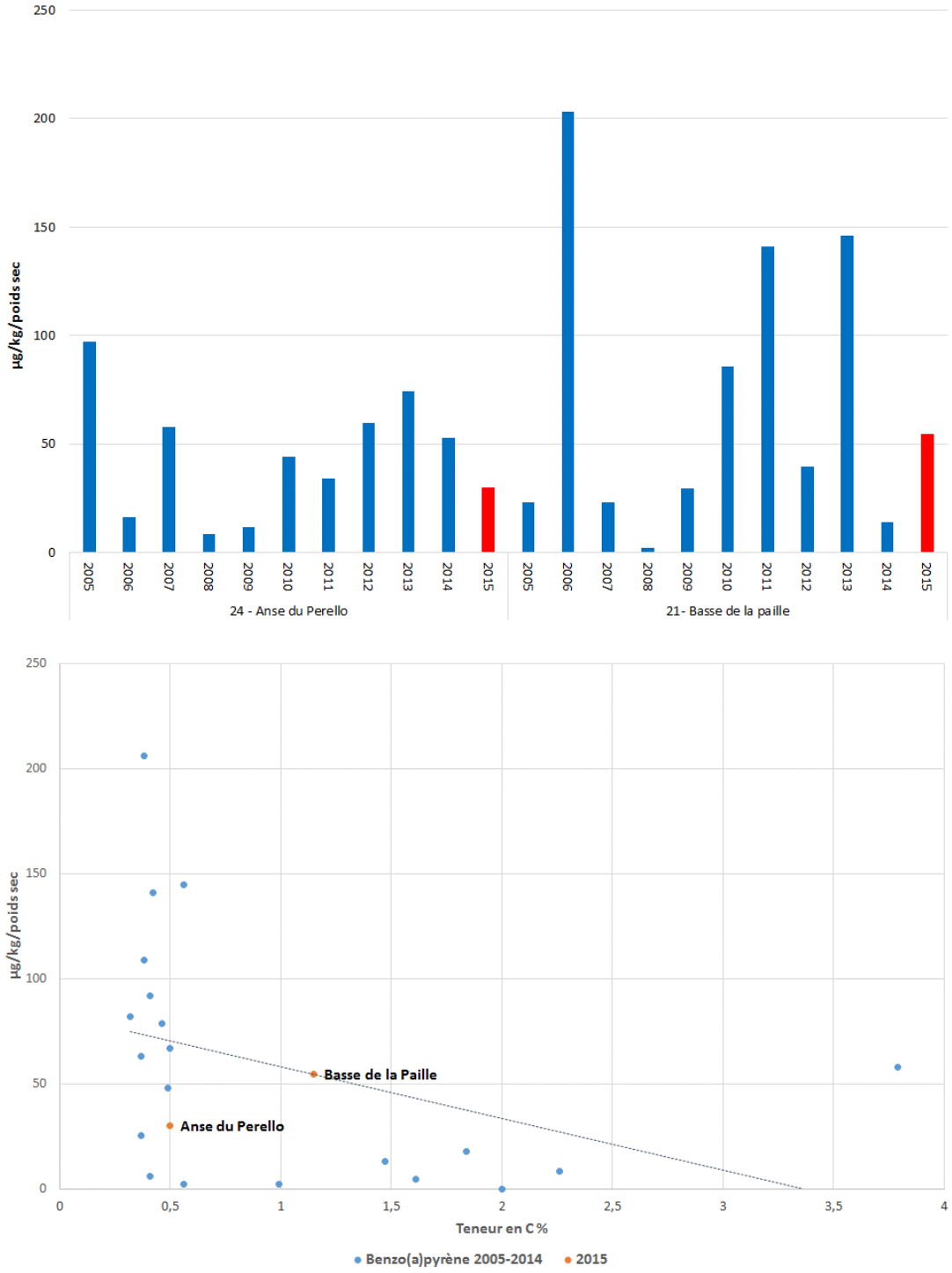
- **Benzo(k)fluoranthène**



Figures 29 et 30 : Concentration en Benzo(k)fluoranthène (µg/kg PS) : valeurs brutes et valeurs rapportées à la teneur en carbone organique.

La concentration en Benzo(k)fluoranthène à Basse de la paille est supérieure à celle de l'anse du Perello, mais ces résultats sont dans la norme et restent cohérents au regard de la teneur en carbone organique de ces 2 points de suivis.

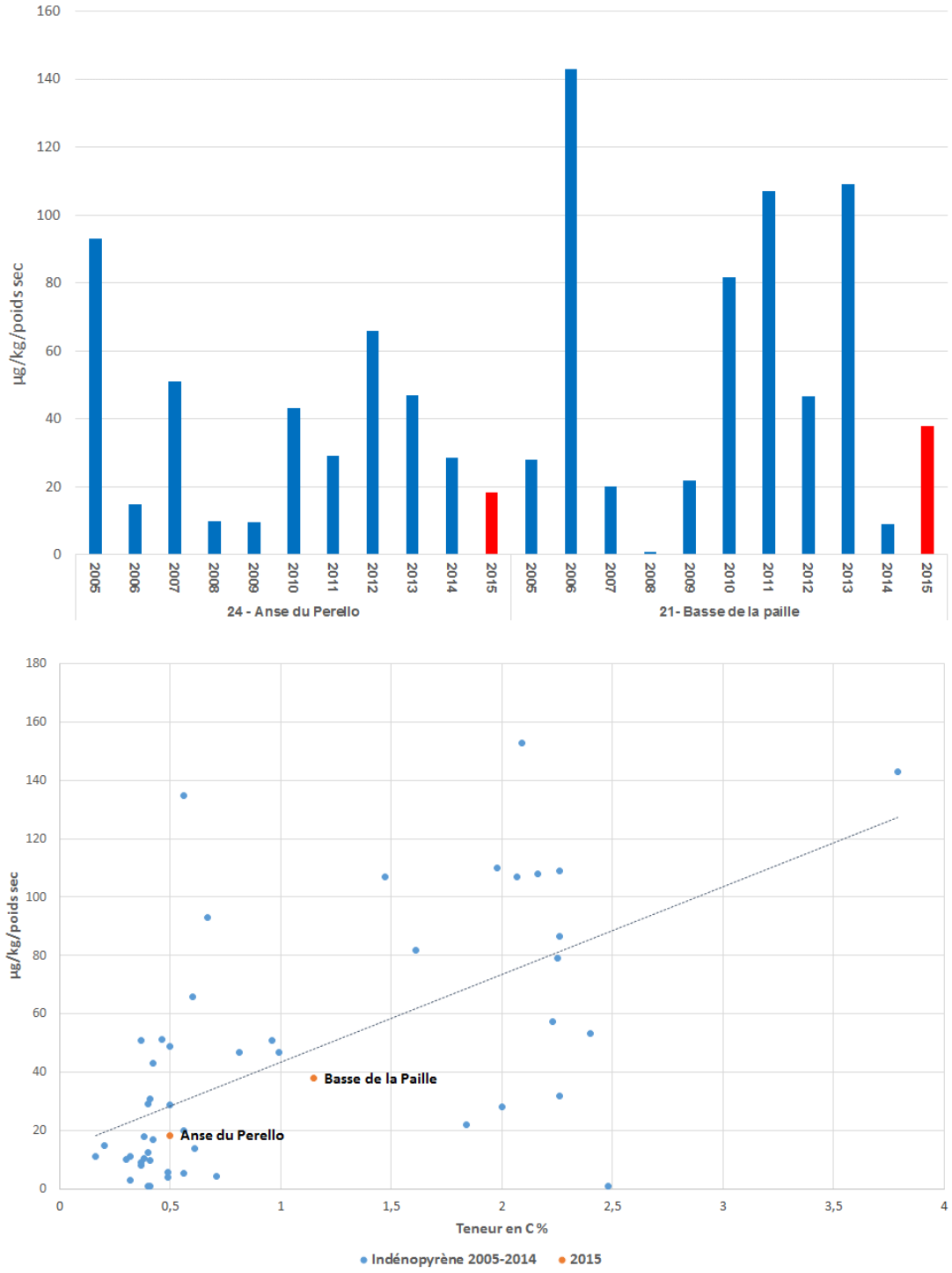
- **Benzo(a)pyrène**



Figures 31 et 32 : Concentration en Benzo(a)pyrène (µg/kg PS) : valeurs brutes et valeurs rapportées à la teneur en carbone organique.

La concentration en Benzo(a)pyrène à Basse de la paille est supérieure à celle de l'anse du Perello, mais ces résultats sont dans la norme et restent cohérents au regard de la teneur en carbone organique de ces 2 points de suivis et du nuage de points.

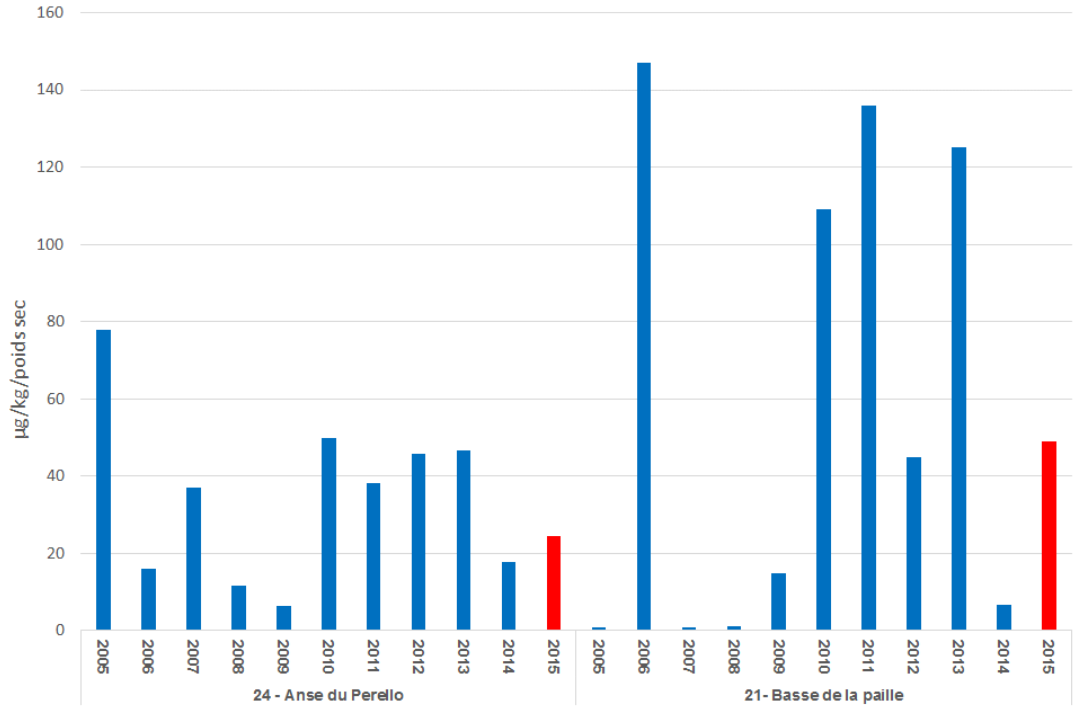
- **Indénopyrène**

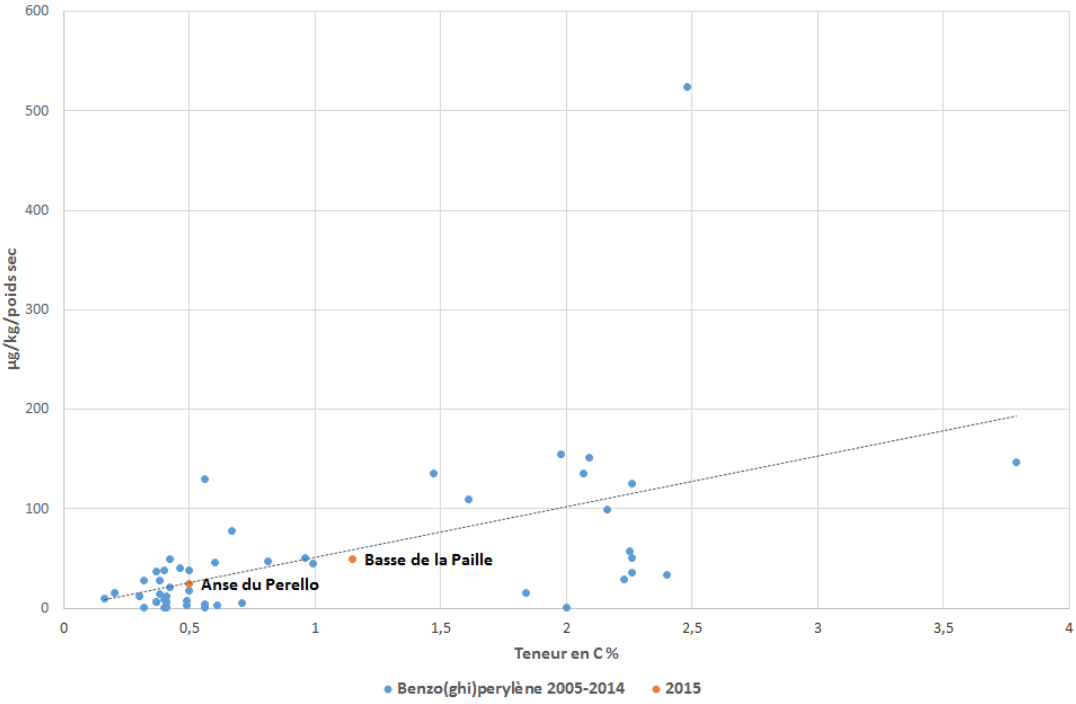


Figures 33 et 34 : Concentration en Indénopyrène (µg/kg PS) : valeurs brutes et valeurs rapportées à la teneur en carbone organique.

La concentration en Indénopyrène à Basse de la paille est supérieure à celle de l'anse du Perello, mais ces résultats sont dans la norme et restent cohérents au regard de la teneur en carbone organique de ces 2 points de suivis.

- **Benzo(g,h,i)pérylène**

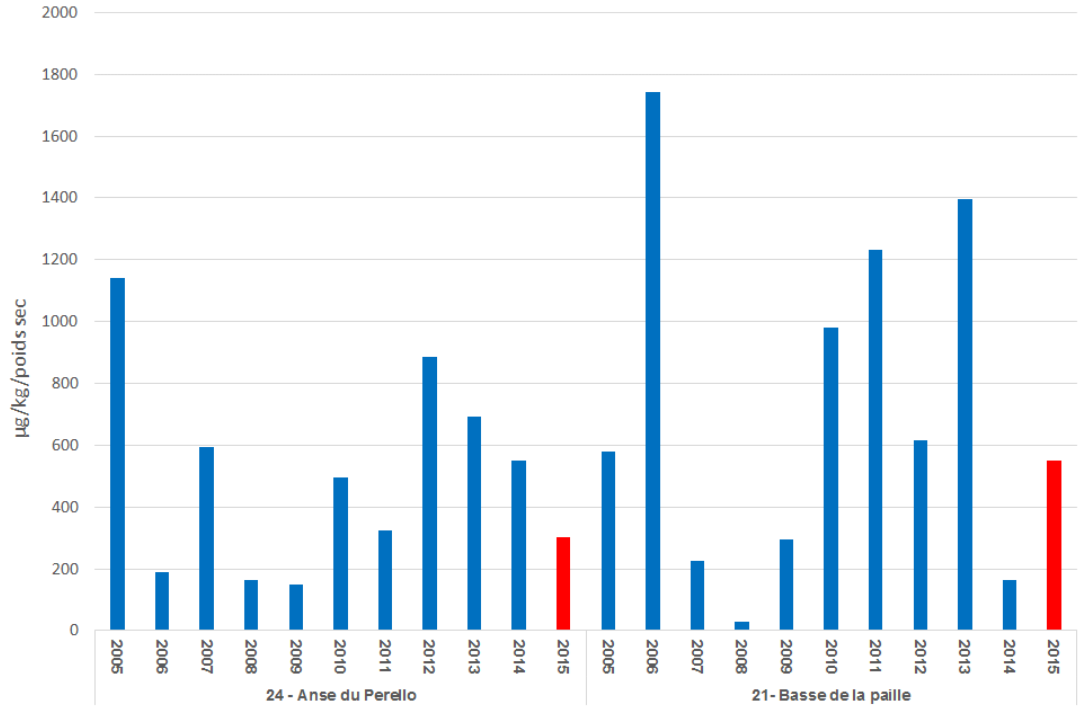


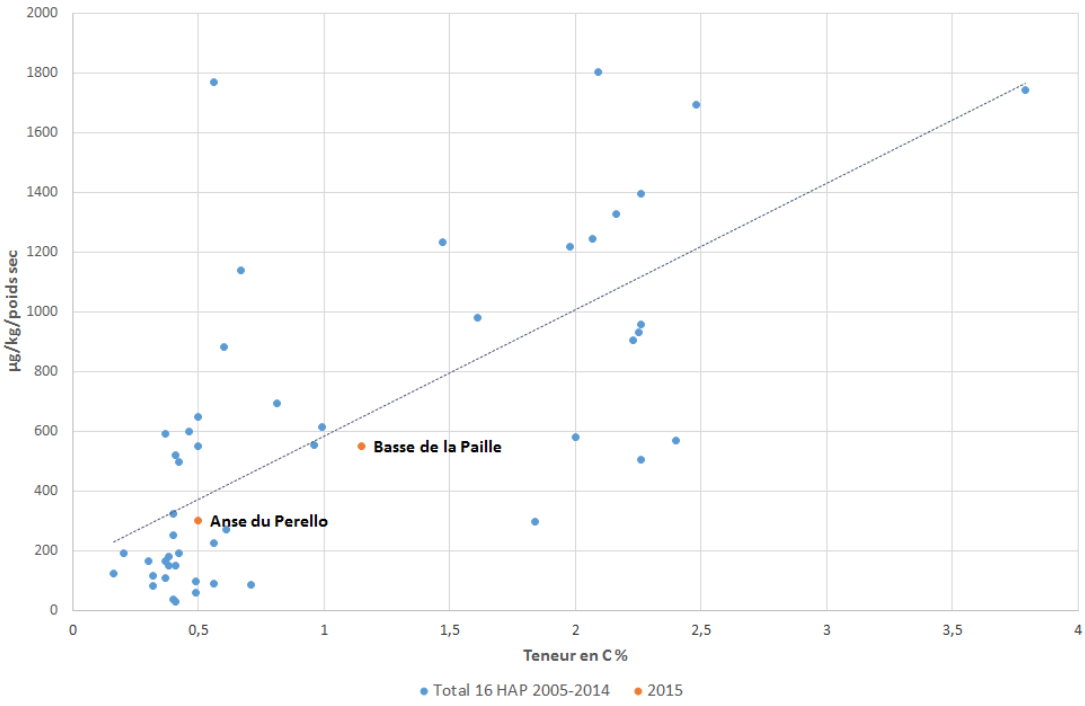


Figures 35 et 36 : Concentration en benzo(ghi)perylène (µg/kg PS) : valeurs brutes et valeurs rapportées à la teneur en carbone organique.

La concentration en Benzo(ghi)perylène à Basse de la paille est supérieure à celle de l'anse du Perello, mais ces résultats sont dans la norme et restent cohérents au regard de la teneur en carbone organique de ces 2 points de suivis.

- **HAPs totaux**





Figures 37 et 38 : Concentration des 16 composés HAP (µg/kg PS) : valeurs brutes et valeurs rapportées à la teneur en carbone organique.

Les concentrations 2015 en HAPs totaux se situent dans la norme et sont cohérentes au regard de la teneur en carbone organique relevée sur ces 2 stations et des valeurs des années précédentes.

2.1.4 Concentration en PCB (Polychlorobiphényles)

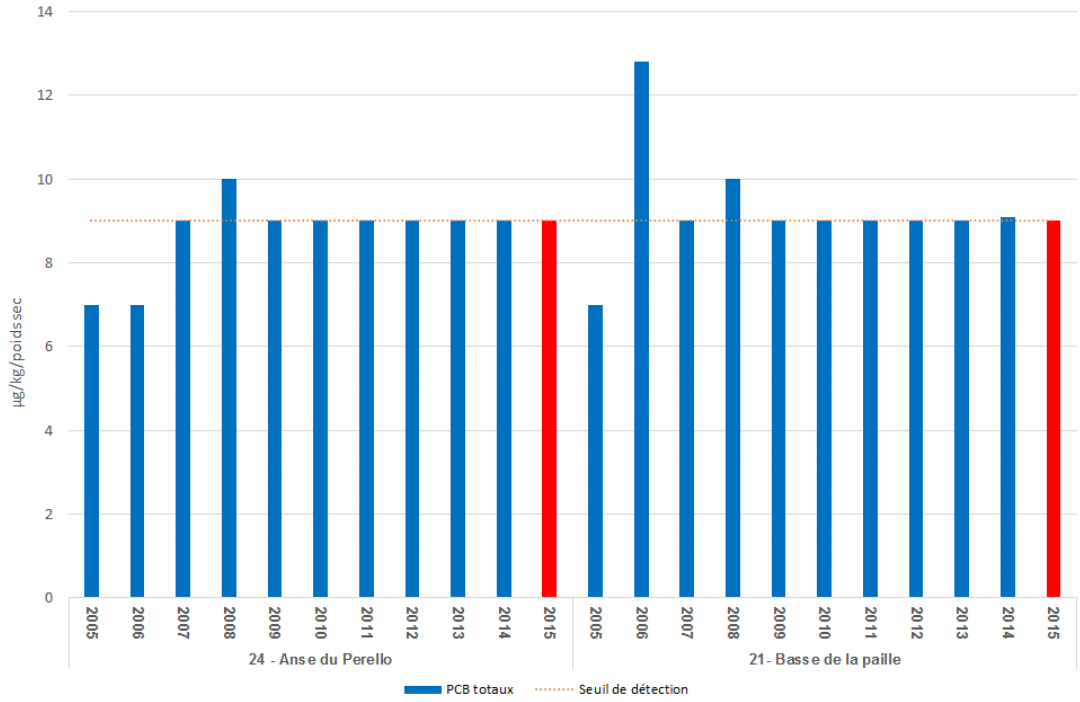


Figure 39 : teneurs mesurées en PCB totaux, pour l'ensemble des échantillons prélevés entre 2005 et 2015

Pour chacun des éléments de cette famille, les dosages réalisés en 2015 sur les 2 stations sont inférieurs au seuil de détection.

2.1.5 Concentration en TBT (Tributylétain)

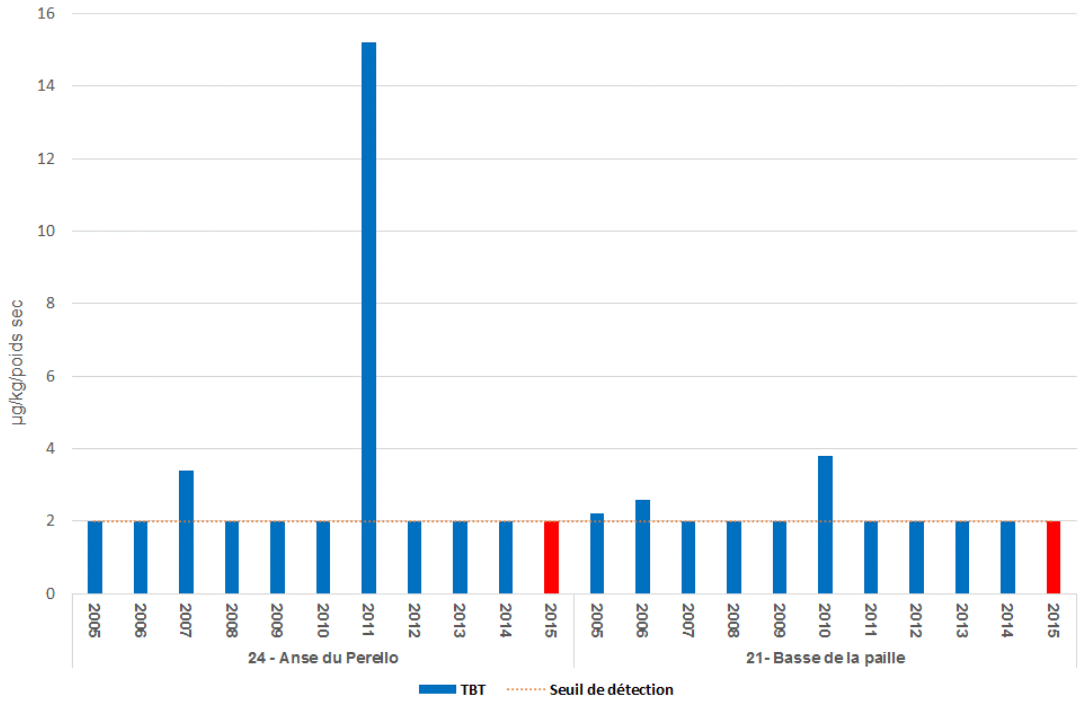


Figure 40 : teneurs mesurées en TBT, pour l'ensemble des échantillons prélevés entre 2005 et 2014 sur les 6 stations

Les concentrations 2015 sont inférieures au seuil de détection pour chacune des 2 stations.

3 Conclusion pour les contaminants métalliques et organiques

- **Contaminants métalliques**

Pour la station 24 – Anse du Perello -, les caractéristiques minéralogiques 2015 sont stables par rapport aux données 2005-2014 : le pourcentage de sédiments fins (< à 63µm) est faible avec un pourcentage en carbone organique équilibré.

Pour le Cadmium et le Cuivre les valeurs obtenues sont inférieures au seuil de détection.

Pour le Mercure, le Zinc, l'Arsenic, le Chrome et le Nickel, les concentrations obtenues sont inférieures à la valeur de référence fixée par le RNO et sont toutes cohérentes au regard des caractéristiques minéralogiques de ce point de suivi.

Pour le Plomb, la concentration obtenue (28 mg/kg PS) est légèrement supérieure à la valeur retenue par le RNO (25 mg/kg PS). Cette concentration est cependant nettement inférieure à la concentration 2014 et également inférieure à la moyenne 2005-2014 de ce point de suivi qui montre depuis 2005 des pollutions récurrentes pour ce paramètre.

Pour la station 21- Basse de la Paille -, les résultats en granulométrie sont plus hétérogènes au regard des 10 années suivies. Contrairement à l'année 2014 qui montrait des pourcentages en fractions fines et en carbone organique relativement peu élevés, l'année 2015 affiche des résultats qui se situent dans la moyenne des données 2005-2015.

Pour le Cadmium, les valeurs obtenues sont inférieures au seuil de détection.

Pour le Cuivre, le Mercure, le Plomb, le Zinc et le Nickel, les concentrations sont inférieures à la valeur de référence fixée par le RNO et sont toutes cohérentes au regard des caractéristiques minéralogiques de ce point de suivi.

Pour le Chrome et l'Arsenic, les valeurs se montrent significativement plus élevées que la normale au regard de la concentration en aluminium obtenue en 2015 pour ce point de suivi. Néanmoins la concentration en Chrome reste inférieure à la valeur de référence fixée par le RNO.

L'ensemble des concentrations obtenues pour les 2 points de suivi sont inférieures au niveau N1 défini par le GEODE.

- **Contaminants organiques**

Les concentrations mesurées en HAPs sur les sédiments des 2 points suivis en 2015 sont toutes inférieures aux niveaux I et II « GEODE » définis par l'arrêté du 8 février 2013.

Pour les 2 stations suivies en 2015, les HAPs intermédiaires et lourds (cancérigènes) représentent respectivement 50% et 40% de la concentration totale. Les HAPs légers ne représentent que 10% de la concentration totale.

Pour chacun des HAPs et pour les 16 HAPs mesurés, les concentrations à Basse de la paille sont supérieures à celles de l'anse du Perello, mais ces résultats restent dans la norme et sont tout à fait cohérents au regard de la teneur en carbone organique de ces stations puisque la station Anse du Perello possède une teneur en carbone organique 2 fois moins importante que la station Basse de la paille.

Le suivi 2015 montre des teneurs en PCB totaux et TBT inférieures aux seuils de détection pour les 2 stations suivies.

Résultats du suivi biologique et chimique des coquillages

1 Matériel et méthodes

1.1 Choix et localisation des stations

1.1.1 Réseau de suivi

Afin de suivre un éventuel impact chimique des sédiments immergés au large de Groix, un suivi biologique est réalisé annuellement depuis 2002 sur des moules et des huîtres creuses. Des poches à coquillages sont implantées (technique du « caging ») pendant une année, à proximité immédiate du lieu d'immersion (stations N° 11 et N° 12) et au Nord-Ouest de Groix (lot témoin, station N° 13). Ces coquillages sont utilisés en tant qu'intégrateur de la contamination chimique du milieu. Il s'agit de la technique du « mussel watch » utilisée dans de nombreux réseaux de suivi littoraux dont le ROCCH (Réseau d'Observation des Contaminants CHimiques - Ifremer).

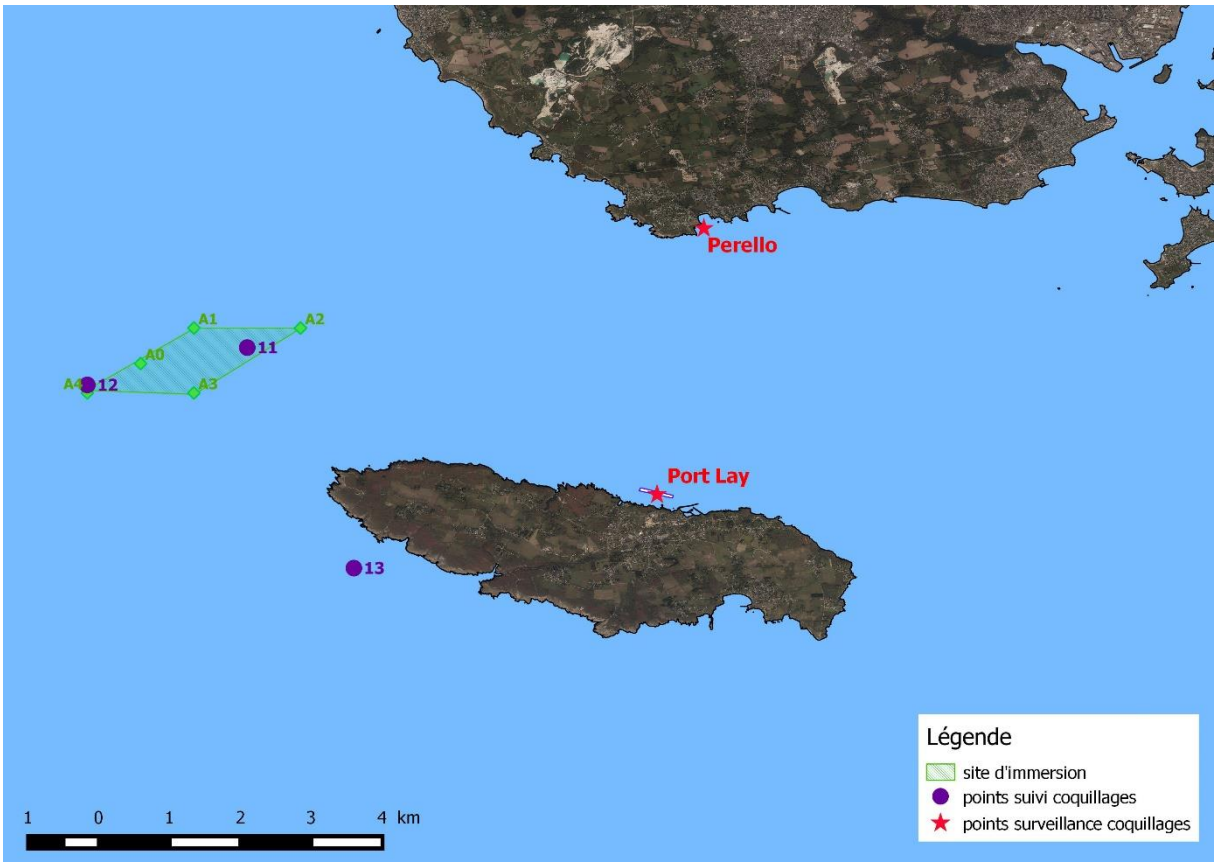


Figure 41 : Carte des points de suivi et de surveillance des coquillages et délimitation de la zone de d'immersion des sédiments des ports de Lorient.

1.1.2 Réseau de « surveillance »

Afin de mesurer un éventuel impact chimique sur les usages sensibles, la recherche des contaminants chimiques est également réalisée en parallèle sur des moules cultivées et sauvages de deux stations de surveillance (figure 41):

- **La station « Port Lay »** située sur l'île de Groix pour mesurer un éventuel impact sur la mytiliculture (élevage de moules sur filières) ;

- **La station « Pérello »** située sur la commune de Ploemeur, à proximité de la prise d'eau de mer d'un établissement aquacole. Les moules prélevées sont sauvages.

Ce rapport présente d'une part les résultats obtenus au terme de la période d'implantation des coquillages, soit de septembre 2014 à septembre 2015 et d'autre part la comparaison avec les résultats des années précédentes afin de déceler d'éventuelles tendances.

1.2 Protocole (mise à l'eau ; prélèvements et conditionnement)

Le protocole a suivi le planning ci-dessous :

	Mise à l'eau	**Relevage/ Prélèvements**	**Conditionnement et biométrie**
Points de suivi : Points 11 ; 12 ; 13	10/09/2014*	23/09/2015**	24/09/2015
Points de surveillance : Perello/Port Lay	/	1/10/2015	2/10/2015

Tableau 3 : dates de mise à l'eau, de relevage et de conditionnement pour les moules et les huîtres.

* Les moules mises à l'eau en septembre 2014 ont pour origine la baie de Vilaine. Les huîtres mises à l'eau en septembre 2014 ont pour origine la ria d'Etel.

**** : Les poches de la station n°12 n'ont pas été retrouvées lors de la mission de relevage du 23 septembre 2015.**

Les chairs de moules conditionnées en piluliers ont été envoyées pour analyses au laboratoire Alpa Chimies de Rouen (Laboratoire agréé par le MEEM).

- Sur les moules, les analyses portent sur la recherche de sept contaminants rémanents : 5 métaux lourds (cuivre, zinc, plomb, mercure et cadmium), les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et les Polychlorobiphényles (PCB).
- Sur les huîtres, des mesures biométriques sont réalisées pour mesurer un effet éventuel du TBT qui a la particularité d'entraîner une modification de la croissance avec la formation de chambres à gélatine au niveau des valves des huîtres creuses.

En 2015, deux conditionnements ont été opérés pour étudier la possibilité de faire évoluer le protocole initial (protocole Ifremer) afin de s'abstenir de décontaminer les piluliers par un passage au four à 450°C pendant 8h (avant le conditionnement de la chair des coquillages). D'après le laboratoire d'analyses de Rouen, un lavage à l'eau déminéralisée suffirait. La chair des moules des points de référence, 11, 13, de Port Lay et du Perello ont été conditionnées dans des piluliers passés au four. Ce sont les résultats présentés dans le tableau 4 et interprétés ci-dessous. La chair des moules des points 11 ; 13 et de Port Lay ont été conditionnées en parallèle dans des piluliers non passés au four. L'analyse comparative est présentée en annexe 4.

2 Résultats

2.1 Contamination chimique dans les moules

2.1.1 Contaminants métalliques

2.1.1.1 Concentrations 2015

	Cu	Zn	Pb	Hg	Cd
Avant immersion (2014) Référence	6	146	0,4	0,03	0,4
Point de suivi n°11	6,8	129	2	0,09	1,18
Point de suivi n°12	***Absence de données***				
Point de suivi n°13 (témoin)	6,2	94,1	1,6	<0,01	0,72
Point de surveillance Port Lay	5,4	212	1	0,01	0,81
Point de surveillance Perello	5,8	133	0,9	<0,01	0,54

Tableau 4 : Concentrations 2015 en métaux lourds (en mg/kg de matière sèche) sur les 5 points

2.1.1.2 Indice de condition

Connaissant la capacité que possède la moule à accumuler les métaux lourds, les rapports précédents de l'Ifremer avaient mis en évidence l'importance d'utiliser l'indice de condition (rapport entre le poids de chair sec et le poids de coquille) comme indicateur de l'état physiologique du coquillage permettant ainsi de « pondérer » les concentrations en contaminants relevées.

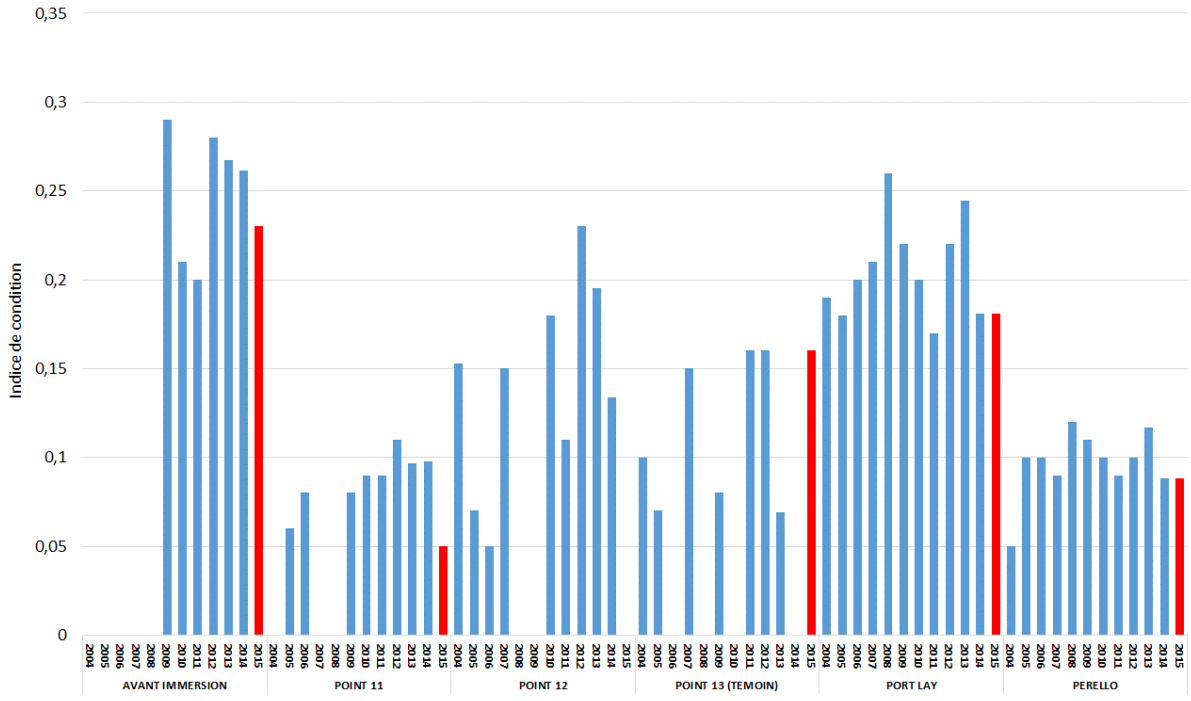


Figure 42 : Indices de conditions des moules avant (référence) et après immersion (points de suivi 11 ; 12 et 13) et des points de surveillance. Les valeurs 2015 sont indiquées en rouge.

Comme ça l'est observé depuis 2004, l'indice de condition des moules relevées en septembre 2015 a baissé par rapport à l'indice de référence avant immersion (indice passant de 0,23 à 0,05 sur le point 11 et à 0,16 sur le point 13).

Les indices de condition sur les stations de surveillance « Pérello » et « Port Lay » sont homogènes depuis 2004 et nous permettent de comparer les résultats 2015 à ceux des années antérieures (§ 2.1.3.2).

Les concentrations des différents polluants sont également confrontées aux seuils réglementaires quand ils existent, à la moyenne locale 2006-2015 (station de référence ROCCH La Jument située en sortie de la rade de Lorient) et la médiane nationale 2011-2015.

2.1.1.3 Contaminants métalliques sur les stations de suivi et de surveillance. Analyse au regard des années 2006-2014 et de l'indice de condition

Cuivre

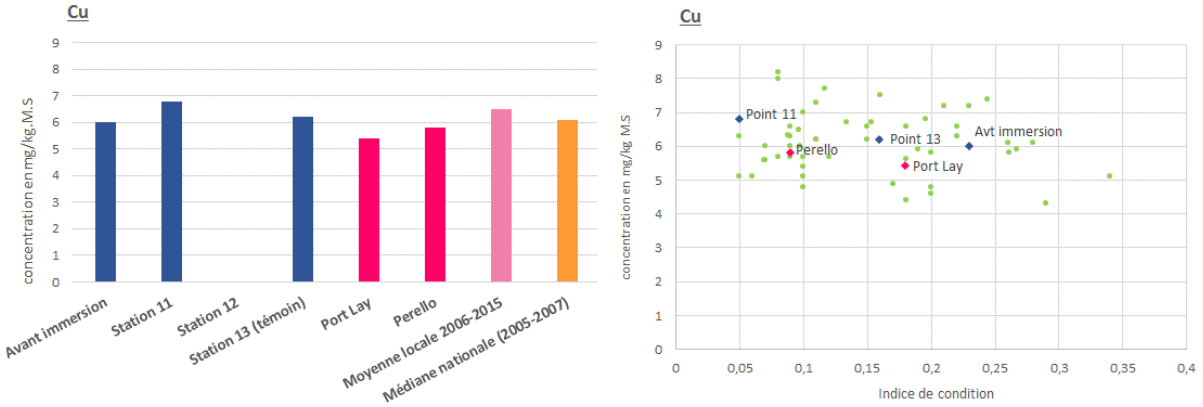


Figure 43 : Graph 1 : Concentrations 2015 en cuivre sur les points de suivi avant et après immersion et sur les points de surveillance. Graph 2 : Relation entre l'indice de condition et la concentration en cuivre – données 2004 à 2014 en vert et données 2015 en bleu pour les points de suivi et rouge pour les points de surveillance-.

Pour le cuivre, on note sur l'ensemble des points suivis des valeurs comparables à la moyenne locale et la médiane nationale.

Pour le cuivre, on ne note pas de relation apparente entre la teneur mesurée et l'indice de condition. Ces résultats illustrent effectivement la capacité qu'à l'espèce *Mytilus edulis* à réguler métaboliquement sa teneur interne en cuivre, autour de 6 mg/kg M.S. La moule n'est pas un bon indicateur pour évaluer la contamination en cuivre d'un milieu.

Zinc

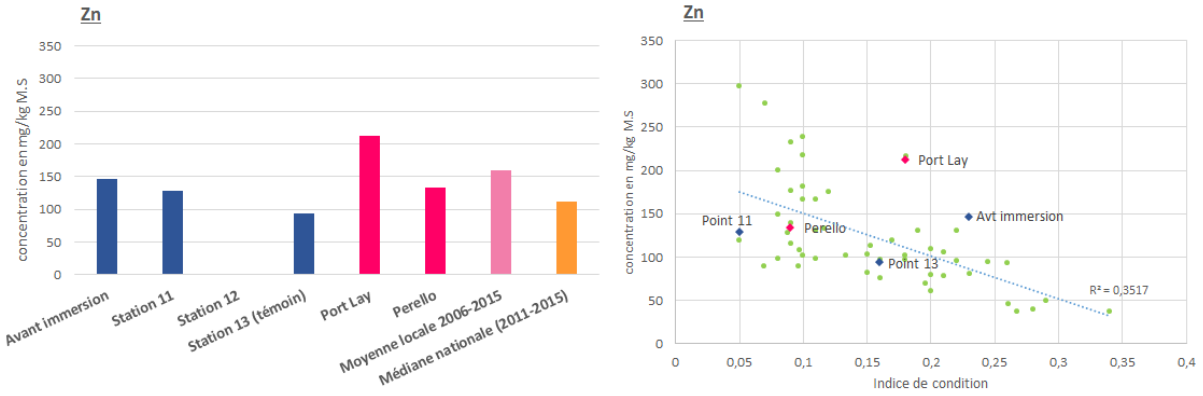


Figure 44 : Graph 1 : Concentrations 2015 en zinc sur les points de suivi avant et après immersion et sur les points de surveillance. Graph 2 : Relation entre l'indice de condition et la concentration en zinc – données 2004 à 2014 en vert et données 2015 en bleu (points de suivi) et rouge (points de surveillance) -. Les valeurs anormalement élevées de 2005 (supérieures à 400 mg/kg MS) ont été supprimées pour établir cette relation.

Les concentrations en zinc diminuent entre avant l'immersion et suite à l'immersion sur les points de suivi.

La relation indice de condition/concentration en Zn affiche des points en dessous de la droite de régression ou situées dans le nuage du point. En revanche, on note des concentrations anormalement élevées dans l'échantillon de référence (Vilaine) et surtout le point de surveillance Port Lay. Ce constat avait également été observé en 2014 à Port Lay avec une concentration de 216 mg/kg de matière sèche pour un indice de condition identique.

Hormis le point Port Lay, les valeurs sont inférieures à la moyenne locale et comparable à la médiane nationale.

Plomb

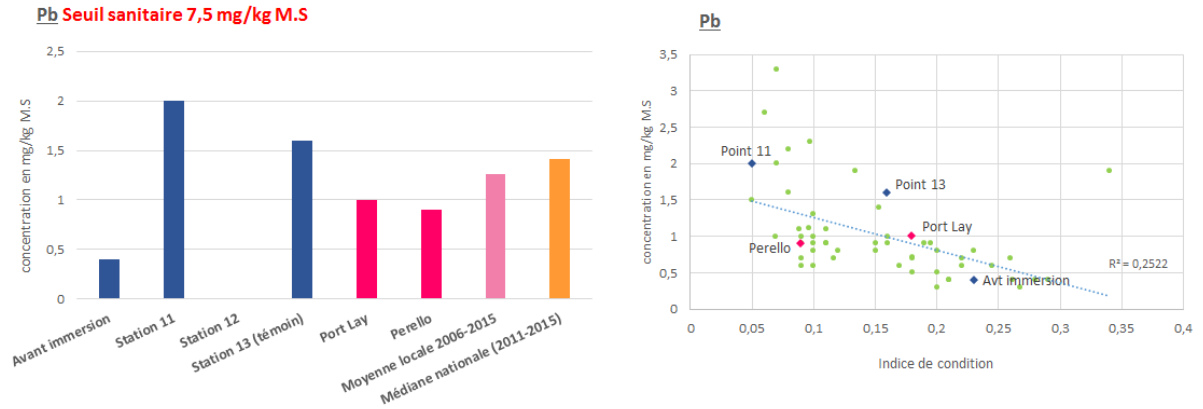


Figure 45 : Graph 1 : Concentration en plomb sur les points de suivi avant et après immersion et sur les points de surveillance. Graph 2 : Relation entre l'indice de condition et la concentration en plomb – données 2004 à 2013 en vert et données 2015 en bleu (points de suivi) et rouge (points de surveillance) -. Les valeurs anormalement élevées de 2006 (supérieures à 10 mg/kg MS) ont été supprimées pour construire cette relation.

Les concentrations relevées en 2015 restent inférieures au seuil sanitaire fixé à 7,5 mg/kg/MS.

Cependant, on note que les concentrations en plomb augmentent entre avant l'immersion et après l'immersion sur les points de suivi n°11 et 13. **Malgré une diminution de l'indice de condition entre**

avant et suite à l'immersion, les valeurs obtenues pour les points 11 et 13 sont au-dessus de la droite de régression et supérieures à la moyenne locale et la médiane nationale. Elles peuvent être considérées comme anormalement élevées sans pour autant atteindre des valeurs extrêmes. Des concentrations anormalement élevées avaient été relevées en 2014 sur les points de suivis n°11 et n°12.

Les concentrations en plomb sur les points de surveillance Port Lay et le Perello sont normales et en dessous de la moyenne locale et de la médiane nationale.

Mercure

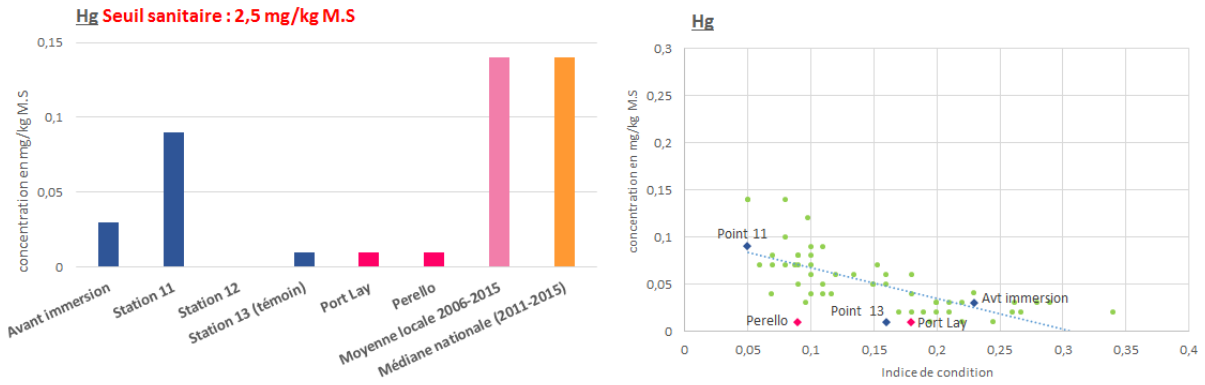


Figure 46 : Graph 1 : Concentration en mercure sur les points de suivi avant et après immersion et sur les points de surveillance. Graph 2 : Relation entre l'indice de condition et la concentration en Mercure - données 2004 à 2013 en vert et données 2015 en bleu (points de suivi) et rouge (points de surveillance)-.

Les concentrations des différents points sont toutes en dessous de la moyenne locale, de la médiane nationale et du seuil sanitaire fixé à 2.5 mg/kg/MS.

Les concentrations en mercure augmentent entre avant l'immersion et suite à l'immersion sur les points de suivi mais cela reste cohérent au vu de la baisse de l'indice de condition.

La relation indice de condition/concentration en mercure affiche des points proches sur ou sous la droite de régression si bien que l'on n'observe pas de concentrations anormalement élevées.

Cadmium

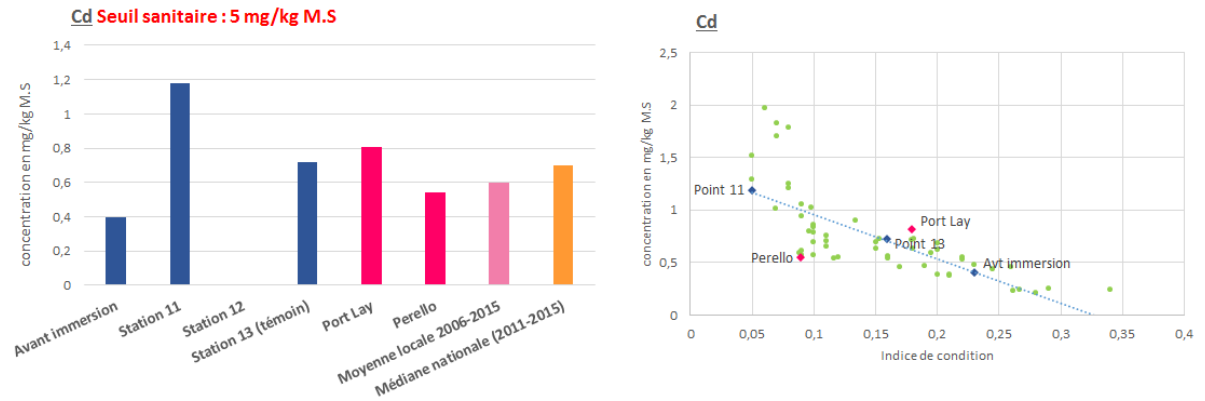


Figure 47 : Graph 1 : Concentration en cadmium sur les points de suivi avant et après immersion et sur les points de surveillance. Graph 2 : Relation entre l'indice de condition et la concentration en cadmium – données 2004 à 2013 en vert et 2014 en bleu (points de suivi) et rouge (points de surveillance)-.

Toutes les concentrations 2015 restent inférieures au seuil sanitaire fixé à 5 mg/kg/MS et légèrement supérieures à la moyenne locale et la médiane nationale.

Les concentrations en cadmium augmentent entre avant l'immersion et suite à l'immersion sur les points de suivi mais cela reste cohérent au vu de la baisse de l'indice de condition.

La relation indice de condition/concentration en cadmium affiche des points très proches de la droite de régression si bien que l'on n'observe pas de concentrations anormalement élevées en 2015.

2.1.1.4 Contaminants métalliques sur les stations de surveillance. Années 2002-2015

Les indices de conditions stables de 2002 à 2015 sur les points de surveillance « Port Lay » et « Perello » nous permettent de comparer les années de suivi entre elles.

Port Lay

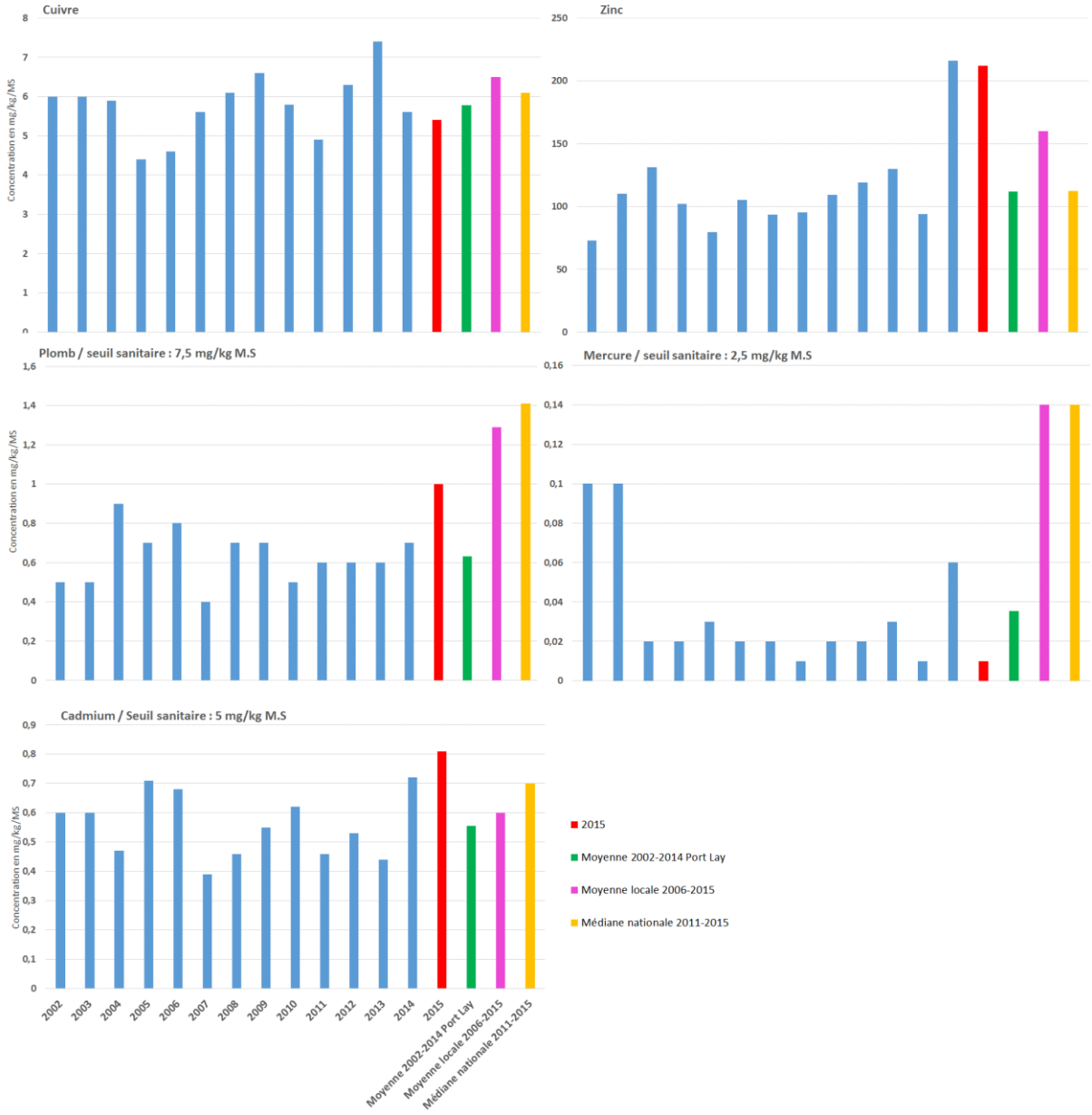


Figure 48 : Evolution de la concentration en métaux lourds sur le site mytilicole de Port Lay depuis 2002.

Sur le point de surveillance de Port Lay, on observe depuis 2014 une concentration en **zinc** importante et supérieure aux moyennes 2002-2013, à la moyenne locale et à la médiane nationale.

La concentration en **plomb**, bien que dans les normes (§ 2.1.3.1) est supérieure à celles des années précédentes tout en restant inférieure à la moyenne locale et la médiane nationale.

La concentration en **mercure** est nettement inférieure à l'année 2014 et à la moyenne 2002-2014. Cette concentration est également nettement inférieure à la moyenne locale et la médiane nationale.

La concentration en **cadmium** est en augmentation depuis 2014. La teneur en 2015 est supérieure à la moyenne 2002-2014, à la moyenne locale et à la médiane nationale.

Les concentrations 2015 pour le zinc, le plomb et le cadmium sont supérieures à la valeur 2014 ou sont en augmentation ces dernières années. Elles sont également supérieures aux moyennes locales. Cependant, au regard de l'indice de condition et des valeurs antérieures (§ 2.1.3.1), seule la concentration en zinc semble être réellement anormale.

Perello

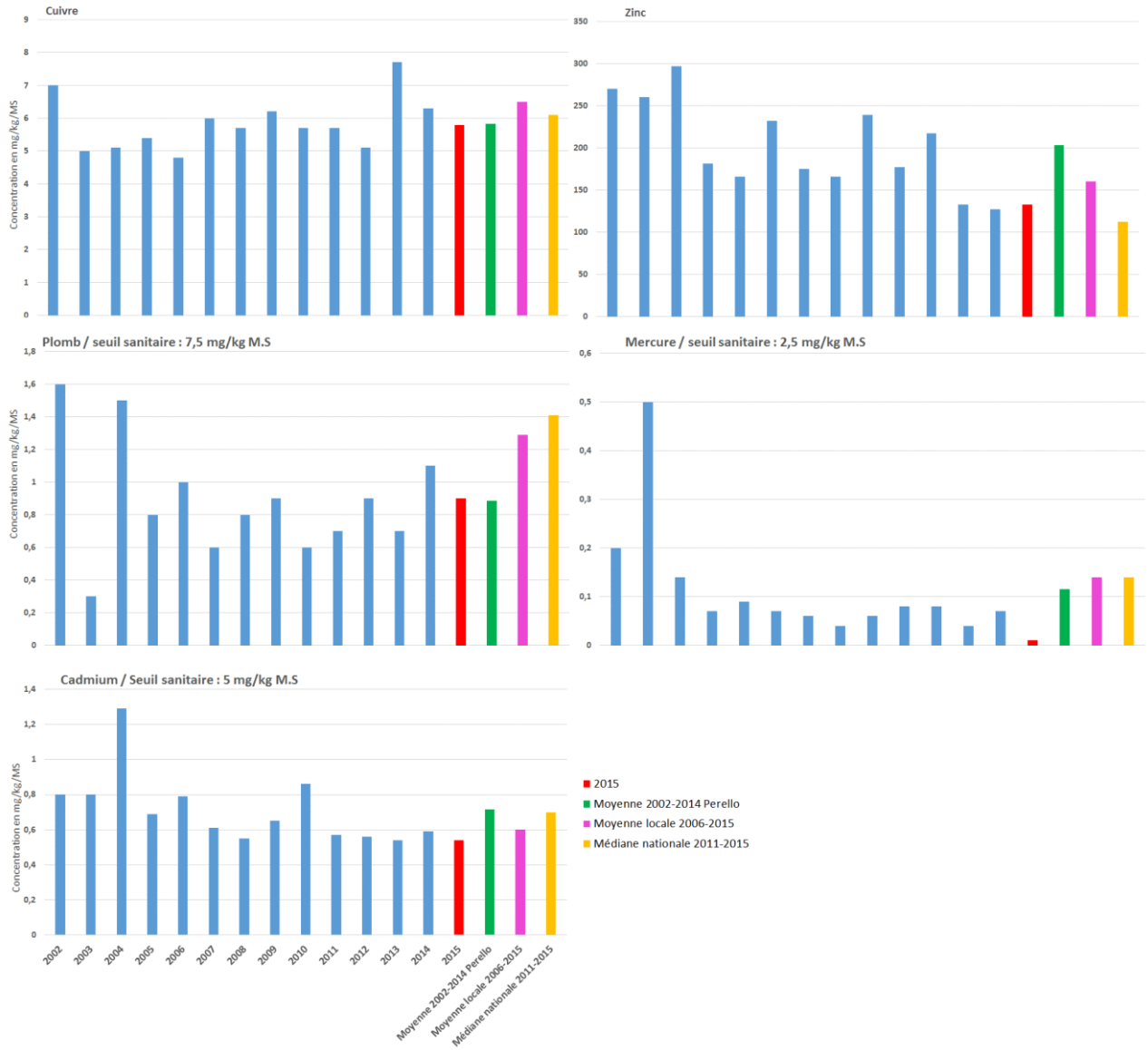


Figure 49 : Evolution de la concentration en métaux lourds sur le site de Perello depuis 2002.

Sur le site du Perello, toutes les concentrations relevées en 2015 sont inférieures ou égales aux valeurs 2014, aux moyennes 2002-2014 pour ce même site, aux moyennes locales et aux médianes nationales.

2.1.2 Contaminants organiques : Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) et Organochlorés et apparentés (PCB)

2.1.2.1 Concentrations 2015

	HAP totaux	Fluoranthène	PCB totaux	PCB 153
Avant immersion (2014) Référence	115,4	10,3	26,8	11
Point de suivi 11	73,6	4,4	14,3	5,2
Point de suivi 12	***Absence de données***			
Point de suivi 13 (témoin)	48	2,2	12,6	2,8
Point de surveillance Port Lay	67,7	9,3	31,7	11,6
Point de surveillance Perello	40,1	3,6	11,8	2,1

Tableau 5 : Concentrations en PCB et HAP (en µg/kg de matière sèche) en 2015 sur les 5 points

2.1.2.2 Contaminants organiques : Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP)

Tout d'abord, l'absence de relation entre l'indice de condition et la concentration en HAP (HAP totaux et Fluoranthène ; cf annexe 1) ne conduit pas à analyser les concentrations en HAPs au regard de l'indice de condition des moules en fonction des différents sites suivis.

Concentrations 2015 des HAPs en fonction de leur masse moléculaire

Les HAP se répartissent en trois catégories en fonction de leur masse moléculaire: Légers/Intermédiaires et Lourds (annexe 2). Les HAPs intermédiaires et lourds sont cancérigènes.

La répartition de ces trois catégories en fonction des différentes stations de suivis et de surveillance est la suivante.

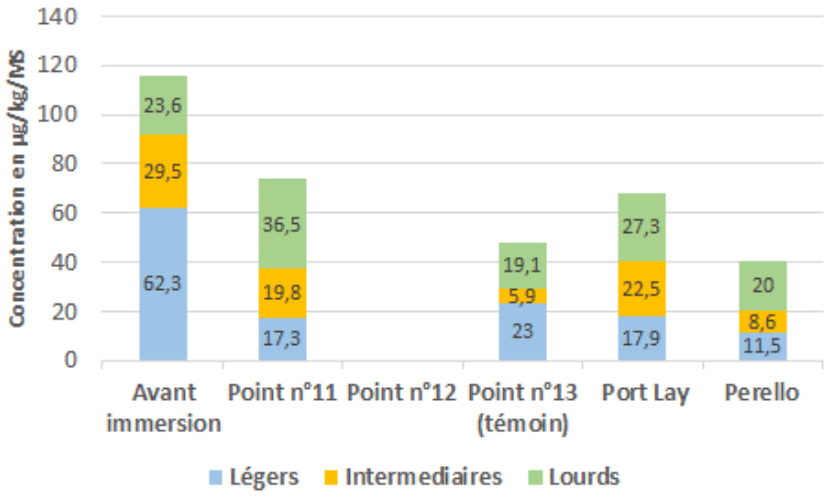


Figure 50 : Répartition des concentrations en HAPs par site en fonction de leur poids moléculaire (légers/intermédiaires/lourds) sur les sites suivis en 2015.

La concentration en HAPs totaux est importante avant immersion (site d'origine : Vilaine). Ceci est essentiellement dû à des teneurs en HAPs légers importantes dont le naphtalène (46,1 µg/kg/MS) et en HAPs intermédiaires dont le fluoranthène (10,3 µg/kg/MS).

Après immersion sur les points de suivi n°11 et 13, on note une décontamination en HAPs totaux puisque les concentrations totales diminuent. **En revanche, sur le point n°11, les concentrations en HAPs lourds augmentent** (23,6 µg/kg/MS avant immersion contre 36,5 µg/kg/MS après immersion sur le point 11)**. Sur le point témoin n°13, la décontamination a été plus importante avec des concentrations inférieures à celles du point 11.**

Sur le site de surveillance de Port Lay, on observe des concentrations en HAPs totaux plus importantes que sur le site n°13 et le site du Perello (essentiellement pour les HAPs lourds et intermédiaires).

<u>Concentrations en HAPs totaux 2004-2015</u>

Les données 2015 sont analysées au regard des concentrations relevées depuis 2004 et notamment à la moyenne 2004-2014.

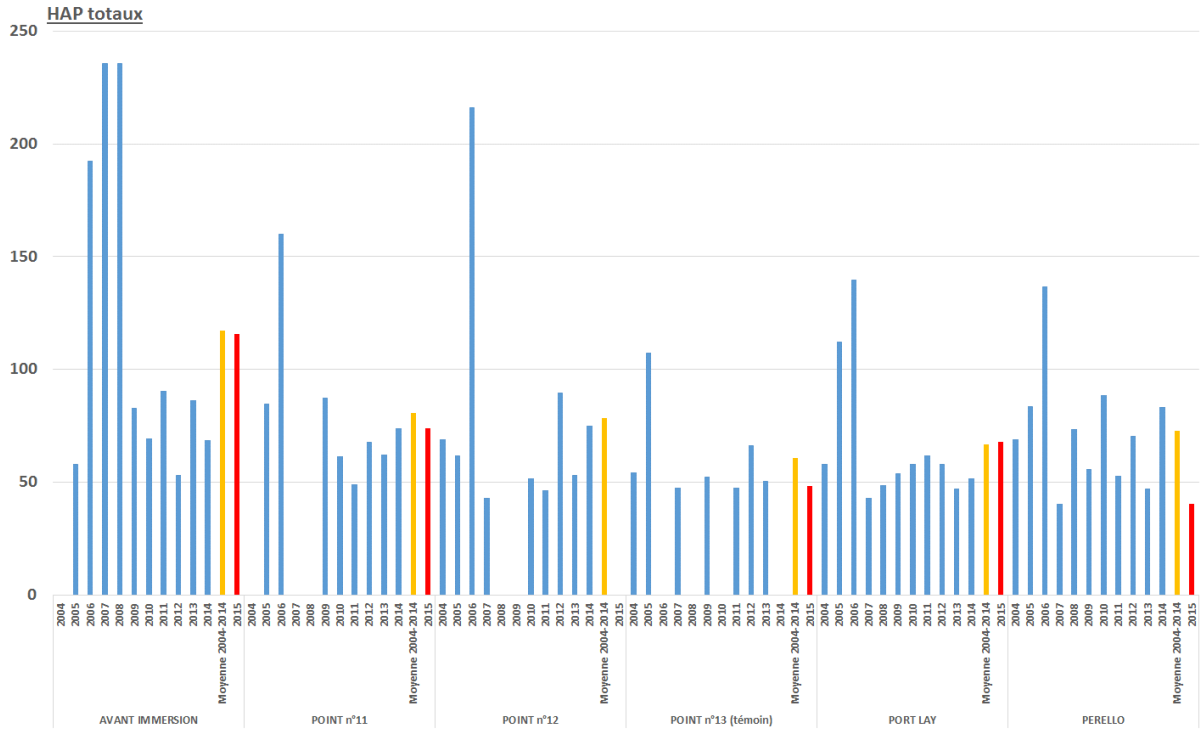


Figure 51 : Evolution de la concentration totale en HAPs par site depuis 2004. La concentration 2015 est indiquée en rouge et la moyenne 2004-2014 en orange.

Sur l'ensemble des sites suivis, les concentrations 2015 en HAPs totaux sont légèrement inférieures ou égales à la moyenne 2004-2014 (figure 51).

Au Perello, la concentration 2015 est nettement inférieure à la concentration 2014 (83,3 µg/kg/MS) contre 40,1 µg/kg/MS en 2015). Cette différence est due essentiellement à une diminution des concentrations en naphtalène (HAP léger), fluoranthène et pyrène (HAPs intermédaires).

Les résultats par HAP sont détaillés en annexe 3.

Concentrations en fluoranthène 2004-2015

Seules les concentrations en Fluoranthène seront analysées car la détection du fluoranthène sert avant tout d'indicateur à la présence d'autres HAP plus dangereux. Très persistant, c'est un des HAP les plus présents dans l'environnement.

Les données sont comparées aux données relevées depuis 2004 (moyenne 2004-2014) et à la moyenne locale du site de la Jument en sortie de la rade de Lorient (réseau ROCCH Ifremer). Pour cette moyenne locale, il s'agit des données obtenues en 2006-2007 puis en 2012-2014. A noter que les données sont relativement hétérogènes et parfois non qualifiées par l'Ifremer.

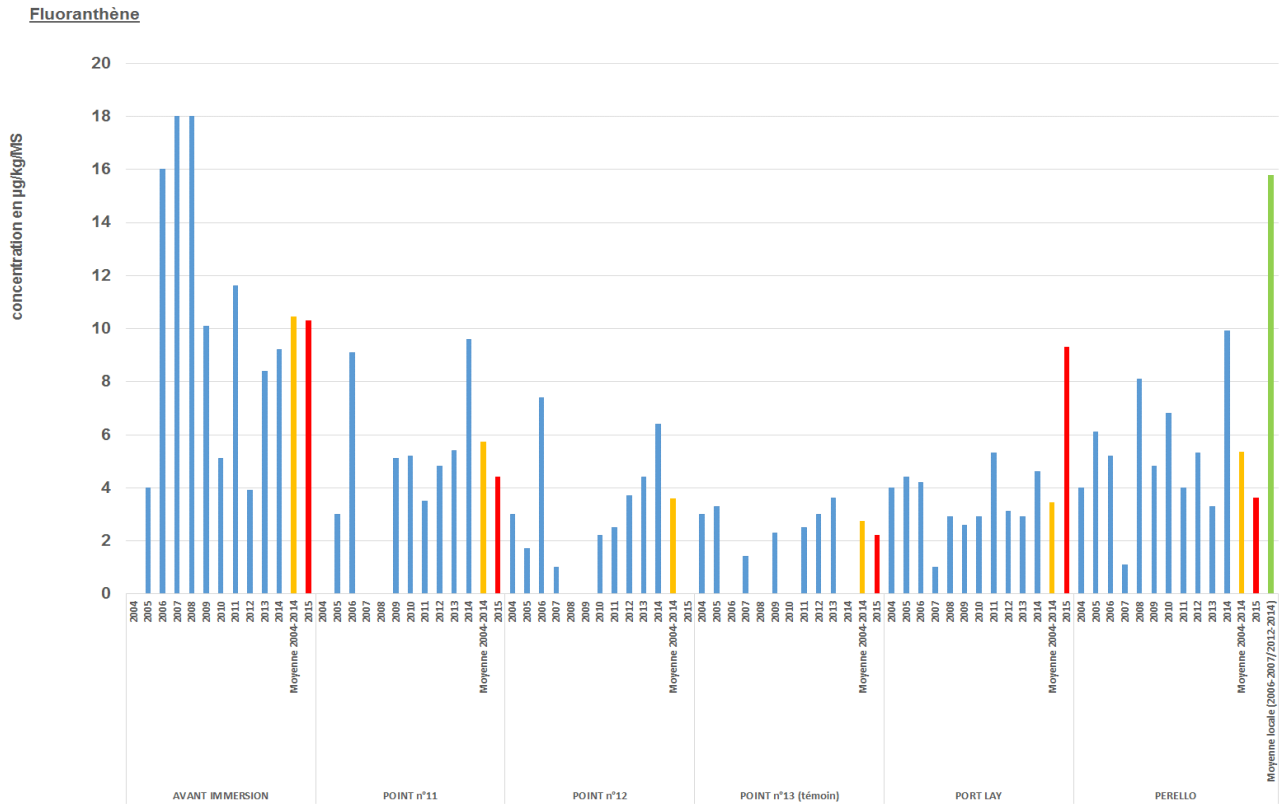


Figure 52 : Evolution de la concentration en fluoranthène par site depuis 2004. La concentration 2015 est indiquée en rouge et la moyenne 2004-2014 en orange.

Sur les points de suivi n°11 et 13, la concentration en fluoranthène a diminué de plus de moitié suite à l'immersion. Les concentrations 2015 sont inférieures aux moyennes 2004-2014.
A noter que sur le point 11, la concentration 2015 est nettement inférieure à la concentration 2014.

Sur le point de surveillance de Port Lay, la concentration 2015 en fluoranthène est élevée et nettement supérieure à la moyenne 2004-2015.

Sur le point de surveillance du Perello, la concentration 2015 en fluoranthène est inférieure à la moyenne 2004-2014 et nettement inférieure à la concentration 2014.

Toutes les concentrations relevées sur les points de suivi et de surveillance sont inférieures à la moyenne locale.

2.1.2.3 Contaminants organiques : les polychlorobiphényles (PCB)

Les **polychlorobiphényles** (**PCB**), aussi appelés « pyralènes » font partie des contaminants bioaccumulables car très liposolubles. La plupart des PCB sont des cancérogènes probables, des perturbateurs endocriniens et/ou des inducteurs enzymatiques susceptibles de perturber le métabolisme. Ils sont très difficilement biodégradables.
Le PCB 153 est utilisé comme un indicateur de la concentration totale (figure 49) car il est davantage présent (valeur souvent supérieure au seuil de détection).

L'absence de relation entre l'indice de condition et la concentration en PCB (PCBs totaux et PCB 153 ; cf annexe 2) ne conduit pas à analyser les données au regard de l'indice de condition.

Concentrations 2015

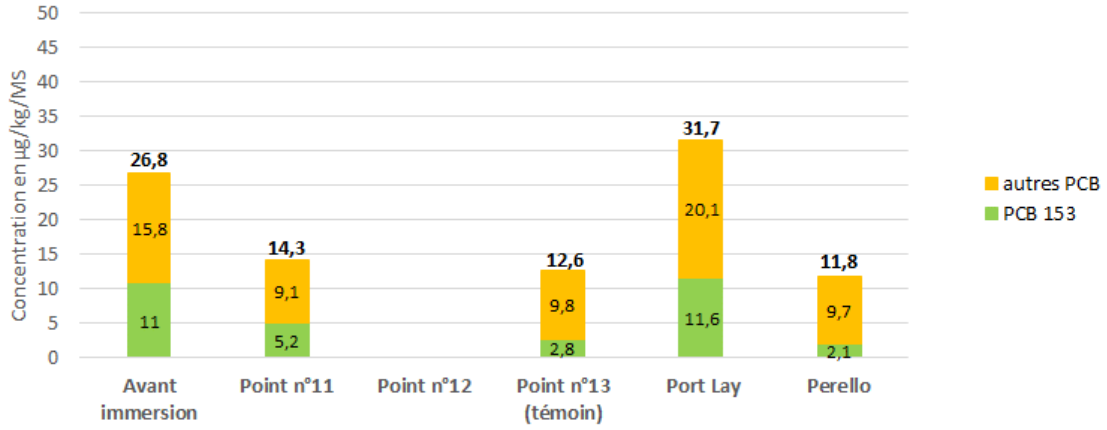


Figure 53 : Concentrations 2015 en PCBs totaux (en gras), en PCB 153 (en vert) et en autres PCBs (orange)

Après immersion sur les points de suivi n°11 et 13, on note une décontamination en PCB totaux et PCB 153 en raison d'une diminution des concentrations.

Le point de surveillance de Port Lay affiche des concentrations maximales par rapport aux autres sites.

Le point de surveillance de Perello affiche des concentrations minimales et comparables au point témoin n°13 de suivi.

Concentrations 2004-2015 en PCB totaux

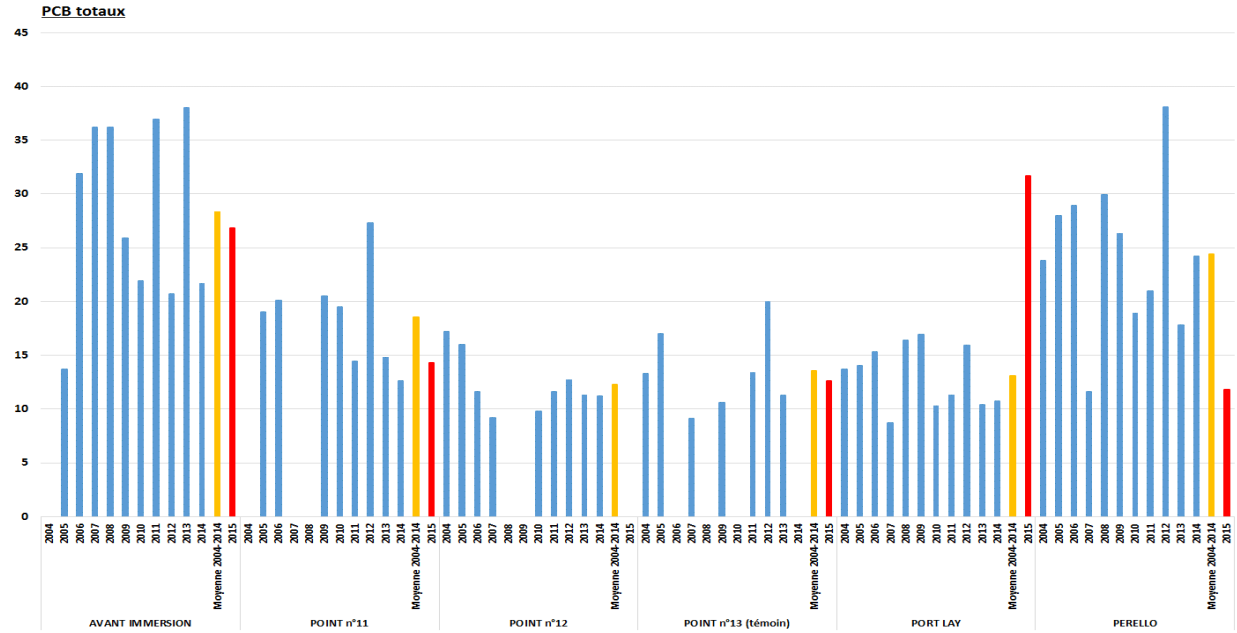


Figure 54 : Evolution de la concentration totale en PCB par site depuis 2004. Les concentrations moyennes 2004-2014 sont indiquées en orange et les concentrations 2015 en rouge.

Sur les points de suivi n°11 et 13, les concentrations 2015 sont inférieures aux moyennes 2004-2014.

Sur le point de surveillance de Port Lay, la concentration en PCB totaux est 2 fois supérieure à la moyenne 2004-2014.

Sur le point de surveillance du Perello, la concentration 2015 est nettement inférieure à la moyenne 2004-2015.

Concentrations 2004-2015 en PCB 153

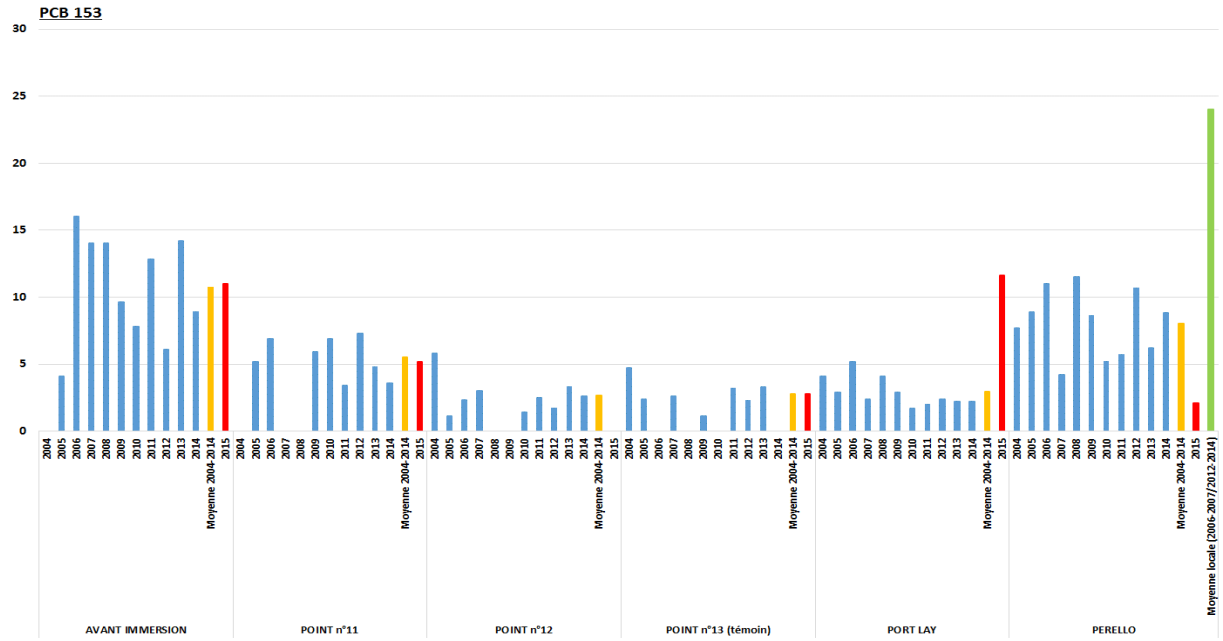


Figure 55 : Evolution de la concentration totale en PCB 153 par site depuis 2004. Les concentrations moyennes 2004-2014 sont indiquées en orange, les concentrations 2015 en rouge et la moyenne locale en vert.

Sur les points de suivi n°11 et 13, les concentrations 2015 sont légèrement inférieures ou égales aux moyennes 2004-2014.

Sur le point de surveillance de Port Lay, la concentration en PCB totaux est 2 à 3 fois supérieure à la moyenne 2004-2014.

Sur le point de surveillance du Perello, la concentration 2015 est nettement inférieure à la moyenne 2004-2015.

Toutes les concentrations 2015 sont inférieures à la moyenne locale (site de la Jument).

2.2 Biométrie des huîtres

La biométrie réalisée sur les huîtres creuses immergées a pour objectif de mettre en évidence l'effet biologique du TBT éventuellement relargué par le sédiment, à travers la mise en évidence de chambres à gélatine sur les valves des huîtres et un indice de déformation de la coquille (indice d'Imaï et Sakaï) calculé selon la formule suivante :

$$I = 100*e / (L+ l)/2$$

Avec, I = indice de déformation (plus I est grand, plus l'huître pousse en épaisseur)
e = épaisseur L = longueur l = largeur

En 2015, le suivi de la biométrie a été réalisé sur 50 individus sur les sites de suivi n°11 et 13 car aucune des poches du point de suivi n°12 n'a été retrouvée.

	Longueur moyenne en mm (+/- écart type)	**Largeur moyenne en mm (+/- écart type)**	**Epaisseur moyenne en mm (+/- écart type)**	**Indice d'Imaï et Sakaï (+/- écart type)**	**Chambrage En %**
Avant immersion	76,7 +/- 6,9	43,8 +/- 3,1	22,7+/- 2,2	**37,9 +/-5,1**	**8%**
Point n°11 (après immersion)	83,3 +/-11,6	47,8 +/-7,1	28 +/- 4,8	**42,9 +/-6,3**	**8%**
Point n°13 (témoin) (après immersion)	80,1 +/-8,8	46,1 +/-4,8	26,9 +/-2,9	**43,1 +/- 5,9**	**20%**

Tableau 6 : Relevés biométriques avant et après immersion sur les 2 points de suivi n°11 et 13 (témoin)

La représentation des indices de condition d'Imaï et Sakaï est la suivante :

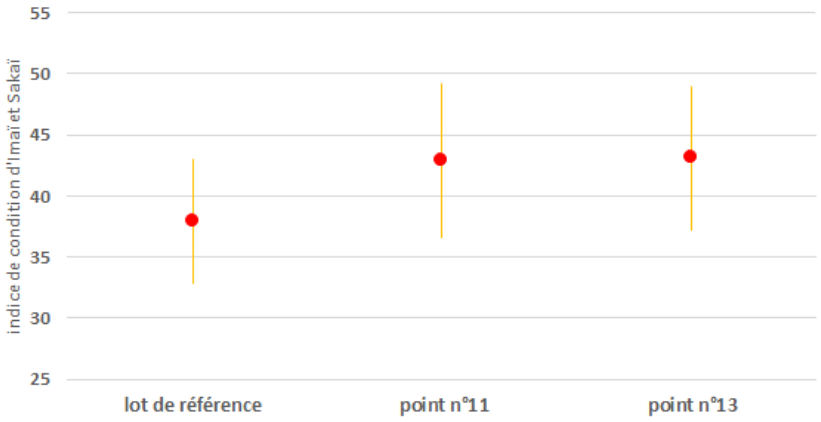


Figure 56 : Indices de déformations sur les 3 points suivis par rapport à l'indice de référence

Les indices calculés après immersion sur les points n°11 et 13 sont supérieurs à la valeur de référence (huîtres de la ria d'Etel). Toutefois ils restent inférieurs à 50% et comparables à la moyenne obtenue dans le cadre du réseau Ifremer REMORA si bien que l'on ne peut pas conclure à une croissance anormale en épaisseur des lots d'huîtres suivis.

Par ailleurs, les points de suivi n°11 possède un faible pourcentage (8 %) d'huîtres « chambrées » alors que le point témoin n°13 possède un pourcentage plus élevé, certainement dû à des conditions environnementales différentes.

Les résultats obtenus sur les 2 points ne nous permettent pas de conclure que l'augmentation de l'indice de déformation et le pourcentage plus important d'huîtres « chambrées » au point 13 (témoin) est dû à des teneurs en TBT anormales dans le milieu.

2.3 Conclusion sur les concentrations en contaminants métalliques et organiques sur les coquillages

2.3.1 Stations de suivi n°11 et 13 (témoin)

Les différences de concentration observées pour les métaux lourds entre les différents points de suivi sont cohérentes au regard des indices de condition. Néanmoins, on observe des concentrations anormalement élevées en plomb sur les deux points de suivi n°11 et 13 sans pour autant atteindre des valeurs extrêmes. Tout en restant inférieures au seuil sanitaire, ces valeurs sont supérieures à la moyenne locale et la médiane nationale. Des concentrations anormalement élevées avaient été relevées en 2014 sur les points de suivis n°11 et n°12.

Pour les 3 métaux (Plomb; Mercure; Cadmium) pris en compte dans la réglementation, les concentrations en 2014 restent inférieures au seuil sanitaire.

Les concentrations 2015 en HAP totaux et fluoranthène ont nettement diminué après une année d'immersion. Elles sont de plus inférieures à la moyenne 2004-2014 et nettement inférieures à la moyenne locale (point de suivi La Jument en sortie de la rade de Lorient)

Les concentrations en PCB totaux et PCB 153 ont nettement diminué après une année d'immersion. Pour les PCB totaux, elles sont légèrement inférieures à la moyenne 2004-2013. Pour le PCB 153, les concentrations 2015 sont équivalentes à la moyenne 2004-2013 et nettement inférieures à la moyenne locale.

Les mesures réalisées sur les huîtres immergées mettent en évidence un indice de déformation plus élevé qu'avant immersion sans pour autant observer une croissance en épaisseur manifeste et un indice anormal. L'examen visuel des coquilles montre la présence d'un chambrage inférieur sur le point 11 (8%) en comparaison du point témoin n°13 (20%). Les résultats obtenus ne nous permettent pas de conclure à une croissance anormale des huîtres en raison de concentrations trop importantes en TBT.

2.3.2 Stations de surveillance : Port Lay et le Perello

Comme ça l'avait été déjà noté en 2014, on observe une concentration 2015 anormalement élevée en zinc sur le site de Port Lay.
Concernant les autres métaux recherchés, les données obtenues depuis 2002 ne mettent pas en évidence une tendance significative et anormale dans l'évolution des concentrations.

Pour les 3 métaux pris en compte dans la réglementation (Plomb; Mercure; Cadmium), les concentrations 2015 sont inférieures au seuil sanitaire.

Concernant les contaminants organiques sur le site de Port Lay, les concentrations 2015 en HAPs et PCBs sont supérieures aux concentrations des années précédentes et nettement supérieures à la moyenne 2004-2014. Cette observation est particulièrement remarquable pour le fluoranthène (utilisé comme un indicateur en HAPs) et en PCB 153 (également utilisé comme indicateur).

Cependant les résultats d'analyses obtenus avec un conditionnement différent, c'est à dire dans les piluliers non passés au four (annexe 4) ne montrent pas des résultats aussi élevés et anormaux pour le zinc, les PCBs et le fluoranthène ce qui conduit à nous interroger sur ces résultats.

Sur le site du Perello, les concentrations 2015 en HAPs, en fluoranthène, en PCB totaux et PCB 153 sont nettement inférieures aux concentrations des années précédentes et à la moyenne 2004-2014.

Conclusions générales

Le suivi annuel de la zone de dépôt des déblais de dragage de la rade de Lorient, débuté en 2002, a été poursuivi en 2015 sur deux volets :

- le sédiment par carottage sur 2 points (contre 6 de 2002 à 2014)

- la matière vivante : coquillages bivalves (moules et huîtres) sur 5 stations initialement (absence de résultats sur le point n°12).

Les analyses ont porté sur les métaux lourds (Hg, Pb, Cu, Cd, et Zn) et les contaminants organiques (PCB, HAP et TBT). Les investigations sur les sédiments ont également pris en compte les caractéristiques physiques (granulométrie) ainsi que les teneurs en carbone et aluminium, chrome et nickel. Sur la base de l'ensemble des résultats d'analyses présentés de manière détaillée dans ce rapport, nous pouvons proposer les conclusions suivantes :

1. Sur les sédiments – caractéristiques physiques, teneurs en métaux et contaminants organiques

- **Contaminants métalliques**

Pour la station 24 – Le Perello, les concentrations en Cadmium et en Cuivre sont inférieures au seuil de détection., Pour le Mercure, le Zinc, l'Arsenic, le Chrome et le Nickel les concentrations sont inférieures à la valeur de référence fixée par le RNO et par le GEODE et sont toutes cohérentes au regard des caractéristiques minéralogiques de ce point de suivi.

Pour le Plomb, la concentration obtenue (28 mg/kg PS) est légèrement supérieure à la valeur retenue par le RNO (25 mg/kg PS). Cette concentration est cependant nettement inférieure à la concentration 2014 et également inférieure à la moyenne 2005-2014 de ce point de suivi qui montrait depuis 2005 des pollutions récurrentes pour ce paramètre.

Pour la station 21- Basse de la Paille -, les concentrations en Cadmium sont inférieures au seuil de détection. Pour le Cuivre, le Mercure, le Plomb, le Zinc et le Nickel, les concentrations sont inférieures à la valeur de référence fixée par le RNO et par le GEODE et sont toutes cohérentes au regard des caractéristiques minéralogiques de ce point de suivi.

Pour le Chrome et l'Arsenic, les valeurs se montrent un peu trop élevées au regard de la concentration en aluminium obtenue en 2015 pour ce point de suivi. Néanmoins la concentration en Chrome reste inférieure à la valeur de référence fixée par le RNO.

- **Contaminants organiques**

Les concentrations mesurées en HAPs sur les sédiments des 2 points suivis en 2015 sont toutes inférieures aux niveaux I et II « GEODE » définis par l'arrêté du 8 février 2013.

Pour les 2 stations suivies en 2015, les HAPs intermédiaires et lourds (cancérigènes) représentent respectivement 50% et 40% de la concentration totale. Les HAPs légers ne représentent que 10% de la concentration totale.

Pour chacun des HAPs et pour les 16 HAPs mesurés, les concentrations à Basse de la paille sont supérieures à celles de l'anse du Perello, mais ces résultats restent dans la norme et sont tout à fait cohérents au regard de la teneur en carbone organique de ces stations puisque la station Anse du

Perello possède une teneur en carbone organique 2 fois moins importante que la station Basse de la paille.

Le suivi 2015 montre des teneurs en PCB totaux et TBT inférieures aux seuils de détection pour les 2 stations suivies.

2. Sur la matière vivante – teneurs en métaux lourds et contaminants organiques.

Sur la station à proximité du site de dépôt (point n°11) les concentrations relevées en 2015 ne montrent pas d'accumulation de contaminants excepté pour le plomb (§ 2.1.1.3) pour lequel on observe une concentration anormalement élevée. Ce constat avait également été fait en 2014 sur les points n° 11 et n°12.

On observe également une concentration 2015 anormalement élevée en zinc sur le site de surveillance de Port Lay (§ 2.1.1.3) comme ça l'avait également été constaté en 2014 sur ce même site.

Les contaminations en plomb des moules présentes sur le site d'immersion et en zinc sur le site de Port Lay observées en 2014, puis en 2015 semblent donc se confirmer. Le résultat de la concentration élevée en zinc à Port Lay peut cependant être remis en cause par le résultat d'analyse de la chair des mêmes coquillages conditionnés selon un protocole différent qui ne présente pas une concentration si élevée (voir annexe 4).

Pour les 3 métaux faisant l'objet d'une réglementation, (Plomb; Mercure; Cadmium), les valeurs restent inférieures aux seuils sanitaires.

Sur le site d'immersion (point n°11) et son point témoin (n°13), les concentrations 2015 en HAP totaux, fluoranthène, PCB totaux et PCB 153 ont nettement diminué après une année d'immersion par rapport aux concentrations de départ. Toutes les concentrations sont inférieures aux moyennes 2004-2014.

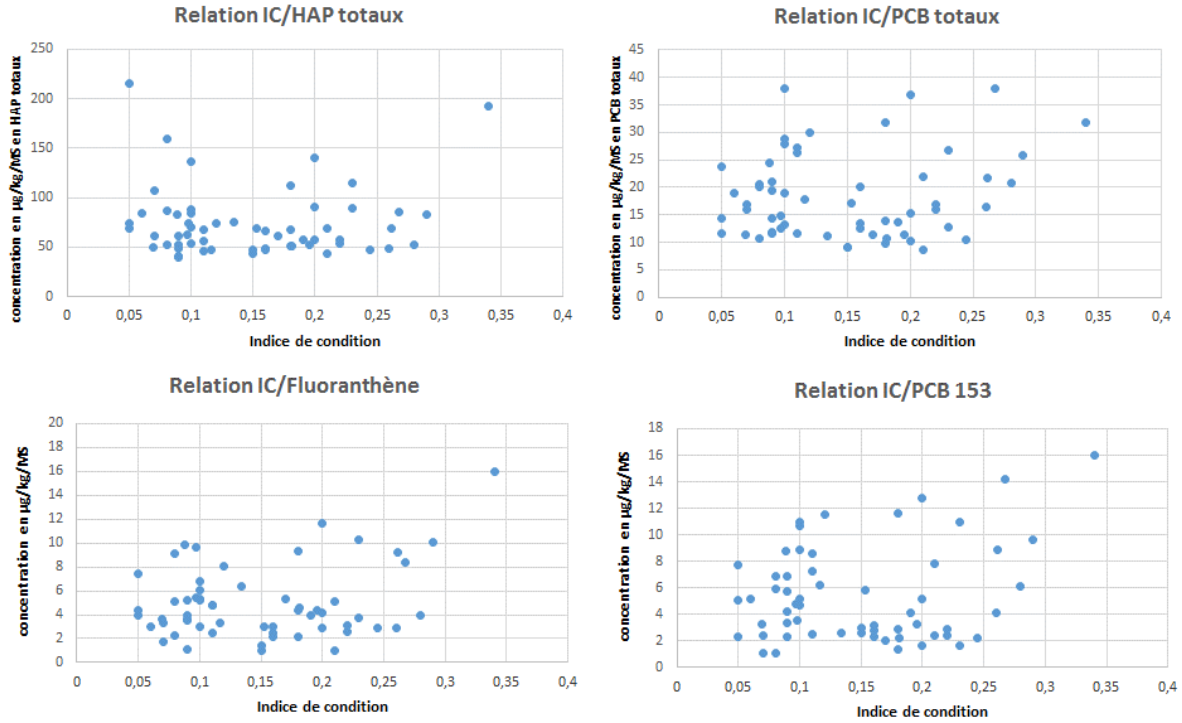
Sur le site de surveillance de Port Lay, les concentrations 2015 en HAPs et PCBs sont supérieures aux concentrations des années précédentes et nettement supérieures à la moyenne 2004-2014. Cette observation est particulièrement remarquable pour le fluoranthène (utilisé comme le meilleur indicateur en HAPs) et en PCB 153 (également utilisé comme indicateur). Comme pour le zinc à Port Lay, les résultats en PCBs et en fluoranthène obtenus selon un protocole de conditionnement différent ne montrent pas des concentrations si élevées (annexe 4).

Sur le site du Perello, l'ensemble des concentrations en métaux lourds et en contaminants organiques sont stables ou en diminution.

Annexes

Annexe 1 : Relations entre l'indice de condition et les concentrations en HAPs et PCBs.

Les graphiques ci-dessous montrent une absence de relation entre l'indice de condition et les concentrations en HAP totaux et en Fluoranthène ainsi qu'en PCB totaux et PCB 153.



Annexe 2 : Propriétés physiques et chimiques des différents HAP analysés dans les sédiments et les coquillages

Nom des HAPs	Masse molaire (g/mol)	Classification	Formule	Coef.de partage octanol – eau	Solubilitédans l'eau à 25˚C (mg/l)	Cancérigène
Naphtalène	128,2	Léger	C10H8	3,3	32	-
Acénaphthylène	152,2	Léger	C12H8	4,07	3,93	-
Acénaphtène	154,2	Léger	C12H10	3,98	3,42	-
Fluorène	166,2	Léger	C13H10	4,18	1,9	-
Anthracène	178,2	Léger	C14H10	4,45	0,04	-
Phénanthrène	178,2	Léger	C14H10	4,45	1,2	-
Pyrène	202,3	Intermédiaire	C16H10	4,88	0,13	-
Fluoranthène	202,3	Intermédiaire	C16H10	4,9	0,27	Oui
Chrysène	228,3	Intermédiaire	C18H12	6,16	0,002	Oui
Benzo(a)anthracène	228,3	Intermédiaire	C18H12	6,61	0,0057	Oui
Benzo(b,fluoranthène	252,3	Lourd	C20H12	6,57	0,001	Oui
Benzo(k)fluoranthène	252,3	Lourd	C20H12	6,57	0,001	Oui
Benzo(a)pyrène	252,3	Lourd	C20H12	6,06	0,0038	Oui
Benzo(g,h,i)pérylène	276,3	Lourd	C22H12	6,5	0,002	-
Indeno(123-cd)Pyrène	276,3	Lourd	C22H12	6,58	0,0008	Oui
Dibenzo(a,h)anthracène	278,3	Lourd	C22H14	6,84	0,0005	Oui

Annexe 3 : Concentrations détaillées par HAP et par PCB

Concentrations des différents HAPs dans les moules sur les points de suivi et de surveillance :

		Avant immersion	Point n° 11	Point 12	Point 13 (témoin)	Port Lay	Perello
	HAP totaux	**115,4**	**73,6**		**48,0**	**67,7**	**40,1**
Légers	**Naphtalène**	46,1	7	Absence de données	13,9	2,7	2,1
	Acénaphthylène	3,6	1		1	1	1
	Acénaphtène	1,3	1,1		1	1,3	1,1
	Fluorène	1	1		1	1,5	1
	Phénanthrène	9,3	6,2		5,1	9,7	5,3
	Anthracène	1	1		1	1,7	1
Intermédaires	**Fluoranthène**	**10,3**	**4,4**	Absence de données	**2,2**	**9,3**	**3,6**
	Pyrène	13	3,9		1,7	7,5	2,9
	Benzo(a)anthracène	3,1	4,3		1	2,1	1
	Chrysène	3,1	7,2		1	3,6	1,1
Lourds	**Benzo(b,fluoranthène**	6,2	8,8	Absence de données	2,1	7,4	3
	Benzo(k)fluoranthène	1,1	4,3		1	2,7	1
	Benzo(a)pyrène	1,3	4,8		1	2,2	1
	Indeno(123-cd)Pyrène	5	5		5	5	5
	Dibenzo(a,h)anthracène	5	5		5	5	5
	Benzo(g,h,i)pérylène	5	8,6		5	5	5

Concentrations des différents PCBs dans les moules sur les points de suivi et de surveillance :

	Avant immersion	Point n°11	Point n°12	Point n°13 (témoin)	Port Lay	Perello
PCB 105	1	1	Absence de données	1	1	1
PCB 156	1	1		1	1	1
PCB 28	1,1	1		1,5	3	2,1
PCB 52	1	1		1	1	1
PCB 101	3,2	1,2		1	2,9	1
PCB 118	2,1	1		1,6	3,9	1,3
PCB 153	11	5,2		2,8	11,6	2,1
PCB 138	5,4	1,9		1,7	6,3	1,3
PCB 180	1	1		1	1	1
PCB totaux	26,8	14,3		12,6	31,7	11,8

Annexe 4 : Analyse comparative des résultats obtenus selon deux protocoles de conditionnement

La chair de moules est conditionnée dans des piluliers qui sont envoyées au laboratoire Alpa Chimies de Rouen. Ces piluliers sont préparés selon un protocole Ifremer par passage au four à 450°C pendant 8h afin de d'éliminer toutes traces de contaminants. Suite à un entretien avec le laboratoire Alpa Chimies, nous avons souhaité étudier la possibilité de préparer les piluliers avec un simple rinçage à l'eau déminéralisée sans passage au four à 450°C.

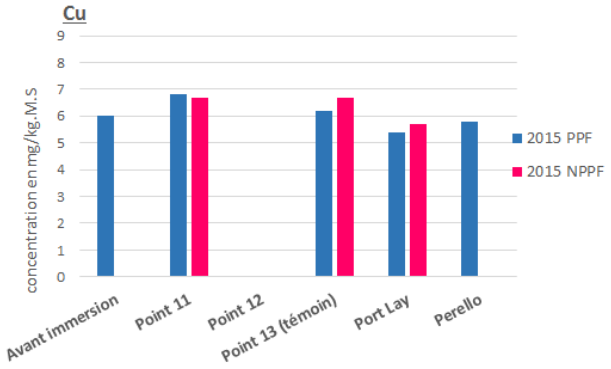
Les concentrations obtenues avec les **piluliers passés au four** sont notés **PPF** et indiquées en bleu. Les concentrations obtenues sont celles analysées dans ce présent rapport et sont donc celles des 5 points : Avant immersion/point 11/point 13 témoin/ Port Lay et Perello.

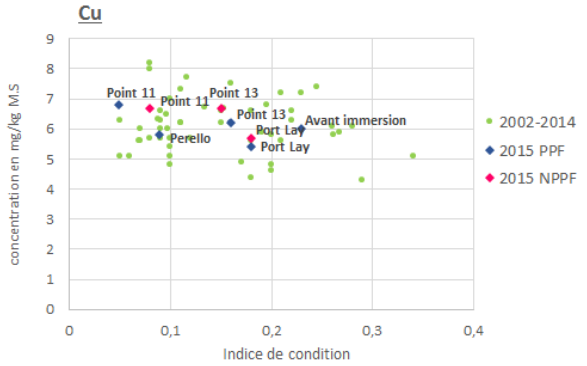
Les concentrations obtenues avec les **piluliers non passés au four** sont notés **NPPF** et indiquées en rose**.** Les analyses se sont portées sur 3 points : point 11/point 13 témoin/ Port Lay

Toutes les concentrations obtenues sont également analysées au regard de l'indice de condition (taux de chair) qui varie légèrement d'un pilulier à l'autre.

Contaminants métalliques

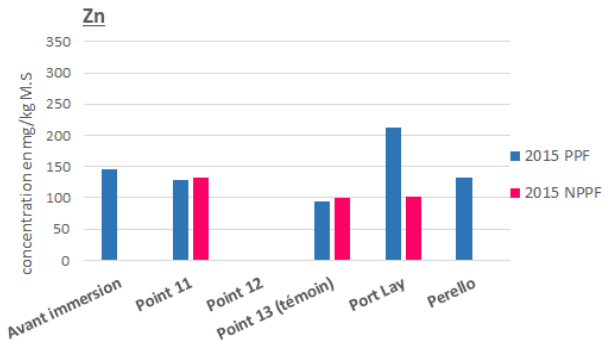
Cuivre :

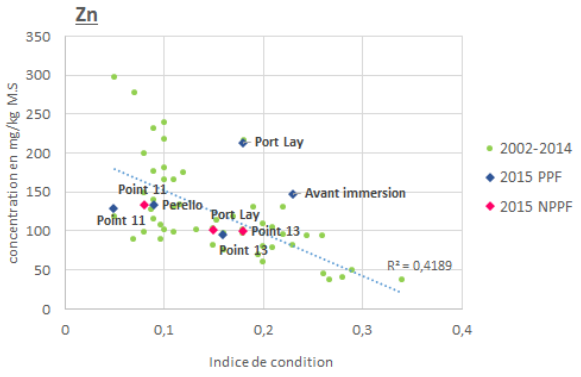




Toutes les concentrations obtenues oscillent autour de 6 mg/kg/MS et continuent de montrer la capacité qu'à la moule à réguler sa concentration en cuivre autour de cette valeur. Ainsi pour ce paramètre, la différence de préparation des piluliers n'entraîne pas de différence de concentration pour le cuivre.

Zinc :



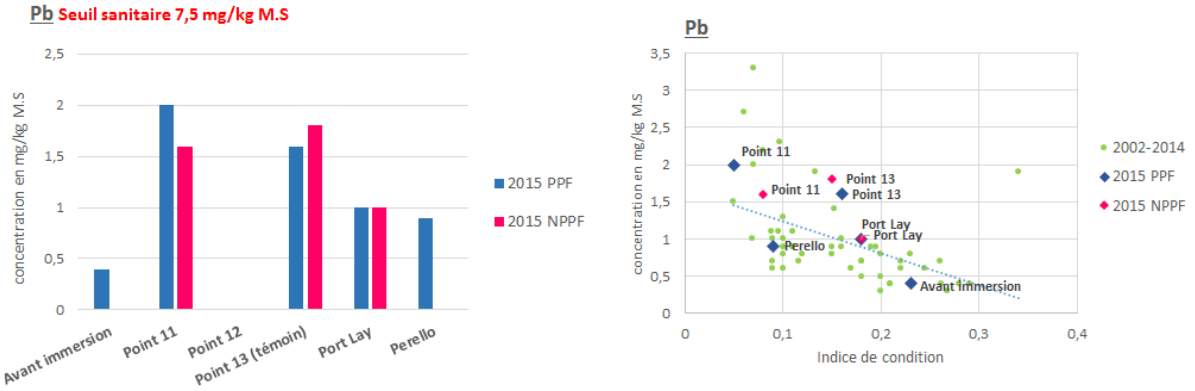


Hormis le point « Port Lay » les concentrations sont comparables entre les deux modes de préparation des piluliers.

Seul le point « Port Lay » pose question avec une concentration anormalement élevée dans les moules conditionnées dans les piluliers passés au four. Ce sont donc dans les piluliers décontaminés par passage au four que la concentration est la plus élevée. Il est difficile d'attribuer une telle différence de concentration aux aléas de l'échantillonnage des moules conditionnées pour un même point de suivi.

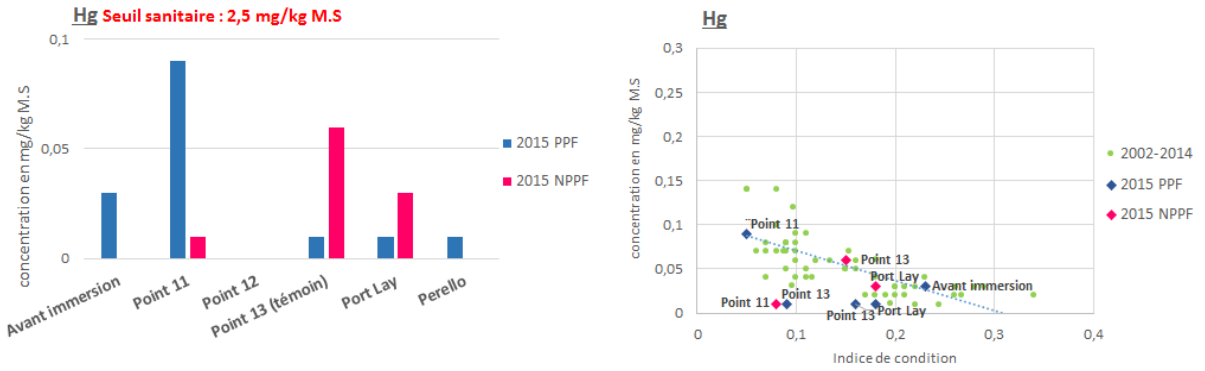
Ces résultats remettent donc en cause une des conclusions du rapport à savoir une concentration anormalement élevée en zinc sur le site de Port Lay en 2015.

Plomb :



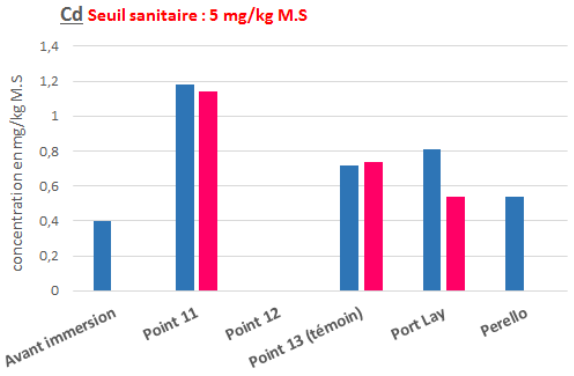
Pour le plomb, les résultats ne mettent pas en évidence de différence de concentrations entre les deux modes de conditionnement.
Comme annoncé dans le rapport, les concentrations en plomb sur les points 11 et 13 apparaissent comme anormalement élevés sans pour autant atteindre des valeurs extrêmes.

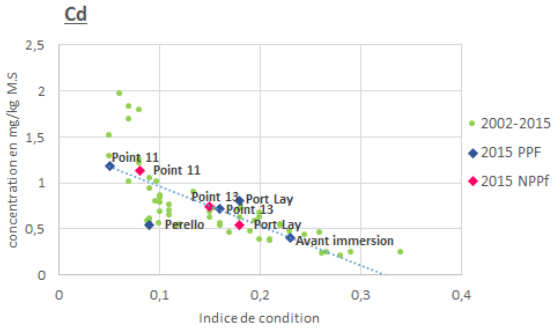
***Mercure**:*



Pour le mercure, les résultats affichent à première vue des concentrations différentes mais qui restent tout à fait comparables étant donné le faible niveau de détection (inférieur à 0.1 mg/kg/MS)

Cadmium :





Pour le cadmium, les résultats obtenus suite aux deux modes de préparation des piluliers sont comparables.

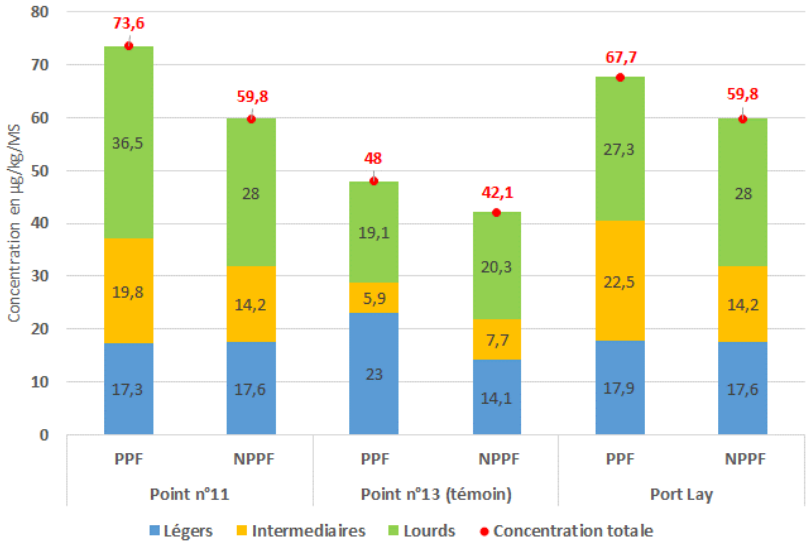
Contaminants organiques

Les HAPs

Les résultats détaillés par HAP du rapport d'analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous :

		Point n°11		Point n°13 (témoin)		Port Lay	
		PPF	NPPF	PPF	NPPF	PPF	NPPF
	HAP totaux	**73,6**	**59,8**	**48,0**	**42,1**	**67,7**	**59,8**
Légers	Naphtalène	7	7,6	13,9	6,3	2,7	7,6
	Acénaphthylène	1	1	1	1	1	1
	Acénaphtène	1,1	1,1	1	1	1,3	1,1
	Fluorène	1	1	1	1	1,5	1
	Phénanthrène	6,2	5,9	5,1	3,8	9,7	5,9
	Anthracène	1	1	1	1	1,7	1
Intermédaires	**Fluoranthène**	**4,4**	**5,2**	**2,2**	**1,9**	**9,3**	**5,2**
	Pyrène	3,9	4,7	1,7	1,4	7,5	4,7
	Benzo(a)anthracène	4,3	1,3	1	1,5	2,1	1,3
	Chrysène	7,2	3	1	2,9	3,6	3
Lourds	Benzo(b,fluoranthène	8,8	8,4	2,1	2,8	7,4	8,4
	Benzo(k)fluoranthène	4,3	2,7	1	1,5	2,7	2,7
	Benzo(a)pyrène	4,8	1,9	1	1	2,2	1,9
	Indeno(123-cd)Pyrène	5	5	5	5	5	5
	Dibenzo(a,h)anthracène	5	5	5	5	5	5
	Benzo(g,h,i)périylène	8,6	5	5	5	5	5

Du tableau ci-dessus est extrait le graphique suivant qui représente la répartition des HAPs en fonction de leur masse moléculaire :



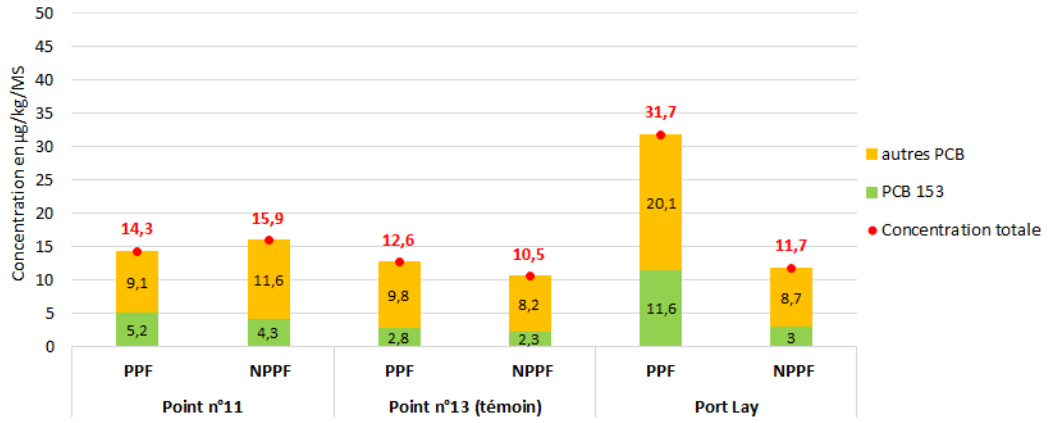
Le tableau et le graphique ci-dessus montrent que les concentrations sont relativement similaires par point de suivi (excepté pour les HAPs lourds au point 11, pour le naphtalène au point 13 et le fluoranthène à Port Lay dans les PPF). On remarque encore une fois que les concentrations les plus élevées sont observées dans les moules conditionnées dans les piluliers passés au four, donc décontaminés. Ces différences de concentrations entre les deux protocoles, qui restent peu importantes, pourraient davantage être attribuées aux aléas de l'échantillonnage des moules conditionnées qu'à une différence de préparation des piluliers.

Les PCBs

Les résultats détaillés par PCB du rapport d'analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous :

	Point n°11		Point n°13 (témoin)		Port Lay	
	PPF	NPPF	PPF	NPPF	PPF	NPPF
PCB 105	1	1	1	1	1	1
PCB 156	1	1	1	1	1	1
PCB 28	1	1,5	1,5	1	3	1
PCB 52	1	1	1	1	1	1
PCB 101	1,2	1,2	1	1	2,9	1
PCB 118	1	2,3	1,6	1	3,9	1
PCB 153	**5,2**	**4,3**	**2,8**	**2,3**	**11,6**	**3**
PCB 138	1,9	2,6	1,7	1,2	6,3	1,7
PCB 180	1	1	1	1	1	1
PCB totaux	**14,3**	**15,9**	**12,6**	**10,5**	**31,7**	**11,7**

Du tableau ci-dessus est extrait le graphique suivant qui représente la répartition entre les PCB totaux et le PCB 153.



Concernant les points 11 et 13, on observe des concentrations similaires entre les deux protocoles, notamment pour le PCB 153.

En revanche, pour le point de surveillance de Port Lay, on observe une concentration totale, en PCB 153 et en PCB 138 trois fois inférieures dans les moules conditionnées dans les piluliers non passés au four.

Encore une fois, les piluliers non passés au four ne présentent pas des concentrations en contaminants supérieures aux piluliers passés au four.

Comme pour le zinc sur ce même point de suivi, les différences de concentrations sont telles qu'il est difficile d'attribuer cette différence de concentrations aux aléas de l'échantillonnage des moules conditionnées pour un même point de suivi.

Ces résultats remettent donc en cause une des conclusions du rapport à savoir une concentration anormalement élevée en PCBs sur le site de Port Lay en 2015.

Conclusion

Hormis sur le point Port Lay, l'ensemble des concentrations sont comparables entre les deux protocoles de préparation des piluliers. On note même des concentrations quasiment toujours inférieures dans les moules conditionnées dans des piluliers non passés au four. Ces différences de concentrations sont à attribuer très certainement aux aléas de l'échantillonnage des moules conditionnées.

Sur le point Port Lay, on observe des différences de concentrations importantes entre les modes de conditionnement mais les concentrations sont nettement supérieures dans les moules conditionnées dans les piluliers passés au four, donc décontaminés.
Ces différences de concentrations sont trop importantes pour être attribuées aux aléas de l'échantillonnage des moules conditionnées.

En dehors de ce point litigieux de Port Lay, on peut néanmoins conclure que l'on ne trouve pas davantage de contaminants dans les piluliers non décontaminés par passage au four. Il serait possible désormais de modifier le protocole en utilisant des piluliers uniquement nettoyés à l'eau déminéralisée.

Bureau d'études COCHET
biologie & cultures marines

Suivi du site d'immersion des rejets de dragage de la rade de Lorient au large de Groix

Résultats des analyses sur la macroalgue *Laminaria hyperborea*

- Résultats 2015 -

Table des matières

1 Contexte et introduction 3
2 Protocole 4
2.1 Choix et localisation des stations 4
2.2 Prélèvements et conditionnement des sédiments 4
2.3 Polluants recherchés 5
3 Résultats 6
3.1 Contaminants organiques métalliques 6
3.2 Plomb 6
4 Discussion et conclusion 7
Références bibliographiques 8

1 Contexte et introduction

Depuis 1997, les déblais issus de dragages des ports de la rade de Lorient sont immergés sur un site délimité au nord-ouest de l'île de Groix. La durée d'exploitation du site a été estimée à 30 ans pour un volume moyen annuel de sédiments immergés de l'ordre de 200 000 m^3.

Afin de suivre un éventuel impact de l'immersion des déblais de dragage, un suivi annuel du site est engagé depuis 2002 par les Services de la Région Bretagne à Lorient. En 2014, ce suivi a été conduit sur plusieurs volets (bathymétrie, sédiment, coquillages, peuplements benthiques), avec notamment la réalisation d'images vidéo sous-marines en 17 points afin d'observer l'évolution de la nature des fonds et des peuplements benthiques (faune et flore). Cette mission a été confiée à l'équipe « Ecologie des fonds subtidaux rocheux », du MNHN-Concarneau sous la responsabilité de Sandrine Derrien-Courtel *(Analyse des images vidéo sous-marines des 17 stations sur et hors zone d'immersion - Rapport final – Données 2014).*

La mission réalisée en septembre 2014 a permis de constater sur le point 5 (situé au niveau de la zone d'immersion) une perturbation importante de la population de la laminaire *Laminaria hyperborea* aux environs des -19m C.M (cartes marines). Dans ce secteur, de nombreux individus sont nécrosés ou en mauvaises santé. C'est la première année depuis le début du suivi que ce phénomène est observé.

En mer d'Iroise, des observations similaires ont été faites en 2008. Les analyses avaient révélées des teneurs importantes de Butylétains dans les tissus des laminaires nécrosées et l'hypothèse d'une contamination par le TBT avait alors été avancée *(Derrien-Courtel et Le Gal, 2011).* Le TBT est essentiellement utilisé dans les peintures antifouling et dans les biocides. Il s'agit d'une substance prioritaire dans le suivi de la Directive Cadre sur l'Eau.

Ces résultats préoccupants avaient été exposés lors du comité restreint du 22 mai 2015. En concertation avec le MNHN de Concarneau, l'antenne portuaire de la région Bretagne à Lorient a entrepris d'analyser les laminaires afin de détecter une éventuelle contamination due aux sédiments immergés des ports de Lorient.

Les services de la Région Bretagne à Lorient ont assuré le prélèvement des laminaires. L'analyse des contaminants a été confié au Laboratoire Alpha de Rouen et le bureau d'études « Cochet environnement » a été chargé de l'analyse des résultats obtenus. Ces résultats sont présentés dans ce rapport.

2 Protocole

Les échantillons de *Laminaria hyperborea* ont été prélevés lors de la mission du 24 septembre 2015 menée par la région Bretagne dans le cadre du suivi annuel de la zone d'immersion (vidéos des fonds et suivi de coquillages témoins). Aodren Le Gal (membre de l'équipe « Ecologie des fonds subtidaux rocheux », sous la responsabilité de Sandrine Derrien-Courtel, du MNHN-Concarneau) a accompagné l'équipe des plongeurs afin de réaliser les prélèvements de laminaires.

Ces prélèvements ont donc été effectués 1 an après le constat fait en septembre 2014 des laminaires nécrosées.

2.1 Choix et localisation des stations

Suite aux observations faites en 2014, il a été décidé de prélever des échantillons dans la zone impactée (station n°5, située en limite de la zone d'immersion) et dans une zone témoin (station n°13), éloignée de la station n°5, située à l'Ouest de l'île de Groix. C'est cette même station n°13 qui sert de témoin pour le suivi des coquillages.

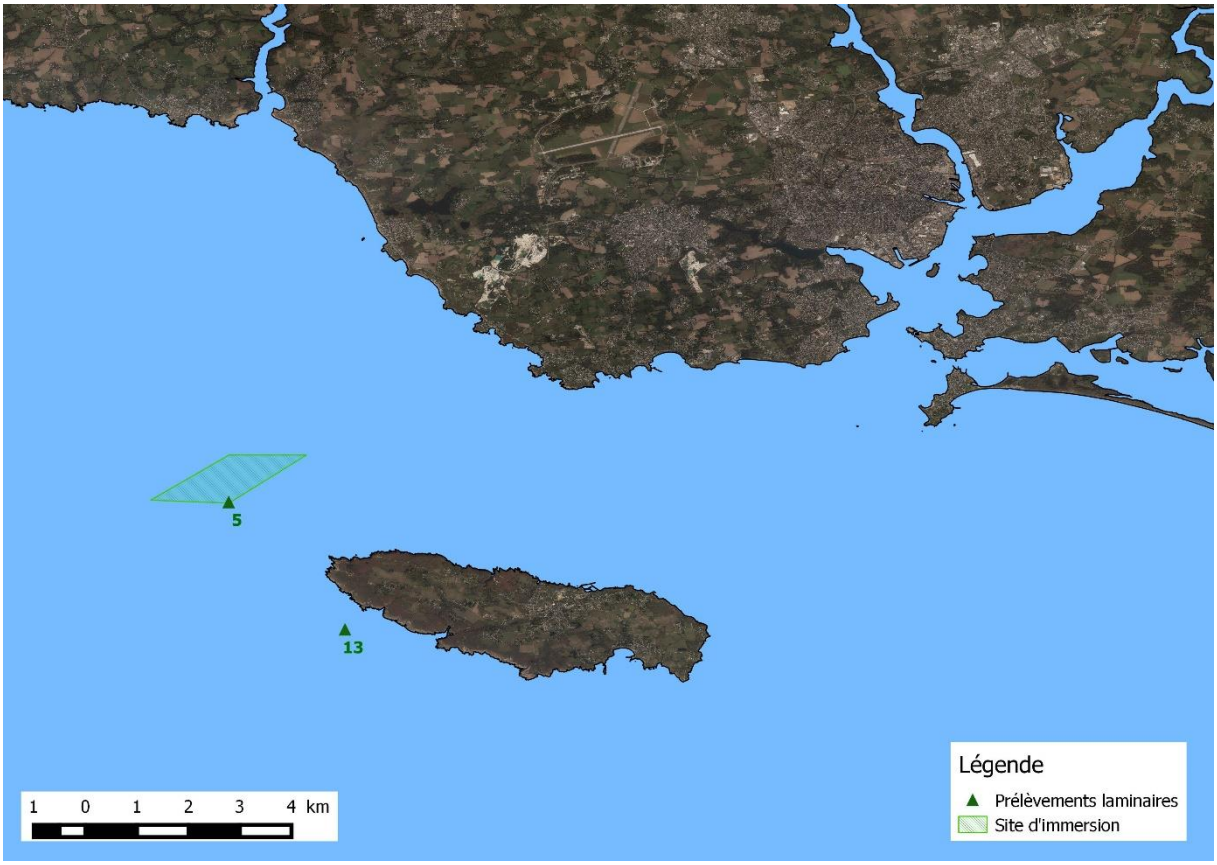


Figure 1 : Localisation des 2 stations de prélèvements de laminaires en 2015.

2.2 Prélèvements et conditionnement des sédiments

La station n°13 (témoin) présente un fond à -28m des Côtes Marines au niveau du corps mort. Un transect d'environ 40m a été déroulé vers le nord-est à partir du corps mort, afin de trouver des fonds moins importants permettant la colonisation de la roche par des laminaires. Des prélèvements de

petits individus ont pu être réalisés à -13m des Côtes Marines environ sur une tête de roche principalement colonisée par la laminaire annuelle *Saccorhiza polyschides*, accompagnée de quelques petites *Laminaria hyperborea*. Les individus étant de petite taille, 6 prélèvements ont été réalisés afin d'obtenir suffisamment de matière pour conserver 3 échantillons pour l'analyse (échantillons 1,2 et 3) et 3 échantillons en double (échantillons 4,5 et 6).

La station n°5 présente un fond rocheux plat à -20m des Côtes Marines, bien colonisé par la laminaire *Laminaria hyperborea*. La proportion de laminaires nécrosées semble moins importante que ce qui avait été localement observé sur les vidéos de 2014. Des prélèvements d'individus nécrosés (prélèvements 7 à 12) et apparemment sains (prélèvements 13 à 18) ont été réalisés.

Les échantillons 1, 2, 3 (laminaires saines-station témoin n°13), 7, 8, 9 (laminaires nécrosées-station potentiellement impactée n°5), 13, 14 et 15 (laminaires saines- station potentiellement impactée N°05) ont été confiés à Philippe Le Vaillant de l'antenne portuaire de Lorient (Région Bretagne) pour expédition au laboratoire Alpha de Rouen (laboratoire agréé par le MEDDTL, arrêté du 27 octobre 2011) en charge des analyses. Les doubles de ces échantillons sont conservés à la station marine MNHN de Concarneau.

N° station	Etat physiologique des laminaires	N° des échantillons	Commentaires
13 = témoin	sain	1,2 et 3	3 stipes entiers pour analyse
13 = témoin	sain	4, 5 et 6	3 stipes entiers conservés à la station marine MNHN de Concarneau (doubles)
05 = Zone potentiellement impactée	nécroses	7, 8 et 9	3 morceaux de stipes pour analyse
05 = Zone potentiellement impactée	nécroses	10,11 et 12	3 morceaux de stipes conservés à la station marine MNHN de Concarneau (doubles)
05 = Zone potentiellement impactée	sain	13,14 et 15	3 morceaux de stipes pour analyse
05 = Zone potentiellement impactée	sain	16, 17 et 18	3 morceaux de stipes conservés à la station marine MNHN de Concarneau (doubles)

Tableau 1 : Bilan des prélèvements des échantillons de laminaire *Laminaria hyperborea*

2.3 Polluants recherchés

Le choix des contaminants à rechercher a été orienté en fonction des connaissances et des résultats acquis les années précédentes.

En raison de l'hypothèse invoquée d'une contamination de la population de *Laminaria hyperborea* en Mer d'Iroise en 2008 due aux **contaminants organiques métalliques,** il a été décidé en concertation avec le MNHN de Concarneau, de déterminer les teneurs en **MTB, DTB et TBT** (Mono, Di et Tributhylétain) sur l'ensemble des échantillons prélevés au large de Groix. Cependant, les 3

échantillons de la station n°13 (témoin) n'étaient pas assez conséquents si bien que seules les analyses sur les échantillons de la station n°5 (zone impactée) ont pu être réalisées sur ces paramètres.

D'autre part, suite aux concentrations en **plomb** anormalement élevées observées en 2013-2014 dans les coquillages (moules) au niveau des stations 11 et 12 de la zone d'immersion *(Rapport final-Résultats 2014 du suivi biologique et chimique réalisé sur les coquillages- Cochet Environnement)*, il a été également décidé de connaître la teneur en plomb des échantillons des **stations n°5 et n°13.** A noter que des concentrations élevées en plomb ont également été détectées sur le point 11 (absence de données pour le point 12) suite au suivi 2014-2015.

3 Résultats

N° station	**13**			**5**			**5**		
Etat du stipe	**Sain**			**Nécrosé**			**Sain**		
N° stipe	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Matière Sèche %	14,4	15,4	16,8	16,3	13,1	14,5	16,3	12,5	15,7
MTB (µg/kg/MS)				<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
DBT (µg/kg/MS)				<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
TBT (µg/kg/MS)				<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Plomb (mg/kg/MS)	0,7	1,5	1,9	1,5	0,7	1,8	2,3	0,2	0,1

Tableau 2 : résultats des teneurs en TBT/DBT/MTB et en plomb sur les laminaires des stations 5 et 13.

3.1 Contaminants organiques métalliques

Sur la station n°5 (zone impactée), l'ensemble des échantillons prélevés montrent des concentrations en MBT, DBT et TBT inférieures au seuil de détection.

A titre de comparaison, l'analyse chimique des échantillons de laminaires prélevés en mer d'Iroise, avait montré des teneurs en composés organométalliques importantes (21,2 à 43,3 µg/kg/MS) avec des concentrations maximales en monobuthylétain (produit de la dégradation du tributhylétain) et ce sur des échantillons sains. Les teneurs mesurées en mer d'Iroise sont bien supérieures aux teneurs obtenues sur les échantillons de la station n°5.

Au vu des résultats qui montrent des concentrations toutes inférieures au seuil de détection, on ne pas conclure que les contaminants organiques métalliques (MBT, DBT et TBT) soient la cause des nécroses observées chez la laminaire *Laminaria hyperborea.*

Par ailleurs, les résultats 2014 des analyses granulométriques et chimiques de sédiments marins *(cf rapport final 2014)* avait montré des teneurs dans les sédiments toutes inférieures au seuil de détection et le suivi biologique réalisé sur les huîtres *(cf rapport final 2014)* n'avait pas montré de malformations de la coquille dues au TBT.

3.2 Plomb

Les concentrations en plomb sont très variables d'un échantillon à un autre. Les échantillons sains de la station n°13 présentent des concentrations identiques aux échantillons nécrosés de la station n°5. D'autre part, les concentrations maximales (2,3 mg/kg/MS) et minimales (0,1 mg/kg/MS) sont observées sur les échantillons sains de la station n°5.

Au vu des teneurs en plomb très variables d'un échantillon à l'autre et quelque soit son origine, on ne peut conclure que le plomb présent dans les laminaires prélevées soit à l'origine des nécroses observées.

A titre de comparaison, les teneurs en plomb des laminaires prélevées en mer d'Iroise en 2008 affichaient des valeurs comprises entre 1,7 et 3,1 mg/kg/MS *(Derrien-Courtel et Le Gal, 2011, annexes).*

Le rapport du GESAMP (1985), annonce que la plupart des algues ont des concentrations en plomb variant de 3 à 20 mg/kg/MS.

4 Discussion et conclusion

Compte tenu des résultats obtenus qui sont bien en dessous de valeurs citées dans la littérature, on ne peut pas conclure que les composés organométalliques (TBT/DBT et MTB) ainsi que le plomb soient à l'origine des nécroses observées en septembre 2014 sur la population de *Laminaria hyperborea*.

Néanmoins, il est important de rappeler que les prélèvements ont été réalisés 1 an après l'observation de ces laminaires nécrosés et qu'à cette date, la population semblait être en meilleur état et se régénérer (CR de la mission du 24/09/2015).

Une première hypothèse peut être celle d'une contamination brève aux composés organométalliques ayant eu lieu avant septembre 2014 avec ensuite une décontamination progressive des laminaires pendant plus d'un an. Sous cette hypothèse, on pourrait éventuellement s'attendre à observer davantage de monobuthylétain (produit final de la dégradation du TBT) dans les échantillons de la station n°5.

On peut également émettre l'hypothèse d'une contamination par d'autres composés (métaux lourds ; HAPs et PCBs), mais l'absence de données concernant ces micropolluants dans les sédiments au niveau de la zone d'immersion (notamment la station 5) ne peut nous permettre de conclure. Toutefois, les coquillages (moules) immergés au niveau de la zone d'immersion en 2013-2014 ne montrent pas des concentrations en micropolluants anormales.

On ne peut pas non plus exclure que le mauvais état de santé de la population de *Laminaria hyperborea* observé en septembre 2014 peut avoir comme origine une contamination pathologique bactérienne ou virale.

La mise en place en 2016 d'une mission de surveillance DCE pour l'élément de qualité « macroalgues subtidales » avec notamment le suivi de la population de *Laminaria hyperborea* au niveau de la zone d'immersion (à proximité du point n°5) permettra dans un premier temps de suivre la régénération de cette population mais aussi d'acquérir davantage de données sur l'impact éventuel des déblais de dragage sur les macroalgues.

Références bibliographiques

Derrien-Courtel S. Catherine E. 2014. MNHN de Concarneau. Suivi du site d'immersion des rejets de dragage de la rade de Lorient au large de Groix : - *Analyse des images vidéo sous-marines des 17 stations sur et hors zone d'immersion -Rapport final – Données 2014*.

Derrien-Courtel et Le Gal, 2011 MNHN de Concarneau. Rapport sur les observations d'un phénomène de nécroses sur la laminaire *Laminaria hyperborea* pendant l'année 2008.

MNHN de Concarneau 2015. Compte rendu de la mission de prélèvement de laminaires au large de Groix – 24 septembre 2015-

Cochet environnement 2014. Suivi du site d'immersion des rejets de dragage de la rade de Lorient au large de Groix - Résultats 2014 - *1. Résultats des analyses granulométriques et chimiques de sédiments marins 2. Résultats du suivi biologique et chimique réalisé sur les coquillages (moules et huîtres creuses)*

Rapport du GESAMP -1985- .

James H. Weber, Marilyn R. Billings, Anne M. Falke. Seasonal methyltin and (3-dimethylsulphonio)propionate concentrations in leaf tissue of *Spartina alterniflora* of the Great Bay estuary (NH) **Estuarine, Coastal and Shelf Science.**

Claude Alzieu et Pierre Michel. L'étain et les organoétains en milieu marin : Biogéochimie et écotoxicologie. Repères Océan

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°7

Rapport d'expertise du MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Analyse d'images vidéo

Résultats 2015

Muséum National d'Histoire Naturelle
Station de Biologie Marine de Concarneau

Derrien-Courtel S.
Catherine E.

Suivi du site d'immersion des rejets de dragage de la rade de Lorient au large de Groix :

- Analyse des images vidéo sous-marines de 3 stations sur et hors zone d'immersion

Rapport de synthèse – Données 2015

23 Kerroc'h – 23 juin 2015

Janvier 2016

Sommaire

1. Introduction 3

2. Présentation des acteurs 3

3. Matériel et méthodes 4

4. Résultats de l'analyse de la vidéo de la station 23 Kerroc'h 5

5. Résultats de l'analyse des vidéos sous-marines des Points 5 et 6 de la zone d'immersion 8

6. Discussion – limites de l'expertise 11

7. Conclusion 12

Bibliographie 13

Annexe I : Typologie des ceintures algales 14
Annexe II : "Caractéristiques et variations des peuplements sur la station 23 Kerroc'h" 15
Annexe III : Liste des taxons identifiés sur la station 23 Kerroc'h – Années 2013 à 2015 16
Annexe IV : Inventaires simplifiés des peuplements pour les Points 5 et 6 du site d'immersion – Années 2013 à 2015 17
Annexe V : Liste des taxons identifiés sur les Points 5 et 6 de la zone d'immersion - Années 2013 à 2015 18
Annexe VI : Les différents stades de nécroses de *Laminaria hyperborea* 19

Liste des figures :

Figure 1 : Localisation des 3 stations suivies en 2015 et des 14 stations abandonnées 4

Liste des Planches :

Planche I : Illustrations de la station N°23 Kerroc'h 7
Planche II : Illustrations du Point 5 de la zone d'immersion 9
Planche III : Illustrations du Point 6 de la zone d'immersion 10

1. Introduction

Depuis 1997, les déblais issus de dragages des ports de la rade de Lorient sont immergés sur un site situé au Nord - Ouest au large de l'Ile de Groix. A partir de 2002 commence un suivi annuel de l'éventuel impact de ces immersions, assuré par la station Ifremer de La Trinité-sur-Mer. En 2005 est défini l'ensemble des points actuellement suivis. L'expertise repose sur trois compartiments : « sédiments marins », « coquillages » et « vidéos sous-marines des fonds ».

De 2005 à 2012, les vidéos sous-marines ont été traitées par la station Ifremer de La Trinité-sur-Mer. Depuis 2013, le Service de l'ingénierie et de l'exploitation Portuaire – Antenne Portuaire et Aéroportuaire de Lorient sollicite l'équipe de Sandrine Derrien-Courtel de la Station de Biologie Marine de Concarneau du MNHN pour analyser ce compartiment. En 2015, le suivi vidéo est stoppé pour la majorité des sites. Trois stations sur dix-sept ont été maintenues.

Les images vidéo ont été réalisées par l'entreprise ISMER sur 2 points au niveau de la zone de dépôt et sur une station à la côte. L'acquisition des images s'est faite en deux temps : la phase 1 concerne la station de Kerroc'h à la côte (23 juin 2015) – la phase 2 concerne 2 points (Points 5 et 6) au sud de la zone d'immersion (24 septembre 2015). A l'origine, le point 6 devait également être abandonné, mais l'observation en 2014 de nombreuses laminaires en mauvais état de santé a nécessité un retour sur ce site pour réaliser des images et des prélèvements de laminaires, afin de déterminer l'éventuelle trace d'une pollution chimique.

L'objectif de cette collecte d'images est de décrire la nature des fonds et de réaliser l'inventaire faunistique et floristique pour chaque point. Pour détecter une éventuelle évolution du milieu, les résultats seront comparés à ceux obtenus chaque année depuis 2005 pour la phase 1. Concernant la phase 2, l'analyse comparative sera plus précise sur la période 2010 à 2015.

Ce rapport d'expertise rassemble les résultats de l'analyse vidéo des 3 sites suivis en 2015.

2. Présentation des acteurs

Sandrine DERRIEN-COURTEL (MNHN Concarneau)	Responsabilité scientifique Expertise taxonomique Relecture du rapport
Elodie CATHERINE (MNHN Concarneau)	Analyse des vidéos Expertise taxonomique Rédaction du rapport

3. Matériel et méthodes

Les prises de vues ont été réalisées au moyen d'une caméra vidéo sous-marine dans un rayon moyen de 5m autour du point retenu. La Figure 1 ci-dessous indique la localisation des points maintenus dans le suivi vidéo et ceux abandonnés en 2015.

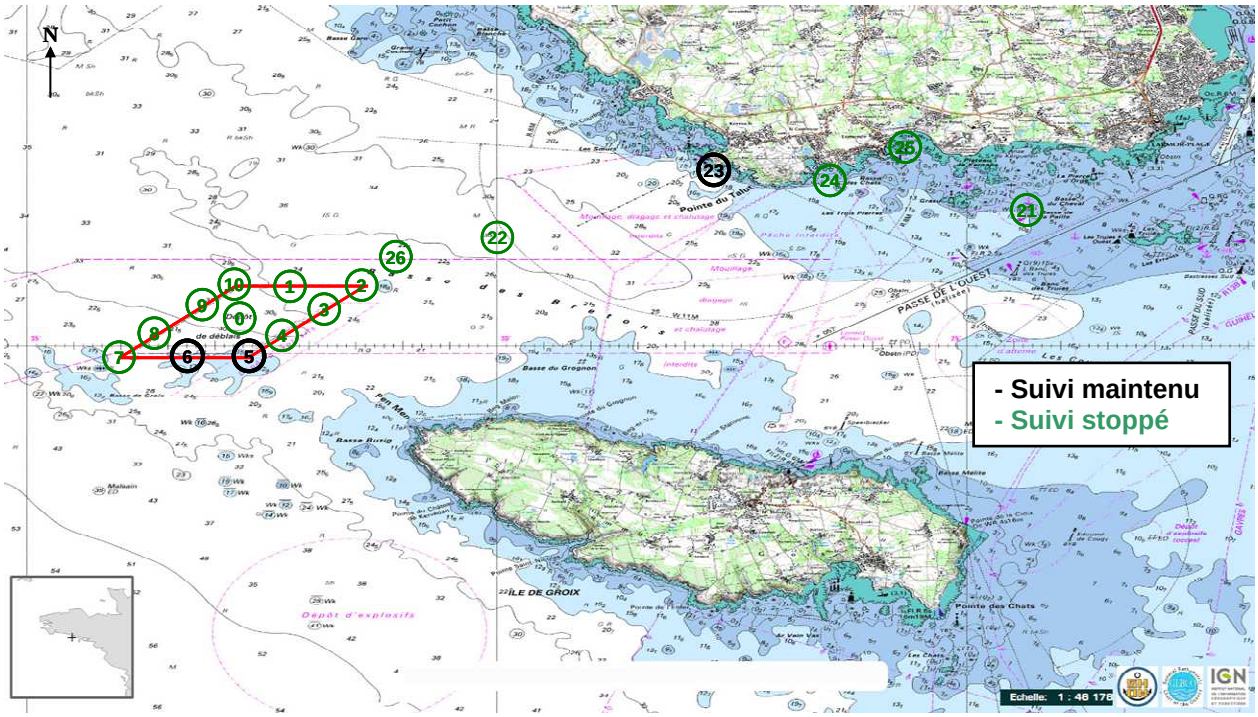


Figure 1 : Localisation des 3 stations suivies en 2015 et des 14 stations abandonnées

Le visionnage des vidéos a permis de recueillir des informations sur la topographie et la nature des fonds. Pour la phase 1, un inventaire simplifié de la faune et de la flore a été réalisé en essayant de suivre, autant que faire se peut la méthode utilisée par la station IFREMER de La Trinité-sur-Mer, pour permettre une comparaison avec les années précédentes. Pour la phase 2, le même type d'inventaire a été réalisé de 2013 à 2015. Ces inventaires sont accompagnés d'un indice d'abondance pour chaque groupe taxonomique retenu. En parallèle, une liste, la plus précise possible en termes de classification systématique, a été dressée pour chaque station.

Pour répondre aux attentes concernant une possible évolution, que ce soit au niveau de la topographie, de la nature des fonds, des biocénoses rencontrées et d'autant plus concernant les indices d'abondance utilisés par l'équipe d'Ifremer, il s'est avéré nécessaire de visionner des vidéos antérieures, en l'occurrence les séquences des années 2010 à 2012 qui nous ont été transmises. Lorsque nous observons un taxon non décrit par l'opérateur précédent, nous visualisons les vidéos de 2010 à 2012, pour vérifier sa présence et son indice d'abondance.
Ayant à disposition les images de 2010 à 2015, l'analyse comparative est plus précise sur cette période.

Les échanges précédant la collecte de données de 2014, ont permis de faire évoluer le protocole notamment pour les sites rocheux afin de connaître la profondeur corrigée du fond sédimentaire et d'évaluer approximativement la limite d'extension en profondeur des laminaires ou de certaines grandes algues brunes. Ces informations sont utiles pour détecter d'éventuelles remontées sédimentaires et de possibles variations concernant l'étagement des peuplements subtidaux de substrat dur (*cf.* Annexe I). Ce dernier paramètre est notamment adéquat pour mesurer les variations de turbidité (Derrien-Courtel et *al.*, 2013) et est, entre autres, utilisé dans différents programmes de suivi tels que le REseau BENThique (REBENT) et la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) (Le Gal et Derrien-Courtel, 2015).

La mise en perspective avec des biotopes et biocénoses situées à des latitudes équivalentes est ici difficile étant donné le peu de précision concernant l'identification des taxons. Cependant, pour les stations rocheuses, on se référera aux Cahiers naturalistes de Bretagne « La vie sous-marine en Bretagne – Découverte des fonds rocheux » (Castric et *al.*, 2001) pour décrire les biotopes rocheux en fonction de la biocénose identifiée. Les résultats recueillis dans le cadre du REBENT pourront être utiles concernant l'étagement algal.

4. Résultats de l'analyse de la vidéo de la station 23 Kerroc'h

Un tableau récapitulant les inventaires simplifiés réalisés depuis 2005 ainsi que la liste détaillée des taxons inventoriés en 2013, 2014 et 2015 se trouvent en annexes II et III.

Cette année, la vidéo ne comprend pas la partie profonde qui avait été à nouveau filmée en 2014.
En effet, en 2014, la profondeur maximum filmée était de -16m C.M.. En 2015, d'après le rapport des plongées et les profondeurs relevées sur la vidéo, la profondeur maximum filmée est de -9m C.M..
Le fond sédimentaire est constitué de sable, de nombreux débris coquilliers de moules et de galets. De volumineux blocs de roche suivis de roche mère traversée de couloirs formant des tombants composent le fond dur de ce site.
Le dépôt est toujours très important sur la roche.

Dépôt sédimentaire important sur la roche

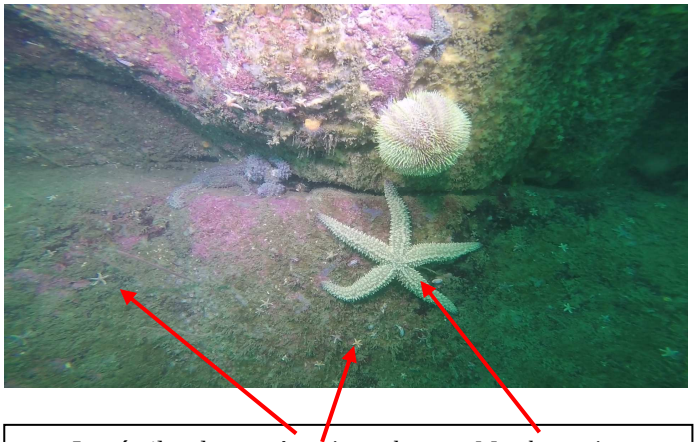
A -9m C.M., la laminaire *Laminaria hyperborea* est observée avec une densité supérieure à 3 pieds au m², ce qui définit l'étage infralittoral supérieur. Cette algue est donc observée un peu plus profondément qu'en 2014, puisque *Laminaria hyperborea* était relevée à -7,8m C.M..

L'algue annuelle *Saccorhiza polyschides* n'a pas été identifiée cette année contrairement à 2014. L'algue brune, *Halidrys siliquosa*, affectionnant la proximité du sable, est à nouveau observée comme en 2011, 2012 et 2013. *Cystoseira baccata* est bien visible cette année et forme avec la laminaire une strate arbustive bien dense au début de la vidéo.

Laminaire et *Cystoseira baccata*

La sous-strate algale ressemble bien à celle observée en 2010, 2011 et 2012 avec des nombreuses algues rouges en lame *Delesseria sanguinea*, *Dilsea carnosa* et des algues rouges filamenteuses non identifiables. L'algue brune *Dictyopteris polypodioides* est moins visible contrairement à *Dictyota dichotoma* qui est commune. Les tapis bien denses constitués par la rhodophyte *Calliblepharis ciliata* en 2013 ne sont plus observés. On note la présence d'algues calcaires dressées de la famille des Corallinaceae.

Concernant la faune, on rencontre de nombreuses étoiles de mer (*Marthasterias glacialis* et énormément *Asterias rubens*), quelques oursins (*Echinus esculentus*) et de nombreux gastéropodes *Felimida krohni* prédateur d'éponges. Des anémones (*Corynactis viridis*) et des alcyons (*Alcyonium digitatum*) sont visibles sur les tombants. On relève également des bryozoaires en épibionte sur les algues, quelques poissons et ascidies non identifiables sur la vidéo. Aucune moule n'est identifiée cette année.



Les étoiles de mer *Asterias rubens* et *Marthasterias glacialis* et l'oursin *Echinus esculentus*,

Planche I : Illustrations de la station N°23 Kerroc'h

5. Résultats de l'analyse des vidéos sous-marines des Points 5 et 6 de la zone d'immersion

L'analyse comparative concerne la période 2010-2015. Un tableau récapitulant les inventaires simplifiés ainsi que la liste détaillée des taxons inventoriés par station de 2013 à 2015, se trouvent en Annexes IV et V.

Etat des lieux :

Ces deux points sont situés au sud de la zone d'immersion, sur des fonds rocheux (roche mère, blocs et galets) à une profondeur de -25m C.M.. On se trouve dans la zone à laminaires denses qui correspond à la ceinture de l'infralittoral supérieur. La sous-strate algale est bien développée sur l'ensemble de ces 2 sites. Des cuvettes de sable ou des plaquages sur la roche sont bien visibles.

P6 : Placages de sable sur la roche

Les peuplements observés sont assez similaires sur ces 2 sites. Pour les algues brunes, les taxons identifiés sont *Laminaria hyperborea* qui est commune sur P5 et plus abondante sur P6, les dictyotales *Dictyopteris polypodioides* identifiée uniquement sur P6 et *Dictyota dichotoma*, et des algues brunes encroûtantes sur P6. Concernant les rhodophytes, des algues filamenteuses (*Heterosiphonia plumosa*) et en lame (*Callophyllis laciniata*, *Delesseria sanguinea*, *Dilsea carnosa*, *Rhodymenia pseudopalmata* et *Cryptopleura ramosa*) sont identifiées essentiellement sur P6. Ces algues sont sans doute présentes sur P5 mais les images ne permettent pas leur identification. Les algues rouges encroûtantes (Lithothamniés) sont également bien visibles sur ces deux sites.

Sept embranchements sont identifiés pour la faune : les spongiaires (*Cliona celata* et *Pachymatisma johnstonia*) observés sur P6 ; les cnidaires gorgone *Eunicella verrucosa*, alcyon *Alcyonium digitatum* et hydraires ; des échinodermes avec des oursins *Echinus esculentus* abondants et l'étoiles de mer *Luidia ciliaris* présente sur P6 ; des bryozoaires encroûtants (*Membranipora membranacea*), des annélides sédentaires (*Spirorbis* sp.) et quelques gastéropodes sur les frondes de laminaire ; des poissons (quelques labres *Centrolabrus exoletus* et *Ctenolabrus rupestris*).

P6 : L'étoile de mer *Luidia ciliaris* au centre et le spongiaire gris en bas à droite *Pachymatisma johnstonia*

Evolution :

- Point N° 5 :

La sous-strate algale est moins dense qu'en 2014 et retrouve l'aspect des années précédentes. Des langues de sables étaient visibles en 2013 et 2014 ce qui n'est pas le cas en 2015.
Des laminaires en très mauvais état de santé avaient été observées aux environs des -19m C.M. en 2014. En 2015, cette profondeur ne semble pas avoir été prospectée. Les laminaires ne présentent pas de problème particulier de nécrose.

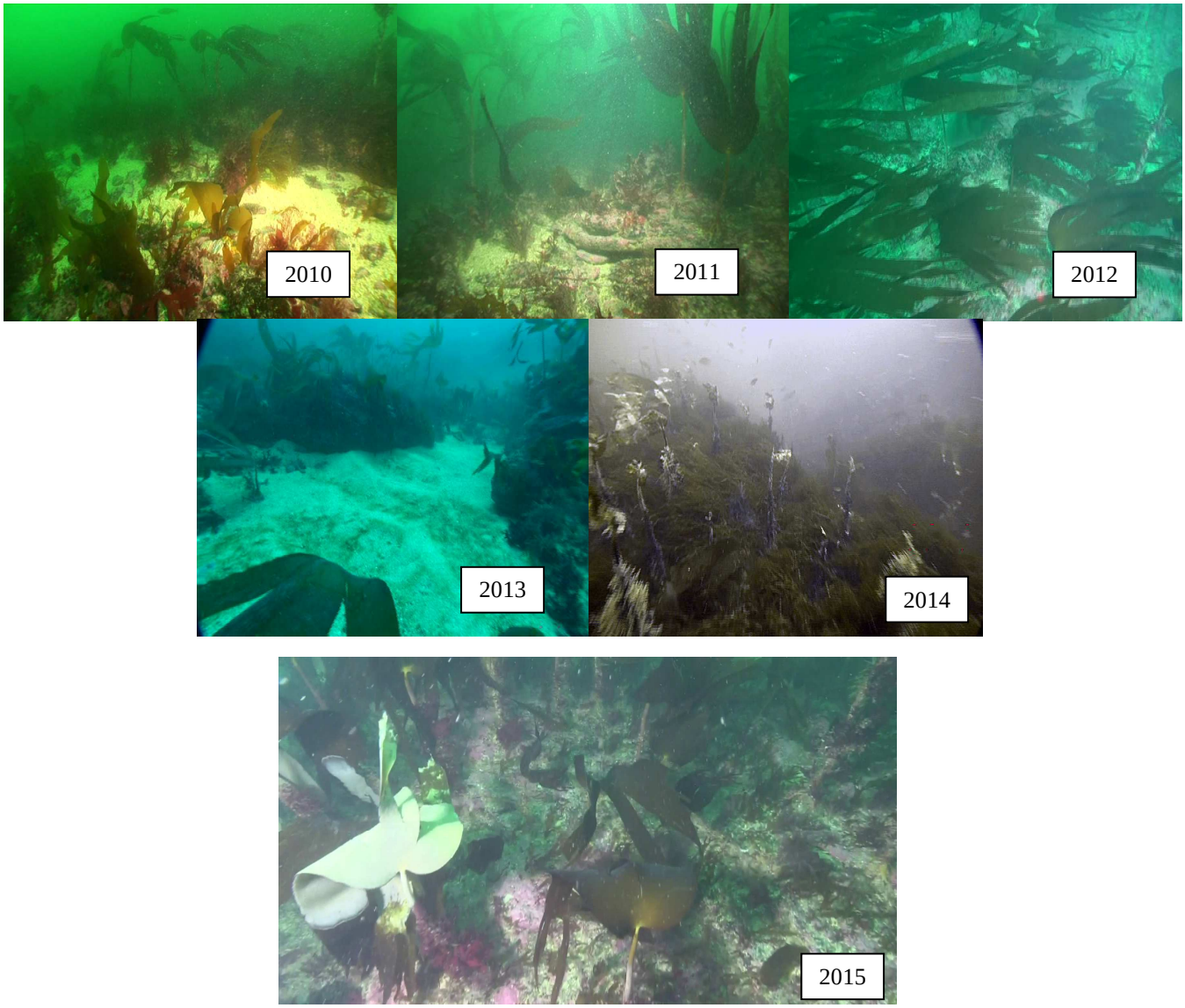


Planche II : Illustrations du Point 5 de la zone d'immersion
(Image 2014 : retouches de netteté et colorimétriques)

- Point N°6:

L'analyse comparative des vidéos de 2010 à 2015 ne détecte pas de changements flagrants concernant des variations de dépôts sédimentaires ou de peuplement. Selon les zones filmées, on observe des variations de densité notamment de la sous-strate algale, ceci pouvant être dû à une influence plus ou moins forte du sable à proximité (recouvrement du substrat, phénomène abrasif). La qualité des images est très bonne en 2015 en raison d'une bonne visibilité et d'une vitesse de progression adaptée.

Planche III : Illustrations du Point 6 de la zone d'immersion

6. Discussion – limites de l'expertise

Les points suivants sont à prendre en considération pour modérer les attentes vis-à-vis des données recueillies :

- le caractère ponctuel dans le temps et l'espace des images vidéo
- le biais engendré par des périodes différentes de prises de vue (pour la phase 1 : 2005 et 2006 : printemps ; 2007 : fin d'été ; 2008 à 2011, 2014 et 2015 : juin ; 2012 : début septembre ; 2013 : début juillet)
- des images peu ou pas utilisables en raison de problèmes techniques (éclairage, qualité, distance au substrat…) ou de conditions environnementales défavorables (turbidité trop importante, algues en épave)

Les changements d'opérateur pour les prises de vue en 2008 et 2012 et pour l'analyse des images en 2013, peut également engendrer un biais « observateur ». L'utilisation d'un indice d'abondance est ici délicate puisque subjective : en effet, elle repose sur un ressenti visuel et non sur une méthode quantitative. Cet indice est cependant intéressant dans la perspective d'une tendance dans le temps. Le changement d'opérateur fragilise cette expertise mais ceci est toutefois temporisé par un effort de calibrage, avec l'indice d'abondance utilisé par Ifremer, grâce au visionnage des séquences de 2010 à 2012.

La mise en place de « témoins » (bouées numérotées, coordonnées GPS) est souhaitable (transect matérialisant le trajet du caméraman-plongeur, à condition qu'il soit positionné au même endroit chaque année) pour la station de Kerroc'h. En effet, cette année la partie profonde de ce site n'a pas été filmée et une zone supplémentaire a peut-être été prospectée.

Il faut également garder à l'esprit que la méthode d'inventaire vidéo reste limitée pour évaluer des changements de biocénose, changements pouvant être provoqués sans modification importante de la topographie ou de la nature du fond. Les séries de données obtenues permettent de détecter exclusivement des changements flagrants de densité de gros spécimens identifiables à l'espèce ou de groupes taxonomiques tels que les grandes algues brunes, les zostères, les ophiures … et non des modifications de la composition spécifique de la flore ou de la faune de plus petite taille ou endogée.
Des données précises sur l'étagement des peuplements de substrat dur (*cf.* Annexe I), recueillies par des mesures *in situ* des profondeurs limites des ceintures algales, permettraient d'évaluer des variations de turbidité et donc de renforcer le suivi déjà mis en place. Une modification du protocole vidéo est en application depuis 2014 afin de produire des données permettant d'appréhender des changements concernant l'extension en profondeur des grandes algues brunes et une éventuelle remontée sédimentaire. Cette année, il a été partiellement appliqué sur le site rocheux N°23 Kerroc'h.

Dans le but d'établir une description de la topographie et de la nature du fond ainsi qu'un inventaire faunistique et floristique le plus complet possible par la vidéo, il était recommandé, lors de conditions favorables de visibilité, de coupler des vues d'ensemble et des images rasantes du substrat, qu'il soit meuble ou dur, ainsi que d'effectuer des arrêts pendant la progression pour obtenir des images plus nettes. Des efforts notables pour appliquer ces recommandations ont été utiles pour réaliser les inventaires.

7. Conclusion

Depuis 2005, la réalisation de séquences vidéos sur les 6 stations de la radiale entre l'embouchure du Port de Lorient et le site d'immersion au Nord-Ouest de L'Île de Groix et les 11 points de la zone d'immersion ont permis, chaque année, de décrire sommairement la biocénose (caractéristiques des peuplements) et le biotope correspondant (caractéristiques physiques). En 2015, le suivi a été maintenu sur 3 sites à fond rocheux.

En 2015, le dépôt de particules reste très important sur la station 23 Kerroc'h. La partie profonde n'a pas été filmée contrairement aux années 2010, 2011 et 2014. La vidéo montre une zone riche en algue brune *Cystoseira baccata* qui est typique des milieux abrités à moyennement battus sous influence sédimentaire. Cette zone est-elle prospectée pour la première fois ou y aurait-il une influence sédimentaire plus importante sur ce site ? Aucun changement de topographie n'a été détecté par la vidéo.

Les points 5 et 6 de la zone d'immersion présentent toujours le même biotope, à savoir un fond rocheux occupé par une ceinture à laminaires denses, sous influence sédimentaire.
Les variations de conditions de prises de vue limitent l'analyse comparative. La donnée vidéo ne permet pas de conclure sur l'existence de changement significatif concernant la composition des peuplements de substrat rocheux.
La profondeur atteinte par les laminaires *Laminaria hyperborea* sur ces 2 points reste comparable à celle atteinte sur des sites considérés comme peu turbides en Bretagne Sud. Au Point 5, la perturbation détectée en 2014 concernant l'état de santé des laminaires, n'est pas visible cette année. Cependant, la profondeur de -19m C.M. où avaient été observées les laminaires nécrosées, ne semble pas avoir été prospectée en 2015.

Bibliographie

- Castric-Fey A., Girard-Descatoire A., L'Hardy-Halos M.-TH., Derrien-Courtel S., 2001. La vie sous-marine en Bretagne – Découverte des fonds rocheux. Les Cahiers Naturalistes de Bretagne n°3, Conseil Régional de Bretagne, Biotope édit., 176p.
- Castric-Fey A., Girard-Descatoire A., Lafargue F., 1978. Les peuplements sessiles de l'archipel de Glénan. Répartition de la faune dans les différents horizons. Vie et Milieu, 28-29 (1) ser AB : pp 51-67.
- Castric-Fey A., Girard-Descatoire A., Lafargue F., L'Hardy-Halos M.-TH., 1973. Etagement des algues et des invertébrés sessiles dans l'archipel de Glénan. Définitions biologiques des niveaux bathymétriques. Helgoländer Wissenchaftliche Meeresunterschungen, 24, pp.490-509.
- Derrien-Courtel S., Le Gal A., Grall J., 2013. Regional-scale analysis of subtidal rocky shore community. Helgoland marine research, pp. 1-16.
- Le Gal A. et Derrien-Courtel S., 2015. Quality Index of Subtidal Macroalgae (QISubMac) : A suitable tool for ecological quality status assessment under the scope of the European Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin 101 (1): 334-348.

Annexe I : Typologie des ceintures algales

L'étagement des peuplements subtidaux a été défini grâce aux travaux d'Annie Castric-Fey et ses collaborateurs (Castric-Fey et *al*., 1973, 1978, 2001).

Ceinture algale	**Eau peu turbide**		**Eau très turbide**
	Site exposé	*Site abrité*	
Frange infralittorale (facultative) =Niveau 1	Présence de *Laminaria digitata*	Présence de *Laminaria digitata* ou de *Padina pavonica*	Présence de *Padina pavonica*
Infralittoral supérieur =Niveau 2	"Forêt de laminaires denses" : Laminaires (*Laminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca* et *Saccorhiza polyschides*) densité ≥ 3/m²	Champs de *Cystoseira spp.* et *Halidrys siliquosa (*≥ 3ind/m²)	*Sargassum muticum* et/ou *Halidrys siliquosa*, parfois associées avec *Laminaria hyperborea*, et/ou *Saccorhiza polyschides* (≥ 3ind/m²). Sous-strate composée d'algues rouges sciaphiles
Infralittoral inférieur =Niveau 3	"Forêt de laminaires clairsemées" : Laminaires (L*aminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca* et *Saccorhiza polyschides*) densité <3/m²	Champs de *Solieria chordalis* (<3ind/m²)	Rares *Sargassum muticum* et/ou *Halidrys siliquosa* éparses (<3ind/m²). Abondance de l'algue rouge sciaphile *Solieria chordalis* et de la faune fixée
Circalittoral côtier =Niveau 4	Absence de laminaires et présence d'algues sciaphiles (*Dictyopteris polypodioides*, *Rhodymenia pseudopalmata*…), prédominance de la faune fixée	Absence de *Solieria chordalis* et présence d'algues sciaphiles (*Dictyopteris polypodioides*, *Rhodymenia pseudopalmata*…), prédominance de la faune fixée	Dominance de la faune fixée, algues foliacées rares
Circalittoral du large =Niveau 5	Algues dressées absentes. Apparition de faune sciaphile	Algues dressées absentes. Apparition de faune sciaphile	Dominance de la faune fixée, algues dressées absentes

Annexe II : "Caractéristiques et variations des peuplements sur la station 23 Kerroc'h"

	Station 23 Kerroc'h										
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Inventaire floristique simplifié											
ALGUES ROUGES											
Algues rouges encroûtantes											
Algues rouges épigées											
ALGUES BRUNES											
Laminaires											
Fucales											
Dictyotales*											
Algues brunes filamenteuses*											
ALGUES VERTES											
Ulves											
PHANEROGAMMES											
Zostera marina											
Inventaire faunistique simplifié											
SPONGIAIRES											
COELENTERES											
Actiniaires											
Alcyonnaires	alcyon	alcyon		gorgone		alcyon	alcyon gorgone			alcyon	alcyon gorgone
BRYOZOAIRES*											
Bryozoaires encroûtants*						épibionte	épibionte	épibionte		épibionte	épibionte
ECHINODERMES											
Oursins											
Etoiles de mer											
Ophiures											
Holothuries											
ANNELIDES											
Errantes											
Sédentaires											
ARTHROPODES											
Crustacés						balanes	balanes			balanes	
MOLLUSQUES											
Gastéropodes											
Bivalves	moules	moules	moules	moules	moules			moules		moules	
TUNICIERS*											
Ascidies*											
VERTEBRES											
Poissons											

non observé
présent
abondant
dominant

* Taxons identifiés depuis 2013 ou 2014

Annexe III : Liste des taxons identifiés sur la station 23 Kerroc'h – Années 2013 à 2015

Station	Inventaire simplifié	Phylum	Taxons identifiés en 2013	Taxons identifiés en 2014	Taxons identifiés en 2015
23	Algues rouges encroûtantes	Rhodophyta	Hapalidiaceae (Lithothamniés)	Hapalidiaceae (Lithothamniés)	Hapalidiaceae (Lithothamniés), Algues brunes encroûtantes (Zanardinia typus?)
	Algues rouges épigées	Rhodophyta	*Delesseria sanguinea* , *Calliblepharis ciliata* , *Dilsea carnosa*	*Rhodymenia* sp.*, *Delesseria sanguinea* , *Heterosiphonia plumosa** , *Dilsea carnosa* , *Phyllophora crispa*	*Dilsea carnosa* , *Kallymenia reniformi* , *Delesseria sanguinea* , *Callophyllis laciniata* , Algues rouges filamenteuses, Corallinaceae, *Rhodymenia pseudopalmata* (sur stipe)
	Laminaires	Ochrophyta	*Laminaria hyperborea* , *Saccorhiza polyschides*	*Laminaria hyperborea,* Saccorhiza polyschides	*Laminaria hyperborea*
	Fucales	Ochrophyta	*Halidrys siliquosa*		*Cystoseira baccata, Halidrys siliquosa*
	Dictyotales	Ochrophyta	*Dictyopteris polypodioides, Dictyota dichotoma*	*Dictyota dichotoma** , *Dictyopteris polypodioides*	*Dictyota dichotoma* , *Dictyopteris polypodioides*
	Algues vertes	Chlorophyta	*Ulva* sp.	*Ulva* sp.	*Ulva sp.*
	Spongiaires	Poryfera	Eponges encroûtantes	*Cliona celata*	Très probablement *Haliclona (Haliclona) oculata* (Abondante), éponges encroûtantes
	Actiniaires	Cnidaria		*Corynactis viridis*	*Corynactis viridis*
	Alcyonnaires	Cnidaria		*Alcyonium digitatum* , *Eunicella verrucosa**	*Alcyonium digitatum*
	Hydraires	Cnidaria			*Hydraires indéterminés* (sur Algues brunes)
	Bryozoaires encroûtants	Bryozoa		Bryozoaires encroûtants	*Membranipora membranacea (sur lame)*
	Bryozoaires gélatineux	Bryozoa		*Alcyonidium* sp.*	
	Oursins	Echinodermata	*Echinus esculentus*	*Echinus esculentus*	*Echinus esculentus*
	Etoiles de mer	Echinodermata	*Marthasterias glacialis* , *Asterias rubens*	*Asterias rubens* , *Marthasterias glacialis*	*Marthasterias glacialis, Asterias rubens* (Abondante)
	Holoturies	Echinodermata		*Aslia lefevrii**	
	Annélides sédentaires	Annelida			Serpulidae
	Crustacés	Arthropoda		Balanomorpha	
	Gastéropodes	Mollusca	Trochidae	*Mytilus* sp.	*Felimida krohni* (Abondant), Trochidae
	Ascidies	Chordata			Ascidies indéterminées
	Poissons	Chordata	*Trisopterus luscus*	*Ctenolabrus rupestris** , *Labrus bergylta*	Poissons indéterminés

* : Taxons observés uniquement au-delà de la profondeur de référence -6m C.M..

Annexe IV : Inventaires simplifiés des peuplements pour les Points 5 et 6 du site d'immersion – Années 2013 à 2015

Inventaire simplifié	P5			P6		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Inventaire floristique						
ALGUES ENCROUTANTES	rouge	rouge	rouge	rouge, brune ?	rouge	rouge, brune
ALGUES ROUGES						
Algues rouges épigées						
ALGUES BRUNES						
Laminaires						
Dictyotales		T				
Inventaire faunistique						
SPONGIAIRES						
COELENTERES						
Actiniaires						
Alcyonnaires		Gorgone	Alcyon	Gorgone		Gorgone
Hydraires						
Madréporaires						
BRYOZOAIRES						
Bryozoaires encroûtants		épibionte	épibionte		épibionte	épibionte
Bryozoaires dressés						
ECHINODERMES						
Oursins						
Etoiles de mer						
Ophiures						
Holothuries						
ANNELIDES						
Annélides sédentaires			épibionte			
ARTHROPODES						
Crustacés						
MOLLUSQUES						
Gastéropodes						
VERTEBRES						
Poissons						

	non observé
	présent
	commun
	abondant
T	Très abondant

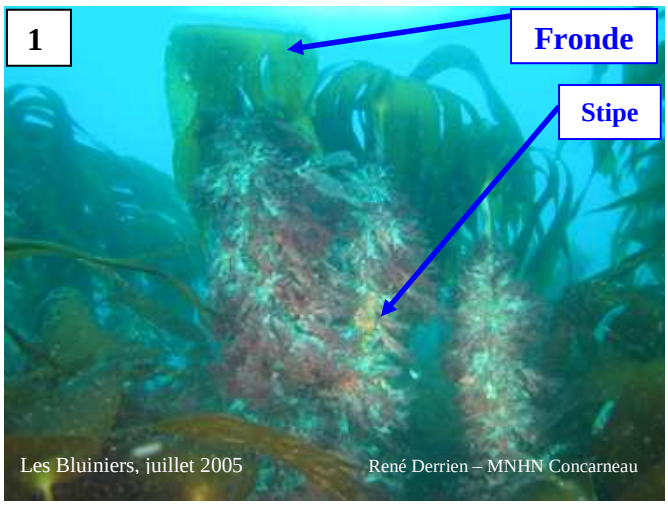
Annexe V : Liste des taxons identifiés sur les Points 5 et 6 de la zone d'immersion - Années 2013 à 2015

Point	Inventaire simplifié	Phylum	Taxons identifiés en 2013	Taxons identifiés en 2014	Taxons identifiés en 2015
P5	Algues rouges encroûtantes	Rhodophyta	Hapalidiaceae (Lithothamniés)	Hapalidiaceae (Lithothamniés)	Hapalidiaceae (Lithothamniés)
	Algues rouges épigées	Rhodophyta	*Callophyllis laciniata, Heterosiphonia plumosa* (?)	Algues rouges en lame	Algues rouges en lame, *Callophyllis laciniata* , *Heterosiphonia plumosa*
	Laminaires	Ochrophyta	*Laminaria hyperborea*	*Laminaria hyperborea* (nombreuses nécroses à -19m C.M.)	*Laminaria hyperborea* (dont deux au stade 3* et un au stade 4*)
	Dictyotales	Ochrophyta	*Dictyopteris polypodioides*	*Dictyopteris polypodioides*	*Dictyopteris polypodioides*
	Spongiaires	Poryfera	*Cliona celata (*?)	*Cliona celata, Pachymatisma johnstonia*	
	Alcyonnaires	Cnidaria		*Eunicella verrucosa*	*Alcyonium digitatum*
	Hydraires	Cnidaria	*Gymnangium montagui (*?)		Hydraires indéterminés (sur stipe)
	Bryozoaires encroûtants	Bryozoa		Bryozoaires encroûtants (sur les lames de laminaires)	Bryozoaires encroûtants (*Membranipora membranacea* sur les lames de laminaires)
	Bryozoaires dressés	Bryozoa		*Pentapora fascialis*	
	Oursins	Echinodermata		*Echinus esculentus*	*Echinus esculentus*
	Etoiles de mer	Echinodermata		*Luidia ciliaris, Marthasterias glacialis* et autres	
	Holothuries	Echinodermata	*Holothuria (Panningothuria) forskali*	*Aslia lefevrii* , *Holothuria (Panningothuria) forskali*	
	Annélides sédentaires	Annelida	*Chaetopterus variopedatus* (?)		*Spirorbis* sp. (sur lame)
	Gastéropodes	Mollusca	Trochidae		
	Poissons	Chordata	Ctenolabrus rupestris	*Symphodus melops* , *Labrus mixtus* , *Labrus bergylta* , *Ctenolabrus rupestris* , *Centrolabrus exoletus*	Labres (*Ctenolabrus rupestris*)
P6	Algues encroûtantes	Flora	Hapalidiaceae (Lithothamniés), Algues brunes encroûtantes (?)	Hapalidiaceae (Lithothamniés), Algues brunes encroûtantes (?)	Hapalidiaceae (Lithothamniés), Algues brunes encroûtantes
	Algues rouges épigées	Rhodophyta	*Delesseria sanguinea* , *Callophyllis laciniata* , *Dilsea carnosa*	Algues rouges en lame et filamenteuses	*Heterosiphonia plumosa* , *Callophyllis laciniata* , *Delesseria sanguinea* , *Dilsea carnosa* , *Rhodymenia pseudopalmata* et *Cryptopleura ramosa* sur stipe
	Laminaires	Ochrophyta	*Laminaria hyperborea* (une au stade 4)	*Laminaria hyperborea*	*Laminaria hyperborea* (dont une au stade 3* et une au stade 4*)
	Dictyotales	Ochrophyta	*Dictyopteris polypodioides*	*Dictyopteris polypodioides*	*Dictyopteris polypodioides, Dictyota dichotoma*
	Spongiaires	Poryfera	*Cliona celata* , *Pachymatisma johnstonia* , autres éponges encoûtantes	*Cliona celata*	*Cliona celata, Pachymatisma johnstonia*
	Alcyonnaires	Cnidaria	*Eunicella verrucosa*		*Eunicella verrucosa*
	Hydraires	Cnidaria			Hydraires indéterminés (sur lames et stipes de laminaires)
	Bryozoaires encroûtants	Bryozoa		Bryozoaires encroûtants (sur les lames de laminaires)	Bryozoaires encroûtants (*Membranipora membranacea* sur les lames de laminaires)
	Oursins	Echinodermata	*Echinus esculentus*	*Echinus esculentus*	*Echinus esculentus*
	Etoiles de mer	Echinodermata	*Henricia* sp.		*Luidia ciliaris*
	Holothuries	Echinodermata	*Holothuria (Panningothuria) forskali*		
	Gastéropodes	Mollusca	Trochidae		Trochidae (sur lame)
	Poissons	Chordata	*Ctenolabrus rupestris* , *Labrus bergylta*	*Ctenolabrus rupestris* , *Labrus bergylta*	Labres *(Centrolabrus exoletus, Ctenolabrus rupestris)*

* Stades de nécrose *cf.* Annexe VI p. 19

Annexe VI : Les différents stades de nécroses de *Laminaria hyperborea*

➔ Une laminaire *Laminaria hyperborea* en bonne santé : photo **1 = stade 1**



➔ Une laminaire *Laminaria hyperborea* peut-être "malade" : photos **2**, **3** et **4 :**

2- avec une fronde en partie « nécrosée » = **stade 2**
3- avec une fronde quasiment totalement disparue = **stade 3**
4- avec une fronde totalement disparue = **stade 4**

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°8

Chimie et peuplement benthique

Surveillance physico-chimique et benthique sur trois stations à proximité du site d'immersion

Résultats 2015

Suivi

Rapport définitif - Octobre 2015

GROIX

Suivi 2015 du site d'immersion des produits de dragages au large de Groix "Surveillance chimique et peuplements benthiques "

Suivi 2015 du site d'immersion des produits de dragages au large de Groix

« Surveillance chimique et peuplements benthiques »

RAPPORT DEFINITIF

Septembre 2015

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable : en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de *In Vivo* ne saurait engager la responsabilité de ce dernier.

Crédit photographique : In Vivo (sauf mention particulière)

Auteurs

Claire ETIENNE	Chargée d'études – Benthologue – Acquisition, traitement, interprétation et rédaction (analyses biologiques et géochimiques)
Amélie BERTIN	Responsable laboratoire - Technicienne de laboratoire - Acquisition, traitement, interprétation (analyses granulométriques)

ZA La grande Halte
29940 La FORET FOUESNANT
Tel : 02.98.51.41.75
Fax : 02.98.51.41.55

128 ZA les Castors
Quartier le Beau Vézé
83320 Carqueiranne
Tel : 04.42.71.31.25
Fax : 04.42.08.04.65

mail : info@invivo-environnement.com
Site web : www.invivo-environnement.com

Table des matières

1 INTRODUCTION 6

2 MATERIELS ET METHODES 7

2.1 MOYENS A LA MER 7

2.2 DATES D'INTERVENTION 7

2.3 PRELEVEMENTS ET ANALYSES DE SEDIMENTS 7
2.3.1 Acquisition des données 8
2.3.2 Plan de position des stations de prélèvements 9

2.4 ANALYSES GRANULOMETRIQUES 10

2.5 ANALYSES GEOCHIMIQUES 12
2.5.1 Rappel sur le contexte réglementaire 12
2.5.2 Les niveaux de référence et leurs conditions d'utilisation 12
2.5.3 Démarche d'analyse des risques 14

2.6 INVENTAIRES BIOLOGIQUES 16
2.6.1 Indices de diversité 16
2.6.2 Indices basés sur les groupes écologiques 17
2.6.3 Classification des habitats en présence 22

3 RESULTATS 24

3.1 ANALYSES GRANULOMETRIQUES 24

3.2 ANALYSES GEOCHIMIQUES 25
3.2.1 Eléments traces métalliques et PCB 25
3.2.2 Tributylétain TBT 28
3.2.3 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) 29
3.2.4 Score de risque 30
3.2.5 Pollution organique 30

3.3 INVENTAIRES BIOLOGIQUES 32
3.3.1 Composition du peuplement de substrats meubles 32
3.3.2 Description des espèces déterminantes 42
3.3.3 Classification des peuplements 45
3.3.4 Comparaison entre 2010 et 2015 47

4 SYNTHESE DES RESULTATS 51

5 BIBLIOGRAPHIE 53

6 ANNEXES 60

6.1 RESULTATS DES ANALYSES GEOCHIMIQUES 60

6.2 FICHES GEODRISK 61

7 FICHE SIGNALETIQUE ET DOCUMENTAIRE 62

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Illustration des prélèvements 7
Figure 2 : Plan de position des stations de prélèvement 9
Figure 3: Illustration du traitement en laboratoire : séchage en étuve et tamisage. 11
Figure 4 : Arbre de décision « Geodrisk » (Alzieu et Quiniou, 2001) 15
Figure 5 : Modèle des Indices biotiques montrant l'importance relative des différents groupes écologiques 19
Figure 6 : Base écologique de l'indice AMBI (Borja et al., 2000) 20
Figure 7 : Abondance et richesse spécifique sur les stations d'études 32
Figure 8 : Répartition de la richesse spécifique selon le groupe zoologique 34
Figure 9 : Répartition de l'abondance selon le groupe zoologique 34
Figure 10 : Indice de diversité de Shannon (gauche) et d'Equitabilité (droite) sur les stations d'étude 35
Figure 11 : Modèle DIMO appliqué aux stations 36
Figure 12 : Répartition des groupes écologiques selon les stations d'étude et valeur moyenne de l'AMBI 37
Figure 13 : Synthèse des niveaux de perturbation selon les stations d'étude 38
Figure 14: Représentations du M-AMBI sur les stations d'étude 1 et 2 39

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques de la méthode de prélèvement à la benne Day. 8
Tableau 2 : Coordonnées des points de prélèvements 9
Tableau 3 : Classification granulométrique (IN VIVO, d'après Wentworth). 10
Tableau 4 : Niveaux relatifs aux éléments traces 13
Tableau 5 : Niveaux relatifs aux polluants organiques 13
Tableau 6 : Niveaux relatifs aux HAP 13
Tableau 7 : Classes des scores de risques (Alzieu et Quiniou, 2001) 15
Tableau 8 : Equivalence entre les valeurs de l'AMBI et les différents états écologiques 20
Tableau 9 : Synthèse des valeurs de l'EcoQ pour l'indice de Shannon (Molvaer et al., 1997), de l'AMBI 21
Tableau 10 : Faciès granulométriques des stations de prélèvement 24
Tableau 11 : Résultats de la teneur matière organique pour chaque échantillon prélevés en 2015 30
Tableau 12 : Définition des classes ou indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003) d'après TBM, 2013 30
Tableau 13 : Paramètres de richesse spécifique et d'abondance des espèces sur les stations d'étude 32
Tableau 14 : Abondances totales des espèces dominantes sur les stations (nb d'individus dans 0,5 m^2) 33
Tableau 15 : Valeurs de l'indice de Shannon et de l'Equitabilité 35
Tableau 16 : Synthèse de la répartition des espèces selon le groupe écologique, ... 38
Tableau 17 : Valeurs du M-AMBI sur les stations d'étude et valeurs de références 39
Tableau 18: Estimation de la richesse spécifique et de l'abondance d'états de référence 40
Tableau 19: Synthèse des paramètres écologiques 40
Tableau 20 : Répartition des groupes écologiques et valeur d'I2EC par station 40
Tableau 21 : Tableau récapitulatif des biocénoses rencontrées et leur codification (station 1) 45
Tableau 22 : Tableau récapitulatif des biocénoses rencontrées et leur codification (station 2) 45
Tableau 23 : Tableau récapitulatif des biocénoses rencontrées et leur codification (station 3) 46
Tableau 24 : Récapitulatif 2010-2015 pour la station 1 47
Tableau 25 : Récapitulatif 2010-2015 pour la station 2 47
Tableau 26 : Récapitulatif 2010-2015 pour la station 3 48
Tableau 27 : Récapitulatif de l'évolution des peuplements au sein des trois stations sur les 6 années 50

Liste des planches

Planche 1 : Mise en œuvre des prélèvements à la benne (IN VIVO). *8*
Planche 2 : Mise en œuvre des analyses bio-sédimentaires au laboratoire (IN VIVO). *8*
Planche 3 : Résultats de l'analyse granulométrique de la station 1 ..... *24*
Planche 4 : Résultats de l'analyse granulométrique de la station 2 ..... *24*
Planche 5 : Résultats de l'analyse granulométrique de la station 3 ..... *25*
Planche 6 : Pourcentage de vase (fractions < 63µm) *25*
Planche 7 : Analyses physicochimiques des sédiments 2015 ..... *25*
Planche 8 : Niveaux de contamination des métaux d'après les niveaux de l'arrêté du 14 juin 2000 ..... *28*
Planche 9 : Niveaux de contamination PCB d'après les niveaux de l'arrêté du 17 juillet 2014 ..... *28*
Planche 10 : Niveaux de contamination PCB d'après les niveaux de l'arrêté du 14 juin 2000 ..... *28*
Planche 11 : Niveaux de contamination tributylétain (TBT) d'après l'arrêté du 23 décembre 2009 ..... *29*
Planche 12 : Niveaux de contamination HAP selon l'arrêté du 8 février 2013 ..... *29*
Planche 13 : Niveaux de contamination HAP d'après les niveaux GEODE provisoires *29*
Planche 14 : Niveaux de contamination HAP d'après le programme PNETOX *29*
Planche 15 : Score de risque *30*
Planche 16 : Indices de Pollution organique *31*
Planche 17 : Répartition de l'abondance des espèces sur les stations *32*
Planche 18 : Récapitulatif des richesses spécifiques et des densités entre 2010 et 2015 ..... *32*
Planche 19 : Illustration des espèces récoltées dans les prélèvements *32*
Planche 20 : Classification des espèces en présence et niveaux trophiques associés *33*
Planche 21 : Répartition de l'abondance des différents groupes taxonomiques *34*
Planche 22 : Pourcentages des groupes écologiques *37*
Planche 23 : Indice d'évaluation de l'endofaune côtière (I2EC) *41*

1 INTRODUCTION

Depuis 1997, le site d'immersion situé au nord-ouest de l'île de Groix est utilisé pour accueillir les déblais issus de dragages des ports de la rade de Lorient (Cap Lorient, Région Bretagne, DCNS). La durée d'exploitation du site a été estimée à 30 ans pour un volume moyen annuel de sédiments immergés de l'ordre de 200 000 m^3. Afin de suivre un éventuel impact de l'immersion des déblais de dragage, un suivi annuel du site est réalisé en deux phases depuis 2000 (TBM, 2013).

Cependant, suite au classement de ce site d'immersion en zone NATURA 2000 en mer (site FR5300031) et pour répondre aux objectifs fixés par la DCE, il a été décidé, par le comité de suivi du site d'immersion de réaliser des actions supplémentaires depuis 2009. C'est pourquoi en 2010, des suivis complémentaires (granulométrie, analyses physico-chimiques, peuplements benthiques) ont été mis en place sur trois stations, afin de mieux quantifier les impacts éventuels des immersions sur les habitats marins situés dans les zones alentours (TBM, 2013).

Trois sites ont été choisis :

- Un point situé au nord-est du site (Station 1).
- Un point à proximité de la côte nord-ouest (Station 2).
- Un point d'accumulation dans la vallée sous-marine descendante qui suit naturellement le site d'immersion au nord-ouest (Station 3).

Les données trouvées lors des suivis antérieurs en 2010, 2011, 2013 par le bureau d'études TBM-SARL Chauvaud, en 2012 par le bureau d'études IDRA et en 2014 par le bureau d'études In Vivo Environnement sont ici reprises afin de comparer les résultats de l'évolution des analyses des sédiments et des peuplements benthiques.

Cette étude doit permettre d'évaluer la qualité physico-chimique et des peuplements benthiques sur les trois stations et de comparer ces résultats avec les résultats de 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MOYENS A LA MER

Les prélèvements ont été réalisés avec les moyens matériels d'IN VIVO.

Figure 1 : Illustration des prélèvements

2.2 DATES D'INTERVENTION

Les prélèvements ont été effectués les 22 et 23 juillet 2015. Toutes les stations ont été échantillonnées en appliquant la même méthode de prélèvement sur chaque point.

2.3 PRELEVEMENTS ET ANALYSES DE SEDIMENTS

L'analyse des échantillons prélevés doit permettre de qualifier certaines propriétés du sédiment ainsi que son habitat benthique.

Les échantillons prélevés font donc l'objet des caractérisations suivantes :

- Caractérisation des propriétés physiques, notamment la granulométrie du sédiment (analyses sédimentaires) ;
- Caractérisation chimiques des sédiments ;
- Caractérisation biologique.

Ces caractérisations ont pour objectifs, entre autres, d'évaluer la qualité du sédiment et d'apprécier la population benthique de la zone d'étude

Les paramètres d'acquisition utilisés durant la campagne de prélèvement, ainsi que les procédures d'analyses des sédiments sont présentés ci-après.

2.3.1 Acquisition des données

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'une benne Day. Cette benne est une benne présentant les mêmes caractéristiques de prélèvement que la benne Van Veen ou la benne Smith. Elle permet l'échantillonnage de 1/10 m^2 de sédiment à chaque coup de benne, surface « normée » dans les protocoles de prélèvement du macrobenthos. Six prélèvements ont été effectués sur chaque station, dont **cinq** pour la détermination du macro-benthos, et **un** pour les analyses granulométriques et géochimiques.

Engins	Nombre de prélèvements par station	Surface unitaire	Surface totale	Profondeur de pénétration
Benne DAY	6	1/10 m^2	6/10 m^2	30 cm

Tableau 1 : Caractéristiques de la méthode de prélèvement à la benne Day.

Pour le sédiment meuble subtidal, la présence ou l'absence des espèces est en relation avec la nature édaphique du sédiment, notamment la granulométrie (la taille des grains du sédiment). Cette taille de grains dépend de la sédimentation qui est fonction des courants et de l'agitation des masses d'eau.

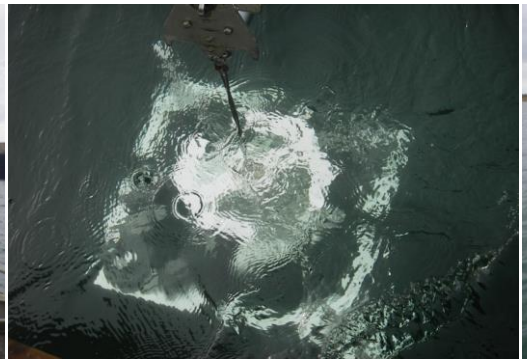
Les échantillons ont été tamisés sur tamis de maille 1 mm, cette taille permettant de ne sélectionner que la macrofaune du sédiment (conformément à la norme ISO 16665). La méiofaune (passant sur le tamis de 1 mm et restant sur le tamis de 40 µm) est écartée, car elle n'est pas retenue dans le protocole des études des travaux de routine sur les peuplements des substrats meubles défini par les scientifiques. Les organismes vivants ont ensuite été récupérés puis conservés dans l'alcool à 70° pour être identifiés par nos soins sous loupe binoculaire et microscope, dans notre laboratoire de La Forêt-Fouesnant.

Les planches suivantes illustrent la mise en œuvre des prélèvements à la benne Day et des analyses bio-sédimentaires au laboratoire de IN VIVO.

Planche 1 : Mise en œuvre des prélèvements à la benne (IN VIVO).

Planche 2 : Mise en œuvre des analyses bio-sédimentaires au laboratoire (IN VIVO).

Mise en œuvre des prélèvements à la benne



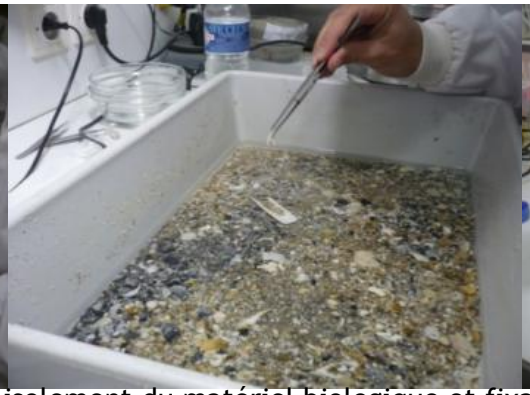
Engin de prélèvement : la benne Day Grab

Débordement de la benne et descente jusqu'au fond où le godet récolte 0,1 m² de sédiments sur environ 30 cm

Remontée de la benne, retour à bord et récupération de l'intégralité du matériel échantillonné

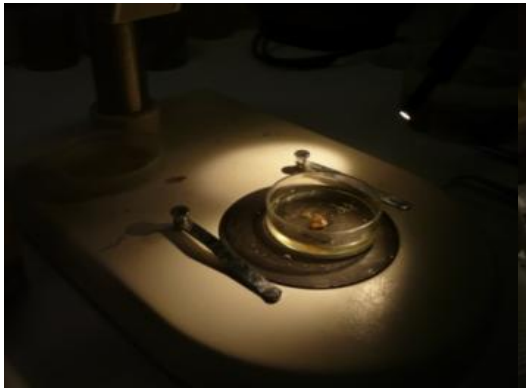
Tamisage du sédiment récolté sur maille carrée de 1 mm, fixation du refus de tamis dans l'alcool et numérotation des échantillons

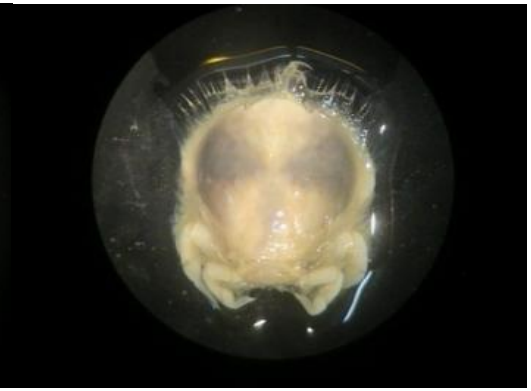
Sources : IN VVO Environnement –Aout 2015



Tri du refus de tamis, isolement du matériel biologique et fixation dans l'alcool

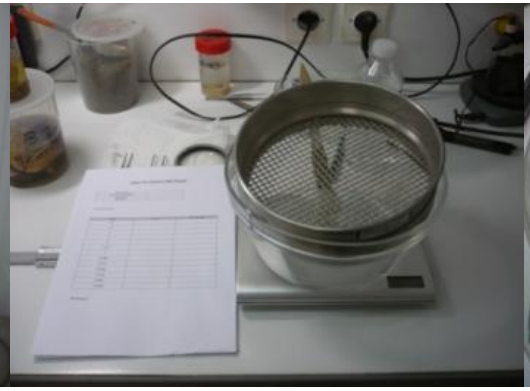
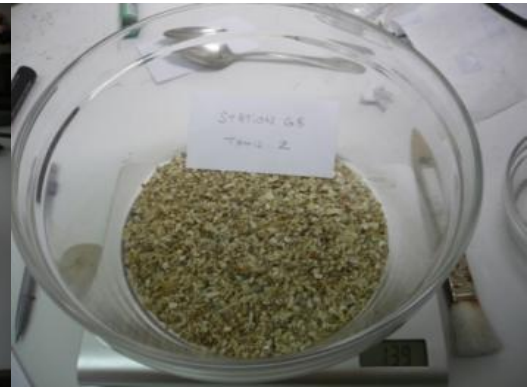
Loupe binoculaire





Identification des espèces sous loupe binoculaire avec les ouvrages de référence

Photographie des espèces d'intérêt

Analyse granulométrique : séchage des sédiments à l'étuve et tamisage sur colonne

Pesée des différentes fractions

Photographie de chaque fraction

Sources : IN VIVO Environnement – Aout 2015

2.3.2 Plan de position des stations de prélèvements

Le plan d'échantillonnage adopté en 2015 est le même que celui des années précédentes, de manière à pouvoir suivre l'évolution dans le temps des peuplements benthiques et de la qualité du sédiment.

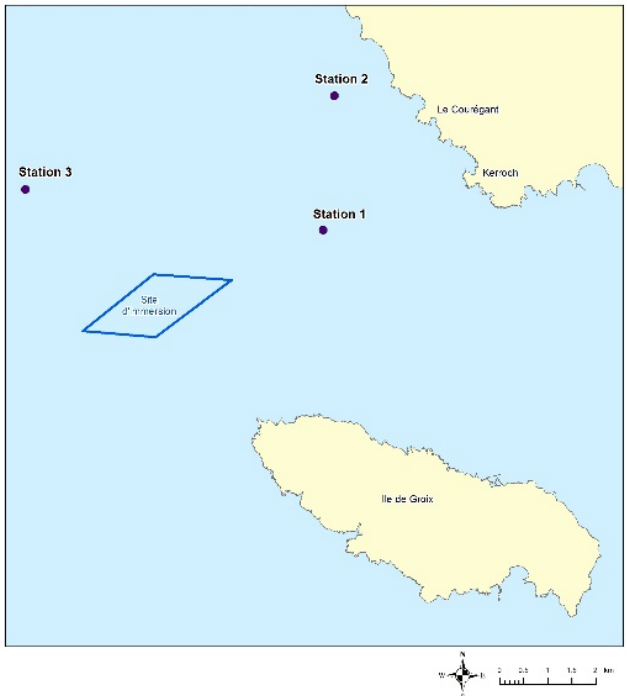


Figure 2 : Plan de position des stations de prélèvement

Les coordonnées de chaque station sont les suivantes :

Station de prélèvement	Latitude En WGS84	Longitude En WGS84
1	47°41.300' N	03°30.000' O
2	47°42.814' N	03°30.000' O
3	47°41.746' N	03°34.000' O

Tableau 2 : Coordonnées des points de prélèvements

2.4 ANALYSES GRANULOMETRIQUES

2.4.1.1 Généralités

La granulométrie est la mesure de la taille des grains d'un sédiment et l'étude de leur répartition au sein de l'échantillon selon des intervalles prédéfinis. Les résultats d'analyse permettant de déduire les principaux indices granulométriques caractérisant le sédiment (mode, médiane, indices de répartition).
La classification granulométrique que nous utilisons est la suivante :

Classe	Diamètre des grains (µm)
Fines	< 63
Sablons	63-125
Sables fins	125-250
Sables moyens	250-500
Sables grossiers	500-1000
Sables très grossiers	1000-2000
Granules	2000-4000
Graviers	> 4000

Tableau 3 : Classification granulométrique (IN VIVO, d'après Wentworth).

2.4.1.2 Mode opératoire

- Photographie de l'échantillon brut ;
- Lorsque l'échantillon est strictement sableux (dépourvu de fraction fine), le sédiment est directement rincé et mis à l'étuve pour séchage durant 48h ;
- Si l'échantillon est vaseux, il est tamisé sous eau à 63 µm afin de recueillir la fraction fine qui est mise à décanter et qui, si elle n'était pas séparée de l'échantillon, formerait des agglomérats et ne pourrait être quantifiée. Après cette étape, le passant et le refus de tamis sont tous deux mis à l'étuve ;
- Après séchage, l'échantillon est tamisé sur colonne de tamis. Les tamis que nous utilisons sont les suivants : 63 µm, 125 µm, 250 µm, 315 µm, 500 µm, 1 mm, 1.25 mm, 2 mm, 4 mm, 5 mm, 6.3 mm, et 10 mm ;
- Puis, chaque refus de tamis, correspondant à une fraction granulométrique est photographié et pesé.

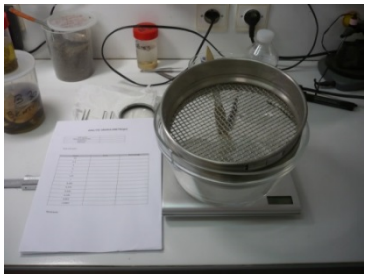


Figure 3: Illustration du traitement en laboratoire : séchage en étuve et tamisage.

2.4.1.3 Résultats

Les masses pesées au laboratoire sont saisies sur Excel. Une macro, permettant de mettre en forme graphiquement les résultats, sous forme de courbes de fréquences et de courbes cumulatives à partir desquelles un certain nombre de paramètres texturaux sont définis et calculés.

Les principaux paramètres calculés sont les suivants :

- le **mode** correspondant à la classe granulométrique dominante (la mieux représentée). Lorsqu'un échantillon est constitué d'un mélange de deux ou plusieurs stocks sédimentaires, la courbe de fréquence est alors bi- ou polymodale (deux ou plusieurs « pics » apparaissent sur la courbe).
- la **médiane** correspond, sur la courbe cumulative, à la valeur du diamètre D pour une ordonnée de 50 %. D'un point de vue granulométrique, l'échantillon comporte pondéralement autant de sédiments de diamètre supérieur à la médiane que de sédiments de diamètre inférieur à celle-ci.
- le **Sorting index** ou **écart-type** "Graphic Standard Deviation", indice de classement de l'échantillon. Le classement est d'autant meilleur que l'indice est faible.

Dans le rapport, les résultats sont présentés sous forme de planches comprenant :

- Les détails de l'analyse : données brutes, fréquence des fractions, courbes cumulatives ;
- La photographie des sédiments : photographies de l'échantillon global ainsi que des différentes fractions granulométriques représentatives.

2.5 ANALYSES GEOCHIMIQUES

2.5.1 Rappel sur le contexte réglementaire

Afin d'identifier les risques environnementaux liés au dragage, La Direction des Ports et de la Navigation Maritimes a créé, en décembre 1990, un groupe de travail dénommé Géode (Groupe d'Etude et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement).

Les travaux de ce groupe de travail ont vu naître des textes réglementaires et notamment l'arrêté du 14 juin 2000[1] relatif « aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire » auquel était associée une circulaire et des instructions techniques. Cet arrêté présentait notamment des niveaux de contamination des sédiments N1 et N2.

2.5.2 Les niveaux de référence et leurs conditions d'utilisation

Pour chaque substance, sélectionnée en fonction des connaissances et de sa représentativité en matière de potentiel d'impact sur le milieu naturel dans le cas de sédiments dragués destinés à être immergés, des seuils ont été définis correspondants à des niveaux de potentiel d'impact croissant sur un même milieu.

2.5.2.1 Les niveaux de référence

L'arrêté du 9 août 2006 (complété par l'arrêté du 23 décembre 2009, du 8 février 2013 et du 17 juillet 2014) relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de l'article R. 214-1 du Code de l'Environnement (mentionné également à l'arrêté du 14 juin 2000 relatif aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire), précise par son article 1 que : "Lorsque, pour apprécier l'incidence de l'opération sur le milieu aquatique (ou pour apprécier l'incidence sur le milieu aquatique d'une action déterminée), une analyse est requise en application du décret nomenclature : la qualité des sédiments marins ou estuariens est appréciée au regard des seuils de la rubrique 4.1.3.0 de la nomenclature dont les niveaux de référence N1 et N2 sont précisés dans les tableaux suivants.

[1] Cet arrêté est aujourd'hui remplacé par l'arrêté du 9 août 2006

Eléments traces	unité	Niveau N1	Niveau N2
Arsenic (As)	mg/kg	25	50
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,2	2,4
Chrome (Cr)	mg/kg	90	180
Cuivre (Cu)	mg/kg	45	90
Mercure (Hg)	mg/kg	0,4	0,8
Nickel (Ni)	mg/kg	37	74
Plomb (Pb)	mg/kg	100	200
Zinc (Zn)	mg/kg	276	552

Tableau 4 : Niveaux relatifs aux éléments traces

Polluants organiques	Unité	Niveau N1	Niveau N2
PCB totaux	mg/kg	0.5	1
PCB 28	mg/kg	0.005	0.01
PCB 52	mg/kg	0.005	0.01
PCB 101	mg/kg	0.01	0.02
PCB 118	mg/kg	0.01	0.02
PCB 138	mg/kg	0.02	0.04
PCB 153	mg/kg	0.02	0.04
PCB 180	mg/kg	0.01	0.02
TBT	mg/kg	0.1	0.4

Tableau 5 : Niveaux relatifs aux polluants organiques

Polluants organiques	Unité	Niveau N1	Niveau N2
Fluoranthène	µg/kg	600	2850
Benzo(11,12)fluoranthène	µg/kg	400	900
Benzo(3,4)fluoranthène	µg/kg	200	400
Benzo(a)pyrène	µg/kg	430	1015
Indéno(1,2,3-Cd)pyrène	µg/kg	1700	5650
Benzo(1,12)perylène	µg/kg	1700	5650
Naphtalène	µg/kg	160	1130
Acénaphtylène	µg/kg	40	340
Acénaphtène	µg/kg	15	260
Fluorène	µg/kg	20	280
Phénanthrène	µg/kg	240	870
Anthracène	µg/kg	85	590
Pyrène	µg/kg	500	1500
Benzo(a)anthracène	µg/kg	260	930
Chrysène	µg/kg	380	1590
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/kg	60	160

Tableau 6 : Niveaux relatifs aux HAP

2.5.2.2 Les conditions d'utilisation

La circulaire (jointe à l'arrêté du 14 juin 2000) définit, par son point 3, les conditions d'utilisation des seuils et stipule :

- **Au-dessous du niveau N1**, l'impact potentiel est en principe jugé d'emblée neutre ou négligeable, les teneurs étant « normales » ou comparables au bruit de fond environnemental. Toutefois, dans certains cas exceptionnels, un approfondissement de certaines données peut s'avérer utile ;

- **Entre le niveau N1 et le niveau N2**, une investigation complémentaire peut s'avérer nécessaire en fonction du projet considéré et du degré de dépassement du niveau N1. Ainsi une mesure, dépassant légèrement le niveau N1 sur seulement un ou quelques échantillons analysés, ne nécessite pas de complément sauf raison particulière (par exemple toxicité de l'élément considéré : Cd, Hg,...). De façon générale, l'investigation complémentaire doit être proportionnée à l'importance de l'opération envisagée. Elle peut porter, pour les substances concernées, sur des mesures complémentaires et/ou des estimations de sensibilité du milieu. Toutefois, le coût et les délais en résultant doivent rester proportionnés au coût du projet et le maître d'ouvrage doit intégrer les délais de réalisation des analyses dans son propre calendrier ;

- **Au-delà du niveau N2**, une investigation complémentaire est généralement nécessaire car des indices notables laissent présager un impact potentiel négatif de l'opération. Il faut alors mener une étude spécifique portant sur la sensibilité du milieu aux substances concernées, avec au moins un test d'écotoxicité globale du sédiment, une évaluation de l'impact prévisible sur le milieu et, le cas échéant, affiner le maillage des prélèvements sur la zone concernée (afin, par exemple, de délimiter le secteur plus particulièrement concerné). En fonction des résultats, le maître d'ouvrage pourra étudier des solutions alternatives pour réaliser le dragage, ou des phasages de réalisation (ex. : réduire le dragage en période de reproduction ou d'alevinage de certaines espèces rares très sensibles).

2.5.3 Démarche d'analyse des risques

Une méthode, mise au point par l'Ifremer (logiciel GEODRISK), permet de caractériser la dangerosité du sédiment pour une opération d'immersion. La démarche suivie consiste à prendre successivement en considération les domaines suivants :

- le danger potentiel de chaque contaminant ;
- la toxicité mesurée du sédiment ;
- la potentialité du transfert des contaminants à partir de la zone de dépôt ;
- la sensibilité de l'écosystème récepteur.

Un arbre de décision a ainsi été créé. Il est présenté sur la figure suivante.

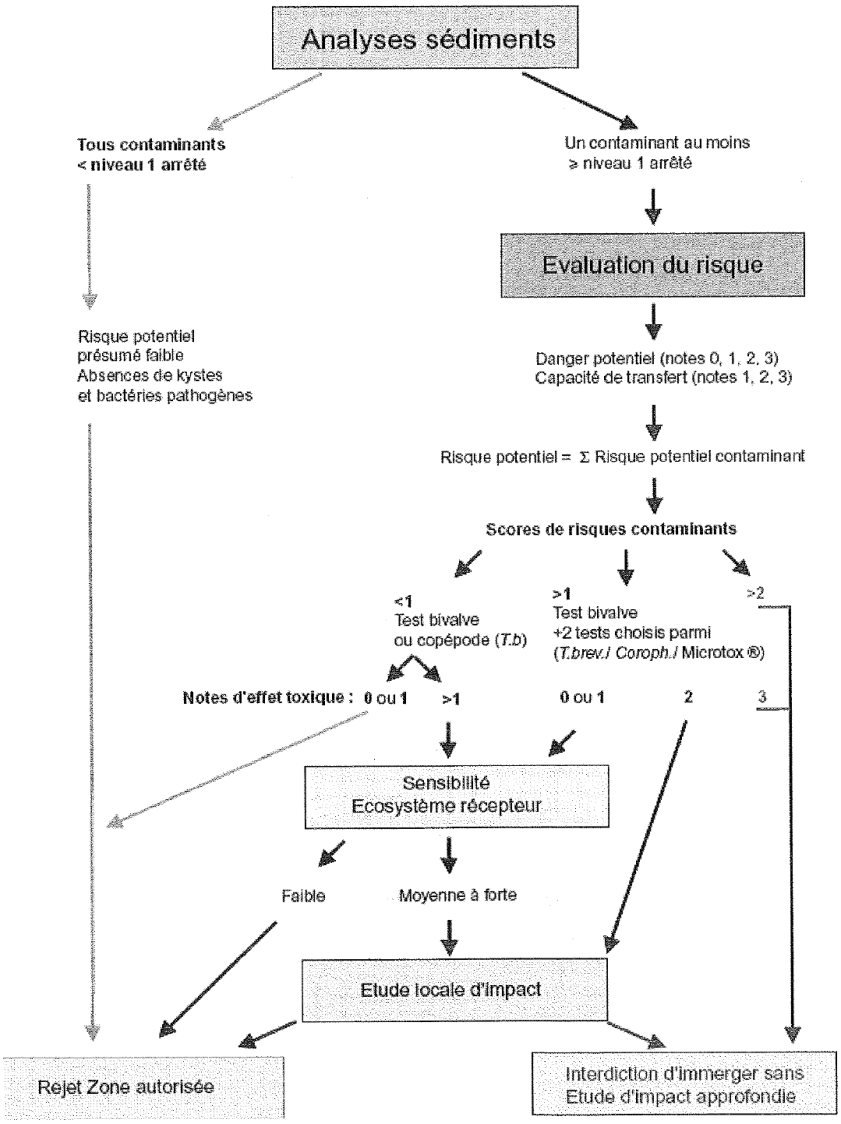


Figure 4 : Arbre de décision « Geodrisk » (Alzieu et Quiniou, 2001)

Dans le cas des dragages et de la destination des déblais, l'évaluation du risque s'appuie sur l'évaluation de la nuisance potentielle ou réelle des sédiments :

Risque = Danger x Transfert x Cible

Scores de risques	Risque
0	Négligeable
0< score de risque< 1	Faible
1< score de risque< 2	Moyen
2< score de risque < 3	Fort

Tableau 7 : Classes des scores de risques (Alzieu et Quiniou, 2001)

2.6 INVENTAIRES BIOLOGIQUES

L'exploitation des données benthiques acquises au cours des campagnes à la mer s'appuie au final sur :

- La caractérisation des peuplements (indices, incidence trophique…) ;
- La structure des peuplements (abondance, richesse selon les groupes zoologiques) ;
- La caractérisation de l'état général de ces peuplements et de leur sensibilité dans le temps (espèces indicatrices) ;

2.6.1 Indices de diversité

2.6.1.1 Indice de Shannon

Tout en constituant un élément essentiel de la description de la structure d'un peuplement, la richesse spécifique ne suffit pas toujours à la caractériser de manière optimale. En effet, l'abondance relative des espèces intervient aussi car seule une faible proportion des espèces est réellement abondante en termes de densité, de biomasse, de productivité ou de tout autre critère de leur importance relative.

À l'opposé, la fraction largement majoritaire est constituée d'espèces peu communes, rares voire très rares. Tandis que les espèces dominantes jouent un rôle majeur dans le fonctionnement de l'écosystème en contrôlant le flux d'énergie, les nombreuses espèces rares conditionnent la diversité du peuplement.

Il s'avère nécessaire de combiner l'abondance relative des espèces et la richesse spécifique totale afin d'obtenir une expression mathématique de l'indice général de diversité. De nombreux indices de ce type ont été proposés qui dérivent de la « théorie de l'information ». Parmi ces indices, nous avons utilisé celui de Shannon-Weaver dont la formule est la suivante :

$$H' = - \Sigma\, p_i \, Ln\, p_i$$

où $p_i = n_i/N$ et représente la probabilité de rencontre de l'espèce de rang i. (RAMADE, 1987)

Bien que l'indice de Shannon varie directement en fonction du nombre d'espèces, les espèces rares pèsent beaucoup moins que les plus communes (RAMADE, 1987). De plus, l'indice de Shannon convient bien à l'étude comparative de peuplements parce qu'il est relativement indépendant de la taille de l'échantillon.

2.6.1.2 Indice d'équitabilité

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

La formule de l'équitabilité est la suivante :

$$E' = H' / \ln S$$

où S représente la richesse spécifique

Il est considéré que l'équitabilité du peuplement d'un milieu non-perturbé tend vers 1. Lorsque l'indice devient inférieur à la valeur seuil de 0,8 alors le peuplement est considéré comme non équilibré, une espèce plus résistante que les autres devient alors largement prédominante.

2.6.2 Indices basés sur les groupes écologiques

L'évaluation de la qualité environnementale d'un milieu peut également, et de manière complémentaire, être approchée par une analyse et une reconnaissance des groupes écologiques. Ces derniers sont composés d'espèces de polluo-sensibilité différente. Ces groupes sont considérés comme des indicateurs biologiques face à l'excès de matière organique et au déficit d'oxygène résultant de sa dégradation. Les espèces sont regroupées en 5 groupes écologiques de polluo-sensibilité différente :

- Groupe I : espèces sensibles à une hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a enrichissement du milieu. Ce sont des suspensivores, des carnivores sélectifs et quelques dépositivores de sub-surface tubicoles.
- Groupe II : espèces indifférentes à une hypertrophisation du milieu. Ces espèces sont peu influencées par une augmentation de la quantité de matière organique (espèces carnivores et nécrophages peu sélectives).
- Groupe III : espèces tolérantes à une hypertrophisation du milieu. Ces espèces sont naturellement présentes dans les vases, mais comme leurs proliférations sont stimulées par l'enrichissement du milieu, leur présence est un signe du déséquilibre du système. Ce sont des espèces dépositivores de surface, profitant du film superficiel chargé de matière organique.
- Groupe IV : espèces opportunistes de second ordre. Ce sont des petites espèces à cycle court (< 1 an), abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées. Ce sont des dépositivores de sub-surface.
- Groupe V : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des dépositivores, proliférant dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface.

Le modèle des Indices Biotiques (IB) mis en place par Glémarec et Hily (1981) a permis de distinguer 4 grandes étapes de variations du milieu en fonction des espèces observées :

- Indice Biotique = 0. Il constitue l'état normal d'un peuplement avec une dominance des espèces sensibles (Groupe écologique I), les premières à disparaître en cas de pollution. Ce sont généralement des suspensivores, déposivores de surface ou carnivores.

- Indice Biotique = 2. Les espèces tolérantes (Groupe 3) sont stimulées et sont beaucoup plus abondantes. Ce sont des déposivores de surface comme les mollusques bivalves (*Abra*, *Tellina*…), des polychètes Ampharetidés ou des Spionidés. Apparaissent aussi les premiers détritivores, consommateurs de matière végétale figurée (Crustacé, Tanaidacé), c'est le cas des Nereidés ou d'amphipodes Talidridés, Dexaminidés, Gammaridés, Melitidés… Ces espèces tolérantes, dominant les espèces sensibles, définissent cette première étape du déséquilibre.

- Indice Biotique = 4. C'est la première étape de pollution. Le milieu est caractérisé par des espèces opportunistes de second ordre (groupe IV) susceptibles de proliférer. Ces espèces sont des déposivores de surface ou de subsurface (limivores) qui appartiennent à des familles de polychètes spécialisées parmi lesquelles les Cirratulidés, les Spionidés du genre *Polydora* avec de nombreuses espèces, les Nereidés du genre *Neanthes*, des Euniciens de la famille des Dorvilleidés et des Capitellidés.

- Indice Biotique = 6. C'est l'étape de pollution maximale, caractérisée par quelques espèces opportunistes de 1er ordre, qui atteignent des densités exceptionnelles (100 000 ind/m²) à la surface des sédiments réduits. Ces espèces très peu nombreuses sont : le Capitellidé *Capitella capitata* (complexe d'espèces), le Spionidé *Malacoceros fuliginosus* et le Leptostracé *Nebalia bipes*. Ces espèces cohabitent avec de nombreux Oligochètes (*Clitellata*) et nématodes.

Entre ces quatre grandes étapes existent des étapes de transition (IB = 1, 3 et 5), définies en premier lieu par l'effondrement des paramètres de Richesse Spécifique et d'Abondance ou au contraire, par l'explosion d'une espèce indifférente (groupe II), favorisée par le manque de compétition. Ces espèces sont généralement carnivores (ex. : *Nephtys hombergii*) ou nécrophages (ex. : *Pagurus*). L'étape 7 correspond au milieu azoïque c'est-à-dire qu'aucun invertébré n'y survit.

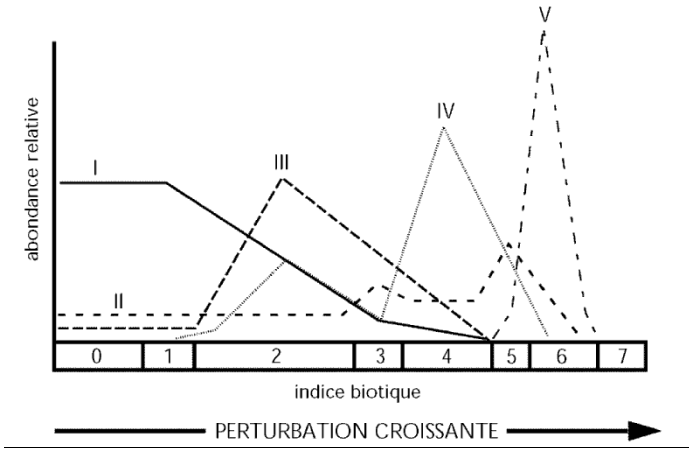


Figure 5 : Modèle des Indices biotiques montrant l'importance relative des différents groupes écologiques le long du gradient de perturbations croissantes (Glémarec et Hily, 1981)

2.6.2.1 L'indice biotique pour la macrofaune benthique : l'AMBI

Les indices biotiques pour la macrofaune benthique ont été développés dans le cadre du contrôle de surveillance des eaux de transition pour la Directive Cadre sur l'Eau (Agence de l'Eau & Ifremer). L'indice AMBI repose sur les proportions d'abondance que représentent les 5 groupes écologiques correspondant au classement des espèces en fonction de leur sensibilité/tolérance face à un gradient de stress environnemental (par exemple une pollution ou une modification du milieu). L'indice calculé permet de qualifier le milieu de 0 (milieu normal, aucune pollution) à 7 (milieu azoïque, très forte pollution).

Calcul de l'AZTI Marine Biotic Index (AMBI) (*Borja et al., 2000*) :

$$AMBI = \{(0 \times \%GI) + (1.5 \times \%GII) + (3 \times \% GIII) + (4.5 \times \% GIV) + (6 \times \%GV)\}/100$$

Avec : %GI : abondance relative des espèces sensibles aux perturbations
%GII : abondance relative des espèces indifférentes aux perturbations
%GIII : abondance relative des espèces tolérantes aux perturbations
%GIV : abondance relative des espèces opportunistes de second ordre
%GV : abondance relative des espèces opportunistes de premier ordre

L'AMBI a été soumis à de multiples tests pour vérifier sa validité (Borja *et al.*, 2004) et possède l'avantage d'avoir été comparé à ceux fournis par d'autres analyses univariées (diversité, richesse spécifique) ou multivariées pour prouver sa robustesse et son pouvoir discriminant. D'autre part, il a été validé par une série de tests basés sur des composants chimiques (Borja *et al.*, 2000) en identifiant et caractérisant des gradients spatiaux et temporels.

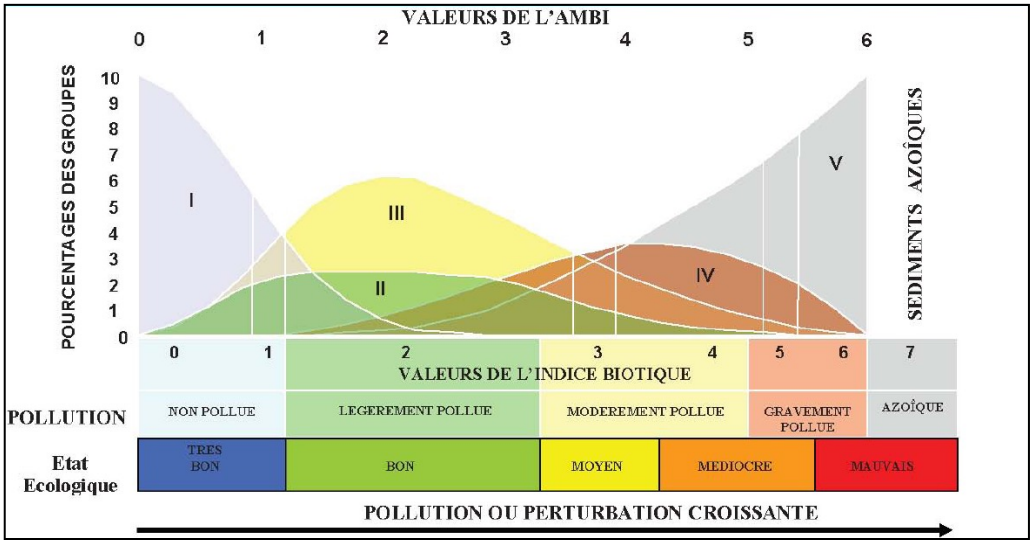


Figure 6 : Base écologique de l'indice AMBI (Borja et al., 2000)

Etat écologique	AMBI	Classification de la pollution
Mauvais	5.5 <AMBI≤ 7	Azoïque
Médiocre	4.3 <AMBI≤ 5.5	Gravement pollué
Moyen	3.3 <AMBI≤ 4.3	Modérément pollé
Bon	1.2 <AMBI≤ 3.3	Légèrement pollué, état transitoire
Très bon	0 <AMBI≤ 1.2	Normal

Tableau 8 : Equivalence entre les valeurs de l'AMBI et les différents états écologiques de la DCE (Borja et al, 2004)

L'indice AMBI permet la classification de la qualité écologique des eaux littorales par l'analyse des composantes biotiques du milieu (peuplements benthiques). En effet, une corrélation avec les Etats Ecologiques définis par la Directive Cadre Eau a été proposée par Borja (2004).

Le M-AMBI a été mis au point par l'équipe de l'AZTI pour permettre de compléter les résultats obtenus par l'AMBI. Le calcul du M-AMBI est basé sur une analyse factorielle de l'AMBI, de la richesse spécifique et de l'indice de diversité H' (indice de Shannon-Wiener) (Muxika et al., 2007). Il permet donc de prendre en compte ces 3 facteurs à la fois. L'AMBI met en évidence les perturbations de type organique en s'appuyant sur l'analyse des espèces présentes et leur polluo-sensibilité. Le calcul du M-AMBI est donc basé sur les résultats obtenus avec l'AMBI pondéré par l'indice de Shannon (H') et la richesse spécifique (S).

EcoQ	H'	AMBI	M-AMBI
Très bon	H' > 4	AMBI ≤ 1,2	M-AMBI > 0,85
Bon	3 < H' ≤ 4	1,2 < AMBI ≤ 3,3	0,55 < M-AMBI ≤ 0,85
Moyen	2 < H' ≤ 3	3,3 < AMBI ≤ 4,3	0,4 < M-AMBI ≤ 0,55
Pauvre	1 < H' ≤ 2	4,3 < AMBI ≤ 5,5	0,2 < M-AMBI ≤ 0,4
Mauvais	H' ≤ 1	5,5 < AMBI ≤ 7	M-AMBI ≤ 0,2

Tableau 9 : Synthèse des valeurs de l'EcoQ pour l'indice de Shannon (Molvaer et al., 1997), de l'AMBI (Borja et al., 2003) et le M-AMBI (Muxika et al., 2007).

2.6.2.2 Utilisation de l'indice d'évaluation de l'endaufaune côtière : l'IE2C

Claude ALZIEU définit dans son ouvrage « Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion » un indice d'évaluation de l'endofaune côtière nommé I2EC (Alzieu, 2003). La composition et la structure des peuplements des fonds meubles sont utilisés pour caractériser les conditions du milieu et estimer d'éventuels impacts sur ce benthos. L'I2EC se fonde sur la distinction au sein de la macrofaune benthique de 5 groupes d'espèces ayant en commun une sensibilité similaire vis-à-vis de la matière organique. Chaque espèce est ainsi affectée à un groupe écologique en fonction de sa sensibilité au gradient croissant de stress environnemental.

L'I2EC se fonde sur divers paramètres :

- l'abondance (A): densité en nombre d'individus par mètre carré ;
- la richesse spécifique (S) : nombre total d'espèces récoltées, non rapporté au mètre carré ;
- les indices de diversité : Indice de Shannon (H) et l'indice d'équitabilité (E).

Différents types d'habitats peuvent être abordés, en fonction de la granulométrie des fonds. Les principaux sont :

- les vasières côtières et les milieux portuaires,
- les sables fins et moyens côtiers,
- les sables grossiers et les graviers côtiers,
- les sables intertidaux,
- les estuaires.

Chacun des cas fait référence à la nomenclature des cahiers d'habitats côtiers mis au point dans le cadre de la directive « habitats » de l'Union Européenne.

Les listes ci-après donnent les espèces des différents groupes écologiques dans le cas des sables grossiers et des graviers côtiers. Cette répartition granulométrique correspond à celle développée sur la zone (*cf* paragraphe 2.3.1).

L'utilisation de cet indice est principalement mise en oeuvre dans le cadre de l'évaluation de zones soumises à des perturbations anthropiques (milieux portuaires, zones de clapages en mer, etc. …). Ainsi, la pertinence de cet indice dans le cadre d'un état initial dont nous connaissons la qualité des sédiments (teneur en matière organique) est moindre. En revanche, dans le cadre d'un suivi des perturbations des communautés benthiques, cela permet de disposer d'un état comparatif pouvant être mis en relation avec les prélèvements antérieurs.

L'utilisation de ces indices basés sur les groupes écologiques permet donc la classification de la qualité écologique des eaux littorales par l'analyse des composantes biotiques du milieu (peuplements benthiques). Ils peuvent s'avérer intéressants dans le cadre d'un suivi bio-sédimentaire. La modification des peuplements peut alors être classifiée en prenant en compte les caractéristiques propres aux espèces considérées (tolérances, etc.).

2.6.3 Classification des habitats en présence

2.6.3.1 La Typologie EUNIS

La typologie des habitats retenue pour la cartographie dans cette étude est la classification EUNIS (European Nature Information System), référence européenne de classification des habitats pour les domaines terrestres, dulçaquicoles et marins.

Cette typologie repose sur un classement hiérarchique des habitats permettant , pour le domaine marin, d'accéder à des niveaux de précision allant de la simple distinction entre les types rocheux ou meuble (niveau 2), intégrant d'une part, le mode d'exposition et le type de substrat (niveau 3), puis, d'autre part, la notion de groupement fonctionnel d'habitats (niveau 4) jusqu'à l'identification précise des peuplements benthiques définis par la présence d'espèces dominantes ou de groupes d'espèces caractéristiques (niveaux 5 et 6).

Fondée sur les travaux des anglo-saxons, la typologie EUNIS subit encore des évolutions au fur et à mesure de sa mise en application. Toutefois en accord avec le programme MESH (Mapping European Seabed Habitats), le Réseau Benthique (REBENT), la version retenue dans cette étude, pour la cartographie des habitats benthiques, est la version EUNIS de 2012. L'intérêt d'utiliser EUNIS réside dans la possibilité de comparer les habitats au niveau européen et de faciliter la mise en œuvre de directives européennes telles que la Directive Habitats et son outil opérationnel Natura 2000.

La typologie EUNIS constitue la référence européenne en matière de classification des habitats marins. A ce titre, les unités de peuplements identifiés dans le cadre de ce travail ont été traduites selon cette nomenclature.

2.6.3.2 Cahiers des Habitats Natura 2000

Publiés en 2004, les Cahiers d'Habitats sont la continuité de la classification Corine Biotope (1991). Ils déclinent les habitats génériques de la Directive Habitats en 7 tomes. Dans celui concernant les milieux côtiers, 8 habitats génériques sont reconnus :

- 1110 : Bancs de sables à faible couverture permanente d'eau marine
- 1120 : Herbiers à Posidonies
- 1130 : Estuaires
- 1140 : Replats boueux ou sableux exondés à marée basse
- 1150 : Lagunes côtières
- 1160 : Grandes criques et baies peu profondes
- 1170 : Récifs
- 8330 : Grottes marines submergées ou semi-submergées

Ces 8 habitats génériques se déclinent en 43 habitats élémentaires pour les côtes françaises. Les principales sources de référence d'application de ces typologies sont les suivantes :

Cahiers d'Habitat 2000 – 2004. Habitats côtiers. La Documentation française.
Davies C., Moss D., O Hill M., 2012. EUNIS Habitat Classification revised 2012.

Connor D.W et al., 2004. The Marine Habitat Classification for Britain and Ireland, version 04.05.

3 RESULTATS

3.1 ANALYSES GRANULOMETRIQUES

Le tableau ci-dessous synthétise les principaux résultats issus de l'analyse granulométrique :

Echantillons	Mode (µm)	Médiane (µm)	Fraction fine (%)	Faciès
1	24	31	**66.3**	**Fines**
2	63	98	**14.85**	**Sablons**
3	500	730	**0**	**Sables grossiers**

Tableau 10 : Faciès granulométriques des stations de prélèvement

Station 1

Le sédiment de l'échantillon 1 est caractérisé par un mode de 24 µm et une médiane de 31 µm révélant un faciès de fines (66 % de particules inférieures à 63 µm).

Planche 3 : Résultats de l'analyse granulométrique de la station 1

Station 2

L'échantillon 2, plus grossier, est majoritairement constitué de sablons (médiane comprise entre 63 µm et 125 µm). Pour cet échantillon, le mode est de 63 µm et la médiane de 98 µm. La teneur en fines est proche de 15 %.

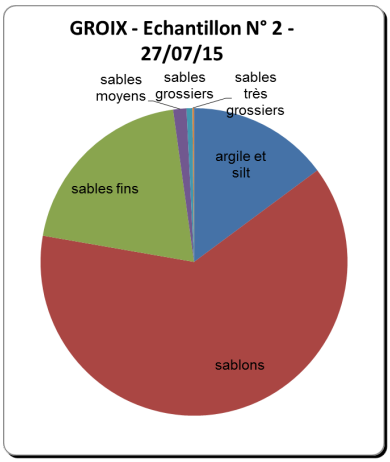


Planche 4 : Résultats de l'analyse granulométrique de la station 2

Station 3

Le sédiment de l'échantillon 3, beaucoup plus grossier, est caractérisé par un faciès de sables grossiers (médiane comprise entre 500 µm et 1000 µm). Son mode et sa médiane sont respectivement égaux à 500 µm et 730 µm. Cet échantillon est dépourvu de fraction fine.

eurofins | Environnement

Annexe au rapport d'analyse

LS08F : Granulométrie laser a pas variable
prestation réalisée sur le site de SAVERNE

NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
Méthode interne MO/ENV/PS/17/V2

Référence de l'échantillon (Matrice) :
15e050244-001 (SED) - Average

Date de l'analyse :
vendredi 31 juillet 2015 13:47:02

Opérateur :
fah7

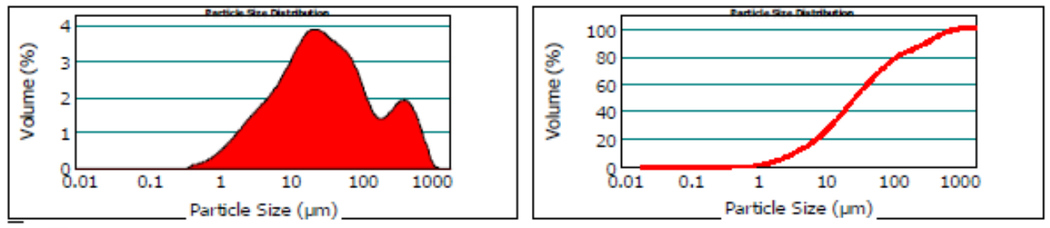
Résultat de la source :
Moyenne de 2 mesures

Données statistique

Surface spécifique :	Moyenne :	Médiane :	Variance :	Ecart type :	Rapport moyenne/mediane :	Mode :
0.598 m²/g	108.142 µm	31.271 µm	33607.496 µm²	183.323 µm	3.458 µm	24.384 µm

* **Pourcentages cumulés :**
Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 4.14%
Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 38.71%
Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 66.30%
Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 84.01%
Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Pourcentages relatifs :
Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 4.14%
Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 34.57%
Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 22.45%
Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 22.85%
Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 27.58%
Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 17.72%
Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 15.99%



15e050244-001 (SED) - Average vendredi 31 juillet 2015 13:47:02

Size (µm)	Volume In %
0.020	
1.000	1.06
2.000	3.08
4.000	6.18
8.000	9.26

Size (µm)	Volume In %
8.000	
10.000	3.84
15.000	8.37
20.000	6.92
30.000	10.25

Size (µm)	Volume In %
30.000	
40.000	7.02
50.000	5.18
63.000	5.13
100.000	9.18

Size (µm)	Volume In %
100.000	
200.000	8.54
250.000	2.03
400.000	5.12
500.000	2.77

Size (µm)	Volume In %
500.000	
600.000	2.13
700.000	1.54
800.000	1.05
900.000	0.67

Size (µm)	Volume In %
900.000	
1000.000	0.40
1500.000	0.28
2000.000	0.00

Size (µm)	Vol Under %
0.020	0.00
1.000	1.06
2.000	4.14
4.000	10.33

Size (µm)	Vol Under %
8.000	19.59
10.000	23.43
15.000	31.80
20.000	38.71

Size (µm)	Vol Under %
30.000	48.96
40.000	55.99
50.000	61.16
63.000	66.30

Size (µm)	Vol Under %
100.000	75.48
200.000	84.01
250.000	86.04
400.000	91.16

Size (µm)	Vol Under %
500.000	93.93
600.000	96.07
700.000	97.60
800.000	98.65

Size (µm)	Vol Under %
900.000	99.32
1000.000	99.72
1500.000	100.00
2000.000	100.00

Paramètre d'analyse

Type d'instrument :	Malvern Mastersizer 2000	**Durée d'analyse :**	2 X 30 secondes
Gamme de mesure :	Préparateur Hydro MU 0.020 µm à 2000 µm	**Indice de réfraction :**	1.33
		Liquide :	Water 800 mL
Logiciel :	Malvern Application 5.60	**Obscuration :**	12.07 %
Modèle optique :	Fraunhofer		
Vitesse de la pompe :	3000 rpm	*- L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure*	

La Reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale, en complément du rapport d'analyse auquel il est annexé. Il comporte 1 page. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.
Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *

EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller 67700 SAVERNE -
Telephone 03 88 911 911 - Fax : 03 88 91 66 31 - Site Web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS Saverne 422 998 971

Malvern Instruments Ltd.
Malvern, UK
Tel.: +[44] (0) 1684-892456 Fax: +[44] (0) 1684-892789

Mastersizer 2000 Ver. 5.60
Serial Number : MAL1064835

File name: 3107.mea
Record Number: 36
31/07/2015 18:09:09

Nom : 1

Mode : 24 µm

Médiane : 31 µm

Faciès : Fines

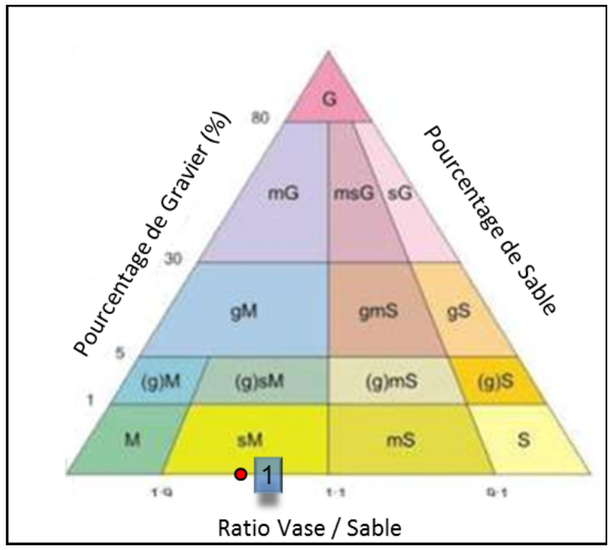


Diagramme de Folk

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

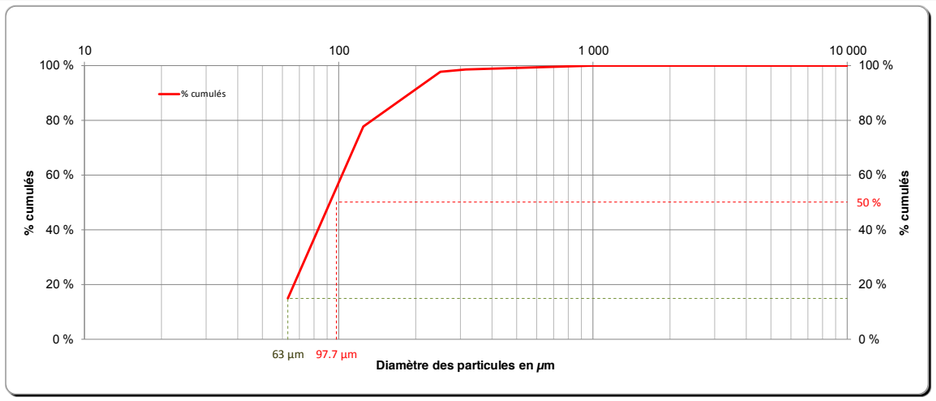
Synthèse et représentations des analyses granulométriques de l'échantillon 2

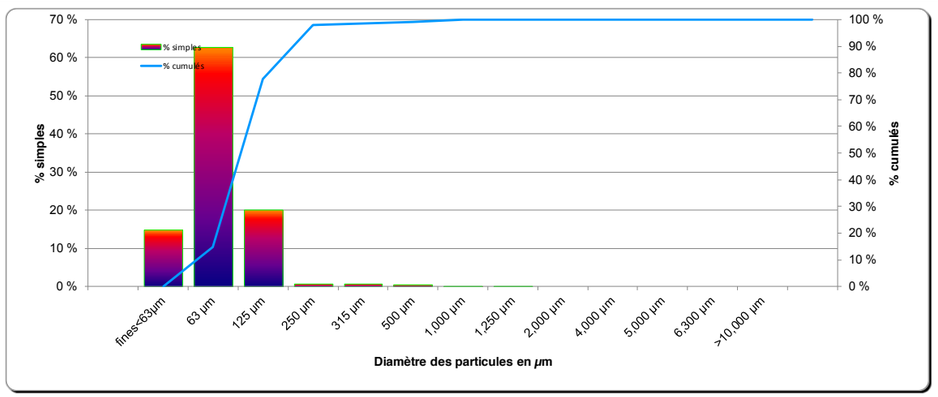
GROIX- PRELEVEMENT DU 27/07/15

Nom de l'échantillon : 2

Masse totale : 114.50 g

Ouverture du tamis (en µm)	Masses simples (en g)	Masses cumulées (en g)	Fréquence simple en %	Fréquence cumulée en %
fines<63µm	17.00 g	17.00 g	14.85 %	0.00 %
63 µm	72.00 g	89.00 g	62.88 %	14.85 %
125 µm	23.00 g	112.00 g	20.09 %	77.73 %
250 µm	0.80 g	112.80 g	0.70 %	97.82 %
315 µm	0.80 g	113.60 g	0.70 %	98.52 %
500 µm	0.70 g	114.30 g	0.61 %	99.21 %
1 000 µm	0.10 g	114.40 g	0.09 %	99.83 %
1 250 µm	0.10 g	114.50 g	0.09 %	99.91 %
2 000 µm	0.00 g	114.50 g	0.00 %	100.00 %
4 000 µm	0.00 g	114.50 g	0.00 %	100.00 %
5 000 µm	0.00 g	114.50 g	0.00 %	100.00 %
6 300 µm	0.00 g	114.50 g	0.00 %	100.00 %
>10 000 µm	0.00 g	114.50 g	0.00 %	100.00 %
				100.00 %





Mode (µm)	**63 µm**	**SABLONS**
D_{10} (µm)	0 µm	
D_{16} µm	64 µm	
D_{16} ϕ	3.96 Phi	
D_{25} (µm)	73 µm	
Médiane D_{50} (µm)	**98 µm**	**SABLONS**
D_{75} (µm)	122 µm	
D_{84} µm	164 µm	
D_{84} ϕ	2.61 Phi	
D_{90} (µm)	201 µm	
Diamètre moyen en ϕ	3.31 Phi	
Ecart-type en unité ϕ (sorting)		
Indice d'asymétrie (Skewness)		
Indice d'angulosité (Kurtosis)		
Teneur en fines (diamètre < 63 µm)	**14.85 %**	

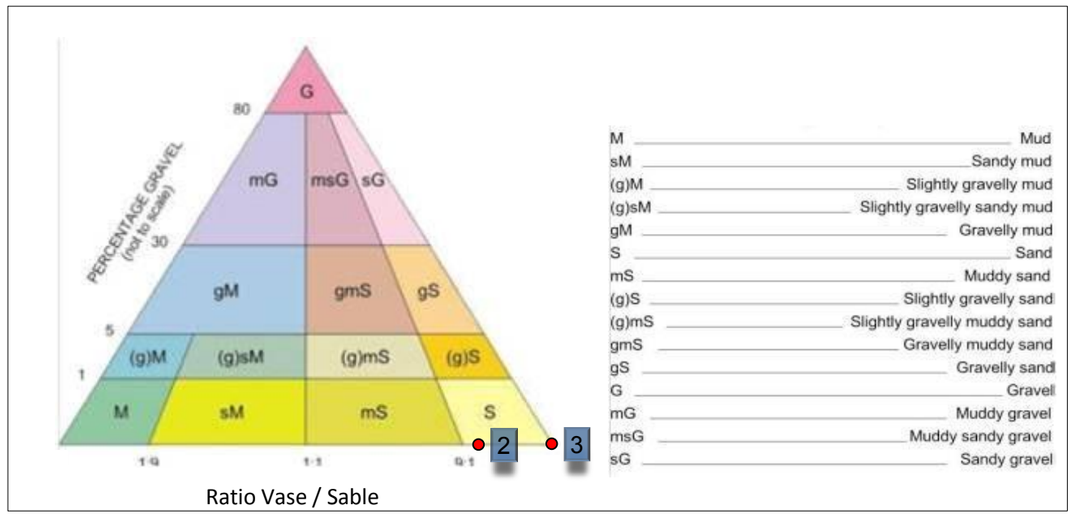


Diagramme de Folk

Observations: Sablons envasés.

Sources : IN VIVO Environnement – Juillet 2014

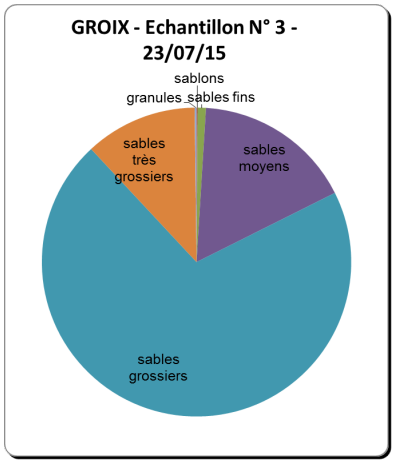


Planche 5 : Résultats de l'analyse granulométrique de la station 3

Les résultats des pourcentages de vase au cours des années sur chaque station sont présentés sur la planche ci-après.

Planche 6 : Pourcentage de vase (fractions < 63µm)

3.2 ANALYSES GEOCHIMIQUES

Les échantillons moyens ont été analysés par le laboratoire agréé Eurofins.
La planche ci-après présente les résultats des analyses physicochimiques des sédiments 2015 et rappelle les seuils en vigueur.

Planche 7 : Analyses physicochimiques des sédiments 2015

3.2.1 Eléments traces métalliques et PCB

3.2.1.1 Eléments traces métalliques :

Les métaux lourds entrent dans la constitution des roches, et sont présents à l'état naturel dans les sédiments. Depuis le début de l'ère industrielle, des changements importants ont eu lieu dans le bilan global de la répartition des métaux à la surface de la terre. Les teneurs de certains d'entre eux ont été multipliées par un facteur allant de 100 à 1 000. Ils peuvent changer de forme et devenir plus ou moins disponibles. Leur durée de vie est infinie et ils ne sont pas biodégradables. Les plus dangereux sont le mercure et le cadmium, qui bloquent les activités enzymatiques du métabolisme, et sont suivis par le plomb, le cuivre, le nickel, le chrome et le zinc.

Le mercure est principalement utilisé pour la fabrication et l'usage de catalyseurs, de fongicides, de pigments, de piles, la fabrication de chlore par électrolyse, le traitement des minerais, l'incinération de déchets et la combustion de charbon. Les sédiments constituent un réservoir important de contamination mercurielle. Les concentrations en mercure total dans les poissons varient beaucoup d'une espèce à l'autre

en fonction du niveau trophique où ils se situent ainsi que de la taille des spécimens utilisés. Les poissons présentent une capacité de concentration du mercure d'un facteur de 104 à 106. Pour le consommateur humain, les effets toxiques du mercure sont importants. Le mercure présente un risque majeur pour l'écosystème marin et la consommation humaine.

Les concentrations en mercure dans les sédiments sont inférieures au seuil N1.

Le cadmium est principalement utilisé pour la fabrication des batteries, mais son introduction dans le milieu marin peut résulter de l'activité minière. Ses niveaux de présence dépendent non seulement de la contamination, mais aussi de certains paramètres physico-chimiques influant sur les équilibres et les distributions. Dans les sédiments océaniques, la teneur moyenne est voisine de 0,2 µg/g (ou mg/kg). Le cadmium ne présente pas de toxicité aiguë pour les organismes marins à des concentrations susceptibles d'être rencontrées dans le milieu. Au niveau sublétal des concentrations de 0,05 µg/l à 1,2 µg/l peuvent provoquer des effets physiologiques pour les larves de crustacés (respiration, stimulation enzymatique) et des inhibitions de croissance pour le phytoplancton.

Les concentrations en cadmium sont inférieures au seuil N1.

Le plomb dans l'eau de mer se trouve principalement sous forme carbonatée et il présente une forte affinité pour la matière particulaire. Le plomb a la particularité d'être bio-accumulé par les organismes marins. Le facteur de bio-accumulation varie de 1 000 à 100 000. Le zooplancton tout particulièrement a la capacité d'adsorber une très grande quantité de plomb. Les quantités de plomb accumulées par les organismes marins présentent un danger pour la consommation humaine.

Les concentrations en plomb dans les sédiments sont inférieures au seuil N1.

Le cuivre est utilisé dans l'industrie électrique (50 % de la production mondiale de cuivre qui est de l'ordre de 10 millions de tonnes par an). Il est évalué à 17 000 tonnes par an la quantité de cuivre véhiculé dans les océans par les rivières et par voie atmosphérique. L'oxyde de cuivre est aussi très utilisé dans la composition des peintures antifouling en remplacement des composés stanniques (TBT). Les bivalves, notamment les huîtres accumulent fortement le cuivre. La toxicité du cuivre varie en fonction de son degré d'oxydation et de son état de complexation.

Les concentrations en cuivre dans les sédiments sont inférieures au seuil N1.

Le nickel est très répandu dans la croûte terrestre et il est présent en mer généralement sous forme de Ni2+. Les apports fluviaux en milieu marin sont estimés à 1,5 million de tonnes par an essentiellement sous forme particulaire. L'utilisation de combustibles fossiles libère 41 000 tonnes par an dans l'atmosphère. Le Nickel est susceptible d'être mobilisé par la dégradation de la matière organique en

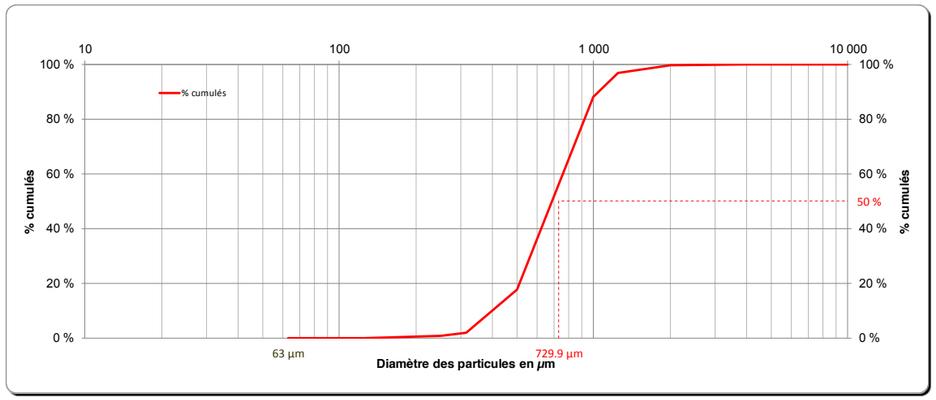
Synthèse et représentations des analyses granulométriques de l'échantillon 3

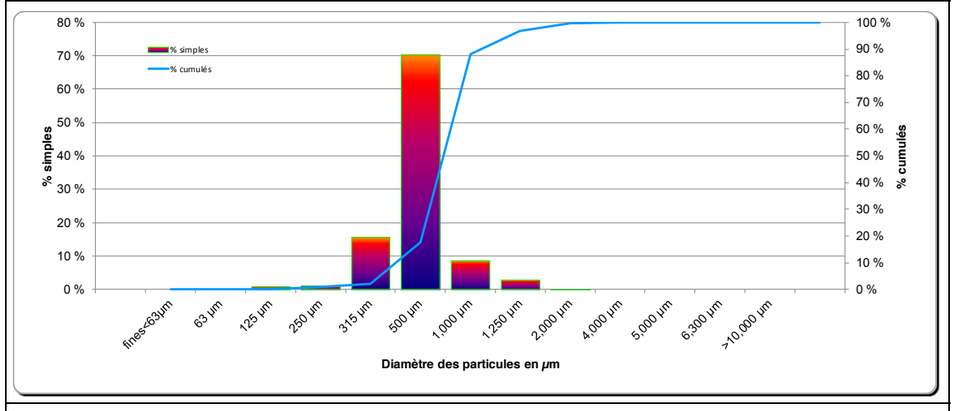
GROIX- PRELEVEMENT DU 23/07/15

Nom de l'échantillon : 3

Masse totale : 102.20 g

Ouverture du tamis (en µm)	Masses simples (en g)	Masses cumulées (en g)	Fréquence simple en %	Fréquence cumulée en %
fines<63µm	0.00 g	0.00 g	0.00 %	0.00 %
63 µm	0.10 g	0.10 g	0.10 %	0.00 %
125 µm	0.90 g	1.00 g	0.88 %	0.10 %
250 µm	1.00 g	2.00 g	0.98 %	0.98 %
315 µm	16.00 g	18.00 g	15.66 %	1.96 %
500 µm	72.00 g	90.00 g	70.45 %	17.61 %
1 000 µm	9.00 g	99.00 g	8.81 %	88.06 %
1 250 µm	3.00 g	102.00 g	2.94 %	96.87 %
2 000 µm	0.20 g	102.20 g	0.20 %	99.80 %
4 000 µm	0.00 g	102.20 g	0.00 %	100.00 %
5 000 µm	0.00 g	102.20 g	0.00 %	100.00 %
6 300 µm	0.00 g	102.20 g	0.00 %	100.00 %
>10 000 µm	0.00 g	102.20 g	0.00 %	100.00 %
				100.00 %





Mode (µm)	**500 µm**	**SABLES GROSSIERS**
D_{10} (µm)	410 µm	
D_{16} — µm	481 µm	
— ϕ	1.06 Phi	
D_{25} (µm)	552 µm	
Médiane D_{50} (µm)	**730 µm**	**SABLES GROSSIERS**
D_{75} (µm)	907 µm	
D_{84} — µm	971 µm	
— ϕ	0.04 Phi	
D_{90} (µm)	1 055 µm	
Diamètre moyen en ϕ	0.52 Phi	
Ecart-type en unité ϕ (sorting)	0.52 Phi	
Indice d'asymétrie (Skewness)	0.19	
Indice d'angulosité (Kurtosis)	1.01	
Teneur en fines (diamètre < 63 µm)	**0.00 %**	

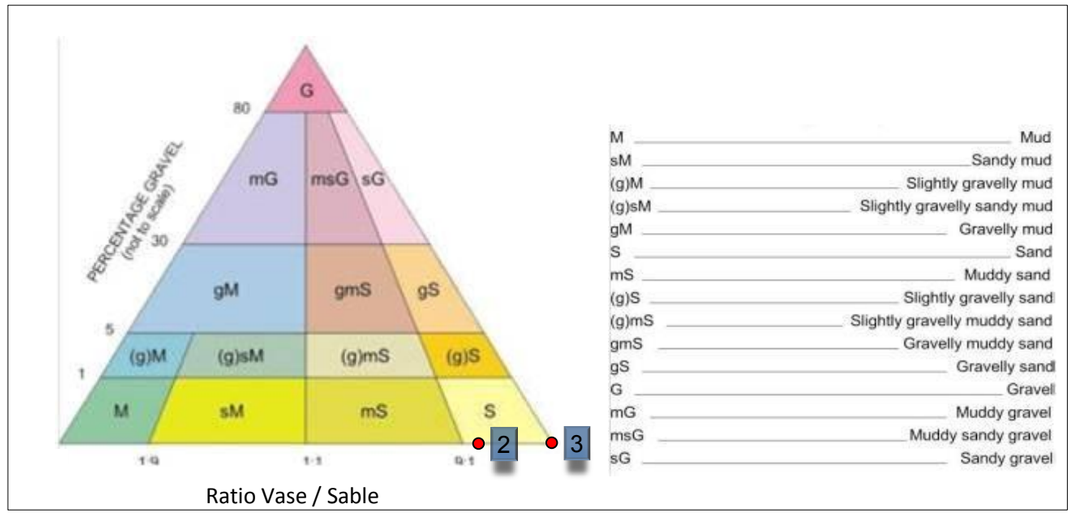
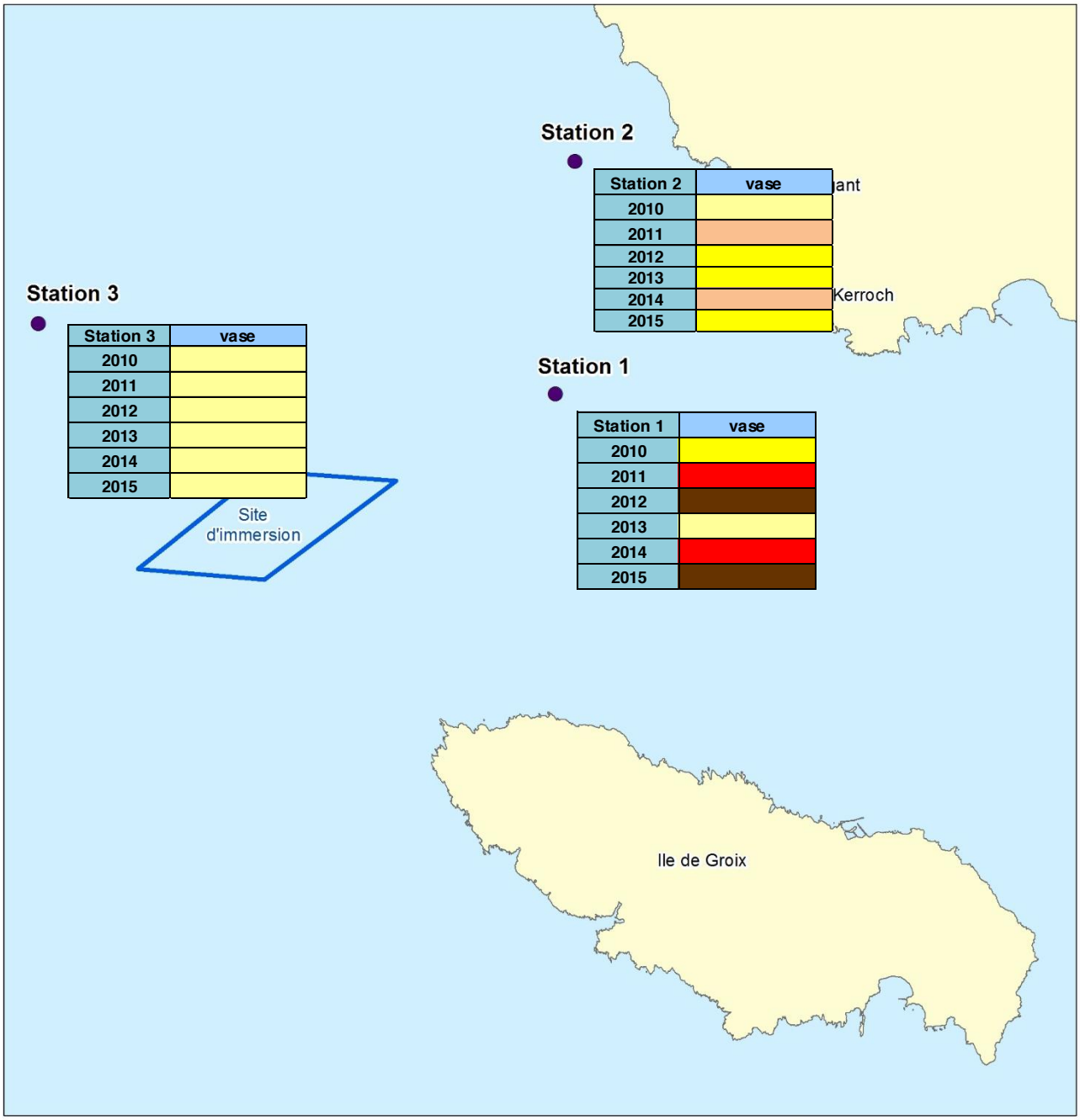


Diagramme de Folk

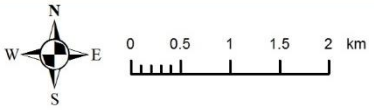
Observations: Sable grossier propre.

Sources : IN VIVO Environnement – Juillet 2014

Pourcentage de vase (fraction <63µm)



	[0-10% [
	[10-20% [
	[20-30% [
	[30-40% [
	[40-50% [
	[50-60% [
	[60-70% [
	[70-80% [
	[80-90% [
	[90-100% [



Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

Paramètres	Ech 1	Ech 2	Ech 3	N1	N2
Phase 1: Propriétés physiques					
Matières sèches %	53,8	71,2	74,6		
Densité	1,35	1,67	1,67		
Teneur en Al g/kg	12	3,78	1,82		
COT g/kg	12	2,85	7,6		
Phase 2: Propriétés chimiques: substances polluantes					
As mg/kg	9,37	4,69	22,9	**25**	**50**
Cd mg/kg	0,12	< 0.1	< 0.1	**1,2**	**2,4**
Cr mg/kg	29,7	12,9	8,65	**90**	**180**
Cu mg/kg	10,6	< 5	< 5	**45**	**90**
Hg mg/kg	< 0.10	< 0.1	< 0.1	**0,4**	**0,8**
Ni mg/kg	13,1	4,86	3,29	**37**	**74**
Pb mg/kg	21,1	8,93	15,6	**100**	**200**
Zn mg/kg	77,6	28,7	17	**276**	**552**
PCB 28 mg/kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	**0,005**	**0,01**
PCB 52 mg/kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	**0,005**	**0,01**
PCB 101 mg/kg	0,0013	< 0,001	< 0,001	**0,01**	**0,02**
PCB 118 mg/kg	0,0017	< 0,001	< 0,001	**0,01**	**0,02**
PCB 138 mg/kg	0,0022	< 0,001	< 0,001	**0,02**	**0,04**
PCB 153 mg/kg	0,0025	< 0,001	< 0,001	**0,02**	**0,04**
PCB 180 mg/kg	< 0,0017	< 0,001	< 0,001	**0,01**	**0,02**
Somme des 7 PCB mg/kg	0.009<x<0.011	< 0.007	< 0.007		
Fluoranthène	0,22	0,017	0,011	**0,6**	**2,85**
Benzo(k)fluoranthène	0,024	0,0067	0,0058	**0,4**	**0,9**
Benzo(b)fluoranthène	0,17	0,012	0,0083	**0,2**	**0,4**
Benzo(a)pyrène	0,11	0,0093	0,0075	**0,43**	**1,015**
Indéno(1,2,3-Cd)pyrène	0,091	0,0096	0,006	**1,7**	**5,65**
Benzo(ghi)perylène	0,071	0,0076	0,0052	**1,7**	**5,65**
Naphtalène	0,017	< 0,0025	< 0,0024	**0,16**	**1,13**
Acénaphtylène	0,0057	0,0037	< 0,0024	**0,04**	**0,34**
Acénaphtène	0,023	0,0037	< 0,0024	**0,015**	**0,26**
Fluorène	0,028	0,0051	< 0,0024	**0,02**	**0,28**
Phénanthrène	0,12	0,014	0,012	**0,24**	**0,87**
Anthracène	0,032	0,0044	0,0042	**0,085**	**0,59**
Pyrène	0,18	0,02	0,01	**0,5**	**1,5**
Benzo(a)anthracène	0,12	0,013	0,0066	**0,26**	**0,93**
Chrysène	0,14	0,015	0,0074	**0,38**	**1,59**
Dibenzo(a,h)anthracène	0,019	< 0,0025	< 0,0024	**0,06**	**0,16**
Somme des 16 HAP mg/kg	1,4	0.141<x<0.146	0.084<x<0.096		
TBT µg/kg	21	< 2	< 2	**100**	**400**
DBT µg/kg	7,8	< 2	< 2		
MBT µg/kg	2,5	< 2	< 2		
Phase 2: Propriétés chimiques: nutriments					
Azote Kjeldahl g/kg	2,1	0,8	< 0,5		
Phosphore total g/kg	0,514	0,413	0,402		
Phase 2: Propriétés chimiques: microbiologie					
Eschérichia coli/g	1	1	< 1		

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

milieu oxique et la dissolution réductive des oxydes de manganèse en milieu sub-oxique. La toxicité du nickel pour les organismes marins est considérée comme faible. Des effets sur la reproduction des bivalves ont néanmoins été observés.

Les concentrations en nickel dans les sédiments sont inférieures au seuil N1.

Le chrome produit industriellement provient de l'extraction de la chromite et de chrome. Dix millions de tonnes sont utilisées chaque année. Le chrome est principalement utilisé en métallurgie, en technologie des métaux réfractaires et dans l'industrie chimique. Un million et demi de tonnes de chrome par an parviennent à l'océan par les fleuves sous forme particulaire et insoluble. Les organismes marins (planctoniques, invertébrés et vertébrés) concentrent peu le chrome. On retrouve cependant de rares cas de contamination aiguë chez les moules.

Les concentrations en chrome dans les sédiments sont inférieures au seuil N1.

Le zinc : les émissions mondiales naturelles par érosion des sols, le volcanisme et la végétation sont faibles (de l'ordre de 43 500 tonnes par an) comparées aux apports anthropiques (314 000 tonnes par an), essentiellement imputés à la métallurgie et à la combustion des bois et des charbons. De plus, dans la composition de certaines peintures antifouling utilisées sous les coques des navires entrent d'importantes quantités d'oxydes de zinc pour ses qualités d'adjuvant anticorrosion. Les sels de zinc sont moins toxiques que ceux du cuivre ou du cadmium et présentent la particularité d'être moins nocifs pour les organismes marins que ceux des eaux douces, en raison de l'action protectrice des ions calcium présents dans l'eau de mer.

Les concentrations en zinc dans les sédiments sont inférieures au seuil N1.

L'arsenic est naturellement présent dans les sols à l'état de trace. Il est associé à de nombreux minerais sous forme de sulfures et leur traitement métallurgique (extraction, transport) conduit à sa dissémination dans le milieu. La combustion du charbon est aussi une source majeure de contamination. La toxicité de l'arsenic dépend de ses formes chimiques : les ions arsénites et arséniates sont les formes les plus dangereuses pour les espèces marines et le consommateur. Le phytoplancton est le maillon le plus sensible aux effets toxiques de l'arsenic. L'arsenic est accumulé par les macro-algues, les mollusques, les crustacés et les poissons. Mais malgré de fortes concentrations dans la chaîne alimentaire, la toxicité pour le consommateur humain n'est pas établie.

Les concentrations en arsenic dans les sédiments sont inférieures au seuil N1.

Les concentrations en éléments traces métalliques sont toutes inférieures au niveau N1 pour les trois stations. La Planche 8 présente sur une carte ces résultats.

Planche 8 : Niveaux de contamination des métaux d'après les niveaux de l'arrêté du 14 juin 2000

3.2.1.2 Analyses PCB :

Pour les PolyChloroBiphényls (PCB), il n'existe pas de valeur de bruit de fond, car ces substances organochlorées sont exclusivement d'origine anthropique (humaine). Les PCB sont utilisés depuis 1930 dans les peintures, les encres, les revêtements muraux, le matériel électrique… Ils sont apportés au milieu marin par les rejets urbains, les décharges, les activités liées à la récupération de matériaux ferreux… Leur production a été stoppée en 1987 en France. Les PCB sont toxiques pour la croissance du phytoplancton et le développement larvaire des vertébrés et des invertébrés marins. Les PCB sont des substances organiques de synthèse qui sont caractérisées par leur très grande stabilité chimique : ceci leur confère une persistance exceptionnelle dans le milieu, et en particulier dans les sédiments où ils sont piégés.

Les PCB n'ont pas été détectés dans les sédiments.

Les Planche 9 et Planche 10 présentent ces résultats sur des cartes en fonction des seuils en vigueur.

Planche 9 : Niveaux de contamination PCB d'après les niveaux de l'arrêté du 17 juillet 2014

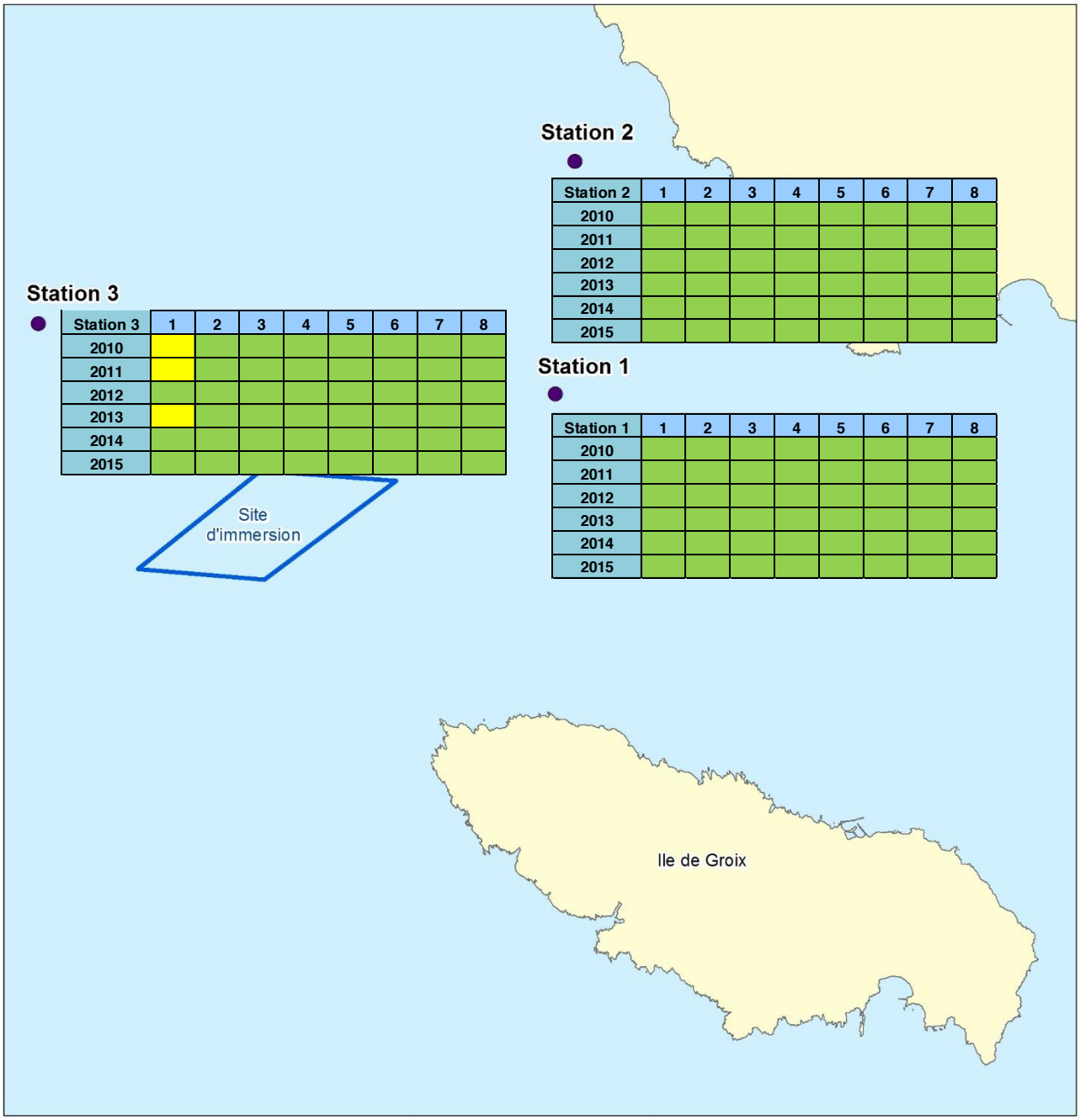
Planche 10 : Niveaux de contamination PCB d'après les niveaux de l'arrêté du 14 juin 2000

3.2.2 Tributylétain TBT

Les TBT ou Tri-Buthyls Etains font partie de la famille des composés organostaniques ou étains organiques (MBT, DBT, TBT). Il s'agit d'une molécule complexe dont l'usage est utilisé pour ces propriétés biocides (toxiques). En effet, son usage dans la composition des peintures anti-salissures marines apporte une efficacité redoutable, et assure le rôle de barrière toxique pour empêcher la colonisation des coques des navires.
Les TBT et leur famille sont régis par le Décret du 2 octobre 1992, qui en définit les interdictions et les restrictions d'usages. Actuellement, ils ne peuvent être employés en tant que peinture que sur des navires professionnels de plus de 25 mètres de long. Ils sont interdits à la production depuis 2003, et sont interdits d'utilisation depuis 2008.

Il faut noter que les peintures d'une manière générale sont constituées d'un mélange de résines (30 %) et de biocides (Oxyde de Cuivre pour 35 à 50 %, herbicides et fongicides pour 10 %, comme l'Atrazine). Pour les peintures à base de TBT, celles-ci contiennent, en plus des composés précédemment décrits, environ 5 à 10 % de TBT. La contamination du milieu sédimentaire s'effectue déjà par la présence des bateaux dans le plan d'eau du port maritime, qui entraîne des libérations dans le milieu de quantité non-négligeable des composés toxiques ; néanmoins, cette quantité est répartie dans la masse d'eau, et est faible par rapport au lessivage des aires de carénage par les eaux de pluie, qui libèrent des quantités très

Niveaux de contamination des métaux d'après les niveaux de l'arrêté du 14 juin 2000



Station 3	1	2	3	4	5	6	7	8
2010								
2011								
2012								
2013								
2014								
2015								

Station 2	1	2	3	4	5	6	7	8
2010								
2011								
2012								
2013								
2014								
2015								

Station 1	1	2	3	4	5	6	7	8
2010								
2011								
2012								
2013								
2014								
2015								

N W E S

0 0.5 1 1.5 2 km

Catégorie 1 : Pas ou très faiblement contaminés (<N1)

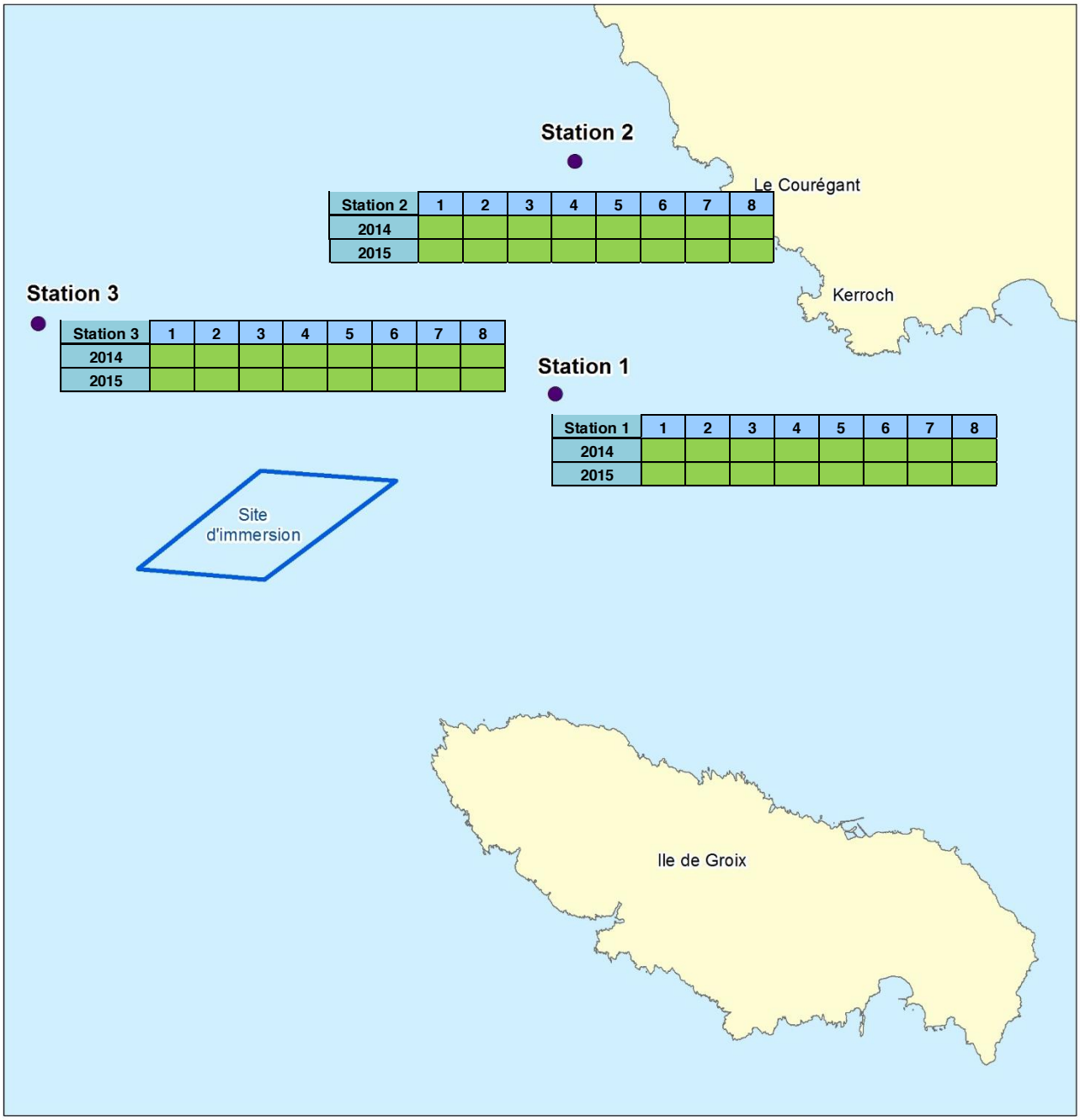
Catégorie 2 : Faiblement contaminés (N1-N2)

Catégorie 3 : Contaminés (>N2)

1 : Arsenic
2 : Cadmium
3 : Chrome
4 : Cuivre
5 : Mercure
6 : Nickel
7 : Plomb
8 : Zinc

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

Niveaux de contamination PCB d'après les niveaux de l'arrêté du 17 juillet 2014



Station 2	1	2	3	4	5	6	7	8
2014								
2015								

Station 3	1	2	3	4	5	6	7	8
2014								
2015								

Station 1	1	2	3	4	5	6	7	8
2014								
2015								

Catégorie 1 : Pas ou très faiblement contaminés (<N1)

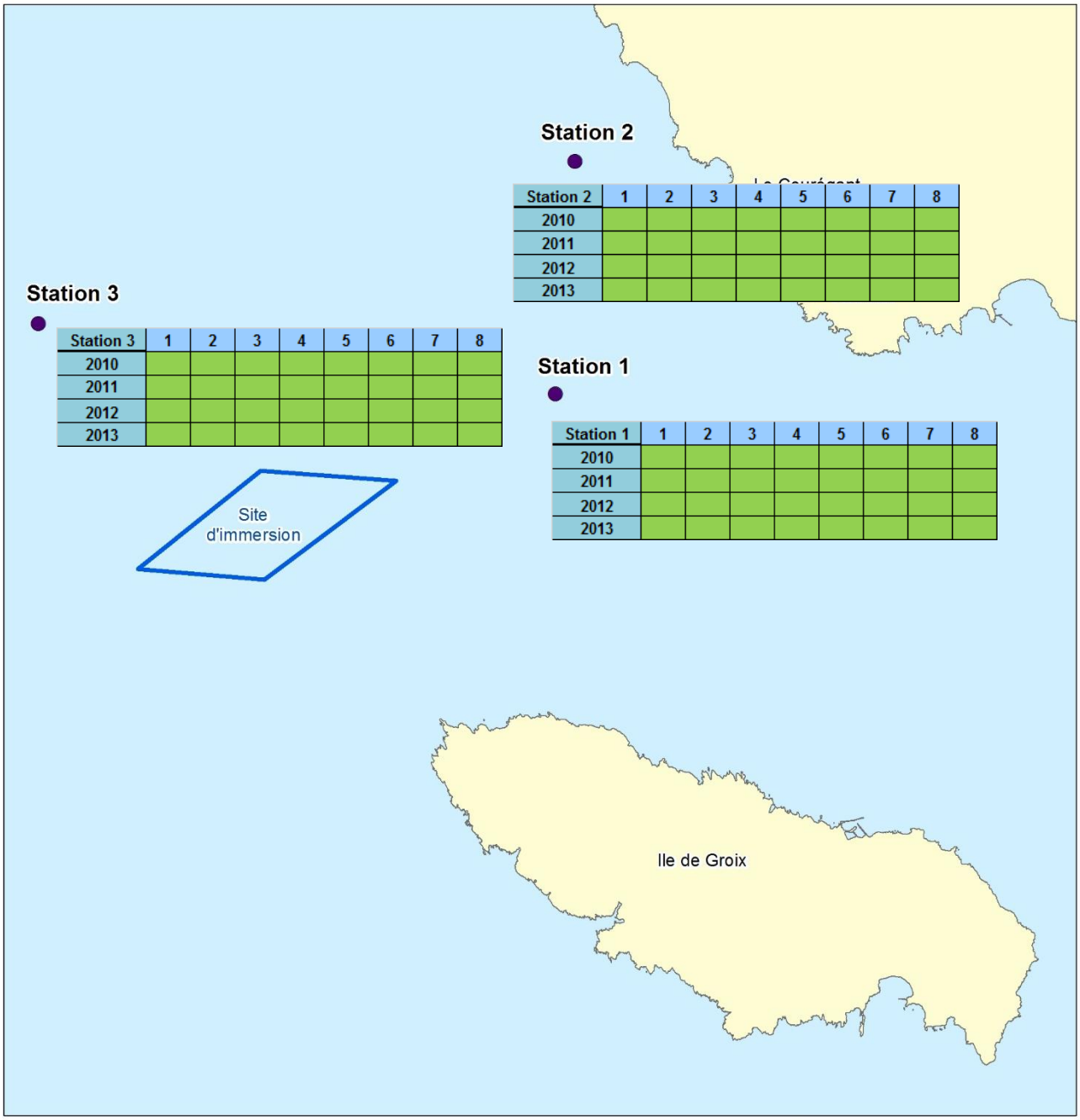
Catégorie 2 : Faiblement contaminés (N1-N2)

Catégorie 3 : Contaminés (>N2)

1 : Trichlorobiphenyle 028
2 : Tetrachlorobiphenyle 052
3 : Pentachlorobiphenyle 101
4 : Pentachlorobiphenyle 118
5 : Hexachlorobiphenyle 138
6 : Hexachlorobiphenyle 153
7 : Heptachlorobiphenyle 180
8 : Somme des 7 PCB

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

Niveaux de contamination PCB d'après les niveaux de l'arrêté du 14 juin 2000



Station 2	1	2	3	4	5	6	7	8
2010								
2011								
2012								
2013								

Station 3	1	2	3	4	5	6	7	8
2010								
2011								
2012								
2013								

Station 1	1	2	3	4	5	6	7	8
2010								
2011								
2012								
2013								

Catégorie 1 : Pas ou très faiblement contaminés (<N1)

Catégorie 2 : Faiblement contaminés (N1-N2)

Catégorie 3 : Contaminés (>N2)

1 : Trichlorobiphenyle 028
2 : Tetrachlorobiphenyle 052
3 : Pentachlorobiphenyle 101
4 : Pentachlorobiphenyle 118
5 : Hexachlorobiphenyle 138
6 : Hexachlorobiphenyle 153
7 : Heptachlorobiphenyle 180
8 : Somme des 7 PCB

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

importantes dans le milieu, au niveau des exutoires de collecte des eaux. Ces micro-polluants s'accumulent alors dans le sédiment, et ajoutent un problème de fond au devenir des déblais, lors des éventuels dragages ultérieurs.

Il semble donc d'après les observations que les TBT sont concentrés dans les premiers 50 cm de sédiment, et que la demi-vie de ces produits serait alors très sensiblement supérieure à 2 ans.

Les premiers effets observés sur la faune apparaissent à partir d'une concentration de 1 ng/l de TBT dans l'eau. Chez les huîtres qui filtrent près de 100 litres d'eau par jour, la pollution par les TBT peut se traduire par un phénomène de chambrage.

Les concentrations en TBT sont inférieures au seuil N1.

La Planche 11 présente ces résultats sur des cartes en fonction des seuils en vigueur.

Planche 11 : Niveaux de contamination tributylétain (TBT) d'après l'arrêté du 23 décembre 2009

3.2.3 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

La famille des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) comprend plusieurs molécules dont la structure chimique est constituée de plusieurs noyaux aromatiques ayant en commun plus d'un atome de carbone. Les HAP constituent une large classe de contaminants qui se différencient entre eux par le nombre de noyaux aromatiques (de deux pour le naphtalène à sept pour le coronène…). Cette famille est observée dans les fuels, et provient essentiellement des rejets pétroliers, des déchets industriels et urbains et enfin du lessivage des aires techniques, des routes ou des sols. 16 molécules ont été reconnues toxiques pour l'environnement, dont notamment le fluoranthène, anthracène, le pyrène.

Les concentrations en HAP sont inférieures au seuil N1.

Les Planche 12, Planche 13 et Planche 14 récapitulent les résultats obtenus en 2013, 2014 et 2015 suite à la modification des seuils des niveaux 1 et 2 (arrêté du 8 février 2013) et des résultats obtenus de 2010 à 2012 avec les anciens seuils.

Planche 12 : Niveaux de contamination HAP selon l'arrêté du 8 février 2013

Planche 13 : Niveaux de contamination HAP d'après les niveaux GEODE provisoires

Planche 14 : Niveaux de contamination HAP d'après le programme PNETOX

3.2.4 Score de risque

L'analyse des résultats avec le logiciel GEODRISK (le logiciel n'ayant pas de mise à jour, les seuils pour les PCB sont ceux de l'arrêté du 14 juin 2000) montre que pour :

- la station 1 le risque est négligeable,
- la station 2 le risque est négligeable,
- la station 3 le risque est faible.

Les fiches GEODRISK sont consultables en Annexe 6.2 et sur la planche suivante.

Planche 15 : Score de risque

3.2.5 Pollution organique

La mesure du Carbone Organique Total (COT) donne une indication directe de la charge organique du sédiment. Ce paramètre permet de suivre l'évolution d'une pollution organique et participe au contrôle qualité du sédiment.

Les paramètres pour le Carbone Organique Total (COT), exprimés en mg/Kg de matière sèche, sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

station	1	2	3
COT g/kg	12	2,85	7,6
Matière sèche %	53,8	71,2	74,6

Tableau 11 : Résultats de la teneur matière organique pour chaque échantillon prélevés en 2015

Les teneurs en Carbone Organique Total (COT) mesurées sont comprises entre 2,85 et 12 g/kg de Matière Sèche.

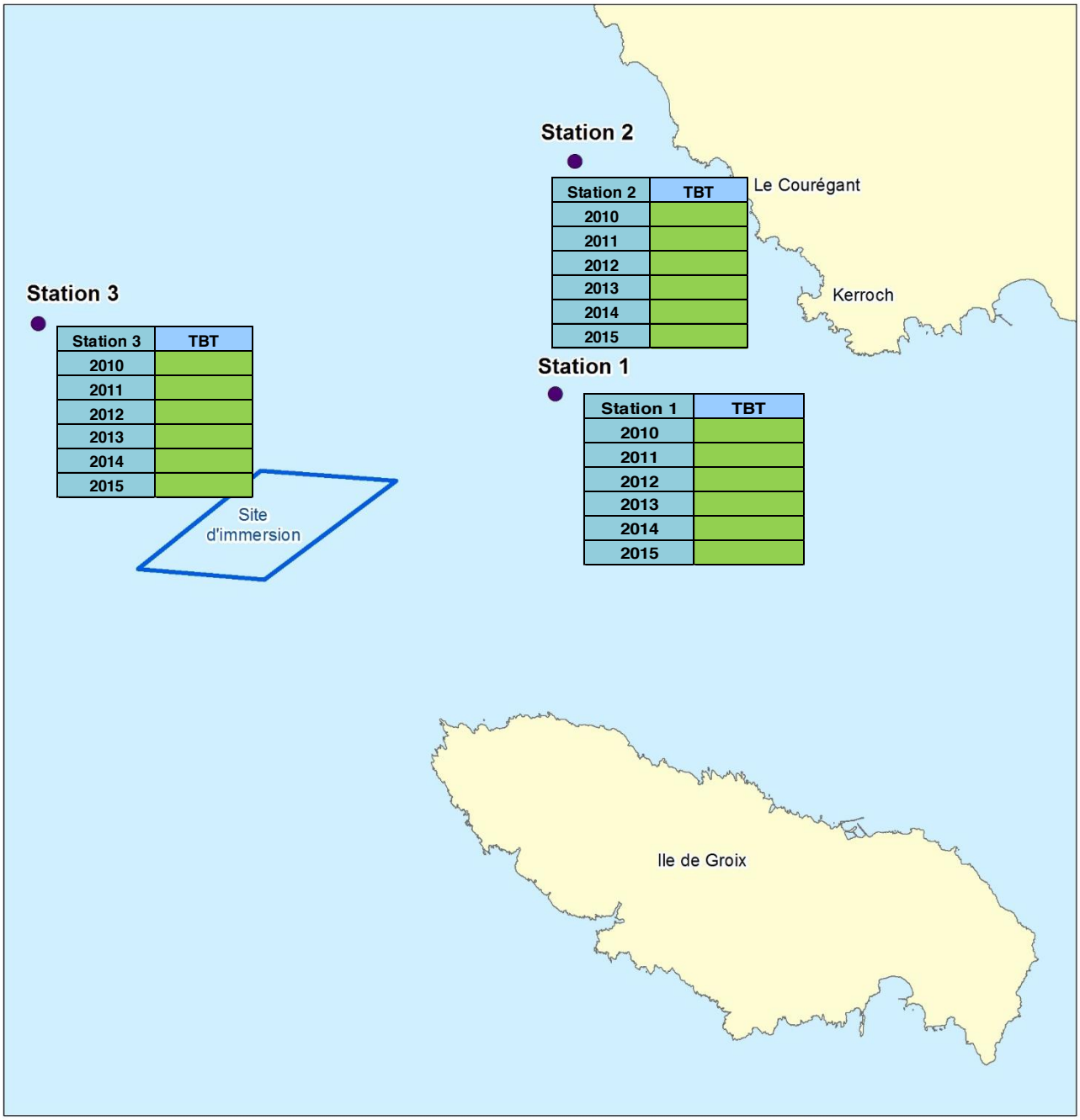
Les stations présentent donc des valeurs faibles sur l'ensemble des stations étudiées.

La pollution organique est évaluée par trois paramètres (Alzieu, 2003) : l'azote organique total (NTK), le phosphore total (P) et le carbone organique total (COT). Afin d'utiliser les valeurs de façon synthétique, il est possible de les rassembler en classes ou indices.

Carbone organique total (COT)		Azote (NTK)		Phosphore	
Valeurs	Indices	Valeurs	Indices	Valeurs	Indices
< 0,6	0	< 600	0	< 500	0
0,6-2,3	1	600-1200	1	500-800	1
2,4-4	2	1200-2400	2	800-1200	2
4,1-5,8	3	2400-3600	3	>1200	3
> 5,8	4	>3600	4		

Tableau 12 : Définition des classes ou indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003) *d'après TBM, 2013*

Niveaux de contamination tributylétain (TBT) d'après l'arrêté du 23 décembre 2009



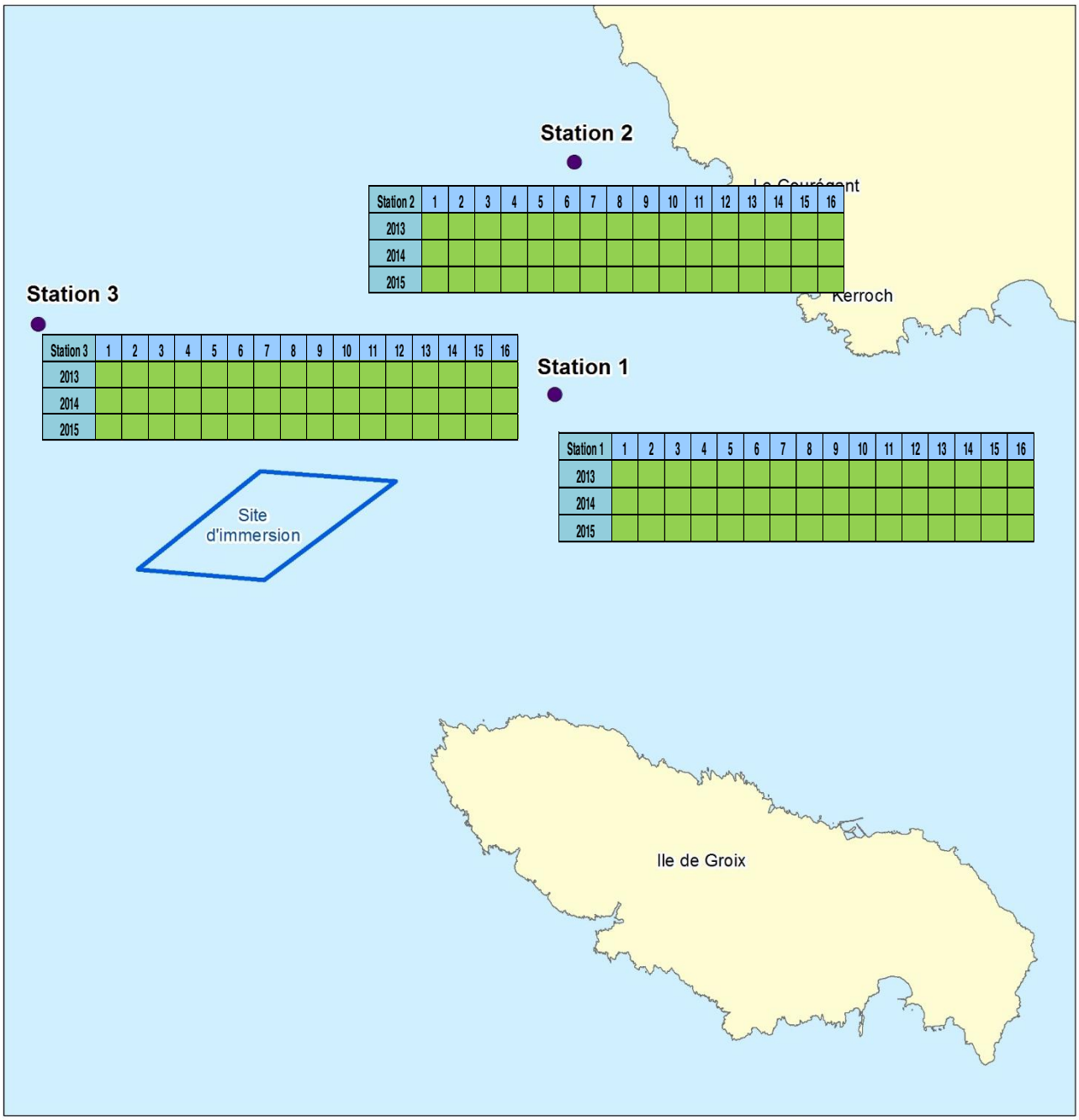
Catégorie 1 : (<0,1 mg/kg)

Catégorie 2 : (0,1-0,4 mg/kg)

Catégorie 3 : (>0,4 mg/kg)

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

Niveau de contamination HAP selon l'arrêté du 8 février 2013



Station 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2013																
2014																
2015																

Station 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2013																
2014																
2015																

Station 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2013																
2014																
2015																

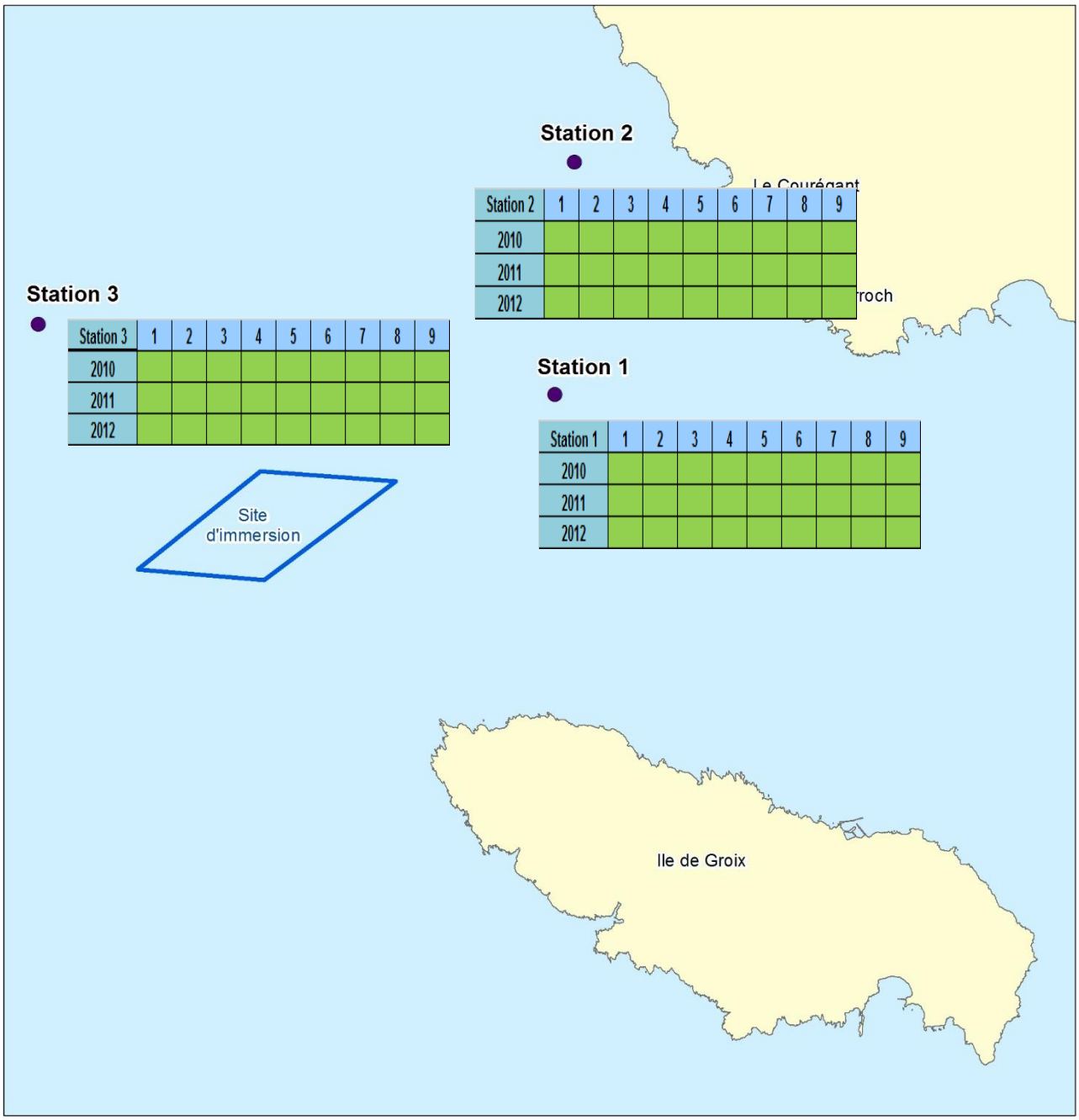
Catégorie 1 : Pas ou très faiblement contaminés (<N1)

Catégorie 2 : Faiblement contaminés (N1-N2)

Catégorie 3 : Contaminés (>N2)

1 : Acénaphtène
2 : Aacénaphtylène
3 : Anthracène
4 : Benzo(a)anthracène
5 : Benzo(a)pyrène
6 : Benzo(b)fluoranthène
7 : Benzo(g,h,i)pérylène
8 : Benzo(k)fluoranthène
9 : Chrysène
10 : Dibenzo(a,h)anthracène
11 : Fluoranthène
12 : Fluorène
13 : Indénopyrène
14 : Naphtalène
15 : Phénanthrène
16 : Pyrène

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015



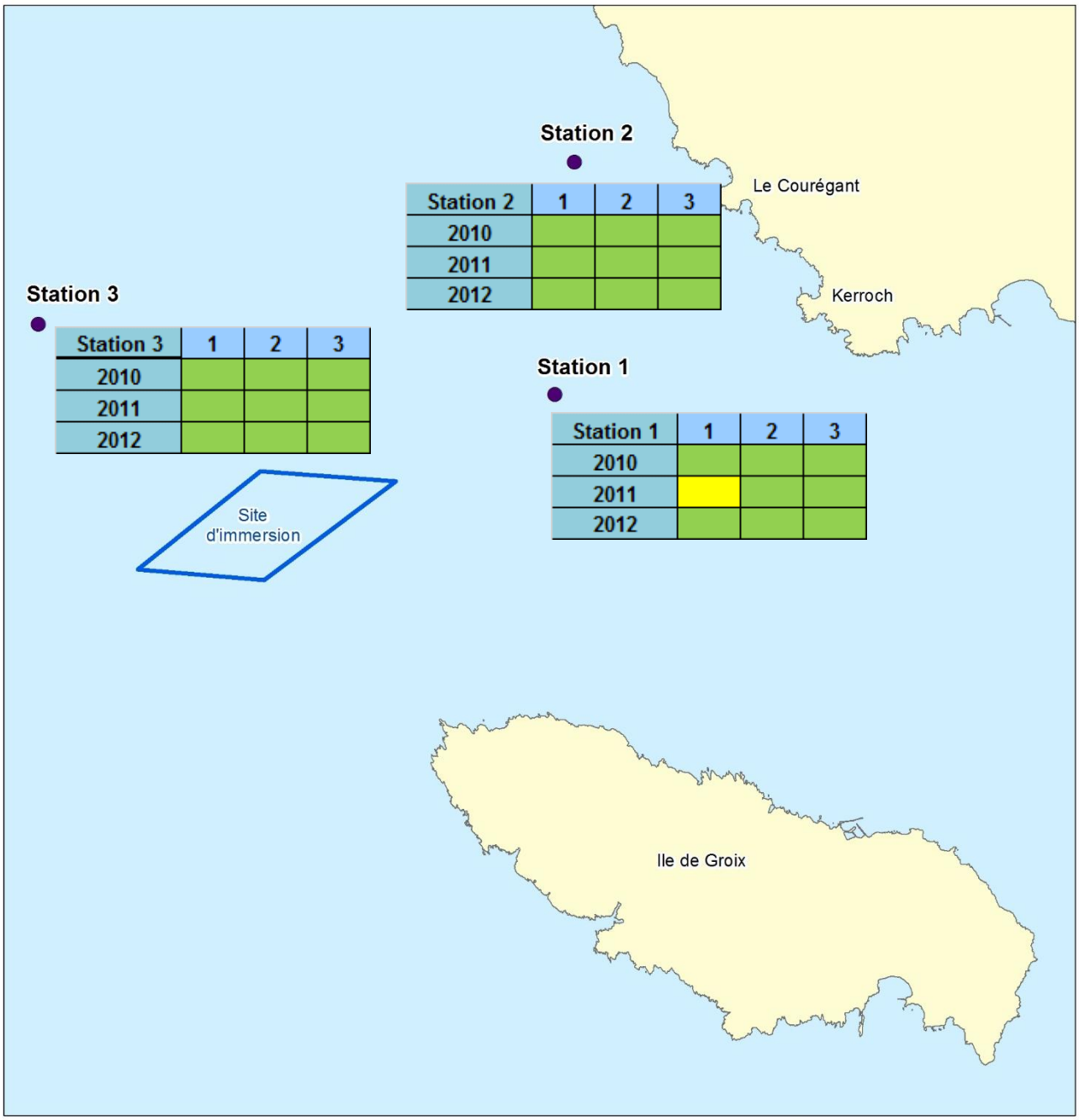
Catégorie 1 : Pas ou très faiblement contaminés (<N1)

Catégorie 2 : Contaminés (>N1)

1 : Anthracène
2 : Benzo(a)anthracène
3 : Benzo(a,h)anthracène
4 : Acénaphtène
5 : Chrysène
6 : Fluorène
7 : Naphtalène
8 : Pphénanthrène
9 : Pyrène

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

Niveaux de contamination HAP d'après le programme PNETOX



Catégorie 1 : Pas ou très faiblement contaminés (<N1)

Catégorie 2 : Faiblement contaminés (N1-N2)

Catégorie 3 : Contaminés (>N2)

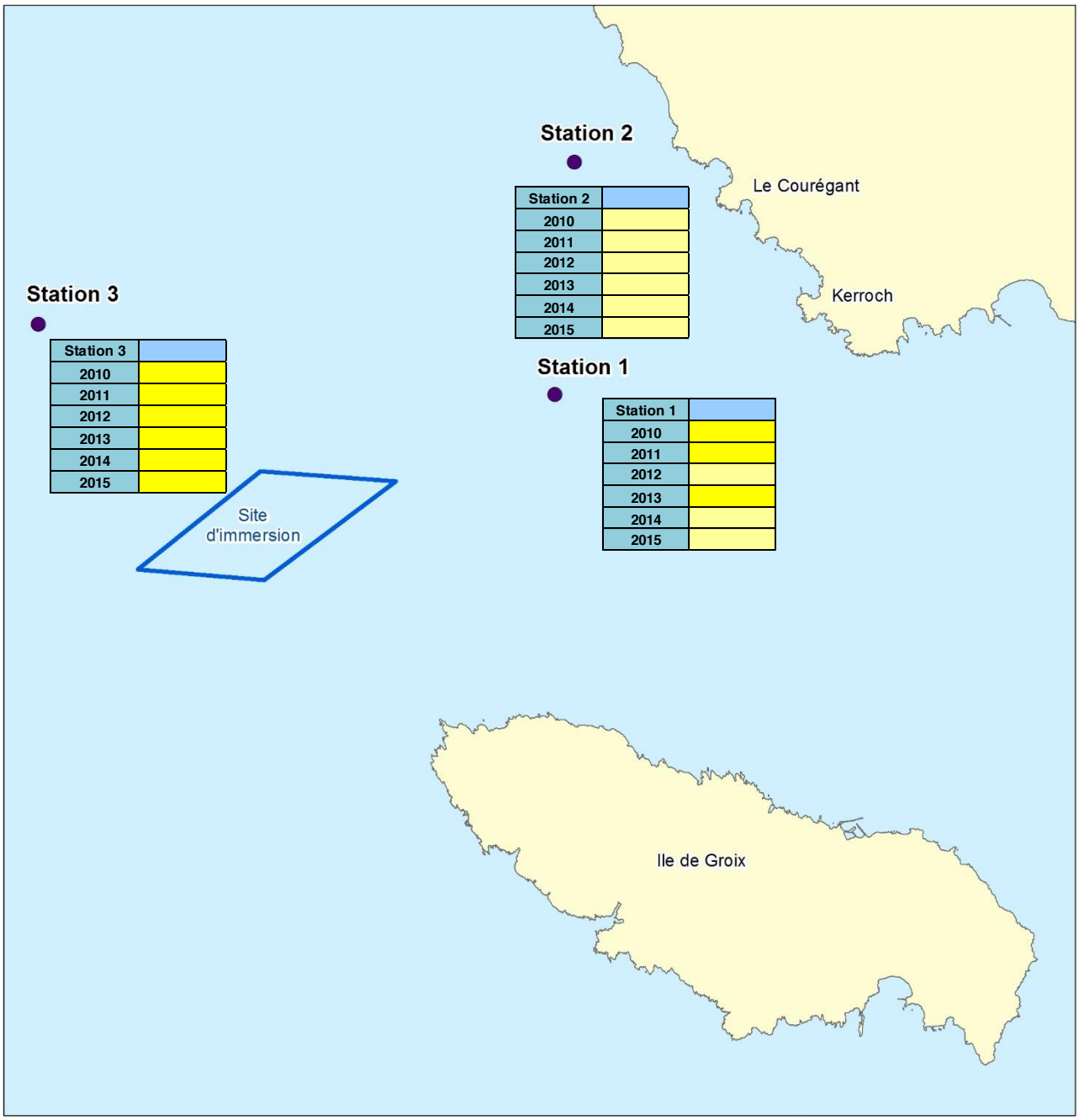
1 : Fluoranthène

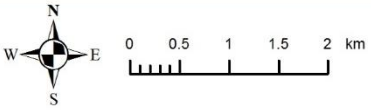
2 : Benzo(b)fluoranthène

3 : Benzo(k)fluoranthène

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

Score de risque





	Risque négligeable (score de risque = 0)
	Risque faible (0< score de risque <=1)
	Rrisque moyen (1< score de risque <=2)
	Rrisque fort (2< score de risque <=3)

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

L'indice de Pollution Organique est égal à la somme des trois indices.

Les indices de pollution organique sont en 2015 :

- Faibles sur la station 2 (égale à 3)
- Moyens sur les stations 1 et 3 (respectivement 7 et 4)

La Planche 16 présente ces indices sur une carte.

Planche 16 : Indices de Pollution organique

3.3 INVENTAIRES BIOLOGIQUES

3.3.1 Composition du peuplement de substrats meubles

La présentation des résultats concerne dans une première partie les paramètres généraux des peuplements (richesse, diversité) et dans une seconde partie les analyses basées sur les indices écologiques.

Stations	1	2	3
Richesse spécifique	31	54	45
Abondance	167	959	149
Densité (ind/m²)	334	1918	298

Tableau 13 : Paramètres de richesse spécifique et d'abondance des espèces sur les stations d'étude

L'analyse des 15 échantillons biologiques (3 stations à 5 réplicats de 0.1 m² par station) a permis d'identifier 99 espèces appartenant à 6 groupes zoologiques principaux et de recenser 1275 individus. La répartition de l'abondance des espèces sur les stations est présentée sur la Planche 17.

Planche 17 : Répartition de l'abondance des espèces sur les stations

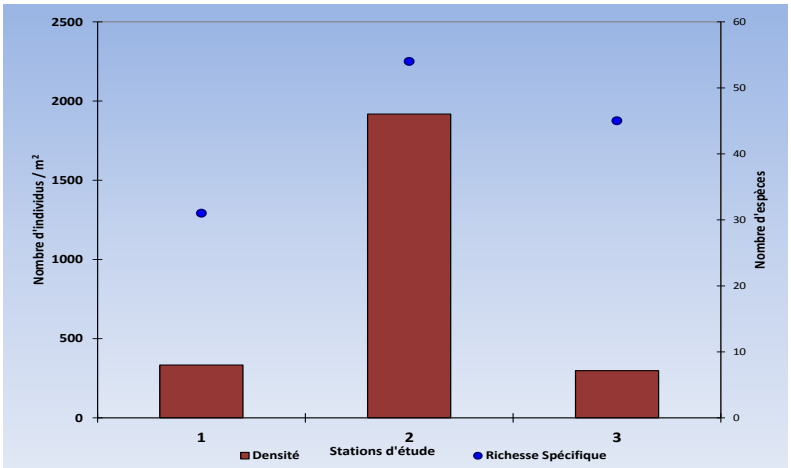
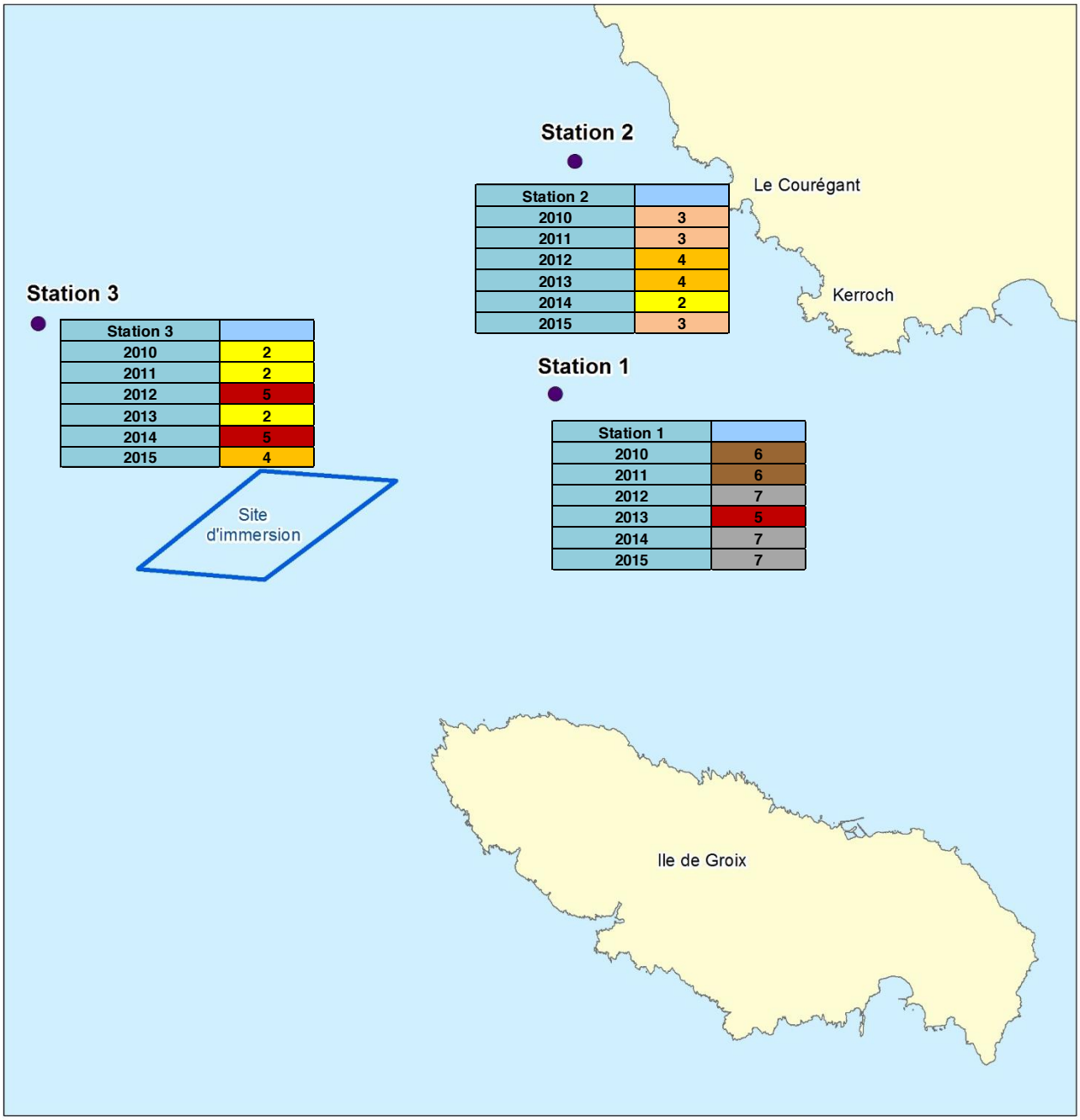


Figure 7 : Abondance et richesse spécifique sur les stations d'études

La richesse spécifique est comprise entre 31 (Station 1) et 54 espèces (Station 2). La richesse spécifique moyenne est de 43 (±12) espèces pour le site d'étude.
Les densités sur les stations varient entre 298 (Station 3) et 1918 individus/m^2 (Station 2). La densité moyenne est de 850 (±925) individus/m^2.

Planche 18 : Récapitulatif des richesses spécifiques et des densités entre 2010 et 2015

Planche 19 : Illustration des espèces récoltées dans les prélèvements



Station 2	
2010	3
2011	3
2012	4
2013	4
2014	2
2015	3

Station 3	
2010	2
2011	2
2012	5
2013	2
2014	5
2015	4

Station 1	
2010	6
2011	6
2012	7
2013	5
2014	7
2015	7

Indices de pollution organique

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

N W E S

0 0.5 1 1.5 2 km

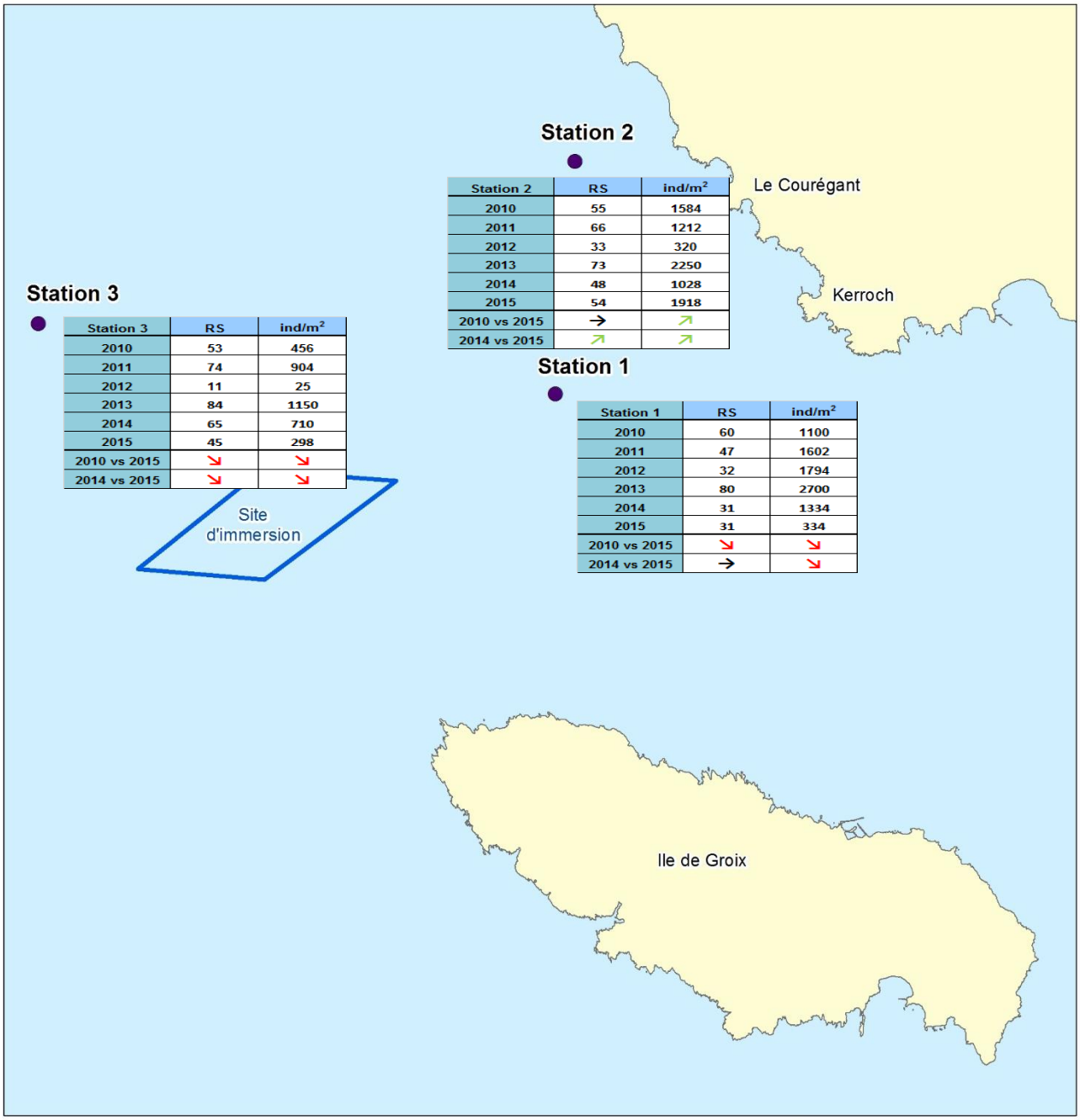
Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

RÉPARTITION DE L'ABONDANCE DES ESPÈCES SUR LES STATIONS

Stations	1	2	3
ANNELIDES			
Alitta succinea			1
Aonides oxycephala		3	
Aphelochaeta sp.		6	
Aponuphis bilineata		6	1
Chaetopteridae indéterminés		1	
Chaetozone sp.			1
Diplocirrus glaucus		12	
Eumida bahusiensis		1	
Eumida sanguinea	1		
Exogone sp.			1
Glycera oxycephala		5	3
Glycera tridactyla		3	1
Goniada maculata		11	1
Goniadella gracilis			11
Lagis koreni	4	2	
Lanice conchilega	1	1	
Lumbrinerides amoureuxi			7
Lumbrineris futilis		1	1
Lumbrineris latreilli		1	1
Lumbrineris sp.	1		
Magelona alleni		1	
Magelona johnstoni		20	
Magelona mirabilis		47	
Maldane glebifex	3		
Malmgrenia sp.			1
Malmgreniella arenicolae		3	
Malmgreniella darbouxi	1		
Marphysa bellii			1
Mediomastus fragilis			35
Nephtys cirrosa			1
Nephtys hombergii		20	
Nephtys kersivalensis	3	4	3
Owenia filiformis	1	6	
Oxydromus pallidus	1	2	
Paradoneis armata		39	
Phyllochaetopterus sp	12		
Pisione remota			5
Polygordius sp.			6
Polynoe scolopendrina	2		
Prionospio malmgreni		1	1
Protodorvillea kefersteini		1	4
Pseudomystides limbata			3
Scalibregma inflatum		2	
Sigalion mathildae	2	8	
Spio decoratus			1
Spionidae indéterminé			1
Spiophanes bombyx		4	
Sternaspis scutata	7		
Sthenelais boa	35	11	

Stations	1	2	3
ECHINODERMES			
Amphipholis squamata		10	
Amphiura filiformis	9		
Asterias rubens		1	
Echinocardium cordatum		2	4
Echinocyamus pusillus			1
Leptosynapta inhaerens	2		
Oestergrenia digitata	4	5	
Ophiura ophiura			2
MOLLUSQUES			
Abra alba	3	13	4
Abra prismatica		26	
Acteon tornatilis	3	2	
Angulus fabula		8	
Chamelea striatula		1	
Dosinia exoleta			1
Eulima bilineata	5		
Kurtiella bidentata	1		1
Melanella alba			1
Moerella donacina			4
Nassarius pygmaeus		1	2
Nassarius reticulatus		2	4
Nucula nitidosa	41	6	
Pharus legumen		2	
Phaxas pellucidus		1	
Philine aperta	1		
Spisula elliptica			2
Tellimya ferruginosa			1
Thyasira flexuosa	5		
Turritella communis	1		
CRUSTACES			
Ampelisca brevicornis		6	3
Ampelisca diadema		9	6
Ampelisca sp.		1	1
Bodotria arenosa			1
Corystes cassivelaunus		2	
Crangon crangon		1	
Eurydice pulchra			4
Haplostylus normani			3
Harpinia pectinata	1		
Leucothoe incisa		2	
Liocarcinus sp.		2	
Monoculodes carinatus			4
Perioculodes longimanus			1
Philocheras bispinosus		1	
Photis longicaudata	1		
CNIDAIRES			
Halcampa chrysanthellum	2		
Actinaria indéterminés	7		
DIVERS			
Nemertea	3	7	5
Oligochetae			3
Phoronis muelleri		607	
Plathelminthe		4	
Tubulanus polymorphus	4	15	

Sources : IN VIVO Environnement – Aout 2015



Station 2	RS	ind/m²
2010	55	1584
2011	66	1212
2012	33	320
2013	73	2250
2014	48	1028
2015	54	1918
2010 vs 2015	→	↗
2014 vs 2015	↗	↗

Station 3	RS	ind/m²
2010	53	456
2011	74	904
2012	11	25
2013	84	1150
2014	65	710
2015	45	298
2010 vs 2015	↘	↘
2014 vs 2015	↘	↘

Station 1	RS	ind/m²
2010	60	1100
2011	47	1602
2012	32	1794
2013	80	2700
2014	31	1334
2015	31	334
2010 vs 2015	↘	↘
2014 vs 2015	→	↘

Sources : IN VIVO Environnement – Aout 2015

Glycera oxycephala

Lumbrineris futilis

Phyllochaetopterus sp.

Lumbrinerides amoureuxi

Aonides oxycephala

Lagis koreni

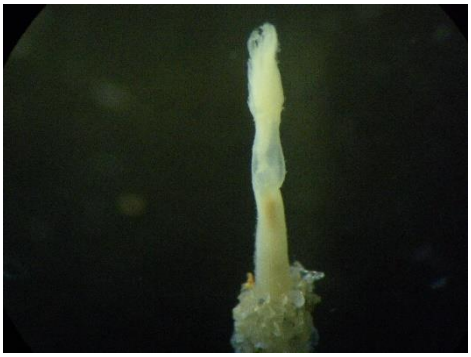
Polygordius sp.

Ampelisca sp.

Actinaria indéterminés (st 1)

Eulima bilineata

Amphiura filiformis



Phoronis muelleri

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

3.3.1.1 Espèces en présence :

3.3.1.1.1. Classification et niveaux trophiques

La validité du nom des espèces, leur classification et les régimes trophiques associés à ces espèces sont vérifiés à l'aide de la base de donnée Européenne de référence ERMS (European Register of Marine Species). Le détail complet est présenté dans la Planche 20.

Planche 20 : Classification des espèces en présence et niveaux trophiques associés

3.3.1.1.2. Espèces dominantes sur les stations

Les espèces dominantes pour les trois stations sont indiquées dans le tableau ci-dessous. La station 1 est fortement dominée par une espèce de mollusque : *Nucula nitidosa*, ainsi que par les polychètes *Sthenelais boa* et *Phyllochaetopterus sp.*ainsi l'ophiure *Amphiura filiformis*. Les espèces très présentes sur la station 2, est *Phoronis muelleri* (petit animal tubicole filtreur) ainsi que le petit annélide polychète *Magelona mirabilis*. On note également de fortes abondances de vers polychètes *Paradoneis armata*, *Magelona johnstoni* ou encore *Nephtys hombergii* ainsi que par les mollusques bivalves *Abra spp.*. La station 3 est quant à elle dominée par les polychètes *Mediomastus fragilis, Goniadella gracilis* et *Lumbrinerides amoureuxi.*

Station	1	Station	2	Station	3
Nucula nitidosa	41	*Phoronis muelleri*	607	*Mediomastus fragilis*	35
Sthenelais boa	35	*Magelona mirabilis*	47	*Goniadella gracilis*	11
Phyllochaetopterus sp	12	*Paradoneis armata*	39	*Lumbrinerides amoureuxi*	7
Amphiura filiformis	9	*Abra prismatica*	26	*Polygordius sp.*	6
Sternaspis scutata	7	*Magelona johnstoni*	20	*Ampelisca diadema*	6
Actinaria indéterminés	7	*Nephtys hombergii*	20	*Pisione remota*	5
Eulima bilineata	5	*Tubulanus polymorphus*	15	*Nemertea*	5
Thyasira flexuosa	5	*Abra alba*	13	*Protodorvillea kefersteini*	4
Lagis koreni	4	*Diplocirrus glaucus*	12	*Echinocardium cordatum*	4
Oestergrenia digitata	4	*Goniada maculata*	11	*Abra alba*	4
Tubulanus polymorphus	4	*Sthenelais boa*	11	*Moerella donacina*	4
Maldane glebifex	3	*Amphipholis squamata*	10	*Nassarius reticulatus*	4
Nephtys kersivalensis	3	*Ampelisca diadema*	9	*Eurydice pulchra*	4
Abra alba	3	*Sigalion mathildae*	8	*Monoculodes carinatus*	4
Acteon tornatilis	3	*Angulus fabula*	8	*Glycera oxycephala*	3

Tableau 14 : Abondances totales des espèces dominantes sur les stations (nb d'individus dans 0,5 m²)

3.3.1.1.3. Groupes taxonomiques

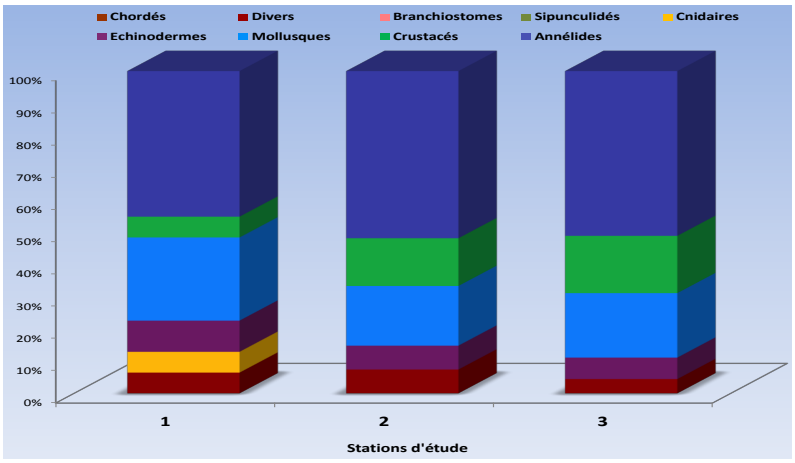


Figure 8 : Répartition de la richesse spécifique selon le groupe zoologique

Les groupes taxonomiques dominant les stations 1, 2 et 3 d'un point de vue de la richesse spécifique sont les groupes des vers annélides polychètes puis des mollusques. La station 1 présente moins d'espèces de crustacés et plus d'espèce de cnidaires (anémones)

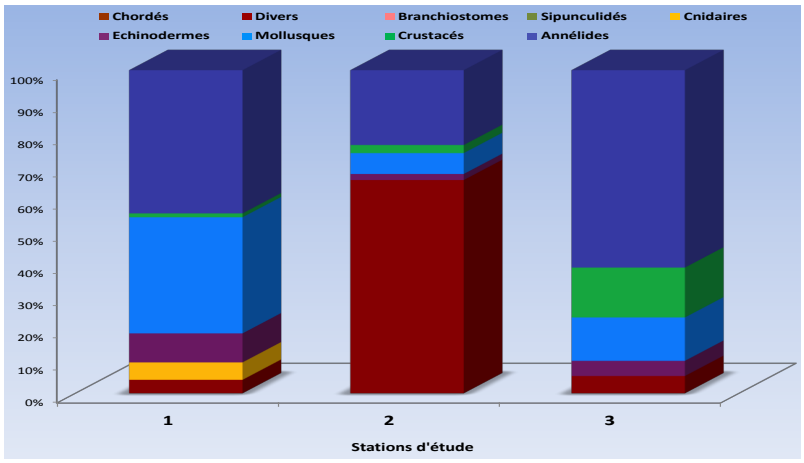


Figure 9 : Répartition de l'abondance selon le groupe zoologique

La répartition de l'abondance montre des contrastes plus marqués entre les stations d'étude que celle de la richesse spécifique. En termes d'abondance, le groupe zoologique des mollusques est majoritaire sur la station 1, celui des vers annélides domine sur la station 3 et le groupe des « divers » domine sur la station 2.

La Planche 21 montre la répartition de l'abondance des groupes taxonomiques sur les stations.

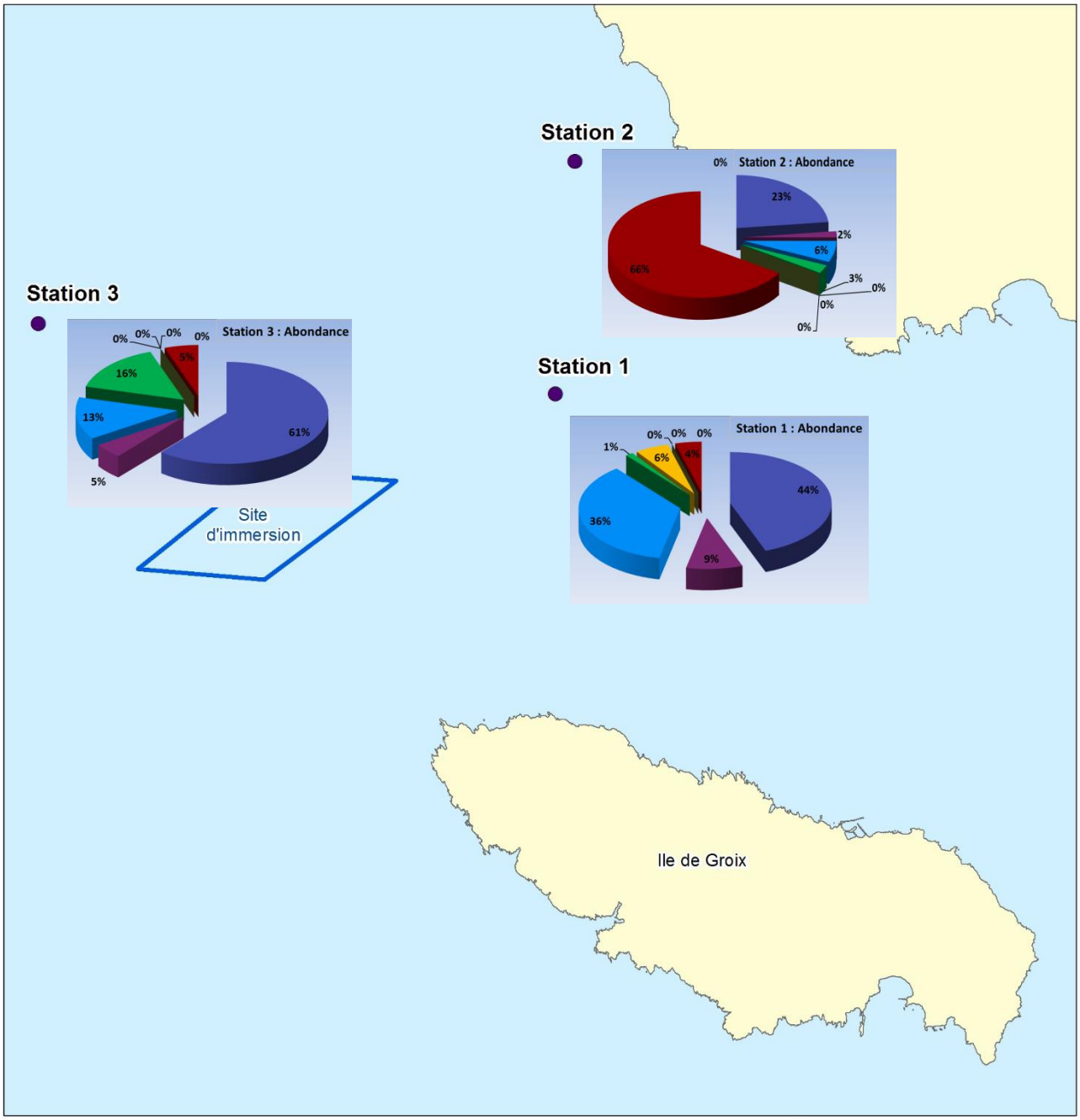
Planche 21 : Répartition de l'abondance des différents groupes taxonomiques

Classification des espèces en présence et niveaux trophiques associés

Stations	Phylum	Classe	Ordre	Famille	Régime alimentaire
ANNELIDES					
Alitta succinea	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereididae	unknow
Aonides oxycephala	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	deposit feeder: surface
Aphelochaeta sp.	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Cirratulidae	deposit feeder: surface, detritus feeder
Aponuphis bilineata	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Onuphidae	omnivore, predator, scavenger
Chaetopteridae indéterminés	Annelida	Polychaeta	-	Chaetopteridae	unknown
Chaetozone sp.	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Cirratulidae	deposit feeder:surface, interface grazer
Diplocirrus glaucus	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Flabelligeridae	deposit feeder: surface
Eumida bahusiensis	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	unknown
Eumida sanguinea	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	predator
Exogone sp.	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Syllidae	unknown
Glycera oxycephala	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Glyceridae	unknown
Glycera tridactyla	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Glyceridae	omnivore, predator, scavenger
Goniada maculata	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Glyceridae	carnivore, detritus feeder
Goniadella gracilis	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Goniadidae	unknown
Lagis koreni	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Pectinariidae	unknown
Lanice conchilega	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Terebellidae	deposit feeder, interface grazer, suspension feeder
Lumbrinerides amoureuxi	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Lumbrineridae	omnivore, predator, scavenger
Lumbrineris futilis	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Lumbrineridae	omnivore, predator, scavenger
Lumbrineris latreilli	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Eunicidae	carnivore
Lumbrineris sp.	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Eunicidae	carnivore
Magelona alleni	Annelida	Polychaeta	Spionida	Magelonidae	unknown
Magelona johnstoni	Annelida	Polychaeta	Spionida	Magelonidae	unknown
Magelona mirabilis	Annelida	Polychaeta	Spionida	Magelonidae	deposit feeder, interface grazer, suspension feeder
Maldane glebifex	Annelida	Polychaeta	Capitellida	Maldanidae	deposit feeder: subsurface, grazer
Malmgrenia sp.	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	omnivore, predator, scavenger
Malmgreniella arenicolae	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	omnivore, predator, scavenger
Malmgreniella darbouxi	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	omnivore, predator, scavenger
Marphysa bellii	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Eunicidae	unknown
Mediomastus fragilis	Annelida	Polychaeta	Capitellida	Capitellidae	unknown
Nephtys cirrosa	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	carnivore, predator
Nephtys hombergii	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	omnivore, predator, scavenger
Nephtys kersivalensis	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	omnivore, predator, scavenger
Owenia fusiformis	Annelida	Polychaeta	Oweniida	Oweniidae	deposit feeder, detritus feeder, filter feeder, suspension feeder
Oxydromus pallidus	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Hesionidae	unknown
Paradoneis armata	Annelida	Polychaeta	-	Paraonidae	unknown
Phyllochaetopterus sp.	Annelida	Polychaeta	-	Chaetopteridae	unknown
Pisione remota	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Pisionidae	deposit feeder:subsurface
Polygordius sp.	Annelida	Polychaeta	chaeta incertae sed	Polygordiidae	deposit feeder: surface, interface grazer
Polynoe scolopendrina	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	omnivore, predator, scavenger
Prionospio malmgreni	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	deposit feeder: surface, interface grazer
Protodorvillea kefersteini	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Dorvilleidae	unknown
Pseudomystides limbata	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	predator
Scalibregma inflatum	Annelida	Polychaeta	Opheliida	Scalibregmidae	deposit feeder
Sigalion mathildae	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	unknown
Spio decoratus	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	deposit feeder, filter feeder, suspension feeder
Spionidae indéterminé	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	deposit feeder, filter feeder, suspension feeder
Spiophanes bombyx	Annelida	Polychaeta	Spionida	Spionidae	deposit feeder
Sternaspis scutata	Annelida	Polychaeta	Sternaspida	Sternaspidae	deposit feeder: subsurface, grazer
Sthenelais boa	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	omnivore, predator, scavenger
ECHINODERMES					
Amphipholis squamata	Echinodermata	Stelleroidea	Ophiurida	Amphiuridae	detritus feeder
Amphiura filiformis	Echinodermata	Stelleroidea	Ophiurida	Amphiuridae	suspension feeder
Asterias rubens	Echinodermata	Stelleroidea	Asteroidea	Asteridae	predator
Echinocardium cordatum	Echinodermata	Echinoidea	Spatangoida	Loveniidae	deposit feeder, grazer
Echinocyamus pusillus	Echinodermata	Echinoidea	Clypeasteroida	Fibulariidae	deposit feeder, interface grazer, suspension feeder
Leptosynapta inhaerens	Echinodermata	Holothuridea	Holothuroidea	Synaptidae	deposit feeder: subsurface, grazer
Oestergrenia digitata	Echinodermata	Holothuridea	Dendrochirotida	Synaptidae	deposit feeder: subsurface, grazer
Ophiura ophiura	Echinodermata	Stelleroidea	Ophiurida	Ophiuridae	omnivore, predator, scavenger
MOLLUSQUES					
Abra alba	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Semelidae	deposit feeder
Abra prismatica	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Semelidae	unknown
Acteon tornatilis	Mollusca	Gastropoda	Opisthobranchia	Acteonidae	unknown
Angulus fabula	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Tellinidae	suspension feeder
Chamelea striatula	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Veneridae	suspension feeder
Dosinia exoleta	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Veneridae	unknown
Eulima bilineata	Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Eulimidae	unknown
Kurtiella bidentata	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Montacutidae	unknown
Melanella alba	Mollusca	Gastropoda	caenogastropoda	Eulimidae	0
Moerella donacina	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Tellinidae	unknown
Nassarius pygmaeus	Mollusca	Gastropoda	Neogastropoda	Nassariidae	omnivor, predator, scavenger
Nassarius reticulatus	Mollusca	Gastropoda	Sorbeoconcha	Nassariidae	unknown
Nucula nitidosa	Mollusca	Bivalvia	Nuculoida	Nuculidae	unknown
Pharus legumen	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Pharidae	unknown
Phaxas pellucidus	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Pharidae	unknown
Philine aperta	Mollusca	Gastropoda	Opisthobranchia	Philinidae	unknown
Spisula elliptica	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Mactridae	unknown
Tellimya ferruginosa	Mollusca	Bivalvia	Euheterodonta	Montacutidae	unknown
Thyasira flexuosa	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Thyasiridae	deposit feeder: surface, filter feeder
Turritella communis	Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Turritellidae	suspension feeder
CRUSTACES					
Ampelisca brevicornis	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Ampeliscidae	unknown
Ampelisca diadema	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Ampeliscidae	unknown
Ampelisca sp.	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Ampeliscidae	suspension feeder
Bodotria arenosa	Arthropoda	Malacostraca	Cumacea	Bodotriidae	unknown
Corystes cassivelaunus	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Corystidae	unknown
Crangon crangon	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Crangonidae	predator
Eurydice pulchra	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Cirolanidae	omnivore, predator, scavenger
Haplostylus normani	Arthropoda	Malacostraca	Mysida	Mysidae	unknown
Harpinia pectinata	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Phoxocephalidae	deposit feeder, grazer
Leucothoe incisa	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Leucothoidae	deposit feeder, grazer
Liocarcinus sp.	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Portunidae	unknown
Monoculodes carinatus	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Oedicerotidae	unknown
Perioculodes longimanus	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Oedicerotidae	unknown
Philocheras bispinosus	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Crangonidae	unknown
Photis longicaudata	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Isaeidae	unknown
CNIDAIRES					
Halcampa chrysanthellum	Cnidaria	Anthozoa	Leptothecata	Halcampidae	omnivor, predator, scavenger
Actinaria indéterminés	Cnidaria	Anthozoa	-	-	omnivor, predator, scavenger
DIVERS					
Nemertea	Nemertea	-	-	-	unknown
Oligochaeta	Annelida	-	Oligochaeta	-	unknown
Phoronis muelleri	Phoronida	-	-	-	unknown
Plathelminthe	Platyhelminthes	-	-	-	unknown
Tubulanus polymorphus	Nemertea	Palaeonemertea	-	Tubulanidae	unknown

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

Proportions des densités des groupes taxonomiques



- Annélides
- Echinodermes
- Mollusques
- Crustacés
- Cnidaires
- Branchiostomes
- Sipunculidés
- Divers
- Chordés

Sources : IN VIVO Environnement – Aout 2015

3.3.1.2 Indices de diversité

❖ **Indice de Shannon et d'Equitabilité :**

Stations	1	2	3
Indice de Shannon	3,86	2,72	4,66
Equitabilité (Piélou)	0,78	0,47	0,85

Tableau 15 : Valeurs de l'indice de Shannon et de l'Equitabilité

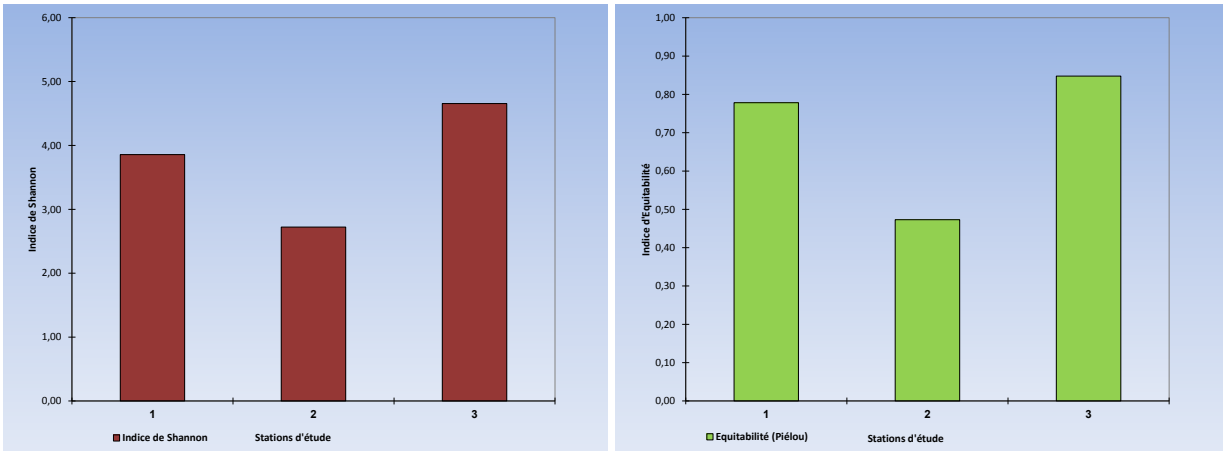


Figure 10 : Indice de diversité de Shannon (gauche) et d'Equitabilité (droite) sur les stations d'étude

Les indices de Shannon observés sont compris entre 2,72 (station 2) et 4,66 (station 3).

Pour l'indice d'équitabilité, les stations d'étude présentent des valeurs assez similaires pour les stations 1 et 3, avec des valeurs respectives de 0,78 et 0,85. Ces stations présentent un indice supérieur au seuil de 0,70. Cela témoigne d'une structure de peuplement équilibrée qui s'explique par un nombre assez important d'espèces équitablement réparties.

La valeur de l'équitabilité de 0,47 de la station 2 témoigne d'une structure de peuplement plus déséquilibrée qui s'explique par une dominance d'une ou plusieurs espèces dans le peuplement (ici *Phoronis muelleri* et *Magelona mirabilis*).

Le modèle DIMO (*DIversity MOnitoring*) développé par Qinghong en 1995 permet d'illustrer de manière synthétique l'évolution spatiale de la richesse spécifique (Log_2S), de la diversité (H') et de l'équitabilité (Bazairi, 2005). Cette dernière est représentée par l'angle formé par la droite représentée sur le graphique suivant :

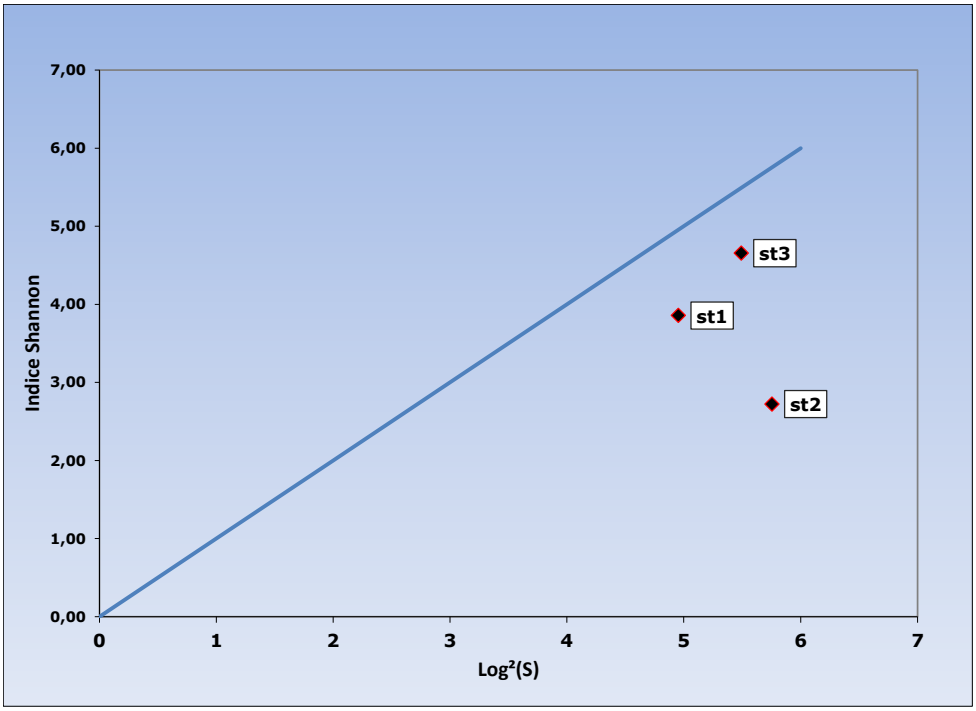


Figure 11 : Modèle DIMO appliqué aux stations

La distribution spatiale montre que les peuplements présentent des richesses spécifiques et une répartition des espèces assez hétérogènes. L'ensemble des stations présentent une richesse spécifique plutôt élevée mais diffèrent du point de vue de l'indice de l'équitabilité.
La station 3 présente une équitabilité et un Indice de Shannon plus important que les deux autres stations: les peuplements y sont plus diversifiés et équilibrés. La station 2 présente un déséquilibre plus marqué au sein de son peuplement, du notamment à la dominance d'une ou de plusieurs espèces.

Les résultats concernant la richesse spécifique, la densité des espèces et leur répartition au sein des stations échantillonnées autour de la zone de clapage se révèlent globalement bons. Certaines disparités apparaissent entre les stations. La station 1, caractérisée par des sédiments vaseux présente une diversité moindre que les deux autres. La station 2 de sables fins envasés, présente une forte richesse spécifique et quelques espèces dominantes. La station 3, de sables grossiers, se révèle très diversifiée et le peuplement y est bien équilibré.

3.3.1.3 Indices basés sur les groupes écologiques

L'identification des groupes écologiques des espèces en présence a été réalisée pour pouvoir déterminer les indices basés sur les groupes écologiques : l'AMBI, le M-AMBI et l'I2EC.

- **L'AMBI :**

Toutes les stations sont composées entre 20 (station 2) à 40 % (station 1) par des espèces des groupes écologique I (sensibles à l'hypertrophisation). Le groupe II (espèces indifférentes à l'hypertrophisation) est le deuxième groupe écologique majoritaire au sein des stations.
Les espèces du groupe écologique III (tolérantes à l'hypertrophisation) représentent 32 % du peuplement au sein de la station 3. Elles sont moins observées dans les stations 1 et 2. Les espèces opportunistes de second ordre (groupe IV) sont présentes sur l'ensemble des stations mais en faibles pourcentages (entre 1 et 2,5 %). Très peu d'espèces opportunistes de premier ordre du groupe V ont été identifiées : seule la station 3 présente des proportions non significatives (2%). Il s'agit des espèces de vers oligochètes.

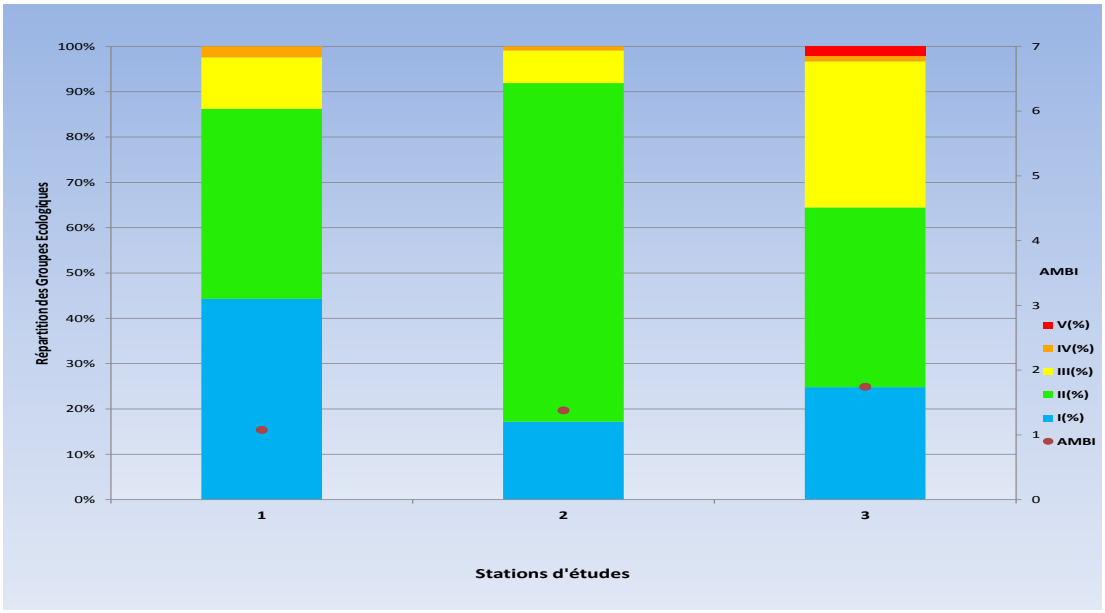


Figure 12 : Répartition des groupes écologiques selon les stations d'étude et valeur moyenne de l'AMBI

Planche 22 : Pourcentages des groupes écologiques

Au vu des fortes proportions des groupes I (espèces sensibles à l'hypertrophisation) et II (espèces indifférentes à l'hypertrophisation) sur l'ensemble des stations, il semble que la zone d'étude ne présente pas de perturbations du milieu du à un enrichissement en matière organique.

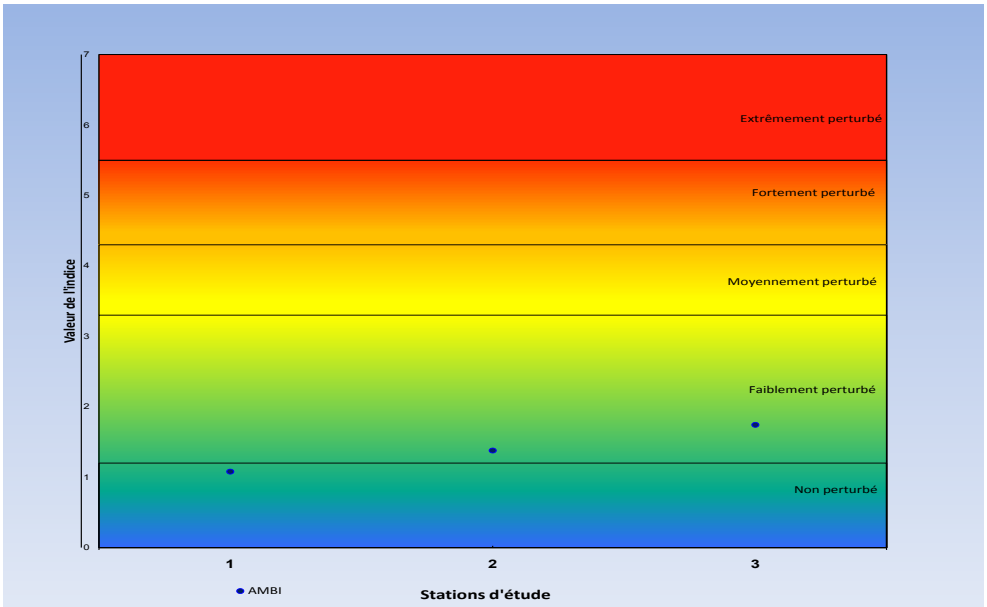


Figure 13 : Synthèse des niveaux de perturbation selon les stations d'étude

Les résultats de l'indice AMBI sur les stations révèlent que celles-ci présentent une légère perturbation sur les stations 2 et 3 et aucune sur la station 1. La dominance d'espèces sensibles et indifférentes à l'hypertrophisation et l'absence quasi-complète d'espèces opportunistes sont révélatrices d'un état environnemental peu perturbé. Bien qu'il y ait une dominance de quelques espèces, l'AMBI révèle une absence de perturbation.

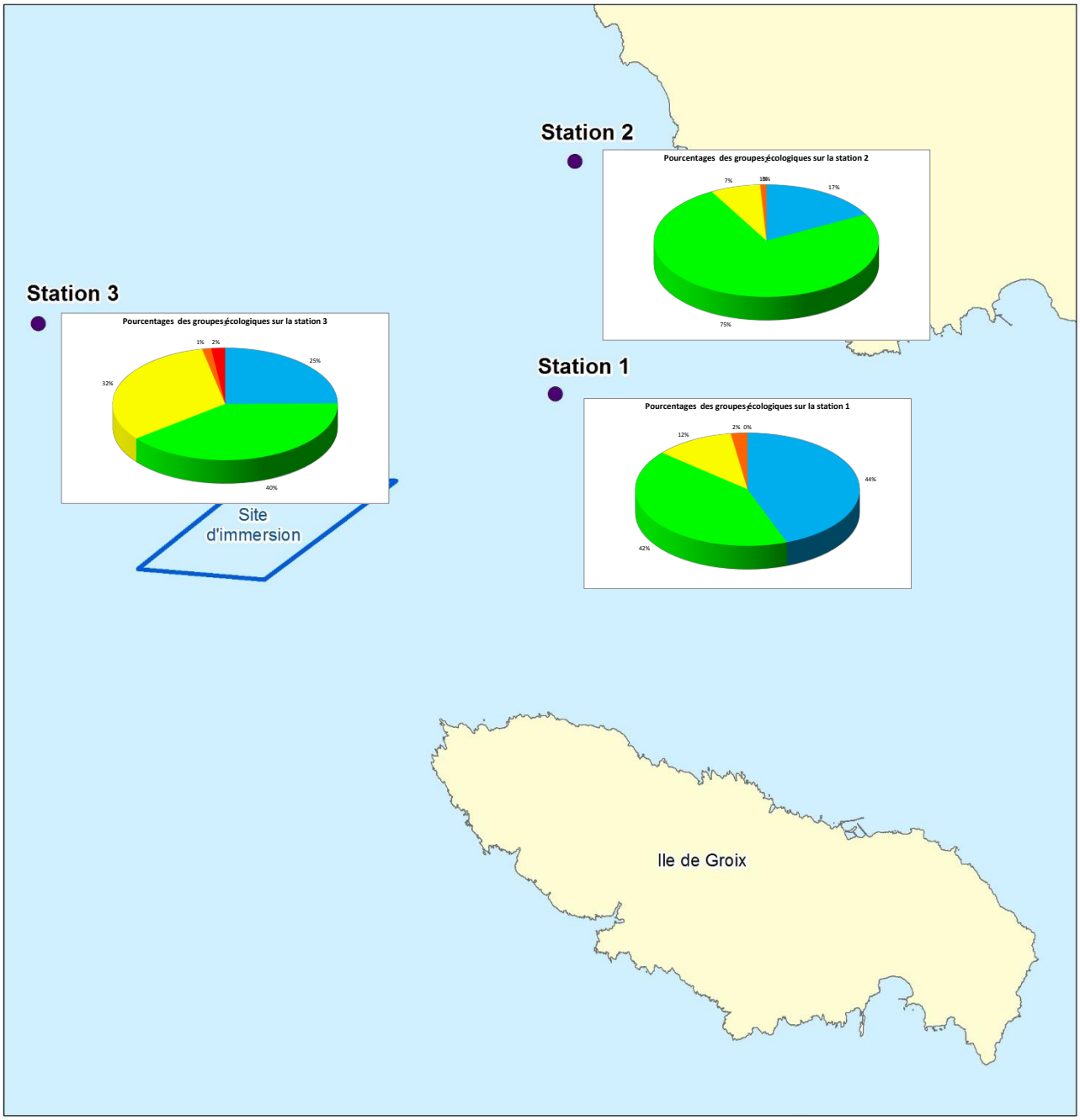
Par rapport aux masses d'eau côtières prises en référence, il est important de noter que la qualité écologique est considérée comme « excellente » sur la station 1 stations et comme « bonne » sur les stations 2 et 3 (critères DCE).

Stations	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	EcoQ
1	44,3	41,9	11,4	2,4	0	1,078	HIGH
2	17,2	74,7	7,2	0,9	0	1,378	GOOD
3	24,8	39,6	32,2	1,3	2	1,742	GOOD

Tableau 16 : Synthèse de la répartition des espèces selon le groupe écologique, indice biotique AMBI et équivalence avec les statuts écologiques de la DCE (EcoQ)

Les résultats de l'exercice d'inter calibration ont mis en lumière l'intérêt du M-AMBI combinant l'indice de Shannon-Weaver (indice de diversité) et l'AMBI (indice fonctionnel basé sur la polluo-sensibilité des espèces). En effet, le M-AMBI a été mis au point par l'équipe de l'AZTI pour permettre de compléter les résultats obtenus par l'AMBI. Le calcul du M-AMBI est basé sur une analyse factorielle de l'AMBI, de la richesse spécifique et de l'indice de diversité H' (indice de Shannon-Wiener) (Muxika et al., 2007).
Il permet donc de prendre en compte ces trois facteurs à la fois. L'AMBI met en évidence les perturbations de type organique en s'appuyant sur l'analyse des espèces présentes et leur polluosensibilité. Le calcul du

Pourcentages des groupes écologiques



Groupes écologiques :

N
W
E
S
0 0.5 1 1.5 2 km

- I(%)
- II(%)
- III(%)
- IV(%)
- V(%)

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

M-AMBI est donc basé sur les résultats obtenus avec l'AMBI pondéré par l'indice de Shannon (H') et la richesse spécifique (S).

	Stations	AMBI	Diversité	Richesse spécifique	M-AMBI	Statut
Valeurs de références	"Mauvais"	6	0	1	0	Mauvais
	"Très bon"	1	4	58	1	Très bon
	1	1.07	3.85	31	0.82	Très bon
	2	1.37	2.72	54	0.85	Très bon
	3*	1.74	4.65	45	0.92	

Tableau 17 : Valeurs du M-AMBI sur les stations d'étude et valeurs de références

*(* pas de conditions d'application de l'indice pour les sables grossiers)*

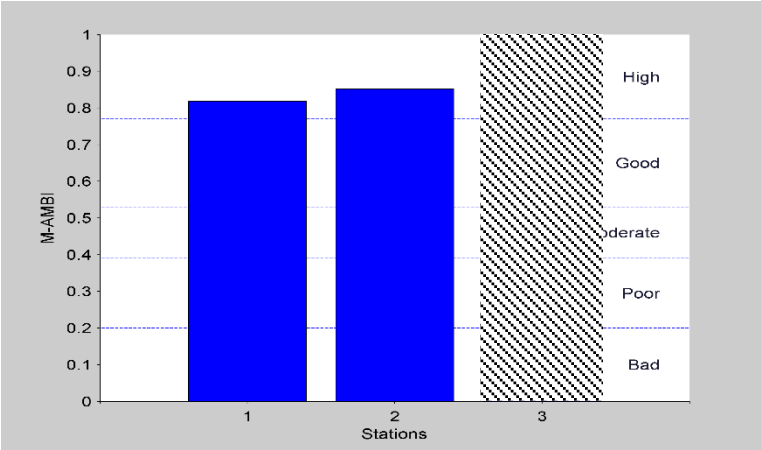


Figure 14: Représentations du M-AMBI sur les stations d'étude 1 et 2

Le graphique ci-dessus montre que la prise en compte des trois paramètres cités révèle des peuplements dont l'état général est jugé comme « excellent » pour les stations 1 et 2. L'application des conditions de référence de M-Ambi a été faite en appliquant les valeurs de référence des sables fins plus ou moins envasés subtidaux : elles présentent un seuil de la richesse spécifique S=58 dans le cas d'un milieu en très bon état. Aucune perturbation de type organique ne semble être observée sur les stations d'étude.

Les résultats des indices basés sur les groupes écologiques montrent que le milieu n'est pas perturbé au regard de la matière organique. Cela correspond aux valeurs généralement observées en mer ouverte. La qualité écologique du site, au regard des peuplements benthiques est bonne.

❖ **I2EC**

Afin de limiter au maximum la part de subjectivité qui pourrait apparaître, la définition de l'indice se présente sous la forme d'une clé de détermination et non d'un calcul d'indice *sensu stricto*. La première étape consiste à comparer les richesses spécifiques et abondances des sites étudiés avec celles d'un état de référence pour l'habitat considéré.

Dans notre cas, il apparaît que les stations sont situées dans l'habitat « Sables fins et moyens côtiers ». L'état de référence pour l'abondance est **500 individus/m²** et pour la richesse spécifique, **30 espèces**.

Habitat	*Abondance (individus : m²)*	*Richesse spécifique (nombre d'espèces)*
Vasières côtières et milieux portuaires	> 1000	30
Sables fins et moyens côtiers	500	30
(en cas d'instabilité)	(<500)	(15)
Sables grossiers et graviers côtiers	1000	30
Sables intertidaux	500-1000	10-15
Estuaires (milieux très complexes)	variable	variable

Tableau 18: Estimation de la richesse spécifique et de l'abondance d'états de référence de différents habitats (Grall et Glémarec, 2003)

Stations	1	2	3
Richesse spécifique	31	54	45
Densité (ind/m²)	334	1918	298

Tableau 19: Synthèse des paramètres écologiques

Pour la **station 2**, l'abondance est supérieure à 500 individus et la richesse spécifique est toujours supérieure à 30. Par rapport à cet état de référence, les paramètres d'abondance et de richesse spécifique sont normaux. Le groupe II est largement dominant (il s'agit généralement d'une espèce qui peut dominer le peuplement) avec groupe II>groupe I>groupe II. Dans ce cas, **l'I2EC = 3.**

Pour **les stations 1 et 3**, l'abondance est inférieure à 500 individus et la richesse spécifique est toujours supérieure à 30. Ces paramètres sont un peu différents de l'état de référence. Il s'agit des écotones désignés par des chiffres impairs. **Sur la station 1**, groupe I>groupe II (et la richesse spécifique est peu ou pas modifiée par rapport à l'état de référence I2EC = 0). **Dans ce cas I2EC = 1. Sur la station 3**, le groupe II domine le peuplement, mais les groupes III et I sont encore bien présents (le groupe IV est très légèrement présent), **l'I2EC = 3.**

Stations	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	I2EC
1	44,3	41,9	11,4	2,4	0	1,078	1
2	17,2	74,7	7,2	0,9	0	1,378	3
3	24,8	39,6	32,2	1,3	2	1,742	3

Tableau 20 : Répartition des groupes écologiques et valeur d'I2EC par station

Les espèces du groupe écologique II (indifférentes à l'hypertrophisation) sont mieux représentées que celles du groupe I et III (espèces sensibles et tolérantes à l'hypertrophisation) sur les stations 2 et 3. La station 1 présente une majorité d'espèces sensibles. Les espèces du groupe IV et V sont en proportion très faible voire nulle.

Selon la clé de détermination, pour l'ensemble de ces paramètres, l'I2EC est égal à 1 (station 1) ou 3 (stations 2 et 3), ce qui correspondant à un **état de transition (écotones) de faible enrichissement**. Selon l'I2EC, de faibles dégradations environnementales sont recensées sur les stations d'études mais il est à noter que les richesses spécifiques au sein des trois stations sont toujours au-dessus du seuil de référence « normal ».

Planche 23 : Indice d'évaluation de l'endofaune côtière (I2EC)

Ecological group	I2EC						
	0	1	2	3	4	5	6
I	> 40 %		20 – 40 %		< 20 %		-
III	20 – 40 %		> 40 %		20 – 40 %		< 20 %
IV	< 20 %		< 20 %		> 40 %		20 – 40 %
V	-		-		+		> 40 %
Environmental health	Normal		Enrichment		Degradation		Heavy Degradation

Tableau 21 : Niveaux de dégradation correspondant aux différents indices biotiques (IFREMER)

3.3.2 Description des espèces déterminantes

Station 1

Nucula nitidosa

Les nucules sont facilement reconnaissables par les nombreuses petites dents identiques de la charnière. Cette espèce a la coquille plutôt luisante. On la retrouve dans les substrats sableux, de la Grande-Bretagne à la Méditerranée.

Sternaspis scutata

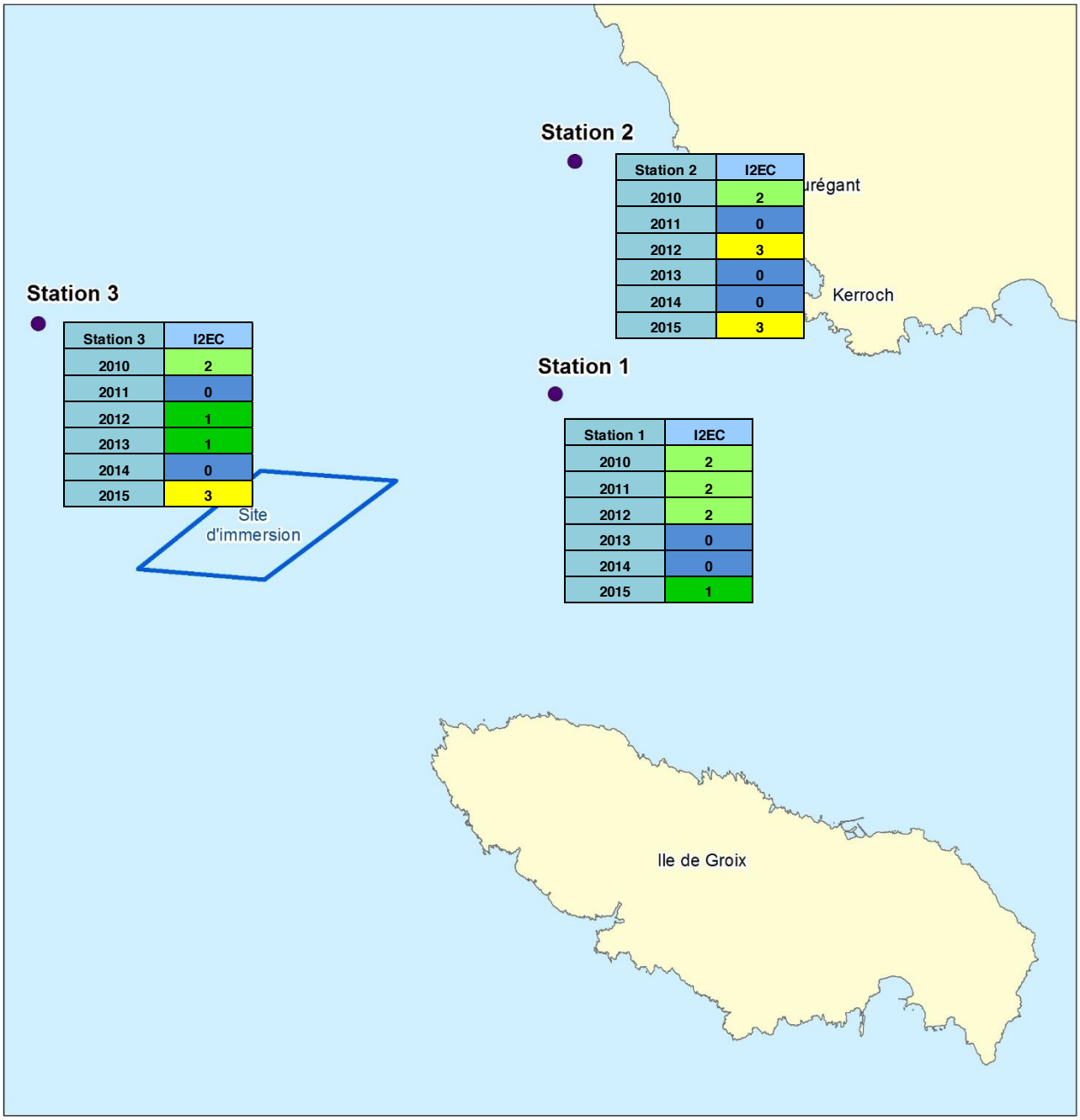
Ce ver annélide polychète a un corps très court et de forme totalement inhabituelle : son corps cylinfrique est étranglé en son milieu pouvant se rétracter, et disposé à l'envert il resemble à une petite chouette. Il vit sur les fonds vaseux plutôt mou jusqu'à une assez grande profondeur.

Amphiura filiformis

Cette ophiure a un disque qui peut mesurer jusqu'à 10 mm de diamètre. La face supérieure de celui-ci est recouvert d'écailles mais la face intérieure en est dépourvue ce qui la rend délicate. On trouve cette espèce à marées basses de vive eau et un peu au-delà, sur sable fin vaseux. Sa répartition s'étend des côtes britaniques jusqu'à la Méditerranée en passant par l'ouest de la Norvège.

Abra alba

Ce petit mollusque bivalve à coquille lisse et blanche lustrée (jusqu'à 25 mm de long) fouit peu profondément dans la vase et le sable fin. Il consomme divers dépôts grâce à ses longs siphons extensibles séparés. Cette espèce se trouve sur toutes les côtes britanniques ; de la Norvège à la Méditerranée et l'Afrique de l'Ouest.



Station 2	I2EC
2010	2
2011	0
2012	3
2013	0
2014	0
2015	3

Station 3	I2EC
2010	2
2011	0
2012	1
2013	1
2014	0
2015	3

Station 1	I2EC
2010	2
2011	2
2012	2
2013	0
2014	0
2015	1

0	Milieu normal
1	Milieu normal
2	milieu enrichi
3	milieu enrichi
4	milieu dégradé
5	milieu dégradé
6	fortement dégradé
7	fortement dégradé

Sources : IN VIVO Environnement – Septembre 2015

Station 2

Magelona mirabilis

Ce vers annélide polychète est un Magelonidae. On les reconnait facilement par leur morphologie divisée en deux parties distinctes, séparées par un segment différent. Leur prostomium (tête) ressemble à un « bec de canard » et porte deux grands palpes portant des papilles bien visibles. *Magelona mirabilis* est de couleur claire, mesure entre 50 et 170 mm et se reconnait par la présence de soies spéciales au 9ème segment. Il peut se confondre avec *M. Johnstoni* qui lui, comporte des « coussinets » entre le 10ème et le 11ème segment.

Owenia fusiformis

Owenia fusiformis est un annélide polychète vivant dans un tube recouvert de grains de sables et de débris coquilliers dans le sédiment sablo-vaseux. Il se nourrit par le biais de sa couronne tentaculaire, soit dans une position verticale ou penchée au niveau de la surface des sédiments, exposant ainsi sa partie antérieure. De taille réduite (1 à 14 mm), il est consommé principalement par les poissons.

Angulus fabula

Coquille ovale allongée pouvant mesurer jusqu'à 20 mm de long. L'extrémité postérieure est brusquement amincie et incurvée à droite. La coquille est ornée de fines lignes concentriques et de forts cernes d'accroissement qui sont caractéristiques. On trouve cette espèce dans les sables fins à moyens, sur toutes les côtes britanniques, de la Norvège à l'Afrique du Nord-Ouest et de la Méditerranée.

Nephtys hombergii

Cet annélide polychète fait partie des espèces errantes qui creusent des galeries dans le sédiment mais peuvent en sortir pour se nourrir ou rechercher un habitat meilleur. Prédateur, il peut aussi bien se nourrir des mollusques fouisseurs juvéniles, crustacés et autres polychètes. Il se nourrit également de charognes, de diatomées et de détritus. Il peut atteindre des tailles relativement importantes (20cm) et est consommé par crustacés et poissons.

Station 3

Polygordius sp.

Ce vers annélide appartient à la famille des Polygordiidae qui fait partie des vers annélides dits « interstitiels » ou « Archiannelida ». Fin, long et cylindrique, il est composé de nombreux segments qui se ressemblent et ne comportent pas de soies. Sa couleur irrisée est caractéristique et la surface de son corps est très lisse. Sa tête comporte deux tentacules et son autre extrémité a une forme de « bulbe » portant deux cirres. Cette espèce se trouve dans les sédiments grossiers propres et les « gravelles à Amphioxus » (Branchiostomes).

Mediomastus fragilis

Les annélides de la famille des Capitellidae à laquelle appartient *Mediomastus fragilis* ressemblent beaucoup aux lombrics, leur corps est plutôt long et grêle, leur tête est conique et leur parapodes simple. Cette espèce est reconnaissable entre autre grâce aux pelotes fécales que l'on voit en transparence dans son abdomen. Les vers de cette famille fouissent pour la plus part le sable plus ou moins vaseux.

3.3.3 Classification des peuplements

Il est possible d'effectuer une classification des peuplements en présence. La mise en relation avec la typologie EUNIS (2012) et les Cahiers d'habitats Natura 2000 a été réalisée.

Station 1 :

Ce peuplement de vase sableuse du circalittoral côtier est caractérisé par la présence, parfois en très grande abondance, de l'ophiure *Amphiura filiformis* et de *Mysella bidentata* ainsi que d'*Abra spp*. Ce peuplement se rencontre à des profondeurs plus ou moins importantes. Il est également caractérisé par le siponcle *Thysanocardia procera* et les polychètes *Nephtys incisa*, *Phoronis sp.* et *Pholoe sp.* ainsi que des Cirratulidés, communs dans ce genre d'habitats.

Dénomination de la biocénose	CODE EUNIS
« *Sublittoral mud* »	A5.3
« *Circalittoral sandy mud* »	A5-35
« *Amphiura filiformis, Mysella bidentata and Abra nitida in circalittoral sandy mud* »	A5-351
Dénomination de la biocénose	CODE N2000
Vasières infralittorales (façade atlantique)	1160-1

Tableau 21 : Tableau récapitulatif des biocénoses rencontrées et leur codification (station 1)

Station 2 :

Cet habitat se trouve au niveau des sables stables, fins et compacts légèrement vaseux de l'infralittoral et de la frange littorale. Il est souvent dominé par le bivalve *Chamelea gallina*. Ce biotope peut aussi être caractérisé par le mollusque bivalve *Fabulina fabula* et par l'annélide *Magelona mirabilis* (ainsi que d'autres Magelonidés qui peuvent présenter de fortes abondances). On y retrouve également des amphipodes tels que *Bathyporeia spp.*, et des polychètes tels que *Chaetozone setosa*, *Spiophanes bombyx* et *Nephtys spp.*

Dénomination de la biocénose	CODE EUNIS
« *Sublittoral sand* »	A5.2
« *Infralittoral muddy sand* »	A5.24
« *Fabulina fabula and Magelona mirabilis with venerid bivalves and amphipods in infralittoral compacted fine muddy sand* »	A5.242
Dénomination de la biocénose	CODE N2000
Sables fins propres et légèrement envasés	1110-1

Tableau 22 : Tableau récapitulatif des biocénoses rencontrées et leur codification (station 2)

Station 3 :

Les gravelles du circalittoral, composées de sédiments moyens ou grossiers, se trouvent le plus souvent dans des profondeurs relativement importantes (15-20 mètres et au-delà) et peuvent être caractérisées par des espèces comme les annélides polychètes *Mediomastus fragilis*, *Lumbrineris spp.*, *Glycera lapidum* et par l'oursin *Echinocyamus pusillus*. Les habitats des gravelles peuvent présenter de fortes richesses spécifiques. On peut également y trouver des vers Némertes, des polychètes tels que *Protodorvillea kefersteini*, *Owenia fusiformis*, *Spiophanes bombyx*, l'ophiure *Amphipholis squamata* et des amphipodes comme *Ampelisca spinipes*. Les mollusques bivalves vénéridés sont également très représentatifs de ce genre d'habitats comme *Timoclea ovata*, *Moerella spp.* *Glycymeris glycymeris* et *Astarte sulcata*. L'oursin *Spatangus purpureus* peut également être présent, surtout si les gravelles comportent un pourcentage de vase fine.

Dénomination de la biocénose	CODE EUNIS
« *Sublittoral coarse sediment* »	A5.1
« *Circalittoral coarse sediment* »	A5.14
« *Mediomastus fragilis, Lumbrineris spp. and venerid bivalves in circalittoral coarse sand or gravel* »	A5.142
Dénomination de la biocénose	**CODE N2000**
Sables grossiers et graviers, bancs de maerl (façade atlantique)	1110-3

Tableau 23 : Tableau récapitulatif des biocénoses rencontrées et leur codification (station 3)

Les trois stations présentent des habitats différents.

3.3.4 Comparaison entre 2010 et 2015

Les divers résultats et indices trouvés aux cours des suivis de 2010 à 2015 sont récapitulés pour chaque station ci-dessous :

Stations	Station 1							
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010-2015	2014-2015
Richesse spécifique	60	47	32	80	31	31	↘	→
Densité (nb d'individus/m^2)	1100	1602	1794	2700	1334	334	↘	↘
Diversité : Indice de Shannon	3,05	2,75	0,87	4,02	2,97	3,86	↗	↗
Equitabilité	0,68	0,62	0,58	0,79	0,60	0,78	↗	↗
AMBI	2,13	1,56	0,90	1,40	1,44	1,08	↘	↘
M-AMBI	0,88	0,83	2,02	0,96	0,73	0,82	↘	↗
I2EC	2	2	2	0	0	1	↘	↗

Tableau 24 : Récapitulatif 2010-2015 pour la station 1

(* Attention, pour l'indice AMBI, plus celui-ci est faible, plus la qualité est bonne)

La **station 1** présente une baisse de la richesse spécifique et d'abondances d'individus entre 2010 et 2015. Les abondances sont particulièrement plus faibles en 2015 que les autres années. L'indice d'équitabilité reste équivalent au cours des années, les peuplements au sein de cette station restent équilibrés. Les indices tels que l'AMBI et l'I2EC sont plutôt en nette amélioration. Le milieu est faiblement perturbé d'un point de vue d'un apport en matière organique et il est composé essentiellement (86 %) d'espèces des groupes I et II (sensibles et indifférentes à l'hypertrophisation) et d'un pourcentage négligeable d'espèces opportunistes. Les peuplements qui composent la station 1 (granulométrie composée essentiellement de vase fine) sont dominés par les bivalves *Nucula nitidosa*, de l'ophiure *Amphiura filiformis* et des vers annélides polychètes tels que *Sthenelais boa* ou encore *Sternaspis scutata*.

Stations	Station 2							
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010-2015	2014-2015
Richesse spécifique	55	66	33	73	48	54	→	↗
Densité (nb d'individus/m^2)	1584	1212	320	2250	1028	1918	↗	↗
Diversité : Indice de Shannon	3,01	4,42	1,26	3,53	3,68	2,72	→	↘
Equitabilité	0,67	0,87	0,83	0,72	0,66	0,47	↘	↘
AMBI	1,96	0,91	1,69	0,92	0,83	1,38	↘	↗
M-AMBI	0,83	1,12	1,68	0,91	0,93	0,85	→	↘
I2EC	2	0	3	0	0	3	↗	↗

Tableau 25 : Récapitulatif 2010-2015 pour la station 2

(* Attention, pour l'indice AMBI, plus celui-ci est faible, plus la qualité est bonne)

La **station 2** présente des valeurs de la richesse spécifique et de la densité plutôt équivalentes entre 2010 et 2015 mais ces valeurs ont beaucoup fluctué au cours des suivis puisqu'il n'y avait que 33 espèces en 2012 et 73 l'année suivante, de même que les valeurs de densités sont passées de 320 individus/m^2 à 2250 en 2013.

Les indices de diversité et d'équitabilité fluctuent au cours du temps, et sont en 2015, moins bons qu'en 2010 ou 2014 mais cela est dû aussi à la présence, suivant les années, d'une ou plusieurs espèces prélevées en grand nombre. En 2015, c'est le cas de la petite espèce tubicole qui vit en « patch » *Phoronis muelleri* ou encore des petits vers annélides polychètes tubicoles *Magelona spp*. trouvées en grand nombre sur cette station. Les indices tels que l'AMBI et l'I2EC sont eux en légère baisse par rapport à 2014 mais fluctuent au cours des années entre des valeurs de milieu non perturbé à faiblement perturbé, d'un point de vue d'un apport en matière organique. Le peuplement est composé essentiellement (90 %) d'espèces des groupes I et II (sensibles et indifférentes à l'hypertrophisation) et d'un pourcentage très faible d'espèces opportunistes. Les peuplements qui composent la station 2 (granulométrie composée essentiellement de sablons) sont dominés par des vers annélides polychètes tels que *Magelona spp. Paradoneis armata* et *Owenia fusiformis*, les mollusques bivalves tels que *Abra spp.*, ou encore l'espèce tubicole filtreuse *Phoronis muelleri*.

Stations	Station 3							
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010-2015	2014-2015
Richesse spécifique	53	74	11	84	65	45	↘	↘
Densité (nb d'individus/m^2)	456	904	25	1150	710	298	↘	↘
Diversité : Indice de Shannon	3,94	422	1,02	4,32	4,79	4,66	↗	↗
Equitabilité	0,91	0,85	0,98	0,82	0,80	0,85	↘	→
AMBI	1,64	1,16	1,07	1,84	1,25	1,74	→	↗
M-AMBI *	0,98	1,15	1,07	0,96	1,09	0,92		
I2EC	2	0	1	1	0	3	↗	↗
	* *pas de conditions d'application de l'indice pour les sables grossiers*							

Tableau 26 : Récapitulatif 2010-2015 pour la station 3

(** Attention, pour l'indice AMBI, plus celui-ci est faible, plus la qualité est bonne)

La **station 3** présente une diminution de la richesse spécifique et de la densité entre 2010 et 2015 mais ces valeurs ont, comme pour la station 2, fluctué au cours des suivis puisqu'il n'y avait que 11 espèces en 2012 et 84 l'année suivante, de même que les valeurs de densités sont passées de 25 individus/mètre^2 à 1150 en 2013.

L'indice de diversité est meilleur en 2015 qu'en 2010 et les peuplements sont légèrement moins équilibrés mais cet indice varie peu au cours le temps. Les peuplements présentent une valeur d'équitabilité très bonne encore en 2015. Les indices tels que l'AMBI et l'I2EC sont eux en légère baisse en 2015 par rapport à 2014, mais les fluctuations sont cohérentes au cours du temps. Le milieu est faiblement perturbé d'un point de vue d'un apport en matière organique et il est composé essentiellement (près de 65 %) d'espèces

des groupes I et II (sensibles et indifférentes à l'hypertrophisation), d'environ 32 % d'espèces du groupes III (tolérantes à l'hypertrophisation) et d'un pourcentage très faible d'espèces opportunistes. Les peuplements qui composent la station 3 (granulométrie composée essentiellement de sables dits grossiers) sont dominés tout comme en 2014, par les vers annélides *Mediomastus fragilis*, *Polygordius sp*. et *Lumbrinerides amoureuxi* ou encore *Goniadella gracilis*, par contre les échinodermes *Thyone fusus* (holothuries, de petite taille dans les prélèvements) et d'une forme juvénile d'*Echinocardium sp*. ont été beaucoup moins trouvés en 2015.

Le tableau ci-dessous récapitule l'évolution des peuplements (espèces dominantes) au sein des trois stations au cours des différents suivis :

Station	1	Station	2	Station	3
2010	*Scalibregma inflatum* 262 *Abra alba* 50 *Lumbrineris latreilli* 31 *Amphiura filiformis* 28 *Ocnus planci* 20	2010	*Abra alba* 405 *Phoronis muelleri* 85 *Owenia fusiformis* 74 *Paraonis lyra* 32 *Cultellus pellucidus* 31	2010	*Polygordius sp.* 32 *Spio martinensis* 29 *Pisione remota* 18 *Lumbrineris paradoxa* 15 *Protodorvillea kefersteini* 14
2011	*Amphiura filiformis* 374 *Mysella bidentata* 123 *Halcampa chrysanthellum* 48 *Labioleanira yhleni* 34 *Malmgrenia arenicolae* 27	2011	*Amphipholis squamata* 96 *Paraonis lyra* 50 *Magelona mirabilis* 49 *Ampelisca spinipes* 40 *Ampelisca brevicornis* 29	2011	*Thyone fusus* 64 *Goniadella gracilis* 46 *Ampelisca spinipes* 29 *Polygordius sp.* 29 *Lumbrinerides amoureuxi* 26
2012	*Amphiura filiformis* 305 *Scalibregma inflatum* 272 *Mysella bidentata* 69 *Thyone fusus* 42 *Lagis koreni* 36	2012	*Abra alba* 45 *Ampelisca spinipes* 13 *Nephtys hombergi* 9 *Phaxas pellucidus* 7 *Corystes cassivelaunus*, *Goniada maculata*, *Labioleanira hyleni*, *Lagis koreni*, *Nucula nitidosa*, *Scalibregma inflatum* 6	2012	*Abra alba* 2 *Glycera oxycephala* 2 *Lumbrineris latreilli* 2 *Echinocardium cordatum*, *Eurydice spinigera*, *Goodalia triangularis*, *Lucinoma borealis*, *Nucula sulcata*, *Scaphander lignarius*, *Syllidae ind.*, *Thyone fusus* 1
2013	*Amphiura filiformis* 144 *Kurtiella bidentata* 93 *Nucula nitidosa* 71 *Thyone fusus* 59 *Bodotria pulchella* 52	2013	*Amphipholis squamata* 299 *Phoronis muelleri* 113 *Abra alba* 58 *Nucula nitidosa* 49 *Magelona mirabilis* 44	2013	*Mediomastus fragilis* 149 *Goniadella gracilis* 68 *Protodorvillea kefersteini* 29 *Polygordius sp.* 27 *Jassa falcata* 26
2014	***Abra alba*** **221** ***Nucula nitidosa*** **141** ***Halcampa chrysanthellum*** **106** ***Amphiura filiformis*** **83** ***Sthenelais boa*** **19** ***Nemertea*** **12** ***Maldane glebifex*** 11 ***Malmgreniella arenicolae*** 11	2014	***Magelona mirabilis*** **220** ***Nemertea*** **35** ***Owenia fusiformis*** **33** ***Magelona johnstoni*** **30** ***Goniada maculata*** **18** ***Lagis koreni*** **16** ***Nephtys kersivalensis*** 14 ***Sthenelais boa*** 11	2014	***Thyone fusus*** **51** ***Mediomastus fragilis*** **50** ***Echinocardium (juvéniles)*** **27** ***Polygordius sp.*** **25** ***Diastylis sp.*** **25** ***Lumbrinerides amoureuxi*** **19** ***Syllis cornuta*** 11 ***Goniadella gracilis*** 10
2015	***Nucula nitidosa*** 41 ***Sthenelais boa*** 35 ***Phyllochaetopterus sp*** 12 ***Amphiura filiformis*** 9 ***Sternaspis scutata*** 7 ***Actinaria indéterminés*** 7 ***Eulima bilineata*** 5 ***Thyasira flexuosa*** 5 ***Lagis koreni*** 4 ***Oestergrenia digitata*** 4	2015	***Phoronis muelleri*** 607 ***Magelona mirabilis*** 47 ***Paradoneis armata*** 39 ***Abra prismatica*** 26 ***Magelona johnstoni*** 20 ***Nephtys hombergii*** 20 ***Tubulanus polymorphus*** 15 ***Abra alba*** 13 ***Diplocirrus glaucus*** 12 ***Goniada maculata*** 11 ***Sthenelais boa*** 11 ***Amphipholis squamata*** 10 ***Ampelisca diadema*** 9 ***Sigalion mathildae*** 8 ***Angulus fabula*** 8	2015	***Mediomastus fragilis*** 35 ***Goniadella gracilis*** 11 ***Lumbrinerides amoureuxi*** 7 ***Polygordius sp.*** 6 ***Ampelisca diadema*** 6 ***Pisione remota*** 5 ***Nemertea*** 5 ***Protodorvillea kefersteini*** 4 ***Echinocardium cordatum*** 4 ***Abra alba*** 4
2010 vs 2015	*Il existe une évolution du peuplement concernant les espèces dont les densités dominent mais l'habitat est le même (mêmes espèces déterminantes)*	2010 vs 2015	*Il existe une légère évolution entre 2010 et 2015. Le peuplement était classé comme" Sables vaseux ou sables hétérogènes circalittoraux à Abra alba et Nucula nitidosa" (code EUNIS A5.261) en 2010 et comme « Sable fin vaseux infralittoral à Fabulina fabula et Magelona mirabilis avec des bivalves vénéridés et des amphipodes » (code EUNIS A5-242) en 2014 et 2015*	2010 vs 2015	*Il existe une évolution du peuplement concernant les espèces dont les densités dominent mais l'habitat est le même (mêmes espèces déterminantes du peuplement)*
2014 vs 2015	*Peu d'évolution d'une année sur l'autre, densité d'Abra alba bien inférieure en 2015 mais présence des même espèces déterminantes*	2014 vs 2015	*Peu d'évolution d'une année sur l'autre, densité de Magelona spp. bien inférieures en 2015 ; fortes densités de Phoronis muelleri en 2015 (mais très certainement présente en 2014 et confondue avec les tubes très fins de Magelona spp.) Présence des mêmes espèces déterminantes*	2014 vs 2015	*Peu d'évolution d'une année sur l'autre, densité de Mediomastus fragilis équivalente en 2015, quasi disparition des juveniles des espèces d'échinodermes Thyone fusus et Echinocardium sp. (fluctuations saisonnières)*

Tableau 27 : Récapitulatif de l'évolution des peuplements au sein des trois stations sur les 6 années (Bureau d'études TBM 2010-2011-2013 ; Bureau d'études IDRA Environnement 2012 ; IN VIVO 2014, 2015)

4 SYNTHESE DES RESULTATS

Analyses granulométriques :

Les trois stations présentent des granulométries différentes. La station 1 est composée de vase, la station 2 de sables fins type « sablons » et la station3 de sables grossiers de type « gravelles ».

Analyses géochimiques :

Les analyses chimiques montrent que les concentrations des éléments métalliques sont toutes inférieures aux seuils réglementaires, de même que les concentrations en PCB et TBT et HAP sont aussi inférieures aux seuils réglementaires.

Les scores de risque sont négligeables pour les stations 1 et 2 et faible pour la station 3.

Les teneurs en Carbone Organique Total (COT) sont comprises entre 2,85 g/kg MS (station 2) et 12 g/kg MS (station 1).

Analyses des peuplements benthiques :

Les sédiments rencontrés et les peuplements qui y sont associés sont typiques des fonds marins de la zone étudiée.

Les 3 stations échantillonnées ont révélé une richesse spécifique importante : 99 espèces ont été recensées avec une moyenne de 43 espèces, un minimum de 31 (station 1) et un maximum de 54 (station 2).
On observe des densités variables des peuplements selon les stations avec une moyenne de 850 individus/m^2 (+/- 925), un minimum de 298 individus/m^2 (station 3, sables grossiers de type « gravelles ») et un maximum de 1918 individus/m^2 (station 2, sables envasés).

Les résultats concernant la richesse spécifique, la densité des espèces et leur répartition au sein des stations échantillonnées autour de la zone de clapage se révèlent globalement bons. Certaines disparités apparaissent entre les stations. La station 1, caractérisée par des sédiments vaseux présente une diversité moindre. La station 3, de sables grossiers, se révèle plus diversifiée et le peuplement y est bien équilibré. La station 2, de sables envasés présente en 2015 la plus grande diversité mais est un peu moins équilibrée que les autres compte tenu de la dominance d'une ou 2 espèces.

Les peuplements des stations de 2015 présentent donc une richesse spécifique et une diversité moins importantes sur les stations 1 et 3 en 2015 qu'en 2010, et équivalente sur la station 2.

La dominance d'espèces sensibles et indifférentes à l'hypertrophisation (groupes écologiques I et II) et la faible présence d'espèces opportunistes (groupes écologiques IV et V) induisent des valeurs d'indices AMBI qui révèlent un bon état du milieu. Ces résultats des indices basés sur les groupes écologiques montrent que le milieu n'est pas ou très légèrement perturbé au regard de la matière organique. Cela correspond aux valeurs généralement observées en mer ouverte. La qualité écologique du site, au regard des peuplements benthiques est bonne.
L'état écologique est qualifié de très bon sur les stations 1 et 2 par l'indice M-AMBI (pas d'application de cet indice pour les sables grossiers comme sur la station 3).

La comparaison des valeurs de l'I2EC entre 2010 et 2015 révèle une faible modification des peuplements aux polluants organiques et métalliques. En effet, on note une diminution de la valeur de l'I2EC au cours du temps notamment due à une proportion d'espèces sensibles et indifférentes à l'hypertrophisation en 2014, permettant d'atteindre les « seuils normaux » sur la majorité des stations définis par Alzieu. Une légère augmentation de ces valeurs est visible en 2015 définissant des milieux en légère transition, mais la quasi absence d'espèces opportunistes sur le site étudié, ne permet pas de conclure à l'apparition de véritables écotones.

5 BIBLIOGRAPHIE

ALZIEU, C. (2003). *Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion*. Ed. Ifremer, 248 p.

ASSOCIATION POUR LA DECOUVERTE DU MONDE SOUS-MARIN (ADMS). *La faune et la flore de la zone des marées des côtes de la Manche et de l'Atlantique*.

BEUKEMA, J.J., FLACH, E.C., DEKKER, R. & STARINK, M. (1999). A long-term study of the recovery of the macrozoobenthos on large defaunated plots on a tidal flat in the Wadden Sea, *Journal of Sea Research*, 3, 42, p. 235-254.

BLANCHARD, M. (2004). *Cartographie synthétique et analyse des peuplements benthiques sur deux secteurs du littoral français « Manche-est » et « Loire-Gironde »*. Rapport de contrat Ifremer/Ministère de l'Industrie n°2004-00258-00-07 « Inventaires en matériaux marins sur les façades maritimes de 11 départements côtiers.

BOLAM, S.G., REES, H.L., SOMERFIELD, P., SMITH, R., CLARKE, K.R., WARWICK, R., ATKINS, M. & GARNACHO, E. (2006). Ecological consequences of dredged material disposal in the marine environment: A holistic assessment of activities around the England and Wales coastline. *Marine Pollution Bulletin*, 4, 52, p. 415-426.

BOLAM, S.G., SCHRATZBERGER, M. & WHOMERSLEY, P. (2006). Macro- and meiofaunal recolonisation of dredged material used for habitat enhancement: Temporal patterns in community development. *Marine Pollution Bulletin*, 52, p. 1746-1755.

BORJA, A., FRANCO, J. & PEREZ, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within european estuarine and coastal environments, *Marine Pollution Bulletin*, Vol.40, N°12.

BORJA, A. (2004). The biotic indices and the Water Framework Directive : the required consensus in the new benthic monitoring tools, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 48.

BORRVAL, C. & EBENMAN, B. (2008). Biodiversity and persistence of ecological communities in variable environments. *Ecological complexity*.

CABIOCH, J., FLOC'H, J-Y. & LE TOQUIN, A. (1992). *Guides algues des mers d'Europe*. Editions Delachaux et niestlé.

Cahiers d'Habitat 2000 - 2004 - Habitats côtiers. La Documentation française.

CHANDRASEKARA, W.U. & FRID, C. (1998). A laboratory assessment of the survival and vertical movement of two epibenthic gastropod species, Hydrobia ulvae (Pennant) and Littorina littorea (Linnaeus), after burial in sediment, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 221, p. 191-207.

CONNOR, D.W et al. (2004). *The Marine Habitat Classification for Britain and Ireland*. Version 04.05.

ESSINK, K. (1999). Ecological effects of dumping of dredged sediments; options for management, *Journal of Coastal Conservation*, 1, 5, p. 69-80.

DAUVIN, J-C. (1997). *Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord. Synthèse, menaces et perspectives*. Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie- Service du Patrimoine Naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

DAVIES, C., MOSS, D. & O HILL, M. (2004). *EUNIS Habitat Classification revised 2004*.

GLEMAREC, M. & HILY, C. (1981). *Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires*. Acta Oecol., Oecol. Applic.139-150.

GRALL, J. (2012). *Résultats de la surveillance du Benthos (REBENT), Région Bretagne : Suivi stationel du maërl - Année 2011*. Rapport Ifremer et Institut Universitaire Européen de la Mer – Université de Bretagne Occidentale, Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin.

GRUET, Y. (1989). *Les algues de Loire-Atlantique Vendée*. Bulletin de la Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France-Nantes.

GUERRA-GARCIA, J.M. & GARCIA-GOMEZ, J.C. (2006). Recolonization of defaunated sediments: fine versus gross sand and dredging versus experimental trays, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68, p. 328-342.

HAYWARD, P., NELSON-SMITH, T. & SHIELDS, C. (1998). *Guide des bords de mer. Mer du Nord, Manche, Atlantique, Méditerrannée*. Les compagnons du naturaliste, Editions Delachaux et niestlé.

HAYWARD, P. & RYLAND, J.S. (1994). *Handbook of the marine fauna of North-west Europe*.

HEWITT, J.E., CUMMINGS, V.J., ELLIS, J.I., FUNNEL, G., NORKKO, A., TALLEY, T.S. & THRUSH, S.F. (2003). The role of waves in the colonisation of terrestrial sediments deposited in the marine environment, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 290, p. 19-47.

LEVEQUE, C. (2001). *Ecologie. De l'écosystème à la biosphère*. Univers sciences, Dunod, Paris, 502 p.

LOHRER, A.M. (2006). Deposition of terrigenous sediment on subtidal marine macrobenthos: response of two contrasting community types, *Marine Ecology Progress Series*, 307, p. 115-125.

MAURER, D., KECK, R., RINSMAN, J., LEATHEM, W., WETHE, C., LORD, C. & CHURCH, T. (1986). Vertical migration and mortality of marine benthos in dredged material: A synthesis, *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie,* 1, 1, p. 49-63.

MAURER, D., KECK, R.T., TINSMAN, J.C. & LEATHERN, W.A. (1982). Vertical migration and mortality of benthos in dredged material: Part III—polychaete, *Marine Environmental Research*, 6, 1, p. 49-68.

MUXIKA I BORJA, A. & BALD, J. (2007). *Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive*. Marine Pollution Bulletin, Vol.55.

NORKKO, A., THRUSH, S., HEWITT, J.E., CUMMINGS, V.J. et al. (2002). Smothering of estuarine sandflats by terrigenous clay: the role of wind-wave disturbance and bioturbation in site-dependent macrofaunal recovery, *Marine Ecology Progress Series,* 11, p. 139-153.

QINGHONG, L. (1995). A model for species diversity monitoring at community level and its application. *Environmental Monitoring and Assessment*, 34, p. 271-284.

RAMADE, F. (1987). *Eléments d'écologie, écologie fondamentale*.

ROBERTS, R.D., GREGORY, M.R. & FOSTER, B.A. (1998). Developping an efficient macrofauna monitoring index from an impact study-a dredge spoil example, *Marine Pollution Bulletin,* 36, 3, p. 231-235.

SALEN-PICARD, C. (1981). Evolution d'un peuplement de vase terrigène côtière soumis à des rejets de dragages, dans le Golfe de Fos, *Téthys,* 10, 1, p. 83-88.

SCHRATZBERGER, M., REES, H.L. & BOYD, S.E. (2000). Effects of simulated deposition of dredged material on structure of nematode assemblages - the role of contamination, *Marine Biology,* 4, 137 ,p. 613-622.

SIMBOURA, N. & ZENETOS, A. (2002). Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic Index. *Mediterranean Marine Science*.

VAN DALFSEN, R.F., ESSINK, K., TOXVIG MADSEN, H., BIRLUND, J., ROMERO, J. & MANZANERA, M. (2000). Differential responses of macrozoobenthos to marine sand extraction in the north Sea and the western Mediterranean, *ICES Journal of Marine Science*, 57, p. 1439-1445.

WILBER, D. & CLARKE, D. (1998). Estimating secondary production and benthic consumption in monitoring studies: A case of the impacts of dredged material disposal in Galveston Bay, Texas, *Estuaries*, 21, 2, p. 230-245.

WILBER, D.H., CLARKE, D.G. & REES, S.I. (2007). Responses of benthic macroinvertebrates to thinlayer disposal of dredged material in Mississippi Sound, USA, *Marine Pollution Bulletin*, 54, p. 42-52.

Ouvrages d'identification des espèces :

Anonyme (non daté). *Liste de la faune benthique des fonds côtiers au large de Dieppe. Annélides polychètes*. ESTRAN Cité de la Mer- Dieppe.

Anonyme (non daté). *Liste de la faune benthique des fonds côtiers au large de Dieppe. Mollusques*. ESTRAN Cité de la Mer- Dieppe.

Anonyme (non daté). *Liste de la faune benthique des fonds côtiers au large de Dieppe. Arthropodes*. ESTRAN Cité de la Mer- Dieppe.

ANDERSEN, A. (2011). *Taxinomie des polychètes. Famille des Capitellidae*. Formation continue UPMC – MNHN. Station Biologique de Roscoff.

ANDERSEN, A. & GENTIL, F. (2011). *Introduction générale Annélides polychètes. Famille des Spionidae*. Formation continue UPMC – MNHN. Station Biologique de Roscoff.

AUDIBERT, C. & DELEMARRE, J-L. (2009). *Guide des coquillages de France. Atlantique et Manche*.

BICK, A., OTTE, K. & MEISSNER, K. (2010). *A contribution to the taxonomy of Spio (Spionidae, Polychaeta, Annelida) occurring in the North and Baltic Seas, with a key to species recorded in this area*. Mar. Biodiv, 40, p. 161-180.

BARNIG, R. (2011). *Identification of scale worms in British and Irish waters*. Senckenberg-Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt.

BOGGEMANN, M. (2002). *Revision of the Glyceridae GRUBE 1850 (Annelida: Polychaeta)*. Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, 555 p.

CABIOCH, J., FLOC'H, J-Y. & LE TOQUIN, A. (2006), *Guide des algues des mers d'Europe*. Editions Delachaux et Niestlé.

CAVIGNAUX, G., CROUZET, J-M. & GRALL, S. (2011). *Des limaces de rêve. Opistobranches de Méditerranée*. 249 p.

FALCIAI, L. & MINERVINI, R. (1996). *Guide des homards, crabes, langoustes et crevettes et autres crustacés décapodes d'Europe*. Delachaux et Niestlé. 286 p.

FAUCHALD, K. (1977). *Definitions and keys to the orders, families and genera*.

FAUVEL P. (1927). *Polychètes sédentaires*. Faune de France. Office nationale de Faunistique.

FAUVEL P. (1927). *Polychètes errantes*. Faune de France. Office nationale de Faunistique.

FIEGE, D., LICHER, F., MACKIE, A. (2000). *A partial review of the european Magelonidae (annelida : Polychaeta) : Magelona mirabilis redefined and M. johnstoni sp. Nov. distinguished*. J. Mar. Biol. Ass.U.K., 80, p. 215-234.

GARWOOD, P.R (2007). *A guide to species in waters around the British Isles*. Family MALDANIDAE. Identification notes.

GAYRAL, P. (1966). *Les algues des côtes françaises (Manche et Atlantique)*.

GENTIL, F. (2011). *Taxinomie des polychètes. Famille des Spionidae*. Formation continue UPMC – MNHN. Station Biologique de Roscoff.

GRANT, R., (2010). *A provisional guide to the family Opheliidae (Polychaeta) from the shallow waters of the British Isles*. Emu Ltd.

HAYWARD, P.J & RYLAND, J.S (2005). *Handbook of the Marine fauna of the North-West Europe*.

LINCOLN, R.J (1979). *British marine amphipoda*. British muséum (Natural History).

LINDHER, G. (2004). *Coquillages et bivalves d'Europe*. Guide VIGOT.

LOUISY, P. (2002). *Guide d'identification des poissons marins. Europe de l'ouest et Méditerranée*. ULMER

LOWELL, L. & PASKO, D. (1995). *Key to the non-polydorid spionidae from southern California (intertidal to 500 meters*).

MARTIN, J. (2010). *Les invertébrés marins du Golfe de Gascogne à la Manche Orientale*.

OLIVIER, F. (2011). *Taxinomie des polychètes. Famille des Cirratulidae*. Formation continue UPMC – MNHN. Station Biologique de Roscoff.

O'CONNOR, B. & WORSFOLD, T. (2006). *Keys to and littérature on Glyceridae and Goniadidae*. BEQUALM/NMBAQC 2006 Taxonomic Workshop. Dove Marine Laboratory.

OUG, E. (2012). *Guide to the identification of Lumbrineridae (Polychaeta) in north esat Atlantic waters*. Norwegian Institute for Water Research. Regional Office Sorlandet.

PNUE/FAO (1994) : Rapports finaux sur les projets de recherche traitant des problèmes de l'eutrophisation. MAP Technical Reports Series No. 78. UNEP, Athens, 1994.

QUERO, JC., PORCHE, P. & VAYNE, J-J. (2003). *Guide des poisons de l'Atlantique Européen*. Les Guides naturalistes.

RAVARA, A., CUNHA, M. & PLEIJEL, F. (2010). *Nephtydae (Annelida, Polychaeta) from Southern Europe*. Zootaxa, 2682. 68 p.

ROUSE, G.W. & PLEIJEL, F. (2001). *Polychaetes*. Oxford University Press.

SARS, G.O (1895). *An account of the crustacea of Norway*.

TEBBLE, N. (1976). *British Bivalve Seashells. A handbook for identification*. Second Edition, Royal Scottish Museum.

UDEKEM D'ACOZ, C. (1999). *Inventaire et distribution des crustacés décapodes de l'Atlantique nord-oriental, de la Méditerranée et des eaux continentales adjacentes au nord de 25°N*. Patrimoines naturels (MNHN/SPN), 40, 383 p.

Synopses of the British Fauna (New Series), Volumes 1-40. The Linnean Society of London.

WORSFOLD, T. (2006). *A provisional update to the identification of UK Cirratulidae*. Dove Marine Laboratory NMBAQC.

WORSFOLD, T. (2007). *Identification guide for the NMBAQC Scheme:2. Goniadidae, with notes on Glyceridae (Polychaeta) from shallow seas around the British Isles*. Unicomarine Ltd. NMBAQC.

WORSFOLD, T. (2009). *Progress on the identification of cirratulidae in british and irish waters through the nmbaqc scheme: 1996-2009*. Unicomarine Ltd. NMBAQC.

Sites internet :

www.rebent.org

www.ifremer.fr

http://www.sb-roscoff.fr/Enseignement/fiches.php

http://www.marbef.org

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°9

Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues Subtidales »

Résultats 2015

Suivi Macroalgues Subtidales

»Suivi

Rapport définitif- Octobre 2015

Port de Lorient - Suivi 2015 du Site d'immersion
Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité «Macroalgues Subtidales»

PORT DE LORIENT
SUIVI 2015 DU SITE D'IMMERSION

PROTOCOLE DE SURVEILLANCE DCE POUR L'ELEMENT DE QUALITE « MACROALGUES SUBTIDALES »

RAPPORT DEFINITIF

Octobre 2015

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable : en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations de *In Vivo* ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

Crédit photographique : In Vivo (sauf mention particulière)

Auteurs

Didier Grosdemange	Directeur associé, Océanologue, Plongeur professionnel
Séverine Couppa	Chargée d'études, Géomaticienne

IN VIVO ENVIRONNEMENT
ZA La grande Halte
29940 La FORET FOUESNANT
Tel : 02.98.51.41.75
Fax : 02.98.51.41.55

IN VIVO MÉDITERRANÉE
ZA les Castors
Le Beau Vézé
83320 Carqueiranne
Tel : 04.94.00.40.20
Fax : 04.94.00.40.21

mail : info@invivo-environnement.com
Site web : www.invivo-environnement.com

Table des matières

1 Contexte 8

2 Méthodologie 9

2.1 Les Biocénoses Algales 9

2.1.1 L'étagement phytal 9

2.1.2 Le subtidal rocheux : étagements et niveaux 10

2.2 l'espèce Laminaire rugueuse (*Laminaria hyperborea*) 13

2.2.1 Description 13

2.2.2 Habitat 13

2.3 L'évaluation des Algues Structurantes (DCE-2) 14

2.3.1 Protocoles utilisés 14

2.3.2 Effort d'échantillonnage et répartition spatiale 15

2.3.3 Caractérisation des Espèces Algales dites Structurantes 16

2.3.4 Evaluation des Algues Caractéristiques 16

2.3.5 Etude des stipes de Laminaria hyperborea 18

2.3.6 Indice de Qualite et de l'EQR 18

2.3.7 Résumé du travail à faire sur chaque station 22

3 Résultats 23

3.1 Dates d'interventions et Météorologie sur les sites de Plongées 23

3.2 Moyens humains et matériels mobilisés 23

3.3 Plan d'échantillonnage 26

3.4 Premiers Résultats des Investigations 27

3.4.1 Tableau synoptique 27

3.4.2 Kerroc'h (Station KRH) 28

3.4.3 Pen Men (Station PNM) 29

3.5 Station Sud Site d'Immersion (CLAP) 31

3.5.1 Topographie de la Station CLAP 32

3.5.2 Ceintures algales 33

3.5.3 Evaluation des algues structurantes 33

3.5.4 Evaluation des Algues Caractéristiques (Sous-Strate Algale) 36

3.5.5 Faune associée aux Quadrats 38

3.5.6 Micro-habitats et espèces associées 39

3.5.7 Indice de Qualite et de l'EQR pour la Station CLAP – Sud Site d'Immersion 43

3.6 Station Sud Groix 2 (SGX2) 45
3.6.1 Topographie de la Station SGX2 46
3.6.2 Ceintures algales 47
3.6.3 Evaluation des algues structurantes 47
3.6.4 Evaluation des Algues Caractéristiques (sous-strate algale) 50
3.6.5 Faune associée aux Quadrats 52
3.6.6 Micro-habitats et espèces animales associées 52
3.6.7 Indice de Qualité et EQR pour le site Sud Groix 2 (SGX2) 56
3.7 Site de Basse Buzig (BZG) 57
3.7.1 Topographie de la Station Basse Buzig (BZG) 58
3.7.2 Ceintures algales 60
3.7.3 Evaluation des algues structurantes 60
3.7.4 Evaluation des algues caractéristiques 63
3.7.5 Faune associée aux quadrats 66
3.7.6 Micro-habitats et espèces animales associées 66
3.7.7 Indice de Qualité et EQR pour la Station Basse Buzig (BZG) 69

4 Conclusion 70

Fiche signalétique et documentaire 71

Table des figures

Figure 1 : Site de basse Buzig (source IN VIVO) 7
Figure 2 : Localisation du site d'immersion (source : Région Bretagne) 8
Figure 3 : Zonation phytale (source : ADMS) 9
Figure 4 : Exemple de schématisation de la forêt de Laminaires hyperborées (source ADMS) 11
Figure 5 : Exemple de détermination des limites d'extension en profondeur des ceintures algales (source MNHN) 15
Figure 6 : Mesures effectuées sur les Laminaires rugueuses 18
Figure 7 : Un des outils indispensables du plongeur-biologiste (source IN VIVO, 2015) 22
Figure 8 : L'équipe de plongeurs (source IN VIVO) 23
Figure 9 : Relevé d'un quadrat sur la station BZG (source IN VIVO) 24
Figure 10 : Mesure de la longueur d'un stipe sur la station BZG (source IN VIVO) 24
Figure 11 : "Débriefing" après la plongée sur le quai (source IN VIVO) 25
Figure 12 : "Piluliers" rapportés par un plongeur pour caractériser les algues de la sous-strate (source IN VIVO) 25
Figure 13 : Localisation des sites de plongées (source IN VIVO) 26
Figure 14 : Site de Kerroc'h – Gros blocs rocheux avec une sous-strate d'algues rouge (Source : IN VIVO) 28
Figure 15 : Fonds sableux grossiers et "patates" de roche à Laminaires bulbeuses (Source IN VIVO) 29
Figure 16 : Algue gousse-d'ajonc (bas gauche) et Laminaire bulbeuse (centre) (Source IN VIVO) 30
Figure 17 : Platier rocheux avec Laminaires rugueuses de la station CLAP (source IN VIVO) 31
Figure 18 : Position de la station et son rayon d'investigation (source IN VIVO/SHOM) 32
Figure 19 : Topographie de la station CLAP (source IN VIVO) 33
Figure 20 : Les stipes sont peu épiphytés (source : IN VIVO) 35
Figure 21 : Cryptopleura ramosa *et* Phycodris rubens *(source IN VIVO)* 36
Figure 22 : Au centre de l'Acrosorium venulosum, *encadré par de la* Delesseria sanguinea *et au premier plan du* Dictyopteris polypodioides *sur la station CLAP (source IN VIVO)* 37
Figure 23 : L'algue rouge, feuille de châtaigner, Delesseria sanguinea, *sur la station CLAP (source IN VIVO)* ... 37
Figure 24 : Griffithsia flosculosa, *algue rouge filamenteuse sur la station CLAP (source IN VIVO)* 38
Figure 25 : Encadrant une rodophyte, s'observent deux panaches de lèche-doigts sur CLAP (source IN VIVO) 39
Figure 26 : un oursin commun Echinus esculentus *broute la sous-strate sur la station CLAP (source IN VIVO)* 40
Figure 27 : Au sein de la forêt, une éponge jaune Cliona celata *de belle taille sur CLAP (source IN VIVO)* 40
Figure 28 : Une étoile de mer à 7 branches, Luidia ciliaris sur la station CLAP (source IN VIVO) 40
Figure 29 : Une éponge fesse d'éléphant (Pachymastima johnstonia) sur la station CLAP (source IN VIVO) 41
Figure 30 : L'oursin commun peut être de couleur verte ou mauve (source IN VIVO) 41
Figure 31 : La station CLAP possède quelques petits tombants (source IN VIVO) 42
Figure 32 : Les frondes se déploient avec le ressac sur CLAP (source IN VIVO) 44
Figure 33 : Les laminaires rugueuses poussent en haut de la station SGX2 (source IN VIVO) 45
Figure 34 : Localisation de la zone prospectée sur la station SGX2 (source IN VIVO/SHOM) 46
Figure 35 : Relief de la station SGX2 (source IN VIVO) 47
Figure 36 : Les stipes sont bien épiphytés sur SGX2 (source IN VIVO) 49
Figure 37 : Cryptopleura ramosa, *qui possède des cystocarpes sur les côtés de son thalle (source IN VIVO)* ... 50
Figure 38 : Callophyllis laciniata, *une algue rouge bien représentée dans la sous-strate (source IN VIVO)* 51
Figure 39 : L'algue brune, Dictopteris polypodioides, *de belle taille (source IN VIVO)* 52
Figure 40 : Les parois verticales peuvent être couvertes de mirabelles, ascidies coloniales (source IN VIVO) .. 53
Figure 41 : Au centre une rose de mer et sur la gauche une étoile à 7 branches (source IN VIVO) 53
Figure 42 : Un oursin commun au milieu de la forêt (source IN VIVO) 54
Figure 43 : Une éponge fesse d'éléphant s'est développée au pied d'une laminaire (source IN VIVO) 54
Figure 44 : Une gorgone au milieu des mirabelles (source IN VIVO) 55
Figure 45 : Laminaires rugueuse sur le basse Buzig (source IN VIVO) 57
Figure 46 : Localisation de la plongée sur Basse Buzig (source IN VIVO/SHOM) 58
Figure 47 : Le haut des blocs est couvert par une forêt de laminaires sur la station BZG (source : IN VIVO) 59
Figure 48 : Une laminaire bulbeuse a poussé entre les laminaires rugueuses sur BZG (source IN VIVO) 59
Figure 49 : Les stipes sont bien colonisés, mais aussi avec des épibiontes (faune fixée) 61
Figure 50 : Phycodris rubens et Cryptopleura ramosa sur un stipe de laminaire (source IN VIVO) 62
Figure 51 : Zanardinia prototypus *(source IN VIVO)* 64
Figure 52 : Lithophyllum incrustans *(source IN VIVO)* 64
Figure 53 : Cryptopleura ramosa *(source IN VIVO)* 65
Figure 54 : Juvénile de Laminaire dans le quadrat (source IN VIVO) 65

Figure 55 : Eponge fesse d'éléphant (source IN VIVO) 66
Figure 56 : Un Lieu se promène dans la forêt (source IN VIVO) 67
Figure 57 : Une gorgone blanche sur un tombant de BZG (source IN VIVO) 67
Figure 58 : Au pied des laminaires dans une touffe de Dictyopteris *se trouve une éponge Clione (source IN VIVO)* 67
Figure 59 : La forêt du dessus de Bass Buzig (source IN VIVO) 68

Table des tableaux

Tableau 1 : Autre représentation des ceinture (Derrien, 2011) 12
Tableau 2 : Liste des espèces structurantes en fonction de l'écorégion (source MNHN) 16
Tableau 3 : Listes des espèces caractéristiques de l'infralittoral en fonction de l'écorégion (source MNHN). 17
Tableau 4 : Liste des espèces invasives (source MNHN) 17
Tableau 5 : Valeur de référence : limites d'extension en profondeur des ceintures (source MNHN, 2011) 19
Tableau 6 : Densité des espèces définissant l'étagement (source MNHN, 2011) 19
Tableau 7 : Notation pour les espèces caractéristiques (source MNHN, 2011) 19
Tableau 8 : Barème pour les espèces opportunistes (source MNHN, 2011) 20
Tableau 9 : Notation de la richesse spécifique (source MNHN, 2011) 20
Tableau 10 : Notation pour les stipes et épibioses (source MNHN, 2011) 21
Tableau 11 : Calcul de l'indice de qualité du site (source MNHN, 2011) 21
Tableau 12 : Site de références (MNHN, 2011) 22
Tableau 13 : Grille de lecture de l'EQR (source MNHN, 2011) 22
Tableau 14 : Coordonnées des sites de plongées 26
Tableau 15 : Tableau synoptique des étagements phytaux (source IN VIVO) 27
Tableau 16 : Densité des Laminaires adultes et juvéniles sur la station CLAP à 22 m CM (Source IN VIVO) 33
*Tableau 17 : Taille des stipes de laminaires (*L. hyperborea*) vers 22 m sur la station CLAP (source IN VIVO)* 34
Tableau 18 : Paramètres relevés sur 10 stipes de L. hyperborea *sur la station CLAP vers 22 m CM (IN VIVO)* 34
Tableau 19 : Espèces majoritaires épiphytes des stipes de la station CLAP 35
Tableau 20 : Liste des espèces caractéristiques répertoriées sur la station CLAP (source IN VIVO) 36
Tableau 21 : Présence et absence des micro-habitats sur la station CLAP (source IN VIVO) 39
Tableau 22 : Nombre de laminaires sur les quadrats au niveau 2 (13 m CM) sur SGX2 (source IN VIVO) 47
Tableau 23 : Taille des stipes L. hyperborea *vers 13 m CM sur la station SGX2 (source IN VIVO)* 48
Tableau 24 : Paramètres relevés sur 10 stipes de L.hyperborea *sur SGX2 vers 13 m CM (source : IN VIVO)* 48
Tableau 25 : Espèces majoritaires épiphytes des stipes sur SGX2 (source IN VIVO) 49
Tableau 26 : Liste des espèces caractéristiques répertoriées sur SGX2 (Source IN VIVO) 50
Tableau 27 : Présence et absence des micro-habitats sur SGX2 (source IN VIVO) 52
Tableau 28 : Densité de laminaires adultes et juvéniles sur la station BZG (source IN VIVO) 60
Tableau 29 : Taille des stipes L. hyperborea *vers 13 m CM sur la station BZG (source IN VIVO)* 60
Tableau 30 : Paramètres relevés sur 10 stipes de L. hyperborea *sur BZG vers 13 m CM (source IN VIVO)* 61
Tableau 31 : Espèces majoritaires épiphyte des stipes sur Basse Buzig (source IN VIVO) 62
Tableau 32 : Liste des espèces caractéristiques répertoriées sur la station BZG (source IN VIVO) 63
Tableau 33 : Présence et absence des micro-habitats sur BZG (source IN VIVO) 66

Figure 1 : Site de basse Buzig (source IN VIVO)

1 CONTEXTE

Depuis 1999, le site d'immersion des coureaux de Groix est utilisé annuellement pour claper un volume moyen de 200 000 m^3 de déblais de dragage provenant des ports de Lorient et ce pour une période estimée à 30 ans.

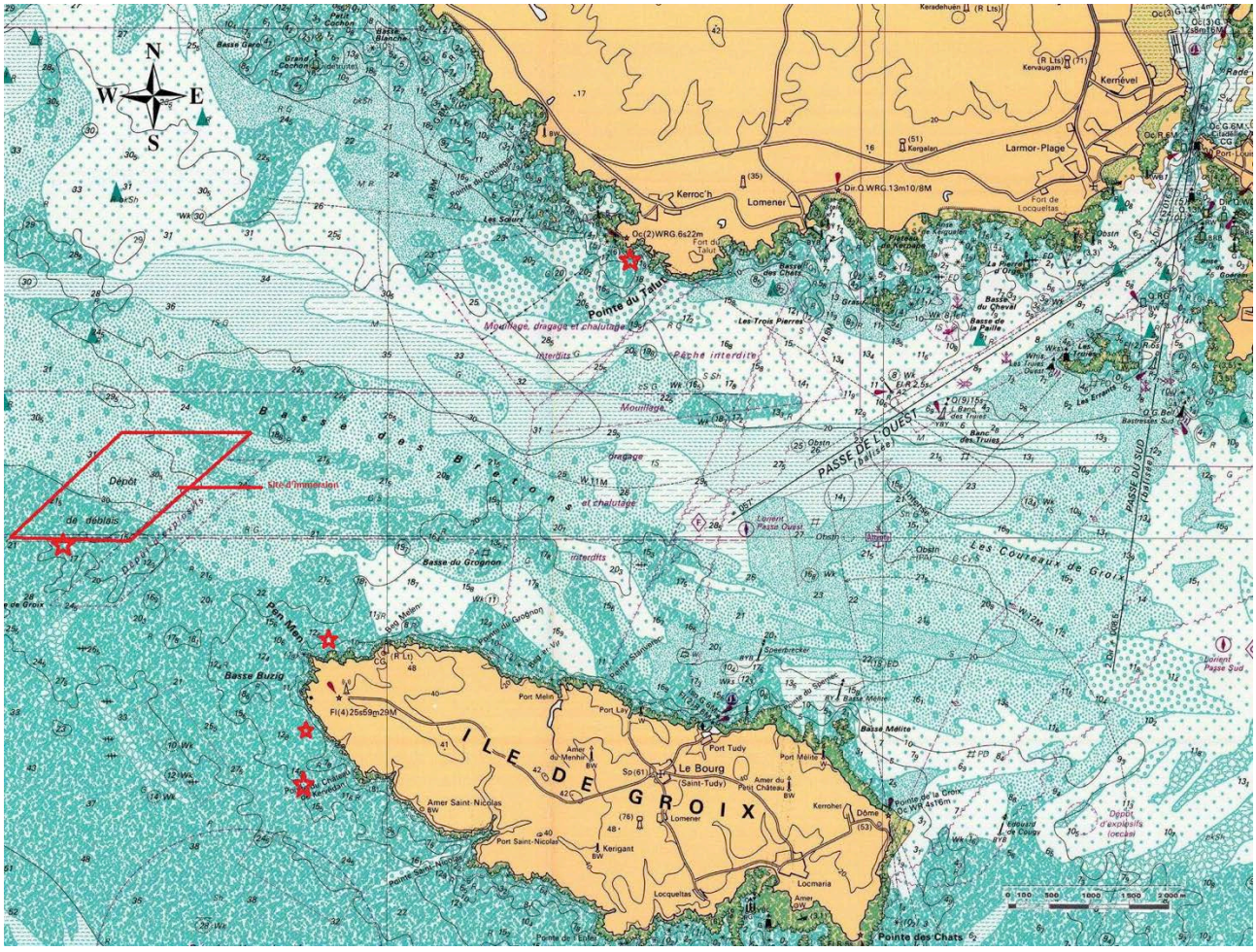


Figure 2 : Localisation du site d'immersion (source : Région Bretagne)

Depuis 2000, un suivi du site d'immersion est réalisé annuellement et comprend :

- Une bathymétrie des fonds du site d'immersion
- Un suivi vidéo sur le site d'immersion et sur quelques stations fixes jusqu'à la côte de Ploemeur
- Un suivi de la qualité de coquillages de type RINBIO (bio-sentinelle) sur des poches de moules et d'huîtres, installées autour du site
- Un suivi de la qualité géochimique du sédiment sur différentes stations
- Un suivi des peuplements benthiques sur différentes stations

Compte tenu de la difficulté à interpréter les images vidéos, il a été décidé de remplacer ce suivi par un suivi de l'étagement des macroalgues subtidales, selon le protocole DCE.

2 METHODOLOGIE

2.1 LES BIOCENOSES ALGALES

2.1.1 L'ETAGEMENT PHYTAL

La pénétration de la lumière conditionne essentiellement l'étagement des populations algales et de la faune associée dans le milieu marin en substrat rocheux. Cependant, la lumière est elle-même tributaire des facteurs comme l'agitation et les courants, en partie responsables de la turbidité, liée à la présence de matières en suspension. Par l'observation des peuplements du littoral de la Manche et de l'Atlantique, ainsi que les phénomènes de marées, il a été possible de définir des étagements ou niveaux, qui décrivent le paysage sous-marin, en différentes zones remarquables. Ils ont été décomposés en quatre zones distinctes :

- le **Supralittoral**, qui correspond à l'étage des lichens que seuls les embruns atteignent
- **l'Intertidal** ou **Médiolittoral**, qui désigne la zone de balancement des marées ou estran, pour un marnage de grandes vives-eaux de coefficient théorique 120
- **l'Infralittoral**, qui n'est jamais découvert aux basses mers de grandes vives-eaux et qui se termine à la limite d'implantation des grandes algues (par exemple des Laminaires...) ;
- le **Circalittoral**, découpé en deux, par le circalittoral côtier, qui se termine avec la disparition du peuplement algal, et le circalittoral du large, composé exclusivement d'espèces animales.

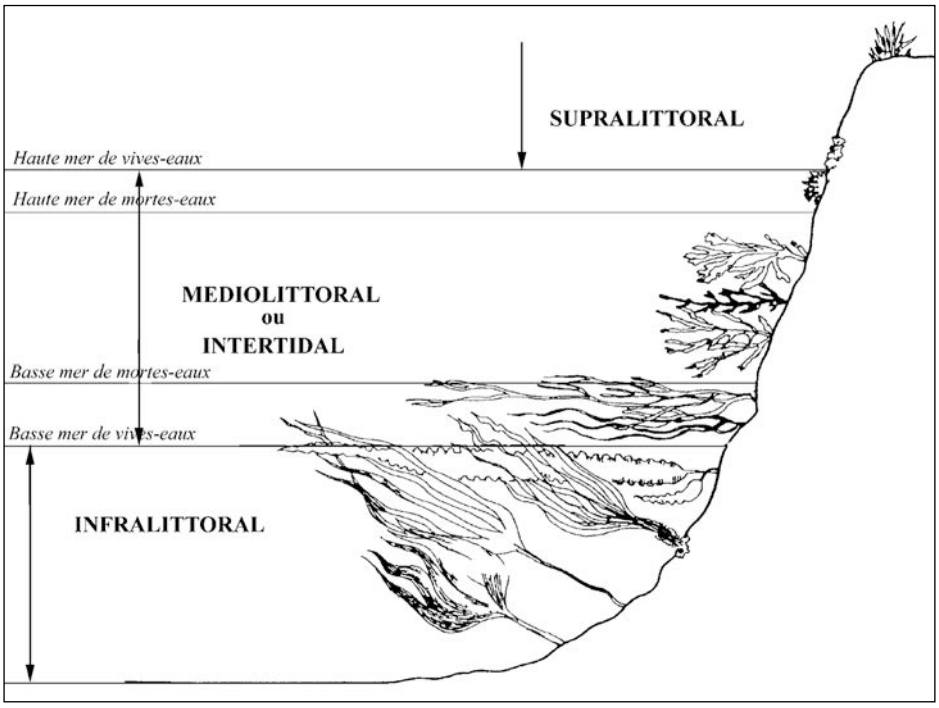


Figure 3 : Zonation phytale (source : ADMS)

La particularité du substrat rocheux fait qu'il est essentiellement exploité au niveau de sa surface (fixation) avec un ensemble d'organismes, dénommé « épibiose sessile », fixé de façon définitive sur le substrat. Les espèces luttent pour l'occupation du maximum de surface disponible, et sont autant animales que végétales, avec une biodiversité très importante, et des abondances généralement moyennes.

2.1.2 LE SUBTIDAL ROCHEUX : ETAGEMENTS ET NIVEAUX

Le **subtidal rocheux** (le substrat dur en dessous du niveau des plus basses mers) est le regroupement des étages infralittoraux et circalittoraux.

L'infralittoral commence au niveau 0 Cote Marine (c'est à dire au niveau de la basse mer du coefficient théorique de 120) et se termine avec la disparition des grandes algues dressées. Son étalement en profondeur est donc variable suivant la pénétration de la lumière, pour des zones très turbides, l'infralittoral peut se terminer à 8 m CM (exemple de la côte du Croisic), tandis que dans des eaux claires, elle s'enfonce plus en profondeur à 32 m CM (dans l'archipel des Glénan). L'infralittoral se subdivise également en 3 niveaux, exprimés sous la forme de ceintures ou d'horizons en fonction de leur extension en profondeur. Une ceinture a une extension de l'ordre du mètre, tandis qu'un horizon s'étend sur plusieurs mètres en profondeur. **L'étage infralittoral** se caractérise par une forte instabilité environnementale et par une zone continuellement immergée, avec de grandes algues photophiles (*qui aiment la lumière*) : Laminaires et Fucales sous-marines (Sargassses, Cystoseires, Algues Gousse d'ajonc…), avec des prairies denses d'algues de petites tailles (sous-strate) et la dominance de la flore sur la faune fixée. Les ceintures et horizons sont : niveau 1 (ceinture à *Laminiria digita*), niveau 2 (horizon à grandes algues denses) et niveau 3 (horizon à grandes algues clairsemées).

Le circalittoral commence à la disparition des grandes algues dressées (fin de l'infralittoral) et s'étend jusqu'à la fin du plateau continental (talus continental), où commencent alors les étagements abyssaux. Le circalittoral se divise en deux niveaux : le circalittoral côtier caractérisé par la présence d'algues sciaphiles (*qui aiment l'ombrent*), de densité décroissante avec la profondeur et la dominance de la faune fixée sur la flore, et le circalittoral du large caractérisé par l'absence d'algues dressées. La fin de l'étage circalittoral du large détermine le commencement du système aphytal. **L'étage circalittoral** se caractérise par une zone de faibles variations environnementales ou la faune fixée domine sur la flore.

Il est à noter que l'influence de la houle touche peu le circalittoral. C'est pourquoi seuls les niveaux de l'infralittoral peuvent être décrit sous la forme de deux modes : battus et calmes, qui déterminent alors à nouveau des peuplements spécifiques.

Cette représentation a été définie par Annie Castric-Fey (dans différentes publications : 1973, 1978, 1997, 2001…) comme suit :

- **Etage supralittoral** (= zone des embruns marins), caractérisé par les lichens
- **Etage médiolittoral** (= zone de balancement des marées ou estran), caractérisé par des ceintures de fucales émergées (*Pelvetia, Fucus, Ascophyllum*) ou des populations de crustacés et mollusques fixés sur la roche (balanes, patelles, moules…).
- **Etage infralittoral** (= zone continuellement immergée, à forte instabilité environnementale), caractérisé par de grandes algues photophiles : laminaires et fucales sous-marines (*Sargassum*, *Cystoseira, Halidrys*) et la dominance de la flore sur la faune fixée.

  - ceinture de *Chondrus - Mastocarpus* (émergée en marée de vive eau).

  - « Niveau 1 » (facultatif) = ceinture à *Laminaria digitata*

  « Niveau 2 » = étage infralittoral supérieur = ceinture à laminaires denses (« kelp forest »), ou à fucales sous-marines denses.

  - « Niveau 3 » = étage infralittoral inférieur = ceinture à laminaires clairsemées (« laminarian park »), ou à fucales sous-marines clairsemées et prairies denses d'algues de petite taille (*Dictyopteris membranacea*…).
- **Etage circalittoral** (=zone de faibles variations environnementales)

  - « Niveau 4 » = étage circalittoral supérieur = Horizon circalittoral côtier = Les laminaires sont désormais absentes. Niveau caractérisé par la présence d'algues sciaphiles (*Dictyopteris membranacea, Rhodymenia pseudopalmata*…) de densité décroissante avec la profondeur et la dominance sur la flore de la faune fixée (gorgones, roses de mer, éponges axinellides et brachiopodes…).

  - « Niveau 5 » = étage circalittoral inférieur = Horizon circalittoral du large = Niveau caractérisé par l'absence d'algues dressées et l'apparition d'un nouveau stock d'animaux fixés (*Dendrophyllia cornigera, Swiftia rosea, Porella compressa*…) : faune fixée sciaphile dominante.

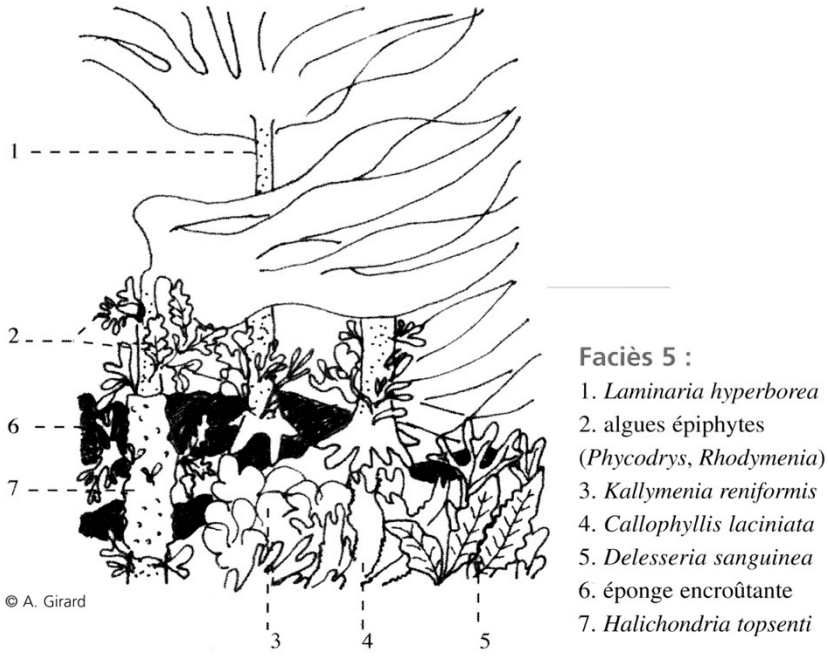


Figure 4 : Exemple de schématisation de la forêt de Laminaires hyperborées (source ADMS)

La déclinaison en ceintures et horizons peut-être également classée en fonction de la turbidité de l'eau et/ou de l'agitation.

Ceinture algale	Milieu peu turbide		Milieu très turbide
	Site exposé	*Site abrité*	
Frange infralittorale (facultative) =Niveau 1	Présence de *Laminaria digitata*	Présence de *Laminaria digitata* ou *Padina pavonica*	Présence de *Padina pavonica*
Infralittoral supérieur =Niveau 2	"Forêt de laminaires denses" : Laminaires (*Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca* et *Saccorhiza polyschides*) densité ≥ 3/m²	Champs de *Cystoseira spp.* et *Halidrys siliquosa* ≥ 3ind/m²)	*Sargassum muticum* et/ou *Halidrys siliquosa*, parfois associées avec *Laminaria hyperborea*, et/ou *Saccorhiza polyschides* (≥ 3ind/m²). Sous strate composée d'algues rouges sciaphiles
Infralittoral inférieur =Niveau 3	"Forêt de laminaires clairsemées" : Laminaires (*Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca* et *Saccorhiza polyschides*) densité <3/m²	Champs de *Solieria chordalis* <3ind/m²)	Rares *Sargassum muticum* et/ou *Halidrys siliquosa* éparses <3ind/m²). Abondance d'algues rouges sciaphiles *Solieria chordalis* et de la faune fixée
Circalittoral côtier =Niveau 4	Absence de laminaires et présence d'algues sciaphiles (*Dictyopteris polypodioides*, *Rhodymenia pseudopalmata*…), prédominance de la faune fixée	Absence de *Solieria chordalis* et présence d'algues sciaphiles (*Dictyopteris polypodioides*, *Rhodymenia pseudopalmata*…), prédominance de la faune fixée	Dominance de la faune fixée, algues foliacées rares
Circalittoral du large =Niveau 5	Algues dressées absentes. Apparition de faune sciaphile	Algues dressées absentes. Apparition de faune sciaphile	Dominance de la faune fixée, algues dressées absentes

Tableau 1 : Autre représentation des ceinture (Derrien, 2011)

Les Laminaires hyperborées sont en effet une composante très importante de l'écologie des fonds durs. Ces véritables forêts sont pérennes, car cette Laminaire peut vivre de très nombreuses années (> 20 ans). Sa fronde se renouvelle chaque année, tandis que son stipe (tronc) reste ancré sur le rocher. Le stipe croit en diamètre et longueur chaque année, en fonction du mode d'agitation (battu et abrité) et de la pénétration de la lumière, qui est fonction de la clarté de l'eau et de la profondeur. Du fait de son stipe dont la surface est rugueuse, de nombreuses algues rouges s'y fixent rendant ainsi la forêt très riche en terme de biodiversité. Une partie importante de ces algues (frondes des laminaires, épiphytes, sous-strate…) va être arraché durant les tempêtes d'hiver. En se dégradant, ses morceaux d'algues en épaves vont ainsi enrichir en matière organique les eaux côtières et être aussi transportés vers le large, ensemençant ainsi les eaux profondes. Le rôle des forêts de Laminaires est donc fondamental pour les eaux côtières et pour le plateau continental.

2.2 L'ESPECE LAMINAIRE RUGUEUSE (*LAMINARIA HYPERBOREA*)

Etymologie : Latin *lamina* = lame et *hyperboreus* = septentrional

2.2.1 DESCRIPTION

Fixé au substrat par des crampons, le stipe de cette espèce est cylindrique sur toute sa longueur, rigide et cassant, même à l'état jeune. Il est rugueux en surface et sert de support à de nombreux épiphytes (animaux ou végétaux fixés sur un support végétal). Sur le stipe jeune, les rugosités ne sont visibles qu'à la base, juste au dessus des crampons. Les vieux stipes trouvés en épave sont très durs et se décomposent difficilement (ils étaient autrefois utilisés comme combustibles dans les îles du Ponant). La lame ou fronde est cordiforme (en forme de cœur) à la base et s'élargit brusquement au dessus du stipe. Cette laminaire est une algue pérenne. Le stipe reste et croît en épaisseur en présentant des anneaux de croissance. Chaque année, au printemps, la fronde se redéveloppe, tandis que l'ancienne, appelée « mantelet » ou « fleur de mai » se détache au niveau d'un étranglement très caractéristique. Les sporocystes forment de larges taches sombres qui s'étendent depuis les lanières jusqu'à la base de la lame.

2.2.2 HABITAT

Cette espèce est la composante essentielle de la forêt de laminaires. En population d'abord dense puis clairsemée, elle disparaît à une profondeur variable selon la turbidité de l'eau. En eau très claire, elle descend jusqu'à 40 m CM (archipel de Molène). Cette espèce s'étend du Spitzberg à l'Espagne. Elle joue un rôle considérable dans la création de paysages sous-marins et dans le fonctionnement de l'écosystème côtier. Sa biomasse peut aller jusqu'à plus de 30 Kg/m^2.

2.3 L'EVALUATION DES ALGUES STRUCTURANTES (DCE-2)

2.3.1 PROTOCOLES UTILISES

Le protocole ECBRS (Evaluation de l'Etat de Conservation des Biocénoses des Roches Subtidales) ou DCE-2 sur les algues subtidales a été élaboré par Sandrine Derrien du laboratoire de biologie marine de Concarneau du MNHN. Elle s'est inspirée des travaux menés préalablement par la chercheuse Annie Castric sur les biocénoses des fonds durs de Bretagne.

Les quatre documents de référence, dont est issu le protocole proposé, sont :

- Suivi des macroalgues subtidales de la façade Manche-Atlantique – Février 2011 – Sandrine Derrien-Courtel et Aodren Le Gal – Muséum National d'Histoire Naturelle
- Mise en réseau des suivis des biocénoses des roches subtidales de la façade Manche/Atlantique & Elaboration d'une stratégie d'Evaluation de leur Etat de Conservation - Document de travail version 1.2 - Juin 2011 - Sandrine Derrien-Courtel et al.
- Protocole de surveillance DCE pur l'élément de qualité « Macroalgues subtidales » - Bilan et perspective – Décembre 2013 - Sandrine Derrien-Courtel – Muséum National d'Histoire Naturelle
- Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales » - Second cycle de suivi (DCE-2) – Janvier 2014 - Sandrine Derrien-Courtel – Muséum National d'Histoire Naturelle

Le protocole ECBRS du MNHN de Concarneau permet ainsi de déterminer l'état de conservation des roches subtidales. Il est fondé sur l'étude des paramètres suivants :

- Les limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales présentes
- La composition et la densité des espèces structurantes
- La composition et la densité des espèces algales caractéristiques
- La composition et la densité des espèces algales opportunistes
- La composition et la densité des espèces animales
- L'étude des stipes de *Laminaria hyperborea* et de leurs épibioses
- La structure de l'habitat

L'application de ce protocole se distingue en trois volets, permettant à la fois le suivi :

1. des macroalgues (volet 1),
2. de la faune (volet 2),
3. et de la structure de l'habitat (volet 3).

Le protocole est assez dense en termes d'acquisition de données et a été initialement proposé pour une application sur des tombants rocheux (**sites avec fort gradient bathymétrique**).

Les protocoles **ont donc été adaptés** compte tenu des spécificités de la zone de projet et du choix initial des stations. **Cependant, pour que l'étude soit complète sur une station, il est nécessaire de pouvoir observer de la Laminaire rugueuse (*Laminaria hyperborea*).** Sans la présence de celle-ci, le protocole n'a plus beaucoup de sens.

2.3.2 EFFORT D'ECHANTILLONNAGE ET REPARTITION SPATIALE

La première étape pour l'application du protocole (volet 1) est d'évaluer les limites d'extension en profondeur des différentes espèces d'algues structurantes (macroalgues brunes) selon la méthodologie « repérage Znieff-Mer » (REBENT). Il prend également en compte la présence des microhabitats et des espèces dominantes associées à chaque habitat.

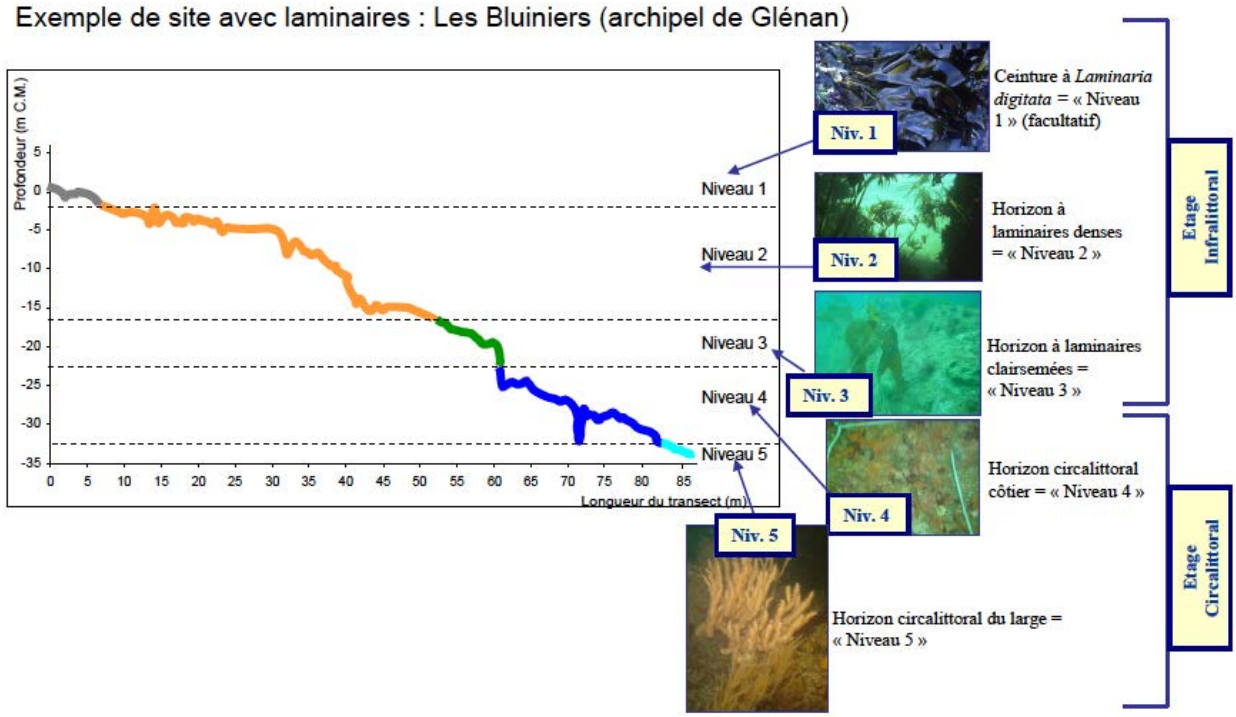


Figure 5 : Exemple de détermination des limites d'extension en profondeur des ceintures algales (source MNHN)

Les profondeurs sont relevées du fond vers la surface. Le but est de déterminer les différents horizons (limites infralittoral/circalittoral notamment). Cependant, il n'est pas toujours possible de repérer toutes les ceintures et tous les horizons quand les pentes sont trop faibles, ce qui demanderait de réaliser une plongée faisant plusieurs centaines de mètres de prospection. Il est important alors de repérer au moins l'horizon à Laminaires denses (niveau 2) dont la suite du protocole en dépend.

Une fois la limite d'extension des ceintures algales identifiée, les autres volets du protocole (volets 2 et 3) sont réalisés compte tenu des premiers résultats. Ils consistent en la caractérisation de la faune : comptage sur 10 quadrats de surface normée (50 centimètres de côté soit 1/4 de mètre carré) dans l'infralittoral supérieur et 10 quadrats dans le circalittoral côtier et de la structure de l'habitat (comptage

des algues arbustives pérennes sur des quadrats de surface normée - le nombre de quadrats est orienté par les résultats du volet 1). Le comptage concerne exclusivement les espèces dont le système de fixation se situe dans le quadrat (pour les formes encroûtantes il est utilisé un indice de recouvrement de 0 à 6).

2.3.3 CARACTERISATION DES ESPECES ALGALES DITES STRUCTURANTES

La présence et la densité de ces espèces dites structurantes sont relevées dans des quadrats de ¼ de m^2 positionnés au niveau des ceintures algales :

- 10 quadrats pour l'infralittoral supérieur (autour de la profondeur théorique de meilleure expression de cet étage à 3 m CM – niveau 2),
- 8 quadrats pour l'infralittoral inférieur (autour de la profondeur théorique 8 m CM)
- et enfin au niveau du circalittoral côtier avec 10 quadrats (13 m CM).

Les profondeurs sont évidemment à adapter en fonction de ce qui a été trouvé dans le volet 1.

Les espèces à dénombrer sont les espèces dites structurantes (*cf.* liste ci-après).

		Ecorégions		
		Manche orientale	**Manche occidentale – Bretagne - Pays de Loire**	**Pays Basque**
Type de milieu	Peu turbide	*Laminaria digitata* *Laminaria hyperborea* *Laminaria ochroleuca* *Saccorhiza polyschides* jeunes laminaires indéterminées	*Laminaria digitata* *Laminaria hyperborea* *Laminaria ochroleuca* *Saccorhiza polyschides* jeunes laminaires indéterminées	*Padina pavonica* *Cystoseira spp.* *Laminaria ochroleuca* *Saccorhiza polyschides* jeunes laminaires indéterminées
	Turbide	-	*Padina pavonica* *Solieria chordalis* *Halidrys siliquosa* *Cystoseira spp* *Sargassum muticum* *Saccharina latissima* *Laminaria hyperborea* *Saccorhiza polyschides* jeunes laminaires indéterminées	-

Tableau 2 : Liste des espèces structurantes en fonction de l'écorégion (source MNHN)

2.3.4 EVALUATION DES ALGUES CARACTERISTIQUES

Une liste des espèces algales caractéristiques a été établie pour chaque écorégion française. Cette liste est basée sur les études antérieures réalisées dans le cadre du REBENT et de la DCE. Elle a été réalisée sur la base de séries temporelles obtenues sur de nombreux sites. La liste des espèces prises en considération dans le cadre de cette étude est celle de l'écorégion : Manche occidentale – Bretagne – Pays de la Loire. De même, une liste des espèces invasives a été établie sur la même base que précédemment.

Ces espèces sont comptabilisées (en qualitatif et quantitatif) dans les quadrats étudiés ci-dessus.

Manche orientale	Manche occidentale-Bretagne-Pays de la Loire	Pays basque
Ahnfeltia plicata	*Acrosorium venulosum*	Algues brunes encroûtantes
Acrosorium venulosum	Algues calcaires dressées	*Callophyllis laciniata*
Algues calcaires dressées	*Bonnemaisonia asparagoides*	*Callophyllis laciniata*
Apoglossum ruscifolium	*Calliblepharis ciliata*	*Champia parvula*
Bonnemaisonia asparagoides	*Callophyllis laciniata*	*Corallina sp.*
Calliblepharis ciliata	*Cruoria pellita*	*Cystoseira spp.*
Calliblepharis jubata	*Cryptopleura ramosa*	*Dictyopteris polypodioides*
Callophyllis laciniata	*Delesseria sanguinea*	*Dictyota dichotoma*
Cladostephus spongiosus	*Dictyopteris polypodioides*	*Drachiella spectabilis*
Cordylecladia erecta	*Dictyota dichotoma*	*Gelidium corneum*
Cruoria pellita	*Dilsea carnosa*	*Gelidium spp*
Cryptopleura ramosa	*Drachiella spectabilis*	*Halopithys incurva*
Delesseria sanguinea	*Erythroglossum laciniatum*	*Halopteris filicina*
Dictyopteris polypodioides	*Halopteris filicina*	*Halurus equisetifolius*
Dictyota dichotoma	*Halurus equisetifolius*	*Heterosiphonia plumosa*
Dilsea carnosa	*Heterosiphonia plumosa*	*Jania rubens*
Erythroglossum laciniatum	*Kallymenia reniformis*	*Lithophyllum incrustans*
Halopteris filicina	*Laminaria hyperborea*	*Mesophyllum lichenoides*
Heterosiphonia plumosa	*Meredithia microphylla*	*Nitophyllum punctatum*
Kallymenia reniformis	*Phyllophora crispa*	*Peyssonnelia spp.*
Laminaria digitata	*Phymatolithon lenormandii*	*Phyllophora crispa*
Laminaria hyperborea	*Plocamium cartilagineum*	*Plocamium cartilagineum*
Laminaria saccharina	*Polyneura bonnemaisonii*	*Pterosiphonia complanata*
Meredithia microphylla	*Rhodymenia pseudopalmata*	*Pterosiphonia pennata*
Phyllophora crispa	*Sphaerococcus coronopifolius*	*Rhodymenia pseudopalmata*
Phyllophora pseudoceranoides	*Apoglossum ruscifolium*	*Sphondylothamnion multifidum*
Phymatolithon lenormandii	*Calliblepharis jubata*	*Stypocaulon scoparium*
Plocamium cartilagineum	*Chondria dasyphylla*	*Taonia atomaria*
Polyneura bonnemaisonii	*Chylocladia verticillata*	*Zanardinia typus*
Rhodymenia pseudopalmata	*Cystoseira spp.*	
Sargassum muticum	*Halidrys siliquosa*	
	Nitophyllum punctatum	
	Padina pavonica	
	Pterothamnion spp.	
	Rhodophyllis spp.	
	Sargassum muticum	
	Solieria chordalis	

Tableau 3 : Listes des espèces caractéristiques de l'infralittoral en fonction de l'écorégion (source MNHN).

Il s'ajoute une recherche également d'espèces dites invasives ou opportunistes, sur lesquelles il est attendu une attention particulière.

Groupe taxonomique	Espèces	Remarque
Chlorophycées	Codium spp.	Considérées comme opportunistes pour l'écorégion pays basque uniquement
	Cladophora spp.	
	Enteromorpha spp.	
	Ulva spp.	
Microalgues coloniales	Diatomées (filamenteuses)	
Phéophycées	*Desmarestia ligulata*	
	Ectocarpales	
	Hincksia spp.	
Rhodophycées	*Ceramium spp.*	
	Hypoglossum hypoglossoides	
	Heterosiphonia japonica	
	Polysiphonia spp. (hormis *P. lanosa* et *P. elongata*)	

Tableau 4 : Liste des espèces invasives (source MNHN)

2.3.5 ETUDE DES STIPES DE LAMINARIA HYPERBOREA

Il s'agit d'effectuer des relevés sur 10 stipes représentatifs de la zone prospectée, choisis de manière aléatoire au sein de l'infralittoral supérieur, si cette laminaire y est dominante et bien représentée. Pour chaque stipe de *Laminaria hyperborea*, on relève alors *in situ* :

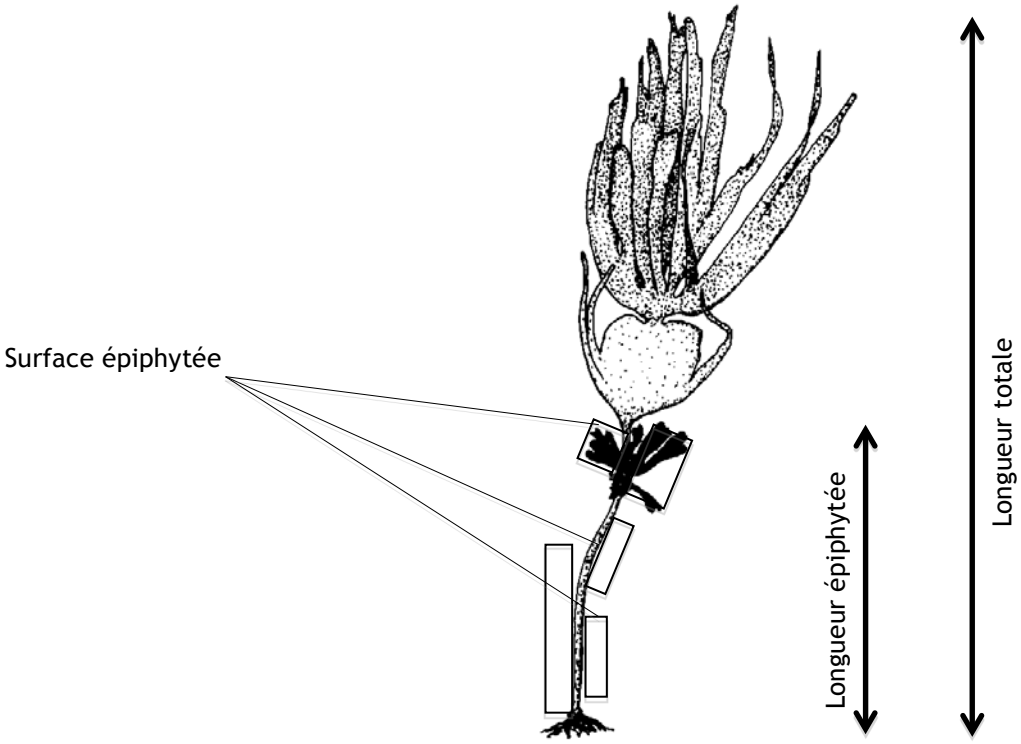


Figure 6 : Mesures effectuées sur les Laminaires rugueuses

- la longueur totale du stipe (du début de la lame au début du crampon) ;
- la longueur épiphytée du stipe (du début du crampon au dernier épiphyte) ;
- la surface occupée par l'ensemble des épibioses. Il s'agit d'estimer la surface occupée par l'ensemble des épibioses dans un plan ;
- les 5 principales espèces présentes en épiphyte (flore et faune). En cas de doute sur la détermination des épibioses présentes, un échantillon pourra être prélevé pour une identification ultérieure ;
- la présence d'oursins ou d'helcions (nombre d'individus) ;
- le pourcentage du stipe recouvert par des moules ;
- le stade de nécrose des frondes (stade 1 à 4).

2.3.6 INDICE DE QUALITE ET DE L'EQR

Une fois l'ensemble de ces données collectées, il est possible alors d'utiliser un indice de Qualité et un EQR (ou Ecological Quality Ratio) pour voir comment se situe le site étudié par rapport à des sites de références. Ainsi, il est donc possible de caractériser l'état de qualité du site.

2.3.6.1 Limite d'extension en profondeur des différentes ceintures algales

La note ceinture algale est calculée en effectuant le rapport entre la profondeur limite inférieure d'un niveau et la valeur de référence correspondante. On multiplie ce résultat par 30 pour obtenir la note sur 30 points.

Supertype	Valeur de référence niveau 1-2	Valeur de référence niveau 3
A : Côte rocheuse peu turbide	-28,45m	-32,22m
B : Côte sablo-vaseuse peu turbide	-12,47m	-14,73m
C : Côte rocheuse ou sablo-vaseuse turbide	-4,19m	-8,08m

Tableau 5 : Valeur de référence : limites d'extension en profondeur des ceintures (source MNHN, 2011)

2.3.6.2 Composition et densité des espèces définissant l'étagement (niveau 1-2)

Densité des espèces définissant l'étagement (nb ind / m²)		Note
Supertype A et B	Supertype C	
<10	<15	0
[10 ; 20[	[15 ; 30[	5
[20 ; 35[	[30 ; 45[	10
[35 ; 60[	[45 ; 60[	15
≥60	≥60	20

Tableau 6 : Densité des espèces définissant l'étagement (source MNHN, 2011)

2.3.6.3 Espèces caractéristiques

Pour chaque niveau, un comptage des espèces caractéristiques est réalisé, ce qui permet de déterminer le nombre d'espèces caractéristiques bien représentées (Fréq occ > 10%) dans chaque niveau.

	Nombre d'espèces caractéristiques présentes dans le niveau 2	Nombre d'espèces caractéristiques présentes dans le niveau 3	note
Supertype A ou B	<9	<5	0
	[9-12[	[5-8[	5
	[12-15[	[8-11[	10
	[15-18[	[11-14[	15
	≥18	≥14	20
Supertype C	<5	<5	0
	[5-8[	[5-8[	5
	[8-11[	[8-11[	10
	[11-14[	[11-14[	15
	≥14	≥14	20

Tableau 7 : Notation pour les espèces caractéristiques (source MNHN, 2011)

2.3.6.4 Espèces opportunistes

Dans chaque ceinture, les espèces opportunistes sont dénombrées au sein des quadrats (10 dans le niveau 1-2 et 8 dans le niveau 3 sélectionnés de manière aléatoire si nécessaire). On calcule ensuite leur densité (en nombre de pieds / m²). Un barème unique permet, quel que soit le niveau étudié, de donner une note en fonction de la densité totale des espèces opportunistes.

Densité d'espèces opportunistes (nd ind / m²)	Note
≥30	0
[20 ; 30[	5
[12 ; 20[	10
[7 ;12[	15
[0 ; 7[	20

Tableau 8 : Barème pour les espèces opportunistes (source MNHN, 2011)

2.3.6.5 Richesse spécifique

Dans chaque quadrat, la diversité algale est mesurée en listant les espèces présentes. Ceci permet de recenser le nombre de taxons sur une surface d'échantillonnage minimum (10 quadrats dans les niveaux 1-2 et 8 quadrats dans le niveau 3). Si pour un niveau, le nombre de quadrats réalisés est supérieur, on procède alors à un tirage au sort aléatoire afin d'obtenir le nombre de quadrats requis.

	Niveaux 1-2		
	Supertype A	Supertype B ou C	**Note**
Nombre de taxons recensés sur 10 quadrats	<15	<20	0
	[15 ; 20[	[20 ; 30[	5
	[20 ; 30[	[30 ; 40[	10
	[30 ; 40[	[40 ; 45[	15
	≥40	≥45	20

	Niveau 3		
	Supertype A	Supertype B ou C	**Note**
Nombre de taxons recensés sur 8 quadrats	<8	<15	0
	[8 ; 12[	[15 ; 25[	5
	[12 ; 16[	[25 ; 30[	10
	[16 ; 20[	[30 ; 35[	15
	≥20	≥35	20

Tableau 9 : Notation de la richesse spécifique (source MNHN, 2011)

2.3.6.6 Stipes de *Laminaria hyperborea* – épibioses

Pour chaque niveau, cette note est obtenue en calculant la moyenne de deux sous-indices qui sont la longueur moyenne des stipes et la surface moyenne de la totalité des épibioses. Pour étudier ces paramètres, 10 stipes représentatifs sont choisis de manière aléatoire au sein des niveaux 1-2 et 3. Pour chaque stipe, on mesure la longueur totale et la surface de la totalité des épibioses. Pour chaque niveau, ces données permettent d'établir la longueur moyenne des stipes et la surface moyenne de la totalité des épibioses par mètre linéaire de stipe. Une note est attribuée pour chaque sous-indice en utilisant une grille de notation qui prend en compte le niveau étudié.

Niveau	Niveaux 1-2	Niveau 3	Note
Surface moyenne des épibioses par ml de stipe épiphyté (cm²/m)	[0 ; 100[	[0 ; 50[	0
	[100 ; 400[	[50 ; 100[	5
	[400 ; 700[	[100 ; 150[	10
	[700 ; 1000[	[150 ; 200[	15
	≥1000	≥200	20

Niveau	Niveaux 1-2	Niveau 3	Note
Longueur moyenne des stipes (cm)	[0 ; 25[	[0 ; 3[	0
	[25 ; 45[	[3 ; 7[	5
	[45 ; 65[	[7 ; 11[	10
	[65 ; 85[	[11 ; 15[	15
	≥85	≥15	20

Tableau 10 : Notation pour les stipes et épibioses (source MNHN, 2011)

Pour chaque niveau, la note "stipes de *Laminaria hyperborea* - épibioses" est obtenue en calculant la moyenne des notes des deux sous-indices « longueur des stipes » et « surface des épibioses ».

2.3.6.7 Calcul de l'indice de qualité du site

L'indice de qualité du site est obtenu en calculant la moyenne (rapportée sur 100 points) des notes obtenues pour chacun des niveaux. Dans la mesure où l'un des paramètres ne peut être noté (ex : absence de *Laminaria hyperborea*), la note moyenne de chaque niveau est pondérée pour ne pas pénaliser l'indice de qualité global du site.

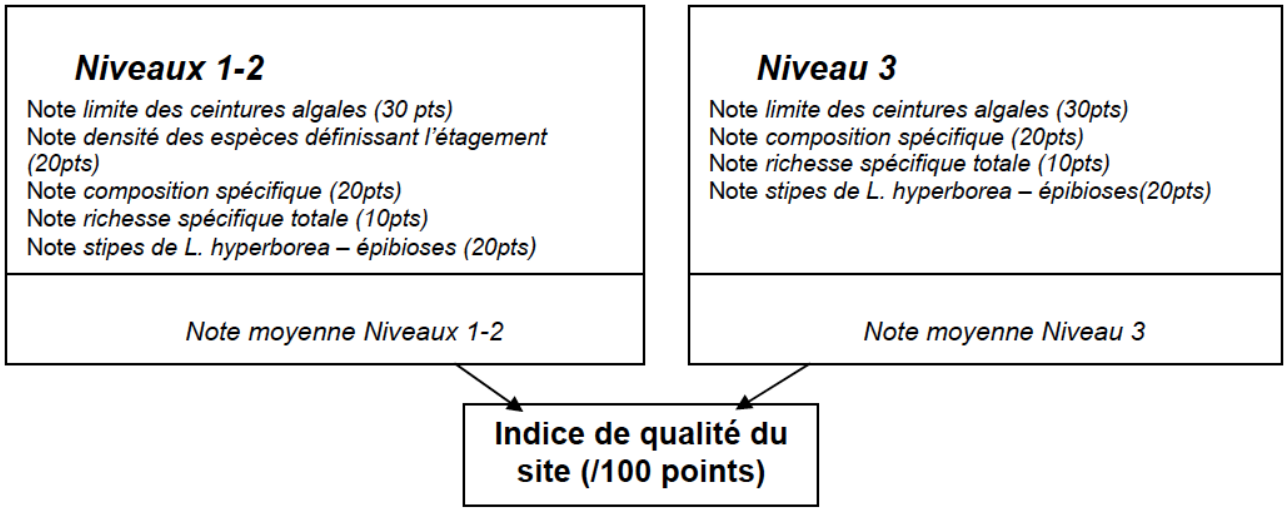


Tableau 11 : Calcul de l'indice de qualité du site (source MNHN, 2011)

2.3.6.8 Calcul de l'EQR

L'EQR ou Ecological Quality Ratio se calcule en faisant le rapport entre l'indice de qualité d'un site et l'indice de qualité (ou médiane des indices de qualité) du (des) site(s) de référence. Pour chaque « supertype », un ou plusieurs sites illustrant des conditions dites de référence ont été définis (cf. ci-dessous). Pour le calcul de l'EQR, on utilisera les meilleurs indices de qualité obtenus par les sites de référence lors des différents relevés.

Supertype A	Supertype B	Supertype C
La Barrière (Sept îles) Ar Forc'h Vihan (Ouessant) Les Bluiniers (Glénan)	Les Pierres Noires (Quiberon) Les Haies de la Conchée (Saint Malo) Chausey	Ile Ronde (Rade de Brest)

Tableau 12 : Site de références (MNHN, 2011)

EQR	[0 ; 0,25[	Très mauvais
	[0,25 ; 0,45[	Mauvais
	[0;45 ; 0,65[	Moyen
	[0,65 ; 0,85[	Bon
	[0,85 ; 1]	Très bon

Tableau 13 : Grille de lecture de l'EQR (source MNHN, 2011)

2.3.7 RESUME DU TRAVAIL A FAIRE SUR CHAQUE STATION

Sur chaque station, le protocole à mettre en place est donc le suivant :

- Sur un transect de longueur raisonnable, description des étagements et détermination des profondeurs des différents niveaux (2, 3, 4 et 5 s'il y a…).
- En présence de *Laminaria hyperborea* sur les niveaux 2 ou 3, réalisation de :
  - 10 cadrats de comptage (densité des adultes et juvéniles) et mesure des stipes adultes
  - 10 cadrats pour le niveau 2 et 8 pour le niveau 3 de comptage de la sous-strate algale et de la faune associée
  - Sur 10 Laminaires, mesures des longueurs des stipes, de la longueur épiphytée, des surfaces des épiphytes, de la détermination spécifique des épiphytes les plus abondantes, de la présence/absence d'Helcion, de la présence/absence de nécrose

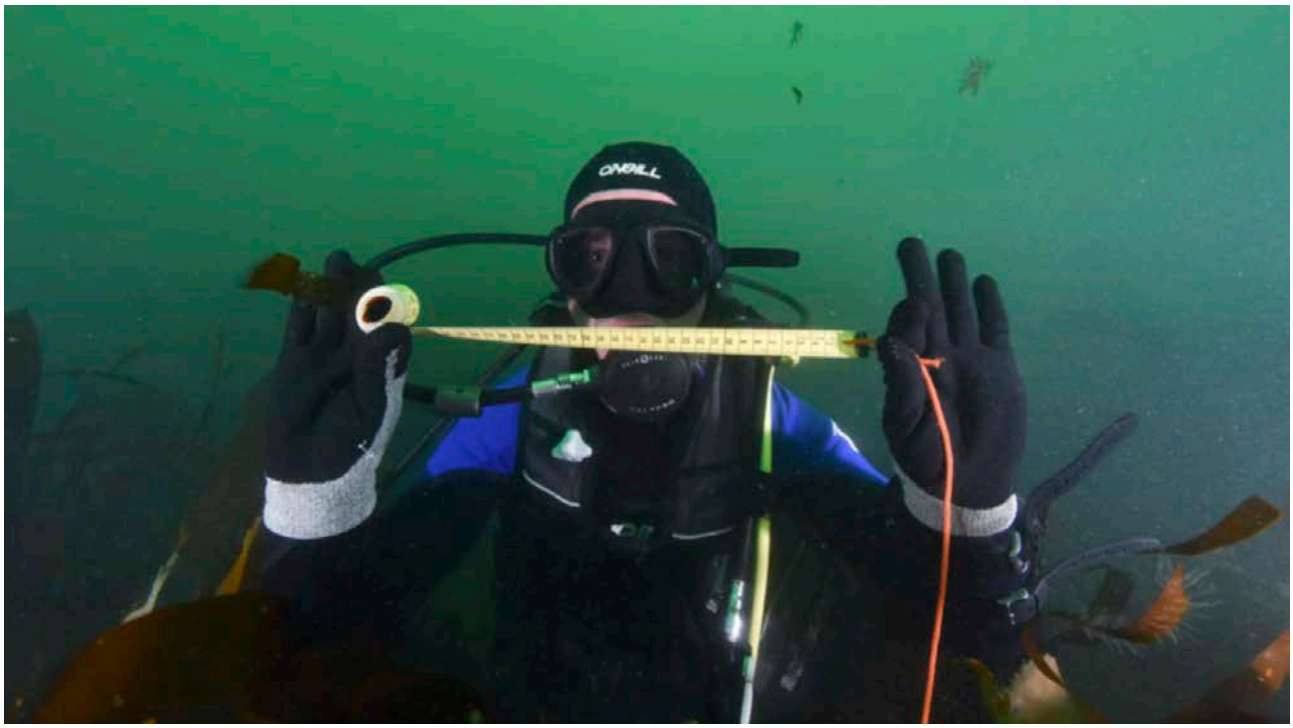


Figure 7 : Un des outils indispensables du plongeur-biologiste (source IN VIVO, 2015)

3 RESULTATS

3.1 DATES D'INTERVENTIONS ET METEOROLOGIE SUR LES SITES DE PLONGEES

Date	Heure	Hauteur	Coeff.
Mar. 28	02h52	4,20m	52
	09h02	1,85m	
	15h19	4,45m	58
	21h27	1,70m	
Mer. 29	03h45	4,45m	65
	09h53	1,60m	
	16h06	4,75m	71
	22h16	1,40m	
Jeu. 30	04h33	4,70m	78
	10h40	1,30m	
	16h51	5,05m	84
	23h03	1,10m	
Ven. 31	05h18	4,95m	90
	11h24	1,00m	
	17h34	5,30m	95
	23h49	0,80m	

La mission terrain s'est réalisée du mardi 28 juillet au vendredi 31 juillet 2015.

Les coefficients de marée partaient de 52 jusqu'à 95. Il a été réalisé au total 13 plongées de binôme sur 6 sites de prospections. L'après-midi du mercredi 29 n'a pas pu être plongé du fait d'un vent force 5 beaufort.

D'une manière générale la mer était de peu agitée à agitée durant l'opération, avec souvent du vent se levant en début d'après-midi.

L'eau avait une température de 12°C au fond. La visibilité était au mieux de 3 m et au pire de 1 m. L'eau était chargée en particules et plancton (dont macroplancton, comme Cténaire, *Beroe ovata*, et méduses, *Pelagia noctiluca*).

3.2 MOYENS HUMAINS ET MATERIELS MOBILISES

Le matériel suivant a été mobilisé par notre équipe :

- Affrètement de notre vedette Zeus faber de 7 m
- **DGPS** de précision Sub-métrique
- **Matériel de plongée et de relevé et appareils photographiques**

Figure 8 : L'équipe de plongeurs (source IN VIVO)

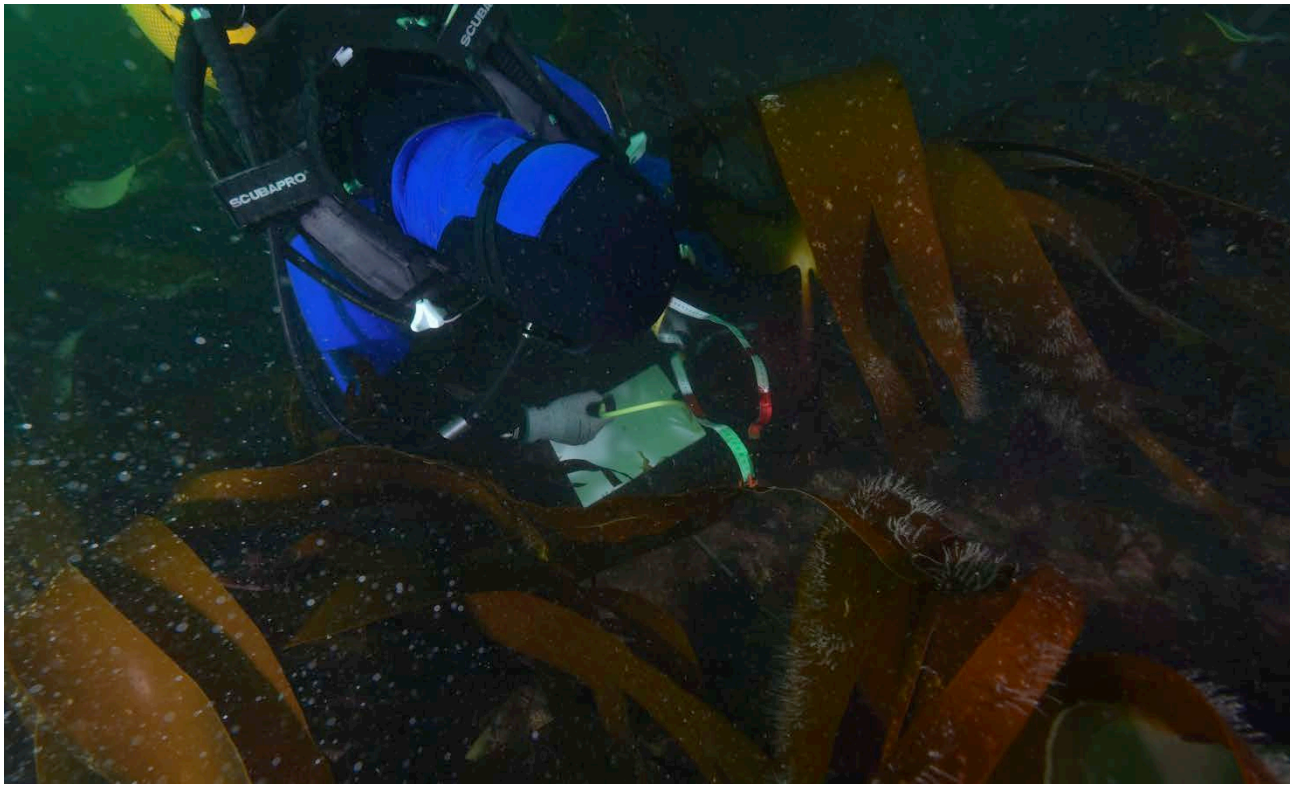


Figure 9 : Relevé d'un quadrat sur la station BZG (source IN VIVO)

Figure 10 : Mesure de la longueur d'un stipe sur la station BZG (source IN VIVO)

Figure 11 : "Débriefing" après la plongée sur le quai (source IN VIVO)

Figure 12 : "Piluliers" rapportés par un plongeur pour caractériser les algues de la sous-strate (source IN VIVO)

L'équipe de plongée était constituée de :

- Didier Grosdemange, plongeur classe IIB – Biologiste, spécialiste substrat dur
- Jérémie Godefroy, plongeur classe IB – Biologiste
- Damien Dreux, plongeur classe IB – Biologiste
- Emmanuel Donfut, plongeur classe IIB/IIA – photographe sous-marin professionnel

3.3 PLAN D'ECHANTILLONNAGE

Conformément au CCTP, il a été investigué 5 stations, auxquels nous avons décidé de rajouter deux autres (basse Buzig – W Groix et l'anse du Perello). Il a été réalisé un total de 13 plongées en binôme. Sur chaque station, il a été réalisé des prises de vues du site pour permettre une description de la station.

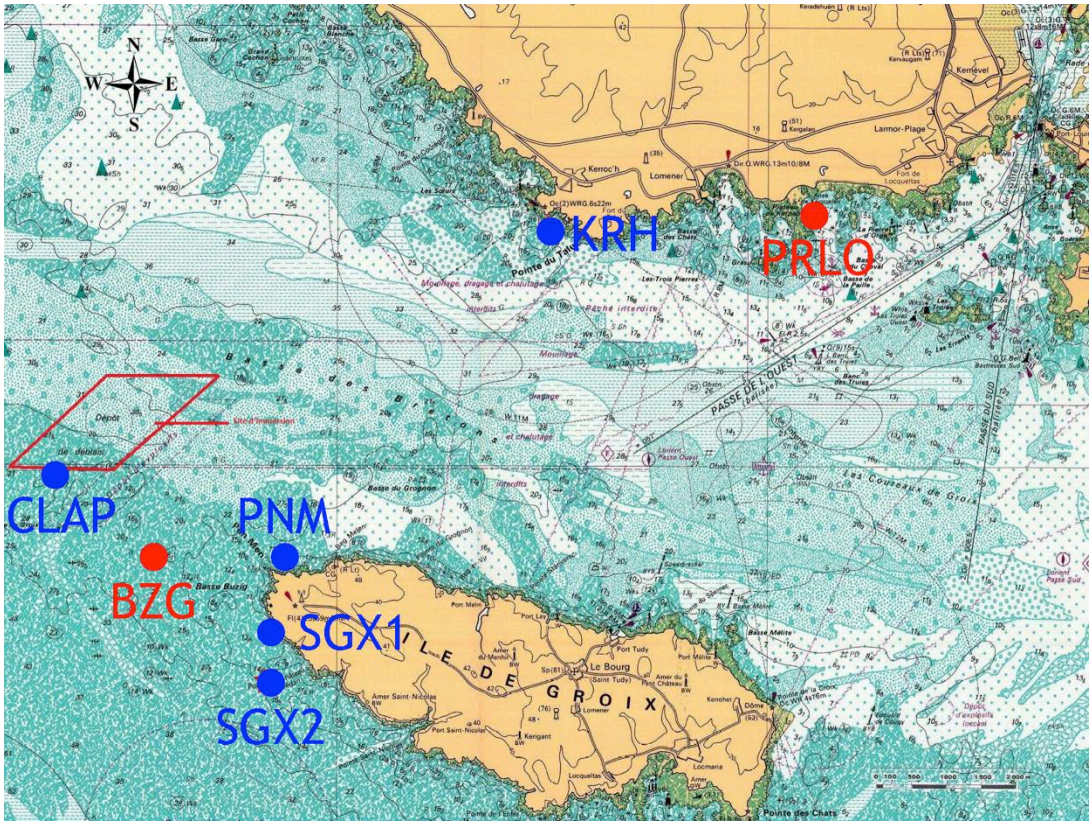


Figure 13 : Localisation des sites de plongées (source IN VIVO)

Nom	Code	Longitudes (WGS84)	Latitudes (WGS84)
Sud Groix 1	SGX1	3°30,703 W	47°38,585 N
Sud Groix 2	SGX2	3°30,828 W	47°39,165 N
Pen Men	PNM	3°30,703 W	47°39,165 N
Site d'immersion	CLAP	3°33,199 W	47°39,363 N
Basse Buzig	BZG	3°31,376 W	47°38,940 N
Kerroc'h	KRH	3°27,630 W	47°41,900 N
Anse du Perello	PRLO	3°26,450 W	47°41,910 N

Tableau 14 : Coordonnées des sites de plongées

3.4 PREMIERS RESULTATS DES INVESTIGATIONS

3.4.1 TABLEAU SYNOPTIQUE

Le tableau ci-dessous représente les résultats en terme d'étagement. Les plongeurs sont partis du point GPS et ont fait une radiale d'au moins 50 m de linaire sur chaque site.

Station	Profondeur CM	Habitat	Biocénose	Niveau
Kerroc'h (KRH)	De 5 à 10 m	Blocs et éboulis	Pas de présence de *Laminaria hyperborea*	Niveau 1 ?
Perello (PRLO)	Autour de 5 m	Fonds sableux	Pas de présence de *Laminaria hyperborea*	Niveau 1 ou 2 ?
Pen Men (PNM)	De 8 m à 12 m	Bloc sur fond sableux	Pas de présence de *Laminaria hyperborea* - Présence de quelques *Sacchoriza polyschides*	Niveau 2
Sud Groix 1 (SGX1)	De 5 à -13 m	Plateau rocheux	Pas de présence de *Laminaria hyperborea* - Présence de quelques *Sacchoriza polyschides*	Niveau 2
Sud Groix 2 (SGX2)	Autour de 13 m	Plateau rocheux avec gros blocs et failles	présence de *Laminaria hyperborea*	Niveau 2
Site d'immersion (CLAP)	Autour des 20 m	Plateau rocheux	présence de *Laminaria hyperborea*	Niveau 2
Basse Buzig (BZG)	Autour de 13 m	Plateau rocheux avec gros blocs et failles	présence de *Laminaria hyperborea*	Niveau 2

Tableau 15 : Tableau synoptique des étagements phytaux (source IN VIVO)

Le niveau 3 n'a pas été constaté sur les stations.

Pour Pen Men, un profil plus à l'Est de la station a été ajouté (sans succès) sur une distance d'environ 50m supplémentaire (de 47°39,150 N & 3°30,764 W à 47°39,168 N & 3°30,746 W).

Pour les stations SG2, CLAP et BUZIG, il a pu être appliqué le protocole de caractérisation ECBRS/DCE2 **au complet sur l'étagement**.

La description d'une station selon le protocole nécessite au moins 3 plongées de binôme. La station BUZIG a été ajoutée pour permettre d'avoir au moins 2 stations sur Groix dans la zone d'influence potentielle du site d'immersion.

Les clichés ci-dessous reprennent les stations qui n'ont pas pu être décrites, faute de Laminaire.

3.4.2 KERROC'H (STATION KRH)

Figure 14 : Site de Kerroc'h - Gros blocs rocheux avec une sous-strate d'algues rouge (Source : IN VIVO)

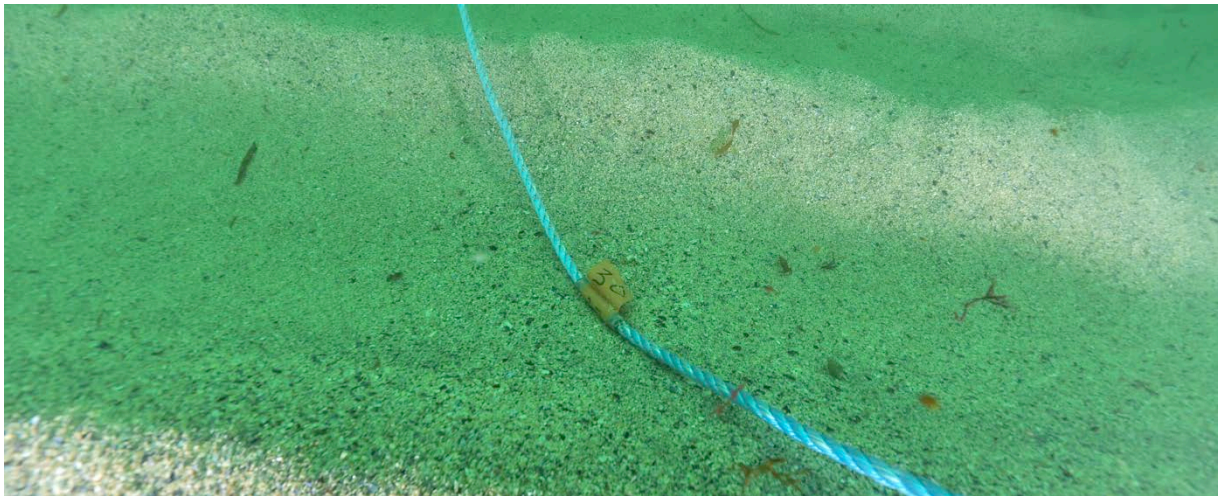
3.4.3 PEN MEN (STATION PNM)

Figure 15 : Fonds sableux grossiers et "patates" de roche à Laminaires bulbeuses (Source IN VIVO)

La station PEN MEN (PNM) se compose d'un fond sableux grossiers à moyens avec du débris coquillier, sur lequel on peut observer des blocs rocheux colonisés. La zone étant située à la pointe NW de l'île, les courants y sont forts en témoigne la granulométrie du sédiment.

Figure 16 : Algue gousse-d'ajonc (bas gauche) et Laminaire bulbeuse (centre) (Source IN VIVO)

Sur ces blocs, on observe des grandes algues, Laminaires bulbeuses (*Sacchoriza polyschides*) avec une sous-strate composée essentiellement d'algues brunes *Dictyopteris polypodioides* et d'algues rouges (dont *Rodhymenia reniformis*). Au pied des blocs et à l'abri, ancrées sur des blocs, le thalle dans le sédiment, s'épanouissent des algues gousses d'ajonc (*Halidrys siliquosa*). Les blocs sur cette zone sont assez disparates et peu fréquents.



3.5 STATION SUD SITE D'IMMERSION (CLAP)

Figure 17 : Platier rocheux avec Laminaires rugueuses de la station CLAP (source IN VIVO)

3.5.1 TOPOGRAPHIE DE LA STATION CLAP

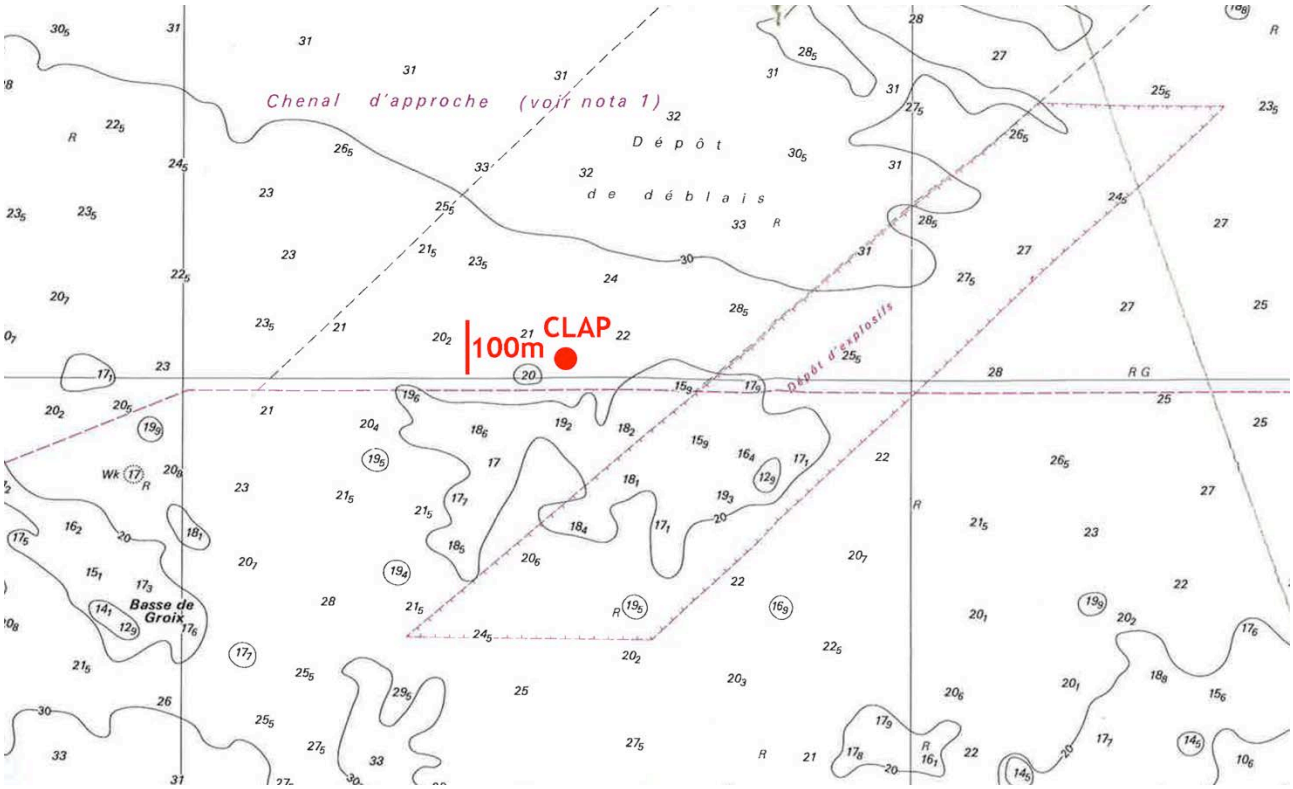


Figure 18 : Position de la station et son rayon d'investigation (source IN VIVO/SHOM)

La Station CLAP au sud du site d'immersion est une zone rocheuse, constituée de grandes plaques de roche s'élevant d'environ un mètre au dessus du fond (petits tombants) avec quelques failles. Le fond est donc relativement plat autour des 22 m CM.

La surface du platier est recouverte par des algues encroûtantes rouges (*Lithophyllum incrustans*) au thalle calcaire rose (environ 50 % de couverture). Entre ces plaques d'algue rouge, se trouve une forêt de Laminaire rugueuse (*Laminaria hyperborea*) de densité moyenne, mais toujours suffisante pour être dans le niveau 2 (horizon à grandes algues dressées denses). Occupant 1/3 de la surface, la sous-strate algale est composée essentiellement d'algues rouges.

Répartie d'une manière éparse et peu abondante, la faune fixée se compose essentiellement d'éponge (*Cliona celata, Pachymatisma johnstonia*), en présence d'une faune vagile de gros oursins communs (*Echinus esculentus*) et d'étoiles de mer (*Luidia ciliaris*).

La carte ci-dessus replace la station et son diamètre de prospection (environ 50 m) dans le contexte du site. La distance de prospection de 50 m peut paraître faible, mais elle reste importante pour une investigation en plongée sous-marine.

Figure 19 : Topographie de la station CLAP (source IN VIVO)

3.5.2 CEINTURES ALGALES

L'algue structurant le peuplement algal est ***Laminaria hyperborea***. C'est la seule macro-algue structurante répertoriée sur le site. Elle présente des densités faibles pour cet horizon (environ une douzaine de pieds par mètre carré). **L'intégralité du site prospecté est située dans l'horizon des laminaires denses (niveau 2).**

3.5.3 EVALUATION DES ALGUES STRUCTURANTES

3.5.3.1 Densité des algues structurantes

Seule l'espèce *Laminaria hyperborea* a été répertoriée comme algue structurante. Les jeunes individus (jeunes laminaires) ont été dénombrés séparément, conformément au protocole.

Site	Sud site d'immersion (CLAP)													
Profondeur	Date	Espèces	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Moyenne	Ecart type
			DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	JAG	DG	DG	DG		
22 m CM	28/07/15	*Laminaria hyperborea*	4	3	2	3	7	3	6	4	3	1	4	3,6	1,7
		Jeunes Laminaires	3	4	6	2	3	7	3	2	2	1	4	3,4	1,8

Tableau 16 : Densité des Laminaires adultes et juvéniles sur la station CLAP à 22 m CM (Source IN VIVO)

La densité moyenne est de 3,6 laminaires adultes rugueuses par ¼ de m^2, soit 14,4 laminaires adultes/m^2.

3.5.3.2 Structure en taille des algues structurantes

La taille du stipe de chaque algue structurante répertoriée dans les quadrats a été mesurée.

Site	Sud site d'immersion (CLAP)														
Profondeur	Date	Espèces	Réf	Quadrat	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	Moyenne	Ecart type
22 m CM	28/07/15	*Laminaria hyperborea*	DD	Q1	51	45	45	42						45,8	3,8
			DD	Q2	36	35	44							38,3	4,9
			DD	Q3	36	39								37,5	2,1
			DD	Q4	34	32	30							32,0	2,0
			DD	Q5	26	26	35	31	34	32	38			31,7	4,5
			DD	Q6	35	45	46							42,0	6,1
			DG	Q7	30	30	36	37	38	39				35,0	4,0
			DD	Q8	31	32	39							33,8	4,1
			JAG	Q9	16	23	51							30	18,5
			DG	Q10	32									32,0	
			DG	Q11	31	39	40	48						39,5	7,0
Total														36,1	7,5

Tableau 17 : Taille des stipes de laminaires (*L. hyperborea*) vers 22 m sur la station CLAP (source IN VIVO)

Avec une moyenne de 36,1 cm de longueur de stipe, les laminaires observées sont considérées comme de tailles petites.

3.5.3.3 Etude des stipes de *Laminaria hyperborea*

L'étude des 10 stipes de *Laminaria hyperborea* n'a pas révélé la présence d'helcions sur la lame, d'oursins, ni de recouvrement du stipe par des moules. La nécrose des 10 laminaires étudiées est de stade 1, c'est à dire ne présentant pas de dommages particuliers (laminaire normale).

Sud Site d'immersion (CLAP) - 29/07/15 - 22 m CM					
N° de stipe	Longueur stipe (cm)	Longueur épiphytée (cm)	Surface épiphytée (cm2)	Stade de nécrose	Nombre d'Helcions
1	54	48	87	1	0
2	40	15	27	1	0
3	23	9	0	1	0
4	29	18	50	1	0
5	29	7	2	1	0
6	51	45	85	1	0
7	38	14	19	1	0
8	45	24	56	1	0
9	28	1	0,5	1	0
10	32	15	4	1	0
Moyenne	**36,9**	**19,6**	**33**		
Ecart-type	**10,5**	**15,5**	**34**		

Tableau 18 : Paramètres relevés sur 10 stipes de* L. hyperborea *sur la station CLAP vers 22 m CM (IN VIVO)

La longueur moyenne des stipes étudiés est de 36,9 (±10,5) cm. La surface moyenne de la totalité des épibioses par mètre linéaire de stipe est de 89,4 cm^2/ml. Cette surface est faible, comme le montre bien le cliché ci-dessous, les stipes sont peu épiphytés (colonisés par des algues rouges).

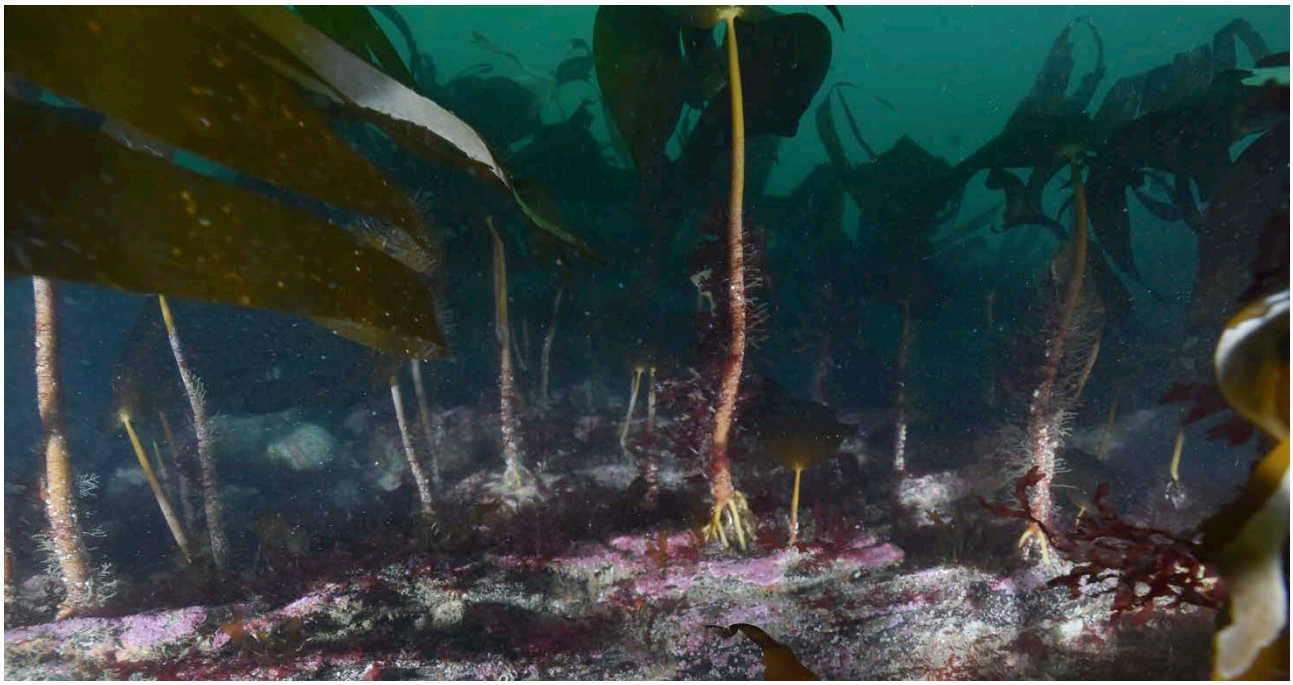


Figure 20 : Les stipes sont peu épiphytés (source : IN VIVO)

Les espèces majoritaires constituant les épiphytes sur les 10 stipes analysés sont :

Sud site d'immersion	Stipe 1	Stipe 2	Stipe 3	Stipe 4	Stipe 5	Stipe 6	Stipe 7	Stipe 8	Stipe 9	Stipe 10	Occurrence (en %)
29/07/15											
Apoglossum ruscifolium				1							10
Cryptopleura ramosa	1	1		1		1	1	1		1	70
Phycodris rubens	1			1		1	1	1			50
Rhodymenia pseudopalmata	1										10

Tableau 19 : Espèces majoritaires épiphytes des stipes de la station CLAP

Les stipes sont peu épiphytés et 3 laminaires sur les 10 choisis n'étaient pas colonisés. Les espèces d'algues rouges épiphytes sont principalement la *Cryptopleura ramosa* (70%) et la *Phycodris rubens* (50%).

A noter une présence importante de l'hydraire (animal fixé colonial) *Obellia geniculata* (tige en forme de zig zag).

Figure 21 : Cryptopleura ramosa *et* Phycodris rubens *(source IN VIVO)*

3.5.4 EVALUATION DES ALGUES CARACTERISTIQUES (SOUS-STRATE ALGALE)

Les comptages d'algues caractéristiques ont été réalisés sur la station sur 10 quadrats de 0,25 m^2. Les résultats sont présentés ci-après :

Sud Site d'immersion (22 m CM)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Occurrence (en %)
28 et 29/07/15	JAG	JAG	JAG	DG	DG	DG	DG	JAG	DD	DD	
Espèces des eaux peu turbides											
Acrosorium venulosum	**8**			**8**	**16**	**33**	**27**	**20**	**30**	**50**	**80**
Bonnemaisonia asparagoides						1			1	1	30
Callophyllis laciniata							1	10			20
Cryptopleura ramosa				1							10
Delesseria sanguinea		**25**	**20**	**8**	**3**	**8**	**6**	**6**	**5**	**3**	**90**
Dictyopteris polypodioides	**20**	**15**	**30**	**6**	**5**	**12**	**14**	**25**	**27**	**50**	**100**
Dictyota dichotoma				2							10
Griffithsia flosculosa										13	10
Heterosiphonia plumosa				6		6		40	21	14	50
Kallymenia reniformis	15	1			2	13	4				50
Plocamium cartilagineum									15	3	20
Rhodphylllis sp				2		2			5		30

Tableau 20 : Liste des espèces caractéristiques répertoriées sur la station CLAP (source IN VIVO)

Figure 22 : Au centre de l'Acrosorium venulosum, *encadré par de la* Delesseria sanguinea *et au premier plan du* Dictyopteris polypodioides *sur la station CLAP (source IN VIVO)*

Figure 23 : L'algue rouge, feuille de châtaigner, Delesseria sanguinea, *sur la station CLAP (source IN VIVO)*

Figure 24 : **Griffithsia flosculosa,** ***algue rouge filamenteuse sur la station CLAP (source IN VIVO)***

Un total de 10 algues caractéristiques des eaux peu turbides et une richesse spécifique de 12 taxons de la sous-strate ont été répertoriées sur les 10 quadrats réalisés à la profondeur de 22m CM.

Les espèces présentant les fréquences d'occurrence les plus importantes (excepté l'espèce structurante *Laminaria hyperborea*) sont :

- *Dictyopteris polypodioides* (100%)
- *Delesseria sanguinea* (90%)
- *Acrosorium venulosum* (80 %)

Comme décrit précédemment, il est observé régulièrement des tâches importantes (jusqu'à 1/3 de la surface des quadrats) de l'algue rouge encroûtante, de type *Lithophyllum*.

3.5.5 FAUNE ASSOCIEE AUX QUADRATS

Peu d'espèces de la faune ont été observées dans les quadrats, excepté l'échinoderme lèche-doigt (*Aslia lefevrei*), dont le corps est invisible dans une anfractuosité et dont dépasse uniquement son panache ramifié qui lui sert à capturer les particules de matières organiques présentes dans la masse d'eau.

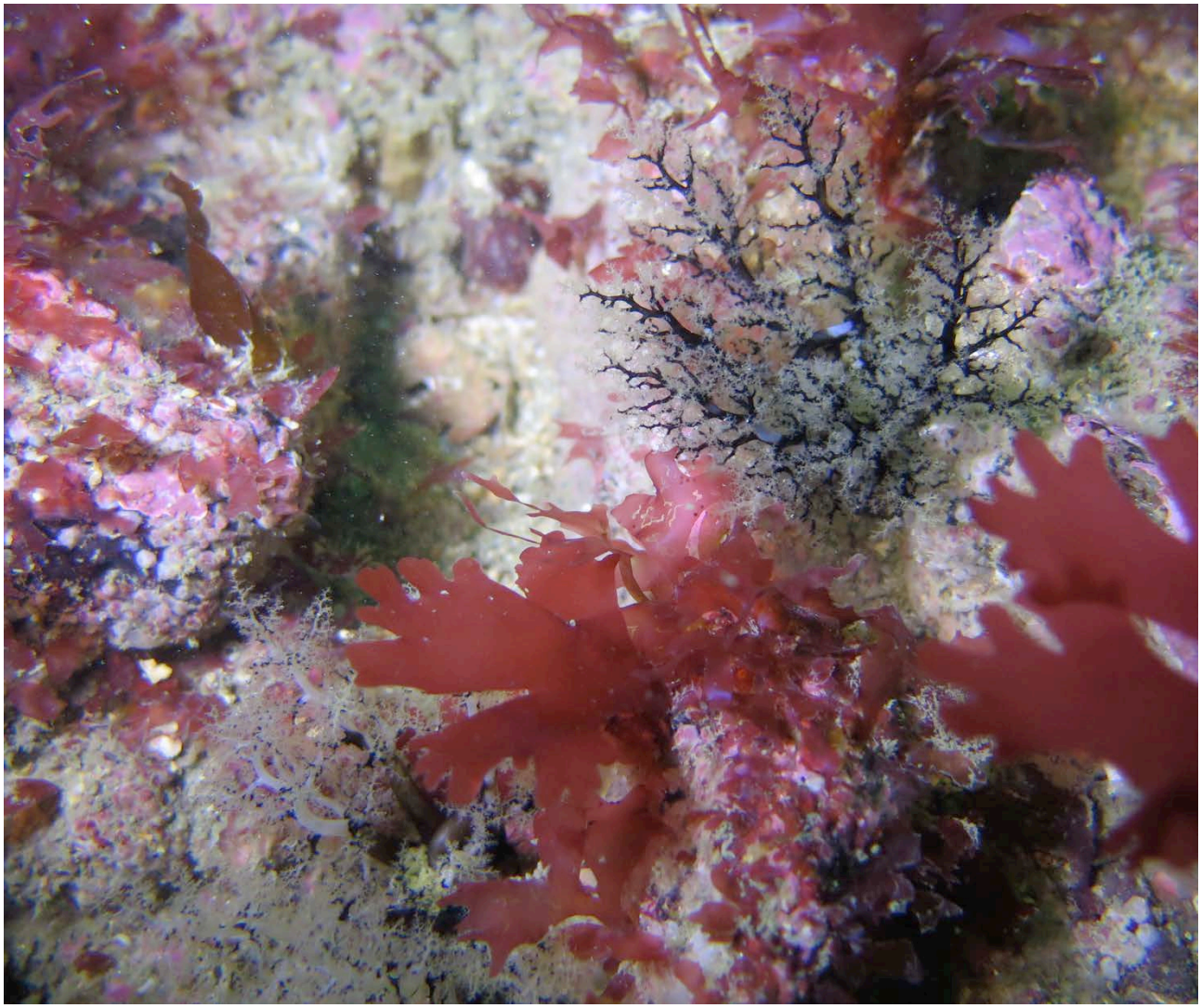


Figure 25 : Encadrant une rodophyte, s'observent deux panaches de lèche-doigts sur CLAP (source IN VIVO)

3.5.6 MICRO-HABITATS ET ESPECES ASSOCIEES

Lors des investigations, différents types de micro-habitats et espèces animales associées ont été répertoriés.

Micro-habitat	Niveau 2
Platier	✓
Tombant	✓ (petits)
Surplomb	x
Faille	✓ (petites)
Grotte	×

Tableau 21 : Présence et absence des micro-habitats sur la station CLAP (source IN VIVO)

La faune d'une manière générale n'est pas très abondante, relative à la faible diversité de l'habitat (platier avec peu de failles et tombants présentant une faible élévation).

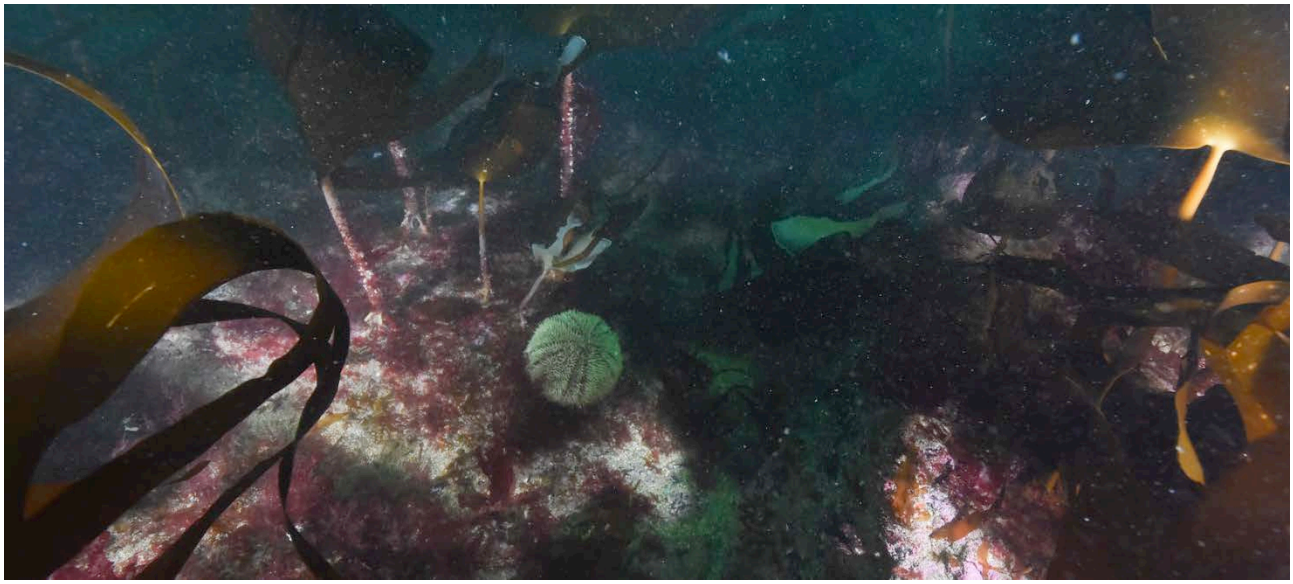


Figure 26 : un oursin commun Echinus esculentus *broute la sous-strate sur la station CLAP (source IN VIVO)*

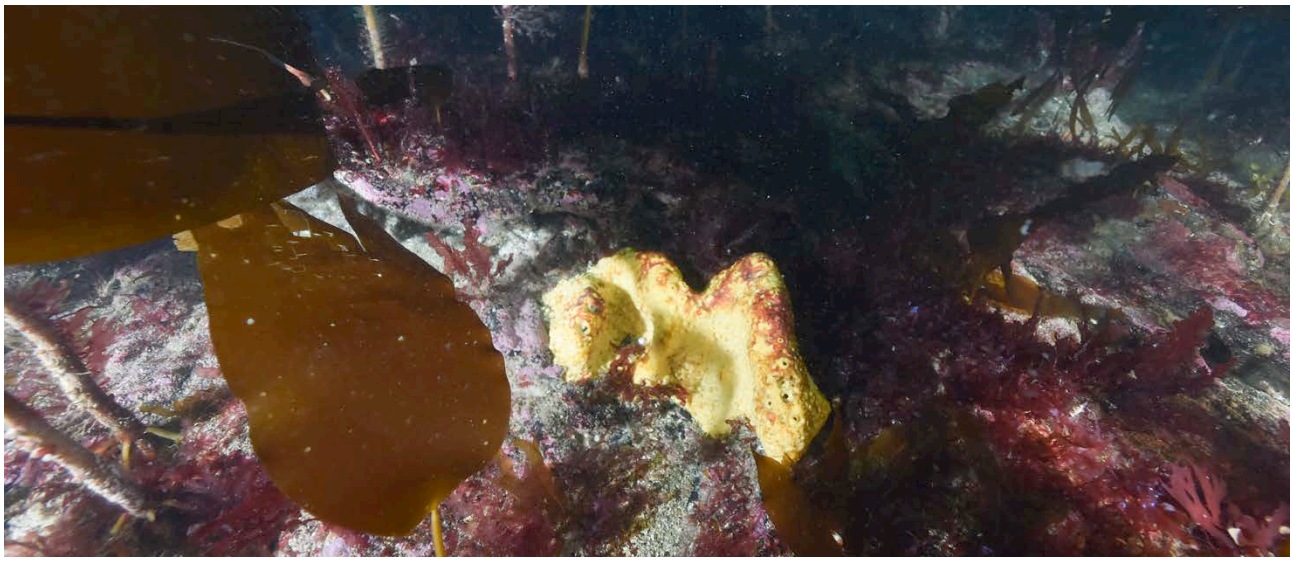


Figure 27 : Au sein de la forêt, une éponge jaune Cliona celata *de belle taille sur CLAP (source IN VIVO)*

Figure 28 : Une étoile de mer à 7 branches, Luidia ciliaris sur la station CLAP (source IN VIVO)

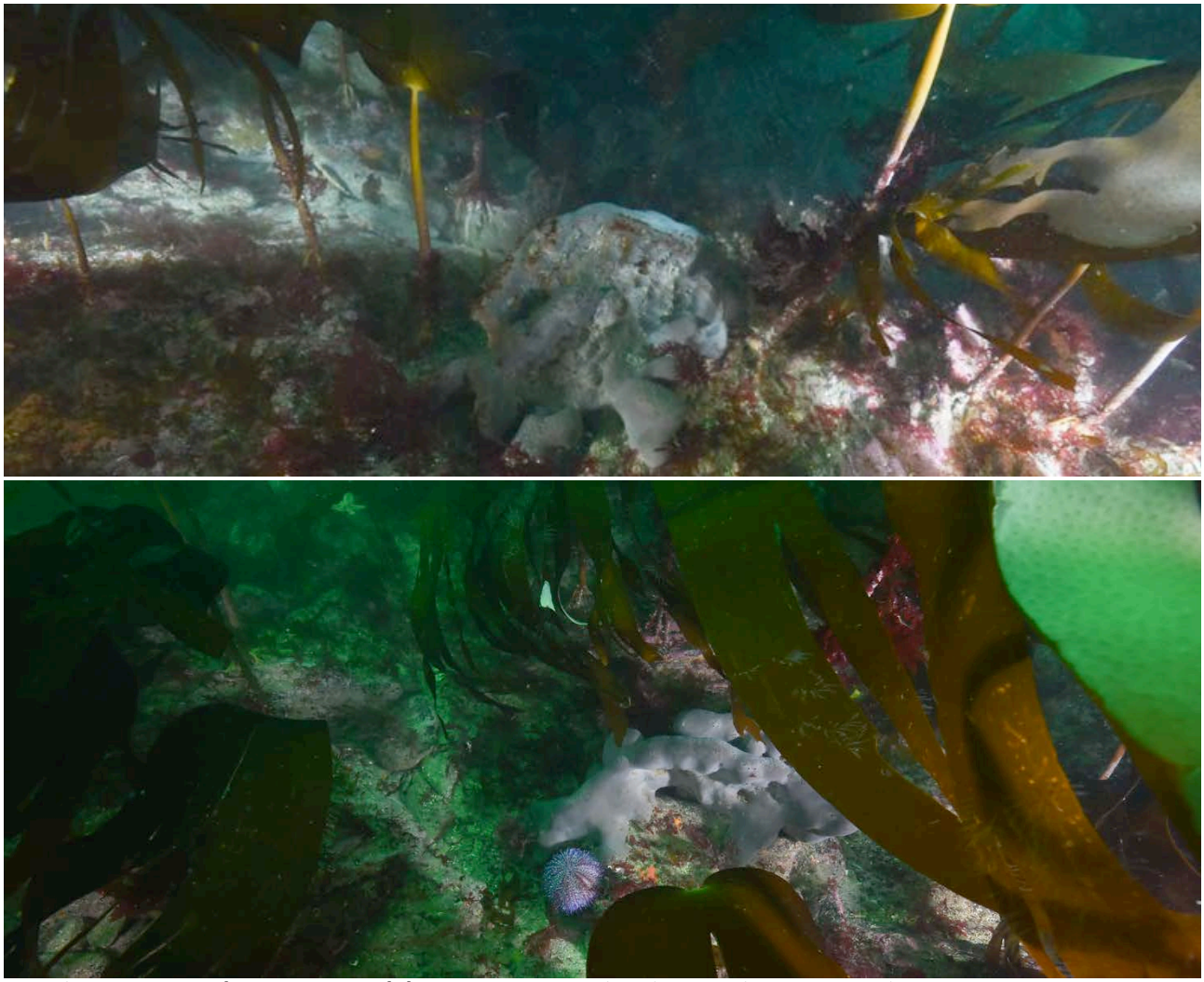


Figure 29 : Une éponge fesse d'éléphant (Pachymastima johnstonia) sur la station CLAP (source IN VIVO)

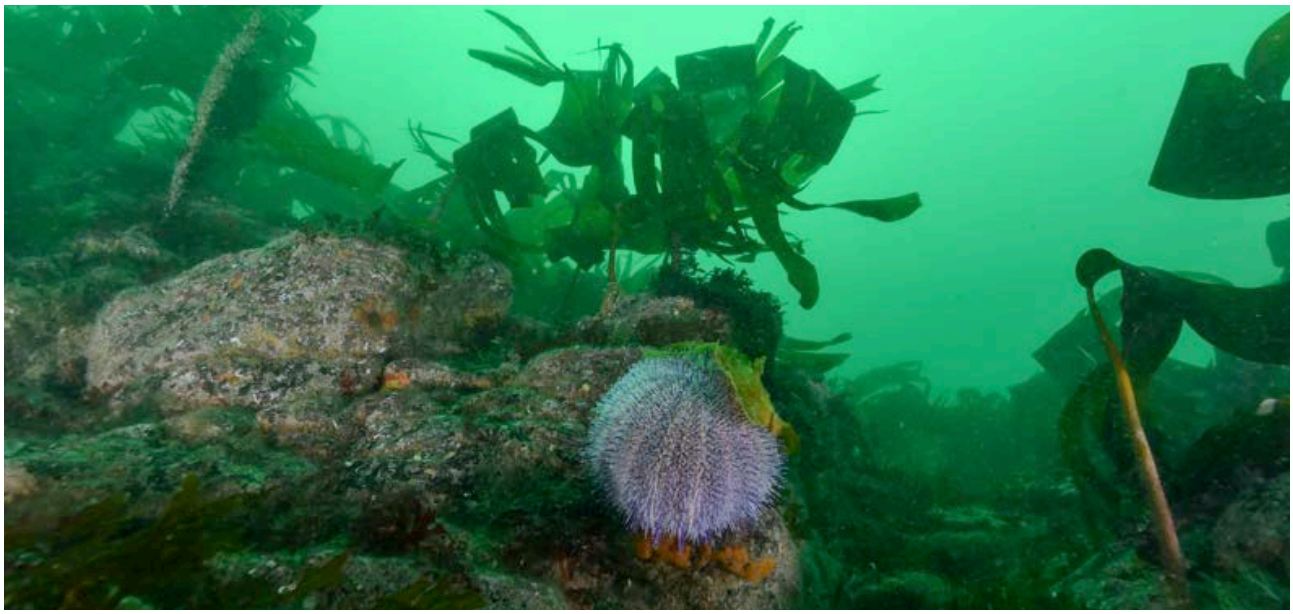


Figure 30 : L'oursin commun peut être de couleur verte ou mauve (source IN VIVO)

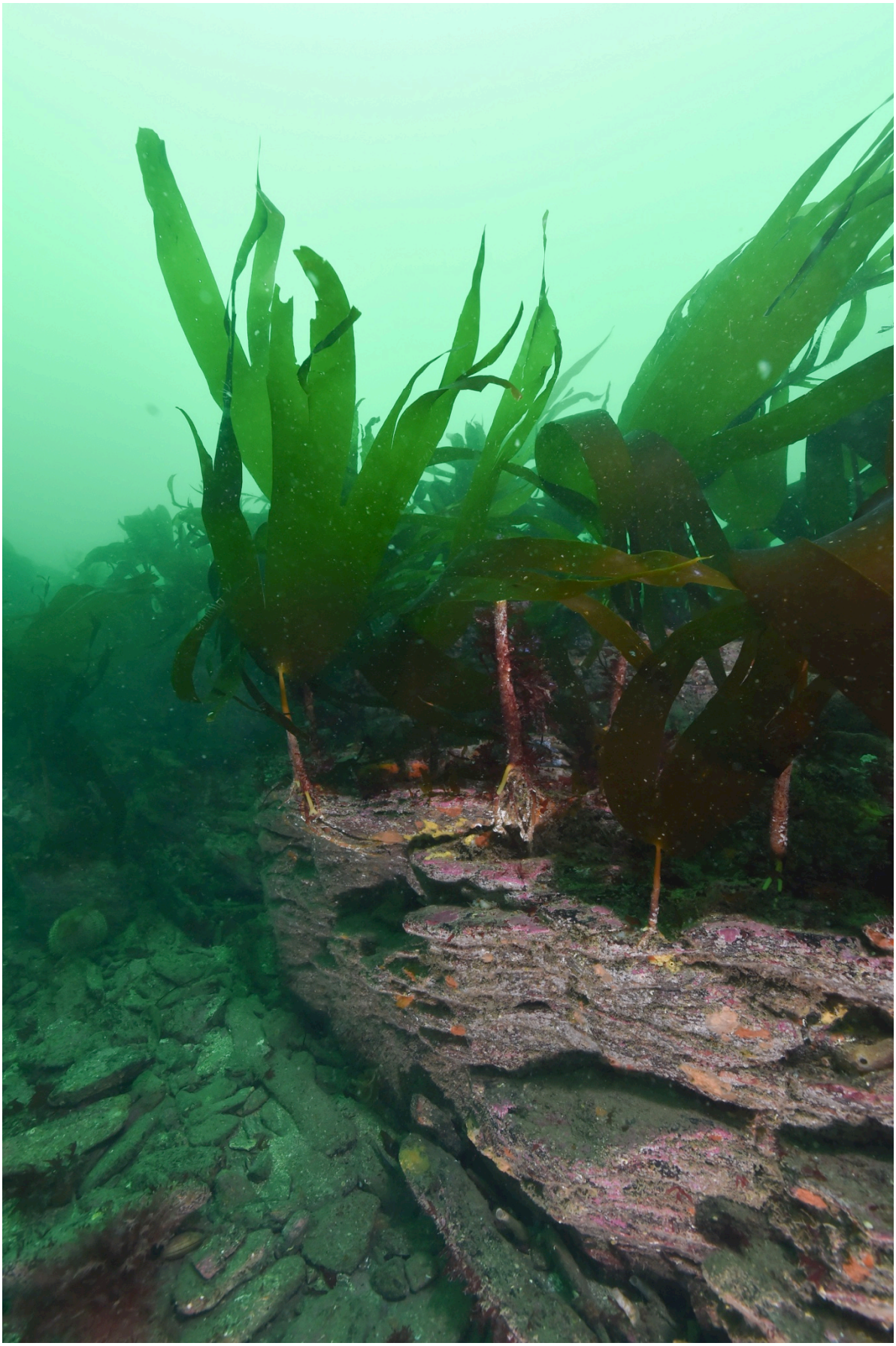


Figure 31 : La station CLAP possède quelques petits tombants (source IN VIVO)

3.5.7 INDICE DE QUALITE ET DE L'EQR POUR LA STATION CLAP – SUD SITE D'IMMERSION

3.5.7.1 Limite d'extension en profondeur des différentes ceintures algales

Le site au Sud du site d'immersion montre donc une expression unique du niveau 2 infralittoral (horizon de *L. hyperborea* denses). Cet horizon se déploie autour de la bathymétrie des 22 m CM, ce qui est très profond par rapport à la profondeur théorique de l'expression maximale de ce faciès (autour des 3 m CM). Le fait d'être plus profond réduit la lumière arrivant sur les algues et donc réduit leur développement et leur croissance.

Nous pouvons donc essayer d'utiliser le calcul d'indice de qualité, mais en gardant à l'esprit **le biais** sur cette note.

Limite ceinture = LC = (22/28,45)x30 = 23,2 points

3.5.7.2 Composition et densité des espèces définissant l'étagement (niveau 1-2)

Dans notre cas, l'espèce structurante est la *Laminaria hyperborea*.

Densité *L. hyperborea* = DLH = 14,4 ind/m^2 soit une note égale à 5

3.5.7.3 Espèces caractéristiques

Dans notre cas, nous avons les 10 espèces caractéristiques dans la sous-strate, soit EC a une note de 5.

EC = 5

3.5.7.4 Espèces opportunistes

Dans notre cas, nous n'avons pas d'espèces opportunistes dans la sous-strate, soit EO a une note de 20.

EO = 20

3.5.7.5 Richesse spécifique

Nous avons 12 espèces dans la sous-strate, soit une note S égale à 5, soit :

S = 5

3.5.7.6 Stipes de *Laminaria hyperborea* – épibioses

L'Aire des Epibioses est de 89,4 cm^2/mL, soit une note de 5.

AE = 5

La note pour la longueur moyenne est de 5.

L = 5

La note « Stipe» est la moyenne de AE et de L, soit ST = (5+5)/2 = 5

3.5.7.7 Calcul de l'indice de qualité du site

Dans notre cas, nous ne considérons que le niveau 2, et nous obtenons ainsi :

$$IQ_{100} = LC + DLH + ((EC+EO)/2) + S + ST$$

Dans notre cas :

$$IQ_{100\text{-}CLAP} = 23,2 + 5 + (5+20)/2 + 5 + 5 = \mathbf{50,7}$$

3.5.7.8 Calcul de l'EQR

Pour les sites de super-type A, l'$IQ_{référence\ A}$ = 77

L'EQR_{CLAP} dans notre cas est de 50,7 / 77 = 0,66, soit bon

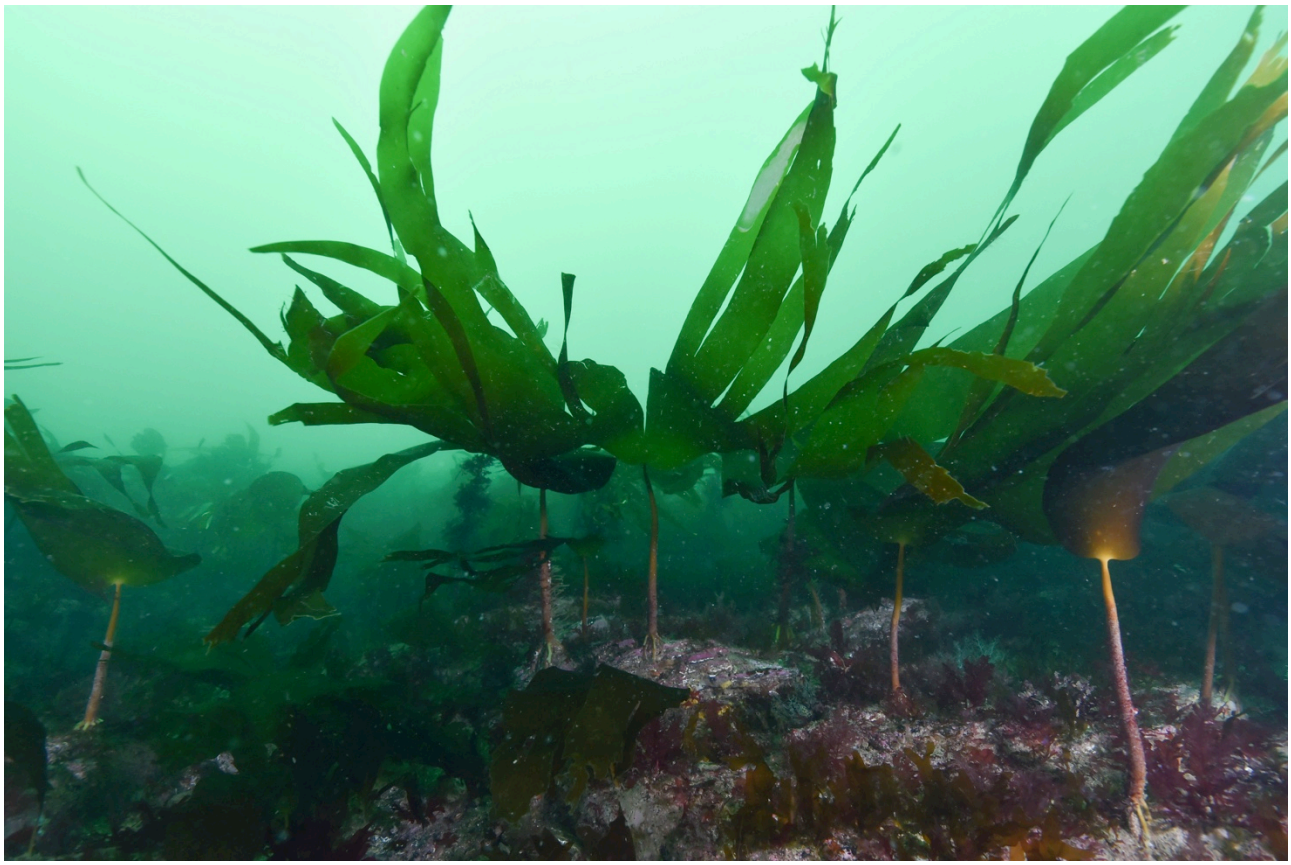


Figure 32 : Les frondes se déploient avec le ressac sur CLAP (source IN VIVO)

3.6 STATION SUD GROIX 2 (SGX2)

Figure 33 : Les laminaires rugueuses poussent en haut de la station SGX2 (source IN VIVO)

3.6.1 TOPOGRAPHIE DE LA STATION SGX2

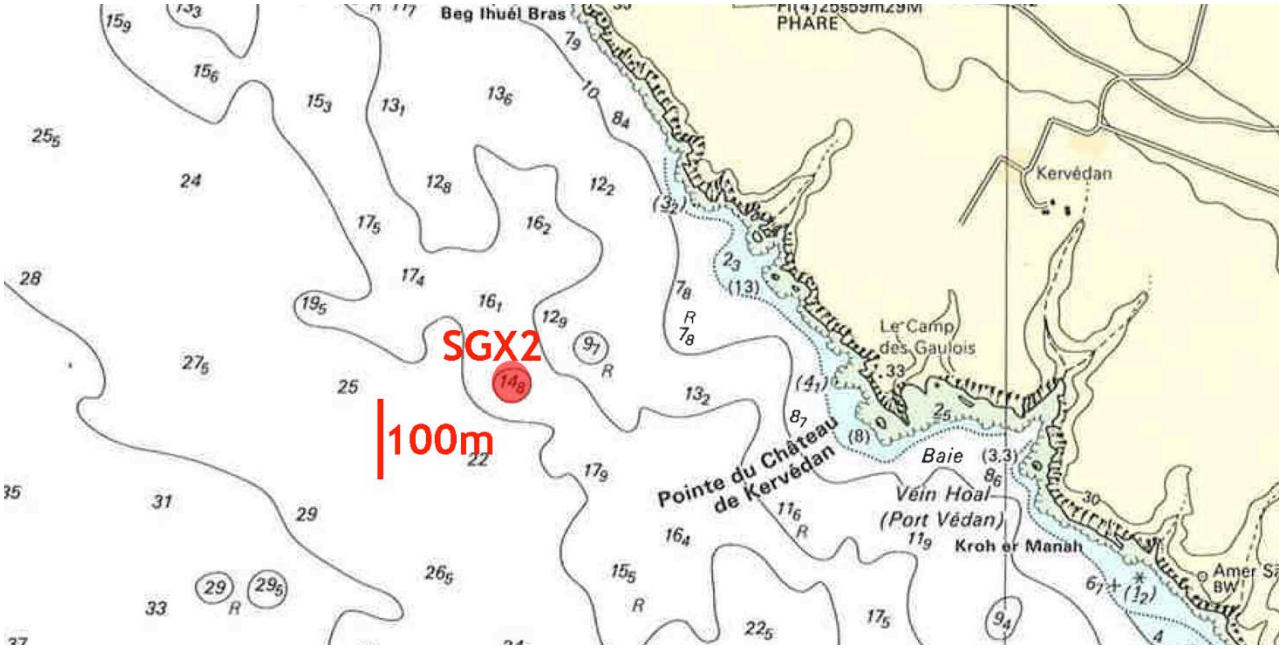


Figure 34 : Localisation de la zone prospectée sur la station SGX2 (source IN VIVO/SHOM)

La station Sud Groix est situé sur un piton rocheux ou basse d'environ 50 m de diamètre, à une profondeur de 14 m CM et dont la pente descend relativement doucement vers un fond autour de 25 m (pente à environ 10%).

La zone qui a été prospectée se compose du haut de piton de surface relativement horizontale, recouvert d'une forêt de laminaires rugueuses (*Laminaria hyperborea*), avec des tombants plus ou moins abruptes d'un ou deux mètres de dénivelés, formant une espèce d'espalier en pente douce.

Les tombants (parois verticales) sont souvent exempts de flore et couvert d'une faune fixée abondante, tandis que les surfaces en espaliers (plus horizontales) se retrouvent colonisées par de la sous-strate algale et des laminaires rugueuses.

Les laminaires restent en densité dense et sur les profondeurs prospectées (entre 13 m CM le haut du piton et environ 18 m CM) restent dans l'horizon de niveau 2 (laminaires denses). Le niveau 3 à laminaires clairsemées n'a donc pas été atteint, car il aurait fallu réaliser une exploration bien au delà de la zone des 100 m de protection à la navigation des plongeurs autour du navire.

De plus, par analogie, si le niveau 2 est toujours atteint sur la station CLAP à 22 m CM, il peut donc être supposé que l'horizon 3 se situe dans une zone de profondeur autour des 25 m à 30 m CM.

Figure 35 : Relief de la station SGX2 (source IN VIVO)

3.6.2 CEINTURES ALGALES

L'algue structurant le peuplement algal est la ***Laminaria hyperborea***. Elle présente des densités faibles pour cet horizon. Les densités s'atténuent légèrement dans les parties les plus profondes. Le niveau 3 (laminaires clairsemées) n'a pas été observé dans la zone prospectée.

3.6.3 EVALUATION DES ALGUES STRUCTURANTES

3.6.3.1 Densité des algues structurantes

Seule l'espèce *Laminaria hyperborea* a été répertoriée comme algue structurante. Les jeunes individus (jeunes laminaires) ont été dénombrés séparément, conformément au protocole.

Site	Sud Groix 2 (SGX2)																		
Profondeur	Date	Espèces	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Moyenne	Ecart type
			DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	ED	ED	ED	ED	JAG	JAG		
13 m CM	30/07/15	*Laminaria hyperborea*	2	4	3	5	6	3	3	3	2	2	2	2	3	3	5	4	3,3	1,2
		Jeunes Laminaires	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	2	5	0,8	1,4

Tableau 22 : Nombre de laminaires sur les quadrats au niveau 2 (13 m CM) sur SGX2 (source IN VIVO)

La densité moyenne de *L. hyperborea* est de 3,3 pour les pieds adultes par ¼ de m^2, soit 13,2 pieds/m^2 en moyenne.

3.6.3.2 Structure en taille des algues structurantes

La taille du stipe de chaque algue structurante répertoriée dans les quadrats a été mesurée.

Site	Sud Groix 2 (SGX2)											
Profondeur	Date	Espèces	Réf	Quadrat	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Moyenne	Ecart type
13 m CM	30/07/15	*Laminaria hyperborea*	DD	Q1	39	23					31,0	11,3
			DD	Q2	20	29	37	43			32,3	10,0
			DD	Q3	25	17	33				25,0	8,0
			DD	Q4	30	26	49	19	21		29,0	12,0
			DD	Q5	28	16	32	32	22	25	25,8	6,2
			DD	Q6	32	16	20				22,7	8,3
			DD	Q7	24	24	32				26,7	4,6
			DD	Q8	33	22	49				34,7	13,6
			DD	Q9	21	47					34	18,4
			DD	Q10	14	32					23,0	12,7
			ED	Q11	33	48					40,5	10,6
			ED	Q12	30	35					32,5	3,5
			ED	Q13	55	40	51				48,7	7,8
			ED	Q14	40	37	30				35,7	5,1
			JAG	Q15	57	57	40	49	45		49,6	7,5
			JAG	Q16	44	35	42	45			41,5	4,5
Total											33,6	11,5

Tableau 23 : Taille des stipes L. hyperborea *vers 13 m CM sur la station SGX2 (source IN VIVO)*

La longueur des stipes reste faible avec une moyenne de 33,6 cm.

3.6.3.3 Etude des stipes de *Laminaria hyperborea*

Sud Groix 2 (SGX2) - 30/07/15 - 13 m CM					
N° de stipe	Longueur stipe (cm)	Longueur épiphytée (cm)	Surface épiphytée (cm2)	Stade de nécrose	Nombre d'Helcions
1	18	13	52	1	0
2	34	27	74,5	1	0
3	33	25	77	1	0
4	13	7	11	1	0
5	24	20	40	1	0
6	23	17	17	1	0
7	20	11	44	1	0
8	23	17	25,5	1	0
9	20	13	13	1	0
10	19,5	11	16,5	1	0
Moyenne	**22,75**	**16,1**	**37**		
Ecart-type	**6,5**	**6,4**	**25**		

Tableau 24 : Paramètres relevés sur 10 stipes de L.hyperborea *sur SGX2 vers 13 m CM (source : IN VIVO)*

La longueur moyenne des stipes étudiés est de 22,8 (±16,1) cm. La surface moyenne de la totalité des épibioses par mètre linéaire de stipe est de 162,64 cm^2/mL.

Figure 36 : Les stipes sont bien épiphytés sur SGX2 (source IN VIVO)

SGX 2	Stipe 1	Stipe 2	Stipe 3	Stipe 4	Stipe 5	Stipe 6	Stipe 7	Stipe 8	Stipe 9	Stipe 10	Occurrence (en %)
30/07/15											
Callophyllis laciniata		1	1		1						30
Cryptopleura ramosa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Menbranoptera alata	1										10
Phycodris rubens					1				1		20
Plocamium cartilagineum	1										10
Rhodymenia pseudopalmata	1		1								20

Tableau 25 : Espèces majoritaires épiphytes des stipes sur SGX2 (source IN VIVO)

L'espèce d'algues rouges épiphytes ayant la plus grande occurrence est *Cryptopleura ramosa* (100%).

Figure 37 : Cryptopleura ramosa, *qui possède des cystocarpes sur les côtés de son thalle (source IN VIVO)*

3.6.4 EVALUATION DES ALGUES CARACTERISTIQUES (SOUS-STRATE ALGALE)

Sud Groix 2 (SGX2)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Occurrence (en %)
30/07/15	DG	DG	DG	DG	JAG	JAG	JAG	JAG	DD	DD	
Espèces des eaux peu turbides											
Acrosorium venulosum			1						10	15	30
Bonnemaisonia asparagoides									15	18	20
Brongniartella byssoides	3						60				20
Callophyllis laciniata	**1**		**2**	**3**	**1**	**12**			**2**	**1**	**70**
Cryptopleura ramosa	**24**	**7**	**3**	**30**	**50**	**5**	**3**	**13**	**10**	**15**	**100**
Delesseria sanguinea	1										10
Dictyopteris polypodioides	**4**	**6**	**5**	**2**		**3**	**4**	**11**	**20**	**20**	**90**
Dictyota dichotoma	**3**	**3**	**3**	**1**		**8**	**8**				**60**
Erythroglossum laciniatum										1	10
Heterosiphonia plumosa	**3**	**7**	**1**	**6**				**15**	**10**	**10**	**70**
Kallymenia reniformis	1		1		4		15		2		50
Meredithia microphylla								3			10
Plocamium cartilagineum	4				5					1	30
Saccorhiza polyschides		1	1								30

Tableau 26 : Liste des espèces caractéristiques répertoriées sur SGX2 (Source IN VIVO)

Sur le site, il a été observé un total de 12 algues caractéristiques du milieu eaux peu turbides et une richesse spécifique de la sous-strate de 14 taxons sur la profondeur de 13 m CM.

Plusieurs espèces (*Dictyopteris polypodioides, Kallymenia reniformis…)* de la sous-strate étaient très bien développées et atteignaient de grandes tailles.

Sur plusieurs quadrats, l'algue rouge encroûtante de type Litophyllum peut atteindre entre 20 et 40 % de la surface.

Les espèces présentant les fréquences d'occurrence les plus importantes (excepté l'espèce structurante *Laminaria hyperborea*) sont :

- *Cryptopleura ramosa* (100%)
- *Dictyopteris polypodioides* (90%)
- *Callophyllis laciniata* (70 %)
- *Heterosiphonia plumosa* (70 %)
- *Dictyota dichotoma* (60%)

Figure 38 : **Callophyllis laciniata,** ***une algue rouge bien représentée dans la sous-strate (source IN VIVO)***

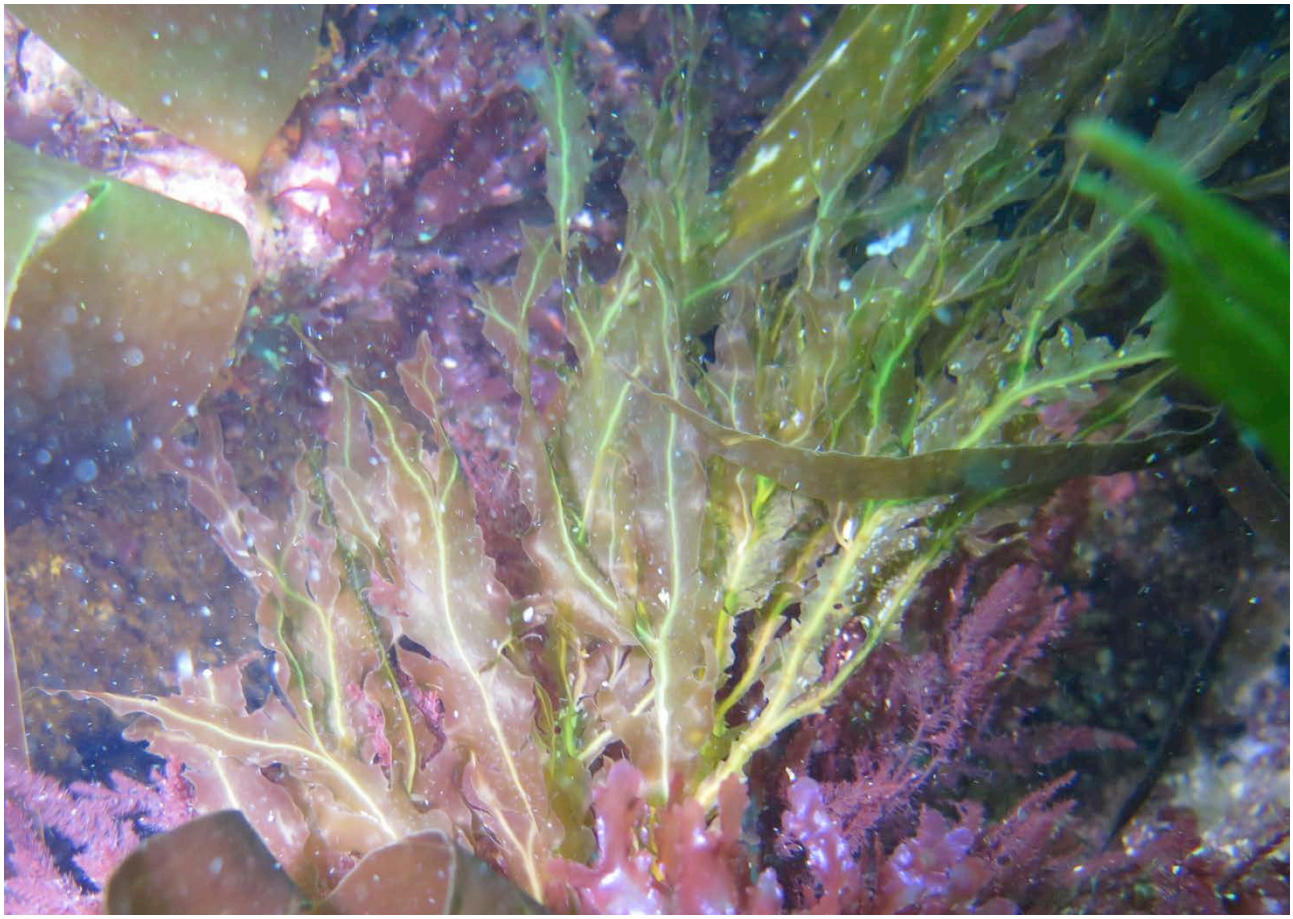


Figure 39 : L'algue brune, **Dictopteris polypodioides**, *de belle taille (source IN VIVO)*

3.6.5 FAUNE ASSOCIEE AUX QUADRATS

Peu d'espèces animales ont été observées dans les quadrats, si ce n'est un oursin commun, *Echinus esculentus* et une étoile glaciaire, *Marthasterias glacialis*.

3.6.6 MICRO-HABITATS ET ESPECES ANIMALES ASSOCIEES

Compte tenu de la topographie du site, composé d'un piton rocheux avec de gros blocs, de nombreux micro-habitats sont présents.

Micro-habitat	Niveau 2
Platier	✓
Tombant	✓
Surplomb	✓
Faille	✓
Grotte	X

Tableau 27 : Présence et absence des micro-habitats sur SGX2 (source IN VIVO)

La faune fixée des parois verticales (dépourvues de Laminaires) est très riche, avec des murs entiers d'ascidies coloniales mirabelle (*Stolonica socialis*), la présence de Gorgone (*Eunicella verrucosa*), du bryozoaire rose de mer (*Pentapora foliacea*) et de nombreuses éponges (*Pachymatisma johnstonia, Cliona celata*).

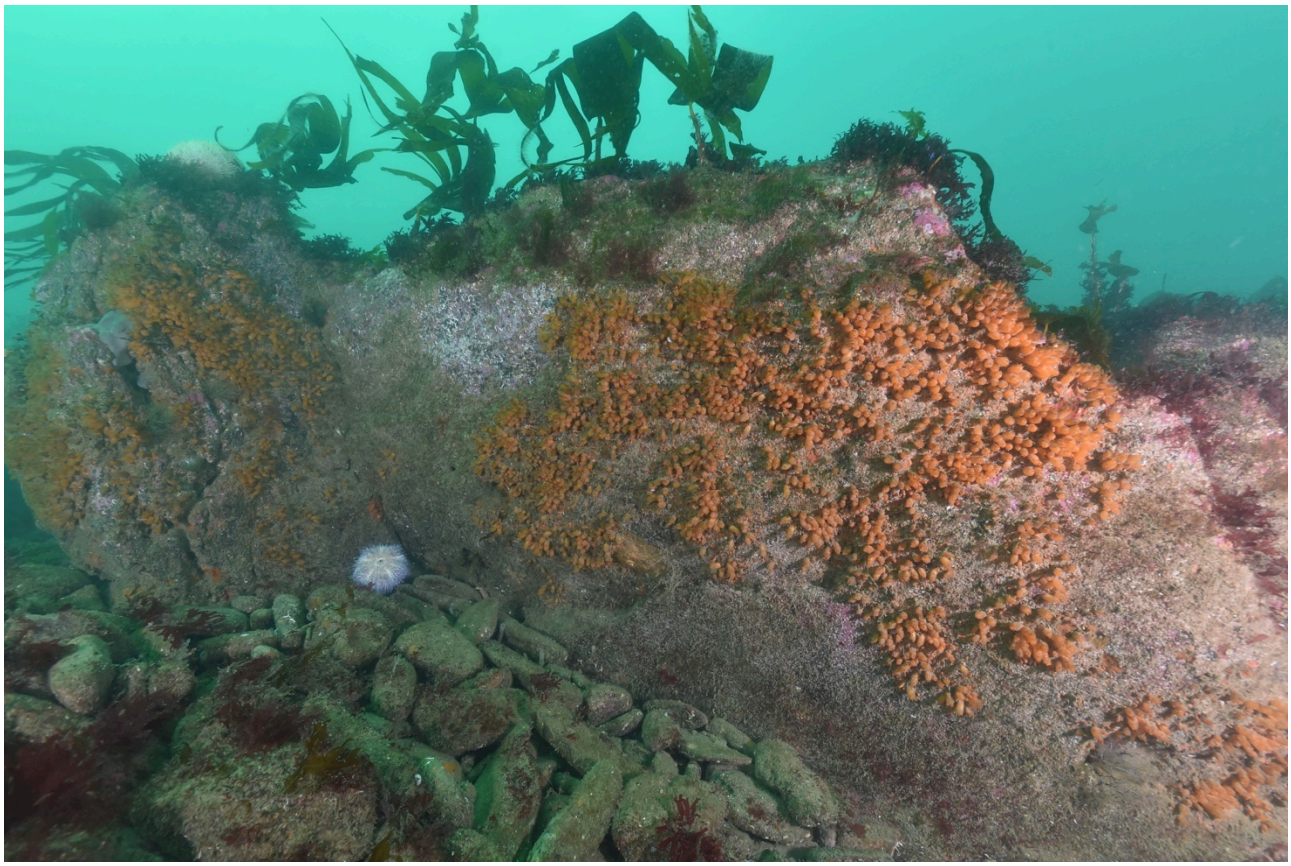


Figure 40 : Les parois verticales peuvent être couvertes de mirabelles, ascidies coloniales (source IN VIVO)

Figure 41 : Au centre une rose de mer et sur la gauche une étoile à 7 branches (source IN VIVO)

Figure 42 : Un oursin commun au milieu de la forêt (source IN VIVO)

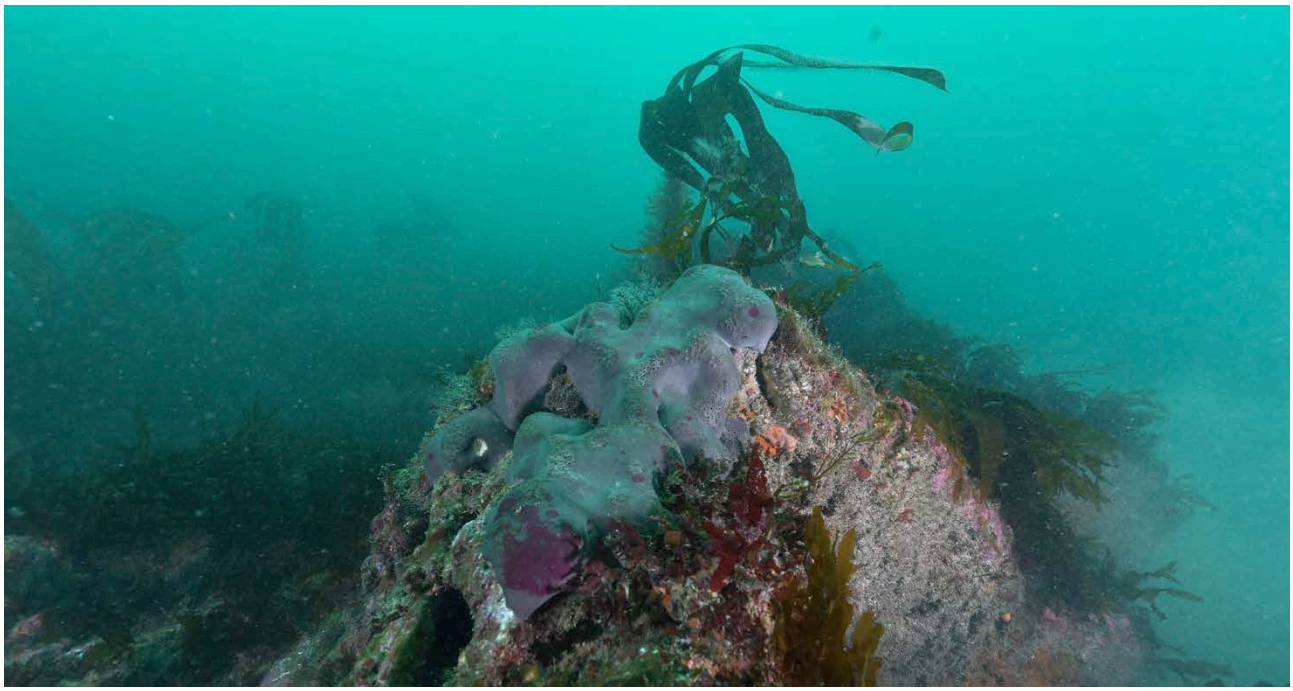


Figure 43 : Une éponge fesse d'éléphant s'est développée au pied d'une laminaire (source IN VIVO)

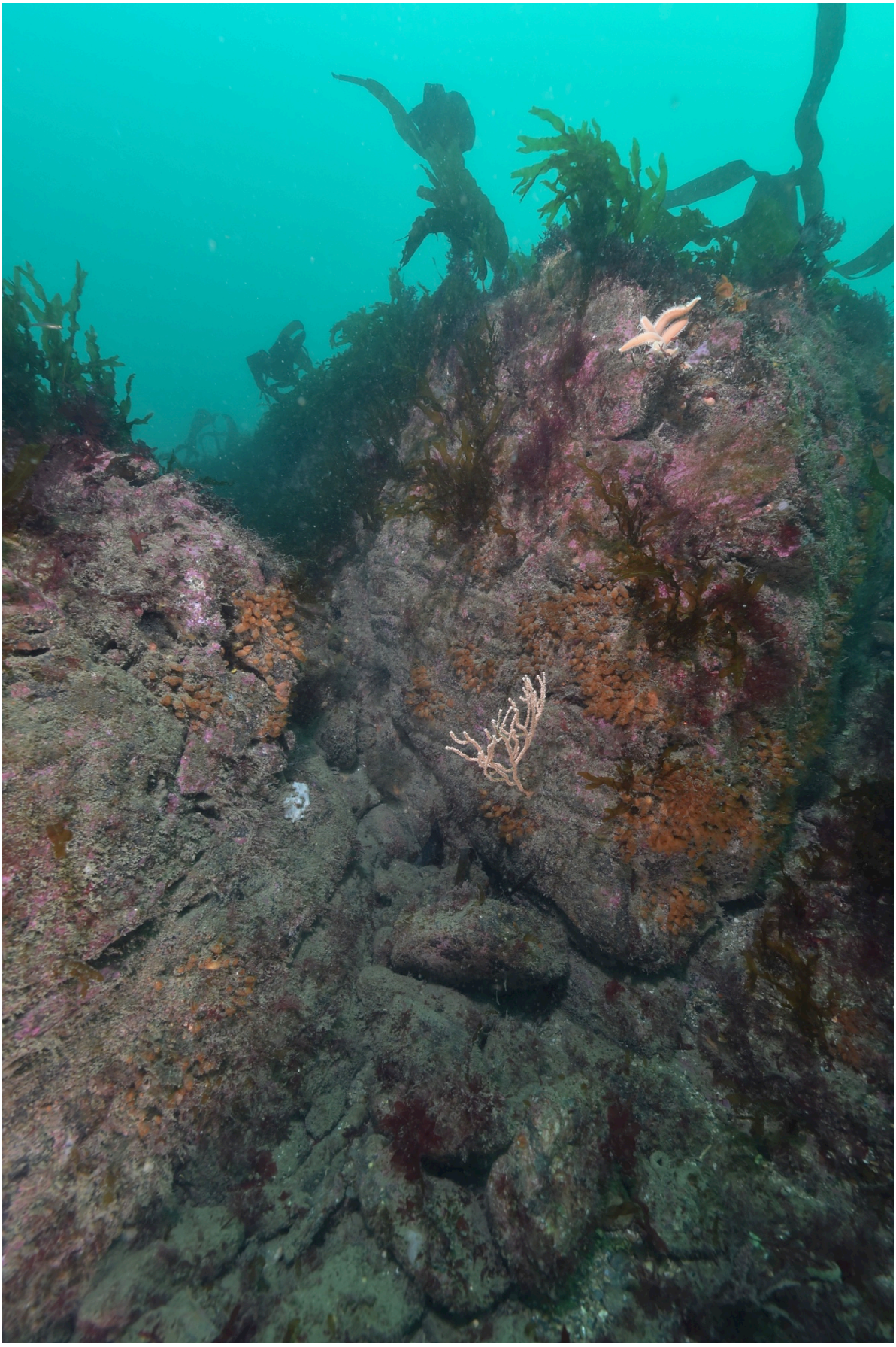


Figure 44 : Une gorgone au milieu des mirabelles (source IN VIVO)

3.6.7 INDICE DE QUALITE ET EQR POUR LE SITE SUD GROIX 2 (SGX2)

Il faut garder à l'esprit que notre niveau 1-2 a été étudié à la profondeur de 13 m CM au lieu des 3 m CM comme demandé dans le protocole.

3.6.7.1 Limite d'extension en profondeur des différentes ceintures algales

LC = (20/28,45) x 30 = 21 points

3.6.7.2 Composition et densité de espèces définissant l'étagement (niveau 1-2)

DLH = 13,2 ind/m^2 = 5 points

3.6.7.3 Espèces caractéristiques

EC = 12 algues caractéristiques = 5 points

3.6.7.4 Espèces opportunistes

E0 = 0 espèce = 20 points

3.6.7.5 Richesse spécifique

S = 14 taxons = 5 points

3.6.7.6 Stipe de *L. hyperborea* et épibioses

L = 22,8 cm = 0 points et AE = 162,64 cm^2 = 5 points

3.6.7.7 Calcul de l'indice de qualité du site

$IQ_{100\text{-}SGX2}$ = 21 + 5 + (5+20)/2 + 5 + (0+5)/2 = **46**

3.6.7.8 Calcul de l'EQR

L'EQR_{CLAP} dans notre cas est de 46 / 77 = 0,60 soit moyen

La station de Sud Groix 2 (SGX2) est considérée au regard du protocole du MNHN comme étant de **qualité moyenne**. Comme décrit précédemment, un **biais** a été introduit par rapport à la profondeur des relevés qui a donc tendance à baisser la qualité du site. Cependant, ce résultat reste un bon indicateur.

3.7 SITE DE BASSE BUZIG (BZG)

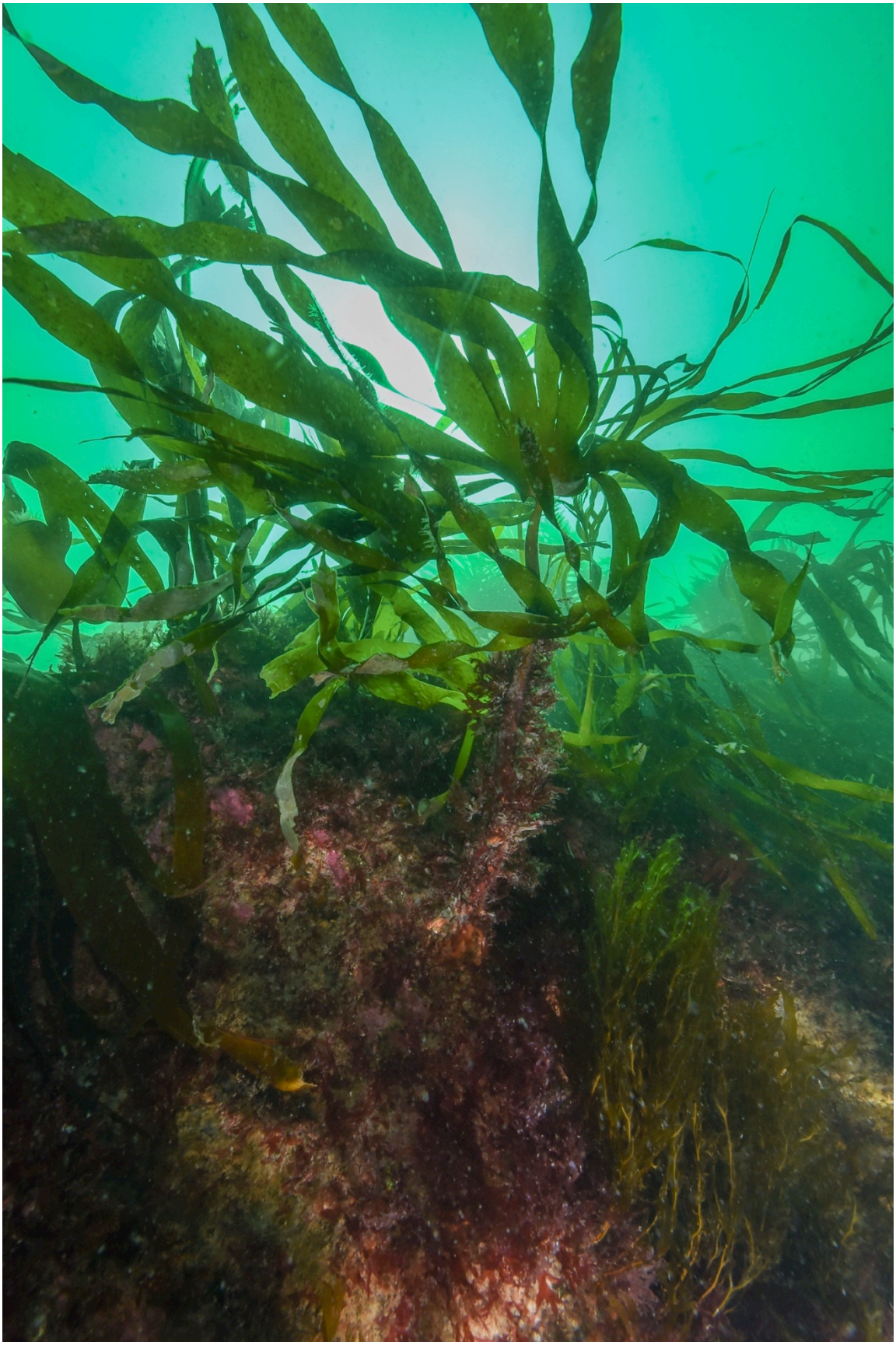


Figure 45 : Laminaires rugueuse sur le basse Buzig (source IN VIVO)

3.7.1 TOPOGRAPHIE DE LA STATION BASSE BUZIG (BZG)

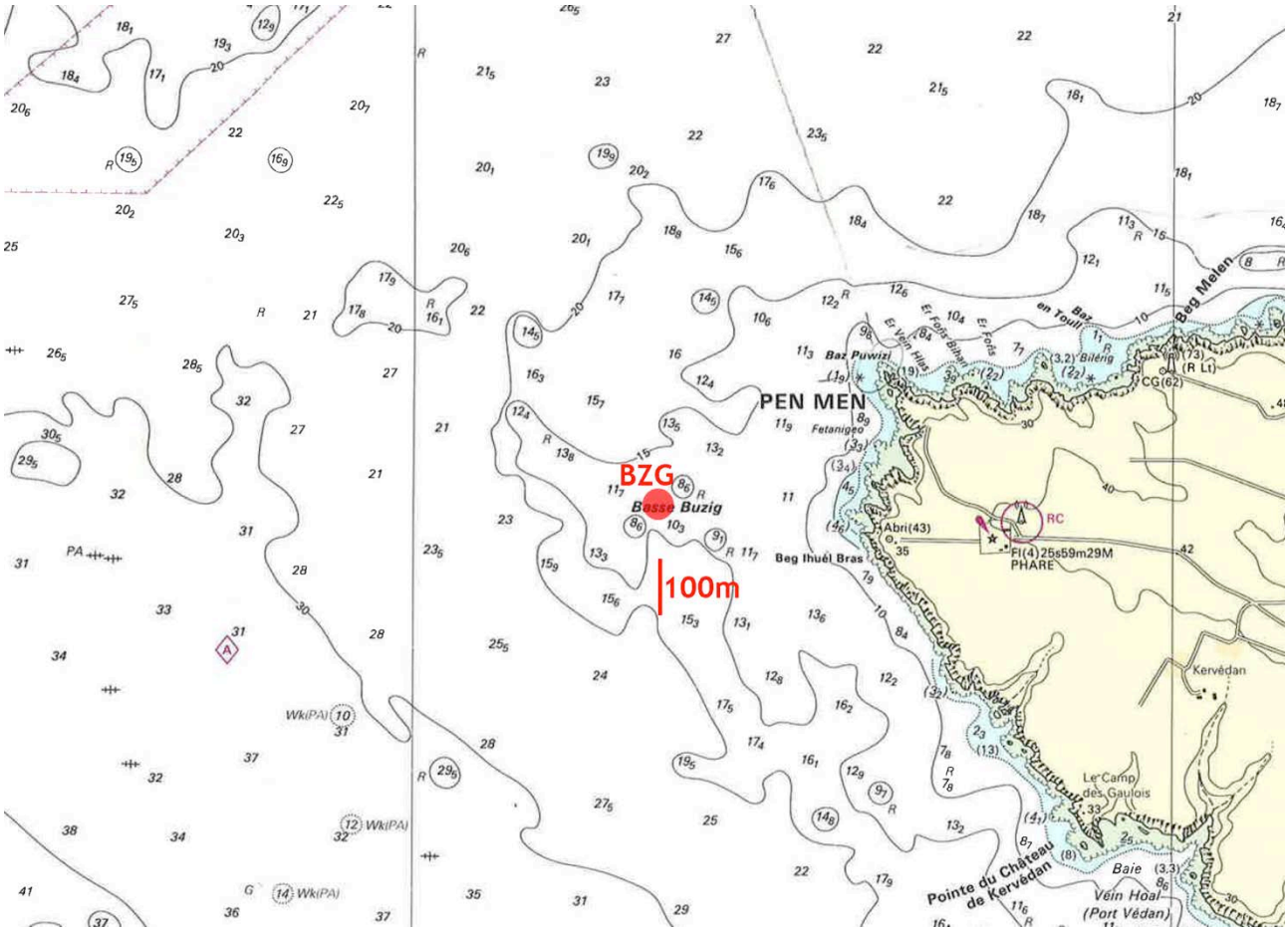


Figure 46 : Localisation de la plongée sur Basse Buzig (source IN VIVO/SHOM)

La station Basse Buzig est située au milieu d'un ensemble de plusieurs pitons rocheux qui peuvent atteindre les 8 m CM. De la même manière que SGX2, il existe une pente douce vers les SW qui emmène graduellement la profondeur vers un plateau autour des 25 m CM.

La zone qui a été prospectée se compose d'un ensemble de pitons rocheux formant un relief assez mouvementé, avec sur les surfaces horizontales de belles forêts de Laminaires rugueuses, mélangées parfois avec des Laminaires bulbeuses (*Sacchoriza polyschides*) qui est quand à elle une algue annuelle.

Les blocs rocheux forment ainsi des tombants, mais aussi des surplombs et des failles permettant ainsi à de la faune fixée de s'exprimer. Au vu de la surface de la zone, il n'a pas été possible de repérer la limite du niveau 2. Le niveau 3 à laminaires clairsemées n'a donc pas été atteint, car il aurait fallu réaliser une exploration bien au delà de la zone des 100 m de protection à la navigation des plongeurs autour du navire.

De plus, toujours par analogie, si le niveau 2 est toujours atteint sur la station CLAP à 22 m CM, il peut donc être supposé que l'horizon 3 se situe dans une zone de profondeur autour des 25 m à 30 m CM.

Figure 47 : Le haut des blocs est couvert par une forêt de laminaires sur la station BZG (source : IN VIVO)

Figure 48 : Une laminaire bulbeuse a poussé entre les laminaires rugueuses sur BZG (source IN VIVO)

3.7.2 CEINTURES ALGALES

L'algue structurant le peuplement algal est ***Laminaria hyperborea***. Elle présente des densités faibles pour cet horizon. Le niveau 3 (laminaires clairsemées) n'a pas été observé dans la zone prospectée. Dans les plus faibles profondeurs, de la laminaire bulbeuse a été observée (*Sacchoriza polyschides*).

3.7.3 EVALUATION DES ALGUES STRUCTURANTES

3.7.3.1 Densité des algues structurantes

Seule l'espèce *Laminaria hyperborea* a été répertoriée comme algue structurante. Les jeunes individus (jeunes laminaires) ont été dénombrés séparément, conformément au protocole.

Site	Site Basse Buzig (BZG)												
Profondeur	Date	Espèces	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Moyenne	Ecart type
			DD	DD	DD	DD	DD	DD	DD	ED	ED	ED		
13 m CM	31/07/15	*Laminaria hyperborea*	3	1	4	3	5	2	4	6	4	4	3,6	1,4
		Jeunes Laminaires	0	1	1	3	2	1	0	4	2	1	1,5	1,3

Tableau 28 : Densité de laminaires adultes et juvéniles sur la station BZG (source IN VIVO)

La densité moyenne de *L. hyperborea* est de 3,6 pour les pieds adultes par ¼ de m^2, soit 14,4 pieds/m^2 en moyenne.

3.7.3.2 Structure en taille des algues structurantes

La taille du stipe de chaque algue structurante répertoriée dans les quadrats a été mesurée.

Site	Basse Buzig (BZG)											
Profondeur	Date	Espèces	Réf	Quadrat	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Moyenne	Ecart type
13 m CM	31/07/15	*Laminaria hyperborea*	DD	Q1	40	46	43				43,0	3,0
			DD	Q2	45						45,0	
			DD	Q3	65	50	59	49			55,8	7,6
			DD	Q4	35	39	46	51			42,8	7,1
			DD	Q5	27	23	37	43	45		35,0	9,7
			DD	Q6	45	40					42,5	3,5
			DD	Q7	57	50	45	30			45,5	11,4
			ED	Q8	33	34	45	38	34	37	36,8	4,4
			ED	Q9	28	35	50	47			40	10,3
			ED	Q10	50	51	50	55			51,5	2,4
Total											43,2	9,3

Tableau 29 : Taille des stipes* L. hyperborea *vers 13 m CM sur la station BZG (source IN VIVO)

La longueur des stipes est donc très faible avec **une moyenne de 43,2 cm.**

3.7.3.3 Etude des stipes de *Laminaria hyperborea*

Basse Buzig (BZG) - 31/07/15 - 13 m CM					
N° de stipe	Longueur stipe (cm)	Longueur épiphytée (cm)	Surface épiphytée (cm2)	Stade de nécrose	Nombre d'Helcions
1	38,5	34	181,5	1	0
2	37	28	117	1	0
3	33,5	25,5	132	1	0
4	45,5	36,5	154,5	1	0
5	46	43	190	1	0
6	46	38	227,5	1	0
7	44	33	171	1	0
8	61	55,5	287	1	0
9	46,5	33,5	127,5	1	0
10	39,5	34	226	1	0
Moyenne	**43,8**	**36,1**	**181**		
Ecart-type	**7,6**	**8,4**	**53**		

Tableau 30 : Paramètres relevés sur 10 stipes de L. hyperborea *sur BZG vers 13 m CM (source IN VIVO)*

La longueur moyenne des stipes étudiés est de 43,8 cm (±7,6 cm). La surface moyenne de la totalité des épibioses par mètre linéaire de stipe est de 413,2 cm^2/mL.

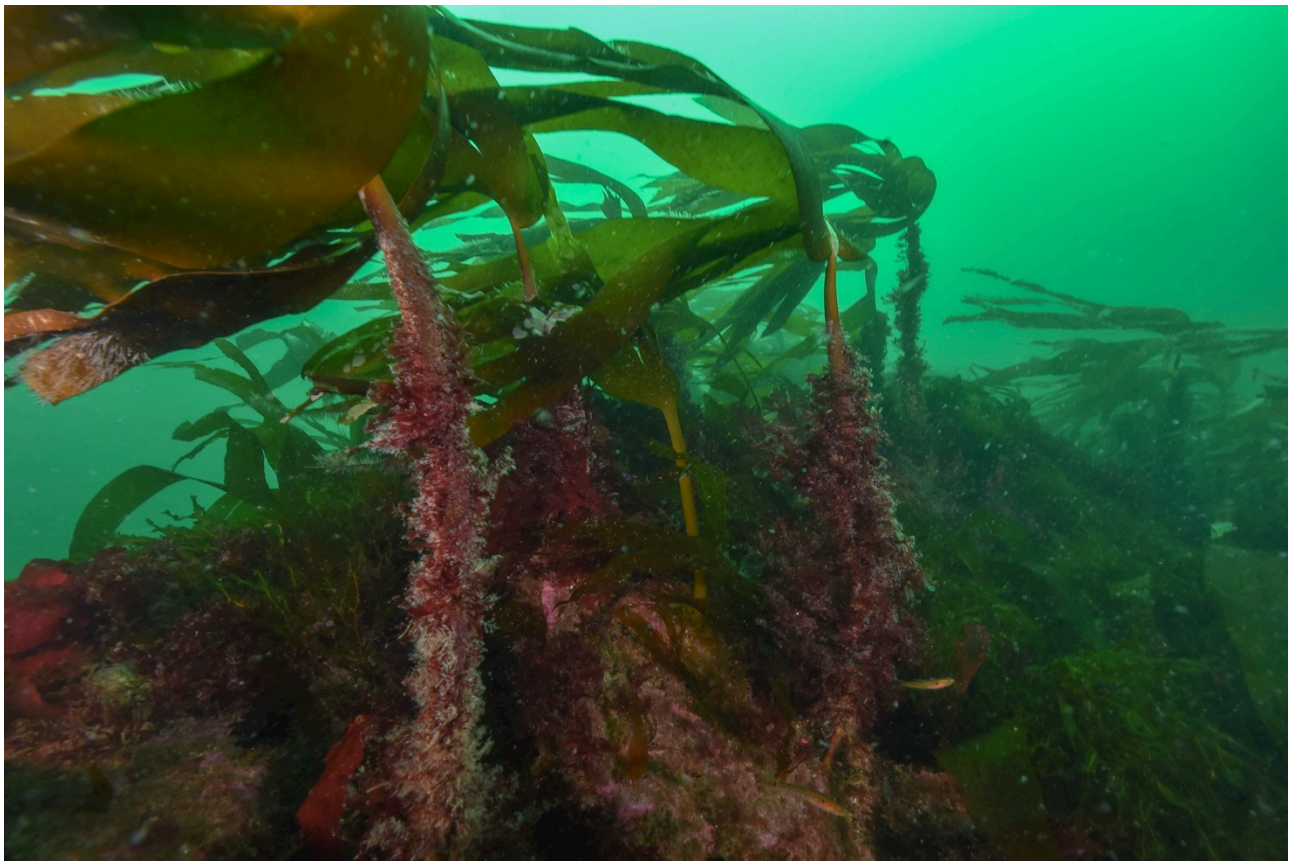


Figure 49 : Les stipes sont bien colonisés, mais aussi avec des épibiontes (faune fixée)

Les espèces majoritaires constituant les épiphytes sur les 10 stipes analysés sont :

BZG	Stipe 1	Stipe 2	Stipe 3	Stipe 4	Stipe 5	Stipe 6	Stipe 7	Stipe 8	Stipe 9	Stipe 10	Occurrence (en %)
31/07/15											
Cryptopleura ramosa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Myriogramme bonnemaisonnII									1		10
Palmaria palmata								1			10
Phycodris rubens	1		1	1	1	1	1	1	1	1	90
Rhodymenia pseudopalmata			1		1	1		1	1	1	60

Tableau 31 : Espèces majoritaires épiphyte des stipes sur Basse Buzig (source IN VIVO)

Les espèces d'algues rouges épiphytes sont principalement *Cryptopleura ramosa* (100%), *Phycodris rubens* (90 % d'occurrence), et *Rhodymenia pseudopalmata* (60%).

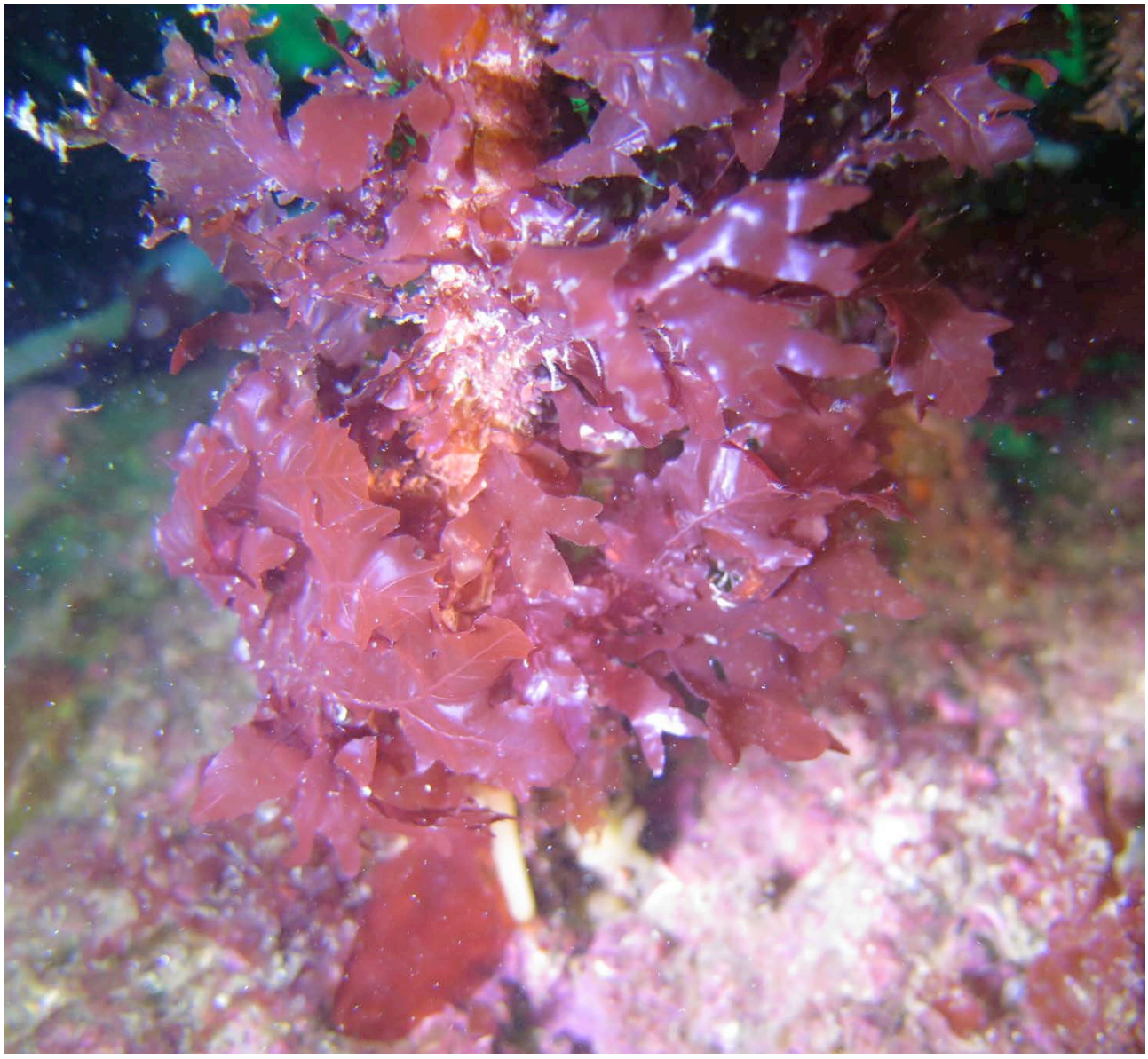


Figure 50 : Phycodris rubens et Cryptopleura ramosa sur un stipe de laminaire (source IN VIVO)

3.7.4 EVALUATION DES ALGUES CARACTERISTIQUES

Basse Buzig (BZG)	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Occurrence (en %)
31/07/15	DG	DG	DG	DD	DG	DG	DG	DD	DD	DD	
Espèces des eaux peu turbides											
Acrosorium venulosum	5				1						20
Apoglossum ruscifolium									2	1	20
Bonnemaisonia asparagoides									1	2	20
Brongniartella byssoides		2	5	2							30
Callophyllis laciniata	**15**		**3**	**1**	**3**	**4**	**3**	**8**		**1**	**80**
Cryptopleura ramosa	**11**		**9**	**7**	**2**		**10**	**15**	**3**		**70**
Delesseria sanguinea		1	3					1		1	40
Dictyopteris polypodioides	**10**	**5**	**21**	**5**	**10**	**18**	**9**	**15**	**3**	**1**	**100**
Dictyota dichotoma			1				1	1		1	40
Erythroglossum laciniatum				13	18	21		32	25		50
Griffithsia flosculosa				10							10
Halopteris filicina					1						10
Heterosiphonia plumosa	**10**	**2**	**9**	**2**			**1**		**1**	**8**	**70**
Kallymenia reniformis		**1**			**4**	**2**	**1**	**7**	**1**	**2**	**70**
Menbranoptera alata									1		10
Myriogramme bonnemaisonnii									1		10
Plocamium cartilagineum								3	3	3	30
Zanardinia prototypus					5	1	4				30

Tableau 32 : Liste des espèces caractéristiques répertoriées sur la station BZG (source IN VIVO)

Sur le site, il a été observé un total de 13 algues caractéristiques du milieu eaux peu turbides et une richesse spécifique de la sous-strate de 18 taxons sur la profondeur de 13 m CM.

Les espèces présentant les fréquences d'occurrence les plus importantes sont en 2015 :

- *Dictyopteris polypodioides (100 %)*
- *Callophyllis laciniata (80%)*
- *Cryptopleura ramosa (70%)*
- *Heterosiphonia plumosa (70%)*
- *Kallymenia reniformis (70%)*

A noter la présence de l'algue brune *Zanardinia prototypus* avec son thalle adhérent à la roche en forme de grand pétale. De grandes plaques d'algues calcaires rouges sont également présentes pouvant occuper entre 30 à 70% des surfaces.

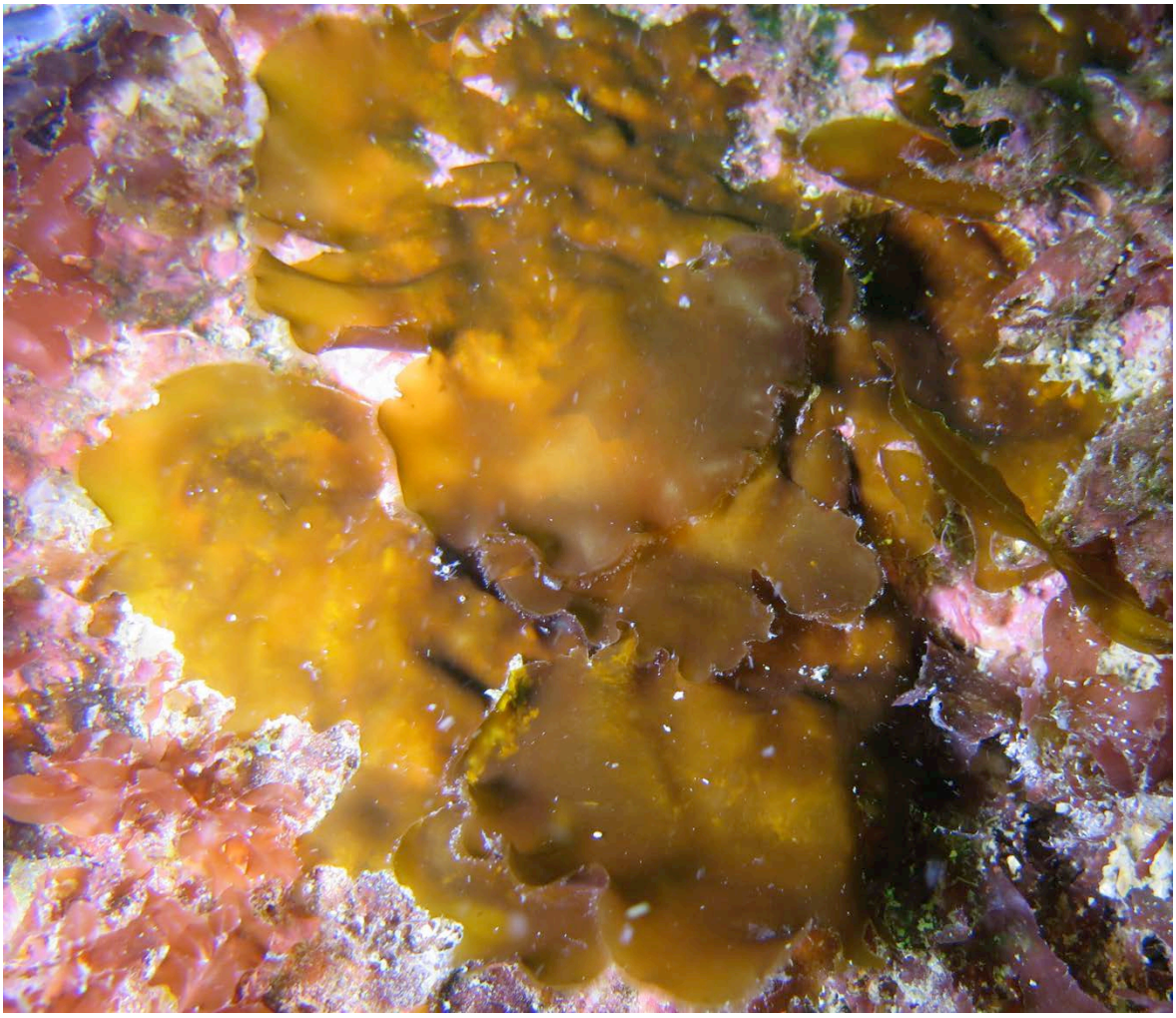


Figure 51 : Zanardinia prototypus *(source IN VIVO)*

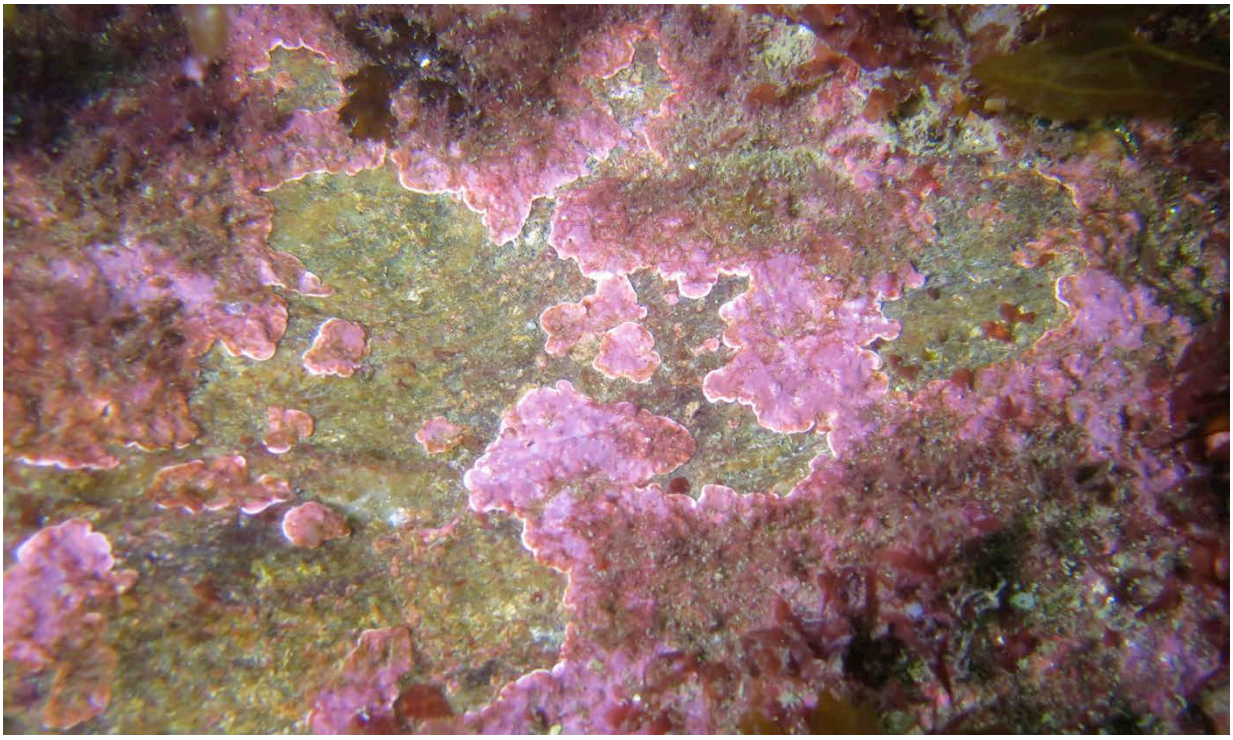


Figure 52 : Lithophyllum incrustans *(source IN VIVO)*

Figure 53 : Cryptopleura ramosa *(source IN VIVO)*

Figure 54 : Juvénile de Laminaire dans le quadrat (source IN VIVO)

3.7.5 FAUNE ASSOCIEE AUX QUADRATS

Peu d'espèces animales ont été observées dans les quadrats, si ce n'est un oursin commun, *Echinus esculentus* et des lèches doigts, *Aslia lefebvrei* et quelques éponges de type fesse d'éléphant, *Pachymastima johnstonia*.

Figure 55 : Eponge fesse d'éléphant (source IN VIVO)

3.7.6 MICRO-HABITATS ET ESPECES ANIMALES ASSOCIEES

Compte tenu de la topographie du site, composé d'un piton rocheux avec de gros blocs, de nombreux micro-habitats sont présents.

Microhabitat	Niveau 2
Platier	✓
Tombant	✓
Surplomb	✓
Faille	✓
Grotte	✓

Tableau 33 : Présence et absence des micro-habitats sur BZG (source IN VIVO)

Figure 56 : Un Lieu se promène dans la forêt (source IN VIVO)

Comme la station précédente, les parois verticales sont bien colonisées avec de nombreuses espèces de la faune fixée (Gorgones, anémones…), tandis que les parois horizontales permettent à des éponges de s'y installer.

Figure 57 : Une gorgone blanche sur un tombant de BZG (source IN VIVO)

Figure 58 : Au pied des laminaires dans une touffe de Dictyopteris *se trouve une éponge Clione (source IN VIVO)*

Figure 59 : La forêt du dessus de Bass Buzig (source IN VIVO)

3.7.7 INDICE DE QUALITE ET EQR POUR LA STATION BASSE BUZIG (BZG)

Il faut garder à l'esprit que notre niveau 1-2 a été étudié à la profondeur de 13 m CM au lieu des 3 m CM comme demandé dans le protocole.

3.7.7.1 Limite d'extension en profondeur des différentes ceintures algales

LC = (20/28,45) x 30 = 21 points

3.7.7.2 Composition et densité de espèces définissant l'étagement (niveau 1-2)

DLH = 14,4 ind/m^2 (2015) = 5 points

3.7.7.3 Espèces caractéristiques

EC = 13 algues caractéristiques = 5 points

3.7.7.4 Espèces opportunistes

E0 = 0 espèce = 20 points

3.7.7.5 Richesse spécifique

S = 18 taxons = 5 points

3.7.7.6 Stipe de *L. hyperborea* et épibioses

L = 43,8 cm = 5 points et AE = 413,2 cm^2 = 10 points

3.7.7.7 Calcul de l'indice de qualité du site

$IQ_{100\text{-}BZG}$ = 21 + 5 + (5+20)/2 + 5 + (5+10)/2 = **51**

3.7.7.8 Calcul de l'EQR

L'EQR_{CLAP} dans notre cas est de 51 / 77 = 0,66, soit bon

La station Basse Buzig (BZG) est considérée au regard du protocole du MNHN comme étant de **qualité bonne**. Comme décrit précédemment, un **biais** a été introduit par rapport à la profondeur des relevés qui a donc tendance à baisser la qualité du site. Cependant, ce résultat reste un bon indicateur.

4 CONCLUSION

Comme expliqué précédemment, seules trois stations ont pu être complétement investiguées selon le protocole d'étude ECBRS/DCE2 des macroalgues subtidales, se répartissant au Sud du site d'immersion et également à l'Ouest et au Sud-Ouest de l'île de Groix. Les autres sites plus à la côte ne présentant pas de grandes algues structurantes, n'ont pas pu être évalués complètement. La station Basse de Buzig (BZG) a été ajoutée pour permettre d'avoir au moins 2 stations sur Groix dans la zone d'influence potentielle du site d'immersion.

Il est possible de redéfinir une ou deux stations à la côte pour compléter le suivi sur la zone. Nous avons quelques idées de points plus à l'Ouest de Kerroc'h. Il sera cependant nécessaire de faire quelques investigations pour trouver un site à *Laminaria hyperborea*. Les modalités de mise en œuvre d'une nouvelle investigation pourront être discutées avec le Maître d'Ouvrage.

De la même manière, sur les sites Basse Buzig (BZG) et Sud Groix 2 (SGX2), il serait intéressant de réaliser une plongée de repérage en partant du centre de la station en direction du SW pour tenter de trouver la limite entre l'horizon 2 et 3. Il faudra réaliser ce suivi avec un navire de surface suivant les plongeurs pour conserver les règles de sécurité et équiper le binôme de locoplongeurs pour permettre ainsi de faire une grande radiale entre 200 et 300 m de distance. Nous supposons en effet que la limite des deux horizons se situe autour des 25 m CM.

Concernant la qualité générale des stations, il a été appliqué les formules d'indice de qualité sur les 3 stations et également du rapport de Qualité Ecologique (EQR). Les stations Basse Buzig (BZG) et Sud du Site de d'immersion (CLAP) sont classées en qualité bonne, tandis que la station Sud Groix 2 est plutôt de qualité moyenne. Cependant, un biais lié aux profondeurs d'investigations a été introduit. Il faut donc prendre ces résultats avec du recul. Néanmoins, il pourra être suivi ces indices dans les années à venir pour dégager ou pas une tendance d'évolution.

FICHE SIGNALETIQUE ET DOCUMENTAIRE

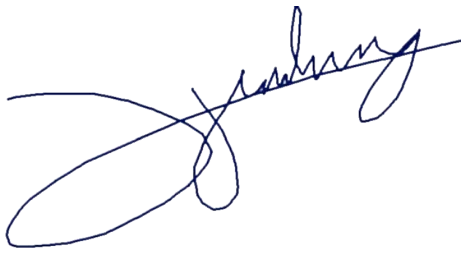
Renseignements généraux concernant le document envoyé	
Titre de l'étude	Port de Lorient – Suivi 2015 du site d'immersion Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « macroalgues subtidales »
Nombre de pages/planches	71
Maître d'Ouvrage	Région Bretagne
N° marché / Date de notification	18164 / 25/06/2015

Historique des envois				
Documents envoyés	**Exemplaires papier**	**Exemplaires numériques**	**Date d'envoi**	**N° récépissé**
Rapport provisoire		1	27/10/15	DG01_102015
Rapport définitif	3	1	15/01/16	DG02_012016

Intervenants dans l'élaboration des documents
Didier Grosdemange

Réunions, visites			
Objet	**Date**	**Intervenants**	**Lieu**
			DG1015/1

Missions terrain			
Objet	**Date**	**Intervenants**	**Lieu**
Plongées sous-marines	28 au 31/07/15	DG, JAG, DD, ED	Groix

Contrôle Qualité		
	Niveau 1	**Niveau 2**
Contrôlé par	DG	HB
Date	25/10/15	26/10/15
Signature		

ANNEXES

Annexes

DVD 1 : Vidéo des points côtiers

DVD 2 : Vidéo de la zone d'immersion

CD 3 : Documents annexes
Analyses de laboratoires
Chimie et peuplement benthique
Surveillance des clapages

6 ANNEXES

6.1 RESULTATS DES ANALYSES GEOCHIMIQUES

eurofins | Environnement

IN VIVO
Madame Amélie BERTIN
za 'la grande halte'
29940 LA FORET FOUESNANT

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-15-LK-058342-01 Version du : 12/08/2015
Dossier N° : 15E050244 Date de réception : 28/07/2015
Référence Dossier : N° Projet : BENTGROIX
Nom Projet: BENTGROIX
Référence Commande :

N° Ech	Matrice	Référence échantillon	Observations
001	Sédiments	1	Date et heure de prélèvement : 23/07/2015 (278)
002	Sédiments	2	Date et heure de prélèvement : 23/07/2015 (278)
003	Sédiments	3	Date et heure de prélèvement : 23/07/2015 (278)

(278) Prélèvement réalisé par le client : la responsabilité du laboratoire n'est pas engagée dans le respect des délais de mise en analyse et donne lieu à des réserves sur l'ensemble des résultats de microbiologie.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.
Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

Conservation de vos échantillons	
Les échantillons seront conservés sous conditions contrôlées pendant 6 semaines pour les sols et pendant 4 semaines pour les eaux et l'air, à compter de la date de réception des échantillons au laboratoire. Sans avis contraire, ils seront détruits après cette période sans aucune communication de notre part. Si vous désirez que les échantillons soient conservés plus longtemps, veuillez retourner ce document signé au plus tard une semaine avant la date d'issue.	
Conservation Supplémentaire :	..... x 6 semaines supplémentaires (LS0PX)
Nom :	Signature :
Date :	

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-15-LK-058342-01 Version du : 12/08/2015
Dossier N° : 15E050244 Date de réception : 28/07/2015
Référence Dossier : N° Projet : BENTGROIX
Nom Projet: BENTGROIX
Référence Commande :

N° Echantillon Date de prélèvement : Début d'analyse :		001 23/07/2015 28/07/2015	002 23/07/2015 28/07/2015	003 23/07/2015 28/07/2015			Limites de Quantification
Préparation Physico-Chimique							
LSA07 : **Matière sèche** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Gravimétrie - NF EN 12880*	% P.B.	* 53.8	* 71.2	* 74.6			Sédiments : 0.1
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *NF ISO 11464*	% P.B.	* 67.9	* 14.7	* 21.5			Sédiments : 1
XXS06 : **Séchage à 40°C** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *NF ISO 11464*		* -	* -	* -			
Mesures physiques							
LS918 : **Masse volumique sur échantillon brut** Prestation réalisée sur le site de Saverne *Méthode interne*	g/cm³	1.35	1.67	1.67			
Analyses immédiates							
LSL4H : **pH H2O** *Potentiométrie - NF EN 12176*							Prestation réalisée sur le site de Saverne
pH extrait à l'eau		9.1	9.0	9.1			
Température de mesure du pH	°C	19	20	20			
Indices de pollution							
LS916 : **Azote Kjeldahl (NTK)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Minéralisation et volumétrie - NF EN 13342 (sur séd&boue, ou adaptée sur sol)*	g/kg MS	* 2.1	* 0.8	* <0.5			Sédiments : 0.5
LSSKM : **Carbone organique total (COT) par combustion sèche (Sédiments)** *Combustion sèche - NF EN 13137*							Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
Carbone Organique Total par Combustion	mg/kg MS	* 12000	* 2850	* 7600			Sédiments : 1000
Coefficient de variation (CV)	%			* 18.8			

001 : 1
002 : 2
003 : 3

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-15-LK-058342-01 Version du : 12/08/2015
Dossier N° : 15E050244 Date de réception : 28/07/2015
Référence Dossier : N° Projet : BENTGROIX
Nom Projet: BENTGROIX
Référence Commande :

N° Echantillon Date de prélèvement : Début d'analyse :		001 23/07/2015 28/07/2015	002 23/07/2015 28/07/2015	003 23/07/2015 28/07/2015			Limites de Quantification
Métaux							
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *NF EN 13346 (X 33-010) Méthode B*		* -	* -	* -			
LS862 : **Aluminium (Al)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 (X 33-010) Méthode B*	mg/kg MS	* 12000	* 3790	* 1820			Sédiments : 5
LS865 : **Arsenic (As)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 (X 33-010) Méthode B*	mg/kg MS	* 9.37	* 4.69	* 22.9			Sédiments : 1
LS874 : **Cuivre (Cu)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 (X 33-010) Méthode B*	mg/kg MS	* 10.6	* <5.00	* <5.00			Sédiments : 5
LS881 : **Nickel (Ni)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 (X 33-010) Méthode B*	mg/kg MS	* 13.1	* 4.86	* 3.29			Sédiments : 1
LS882 : **Phosphore (P)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 (X 33-010) Méthode B*	mg/kg MS	* 514	* 413	* 402			Sédiments : 1
LS883 : **Plomb (Pb)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 (X 33-010) Méthode B*	mg/kg MS	* 21.1	* 8.93	* 15.6			Sédiments : 5
LS894 : **Zinc (Zn)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488	mg/kg MS	* 77.6	* 28.7	* 17.0			Sédiments : 5

001 : 1
002 : 2
003 : 3

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-15-LK-058342-01 Version du : 12/08/2015
Dossier N° : 15E050244 Date de réception : 28/07/2015
Référence Dossier : N° Projet : BENTGROIX
Nom Projet: BENTGROIX
Référence Commande :

N° Echantillon		001	002	003			Limites de Quantification
Date de prélèvement :		23/07/2015	23/07/2015	23/07/2015			
Début d'analyse :		28/07/2015	28/07/2015	28/07/2015			
Métaux							
Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 (X 33-010) Méthode B							
LSA09 : **Mercure (Hg)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Minéralisation à l'eau régale et dosage par SFA - NF EN 13346 (X 33-010) Méthode B - NF ISO 16772 (X31-432) - Adaptée de NF ISO 16772 (Boue, Sédiments)*	mg/kg MS	* <0.10	* <0.10	* <0.10			Sédiments : 0.1
LS931 : **Cadmium (Cd)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/MS - NF EN 13346 (X 33-010) Méthode B - NF EN ISO 17294-2*	mg/kg MS	* 0.12	* <0.10	* <0.10			Sédiments : 0.1
LS934 : **Chrome (Cr)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/MS - NF EN 13346 (X 33-010) Méthode B - NF EN ISO 17294-2*	mg/kg MS	* 29.7	* 12.9	* 8.65			Sédiments : 0.1
LSA6B : **Phosphore total (P2O5)** Prestation réalisée sur le site de Saverne *Calcul - Calcul*	mg/kg MS	1180	946	921			Sédiments : 2.3
Mesures physiques							
LS995 : **Perte au feu à 550°C** Prestation réalisée sur le site de Saverne *Gravimétrie - NF EN 12879*	% MS	8.88	3.26	2.45			Sédiments : 0.1
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques							
LSA33 : **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (16 HAPs)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Extraction Hexane/Acétone et dosage par GC/MS - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)*							
Naphtalène	mg/kg MS	* 0.017	* <0.0025	* <0.0024			Sédiments : 0.002
Acénaphthylène	mg/kg MS	* 0.0057	* 0.0037	* <0.0024			Sédiments : 0.002
Acénaphtène	mg/kg MS	* 0.023	* 0.0037	* <0.0024			Sédiments : 0.002
Fluorène	mg/kg MS	* 0.028	* 0.0051	* <0.0024			Sédiments : 0.002
Phénanthrène	mg/kg MS	* 0.12	* 0.014	* 0.012			Sédiments : 0.002

001 : 1
002 : 2
003 : 3

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-15-LK-058342-01 Version du : 12/08/2015
Dossier N° : 15E050244 Date de réception : 28/07/2015
Référence Dossier : N° Projet : BENTGROIX
Nom Projet: BENTGROIX
Référence Commande :

N° Echantillon		001	002	003			Limites de Quantification
Date de prélèvement :		23/07/2015	23/07/2015	23/07/2015			
Début d'analyse :		28/07/2015	28/07/2015	28/07/2015			
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques							
LSA33 : **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (16 HAPs)**						Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488	
Extraction Hexane/Acétone et dosage par GC/MS - NF ISO 18287 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)							
Anthracène	mg/kg MS	* 0.032	* 0.0044	* 0.0042			Sédiments : 0.002
Fluoranthène	mg/kg MS	* 0.22	* 0.017	* 0.011			Sédiments : 0.002
Pyrène	mg/kg MS	* 0.18	* 0.02	* 0.01			Sédiments : 0.002
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	* 0.12	* 0.013	* 0.0066			Sédiments : 0.002
Chrysène	mg/kg MS	* 0.14	* 0.015	* 0.0074			Sédiments : 0.002
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	* 0.17	* 0.012	* 0.0083			Sédiments : 0.002
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	* 0.024	* 0.0067	* 0.0058			Sédiments : 0.002
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	* 0.11	* 0.0093	* 0.0075			Sédiments : 0.002
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	* 0.019	* <0.0025	* <0.0024			Sédiments : 0.002
Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg MS	* 0.071	* 0.0076	* 0.0052			Sédiments : 0.002
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg MS	* 0.091	* 0.0096	* 0.006			Sédiments : 0.002
Somme des HAP	mg/kg MS	1.4	0.141<x<0.146	0.084<x<0.096			
Polychlorobiphényles (PCBs)							
LSA42 : **PCB congénères réglementaires (7)**						Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488	
Extraction Hexane/Acetone et dosage par GC/MS - NF EN 16167 (Sols) - XP X 33-012 (boue, sédiment)							
PCB 28	mg/kg MS	* <0.001	* <0.001	* <0.001			Sédiments : 0.001
PCB 52	mg/kg MS	* <0.001	* <0.001	* <0.001			Sédiments : 0.001
PCB 101	mg/kg MS	* 0.0013	* <0.001	* <0.001			Sédiments : 0.001
PCB 118	mg/kg MS	* 0.0017	* <0.001	* <0.001			Sédiments : 0.001
PCB 138	mg/kg MS	* 0.0022	* <0.001	* <0.001			Sédiments : 0.001
PCB 153	mg/kg MS	* 0.0025	* <0.001	* <0.001			Sédiments : 0.001
PCB 180	mg/kg MS	* 0.0017	* <0.001	* <0.001			Sédiments : 0.001
SOMME PCB (7)	mg/kg MS	0.009<x<0.011	<0.007	<0.007			
Organoétains							
LSKP5 : **Injection GC/MS/MS - Extraction Acide acétique** Prestation réalisée sur le site de Saverne *GC/MS/MS -*							

001 : 1
002 : 2
003 : 3

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-15-LK-058342-01 Version du : 12/08/2015
Dossier N° : 15E050244 Date de réception : 28/07/2015
Référence Dossier : N° Projet : BENTGROIX
Nom Projet: BENTGROIX
Référence Commande :

N° Echantillon		001		002		003			Limites de Quantification
Date de prélèvement :		23/07/2015		23/07/2015		23/07/2015			
Début d'analyse :		28/07/2015		28/07/2015		28/07/2015			
Organoétains									
LS2GK : **Dibutylétain (DBT)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Dérivation extraction solide/Liquide et dosage par GC/MS/MS - XP T 90-250*	µg Sn/kg MS	*	7.8	*	<2.0	*	<2.0		Sédiments : 2
LS2GL : **Tributylétain (TBT)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Dérivation extraction solide/Liquide et dosage par GC/MS/MS - XP T 90-250*	µg Sn/kg MS	*	21	*	<2.0	*	<2.0		Sédiments : 2
LS2IJ : **Tetrabutylétain (TeBT)** Prestation réalisée sur le site de Saverne *Dérivation extraction solide/Liquide et dosage par GC/MS/MS - XP T 90-250*	µg Sn/kg MS		<2.0		<2.0		<2.0		Sédiments : 2
LS2IK : **Monobutylétain (MBT)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Dérivation extraction solide/Liquide et dosage par GC/MS/MS - XP T 90-250*	µg Sn/kg MS	*	2.5	*	<2.0	*	<2.0		Sédiments : 2
LS2IL : **Triphénylétain (TPhT)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Dérivation extraction solide/Liquide et dosage par GC/MS/MS - XP T 90-250*	µg Sn/kg MS	*	<2.0	*	<2.0	*	<2.0		Sédiments : 2
LS2IM : **MonoOctylétain (MOT)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Dérivation extraction solide/Liquide et dosage par GC/MS/MS - XP T 90-250*	µg Sn/kg MS	*	<2.0	*	<2.0	*	<2.0		Sédiments : 2
LS2IN : **DiOctylétain (DOT)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Dérivation extraction solide/Liquide et dosage par GC/MS/MS - XP T 90-250*	µg Sn/kg MS	*	<2.0	*	<2.0	*	<2.0		Sédiments : 2
LS2IP : **Tricyclohexylétain (TcHexT)** Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488 *Dérivation extraction solide/Liquide et dosage par GC/MS/MS - XP T 90-250*	µg Sn/kg MS	*	<2.0	*	<2.0	*	<2.0		Sédiments : 2

001 : 1
002 : 2
003 : 3

RAPPORT D'ANALYSE

N° de rapport d'analyse : AR-15-LK-058342-01 Version du : 12/08/2015
Dossier N° : 15E050244 Date de réception : 28/07/2015
Référence Dossier : N° Projet : BENTGROIX
Nom Projet: BENTGROIX
Référence Commande :

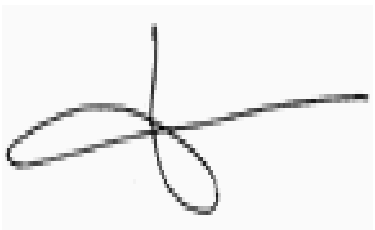
N° Echantillon		001	002	003			Limites de Quantification
Date de prélèvement :		23/07/2015	23/07/2015	23/07/2015			
Début d'analyse :		28/07/2015	28/07/2015	28/07/2015			
Matériaux							
LS08F : **Granulométrie laser à pas variable (0 à 2 000 µm) - Tranches : 2 / 20 / 63 / 200 / 2000 µm** *Mesure de la taille des particules par granulométrie laser - MO/ENV/PS/17 - Méthode interne*						Prestation réalisée sur le site de Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488	
Pourcentage cumulé 0.02µm à 2µm	%	* Cf détail ci-joint	* Cf détail ci-joint	* Cf détail ci-joint			
Pourcentage cumulé 0.02µm à 20µm	%	* Cf détail ci-joint	* Cf détail ci-joint	* Cf détail ci-joint			
Pourcentage cumulé 0.02µm à 63µm	%	* Cf détail ci-joint	* Cf détail ci-joint	* Cf détail ci-joint			
Pourcentage cumulé 0.02µm à 200µm	%	* Cf détail ci-joint	* Cf détail ci-joint	* Cf détail ci-joint			
Pourcentage cumulé 0.02µm à 2000µm	%	* Cf détail ci-joint	* Cf détail ci-joint	* Cf détail ci-joint			
Microbiologie							
UM2AH : **Escherichia coli** Prestation réalisée sur le site de Saverne *Microplaques - ISO 9308-3-M*	NPP/g	1	1	< 1			

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 7 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement : portée disponible sur http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.
Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.



Marie-Cécile Jacques
Resp. dpt. Reception Codage Microbiology

Mathieu Hubner
Coordinateur de Projets Clients

Stéphanie Andre
Coordinateur de Projets Clients

001 : 1
002 : 2
003 : 3

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

eurofins | Environnement

Annexe au rapport d'analyse

LS08F : Granulométrie laser a pas variable
prestation réalisée sur le site de SAVERNE

NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
Méthode interne MO/ENV/PS/17/V2

Référence de l'échantillon (Matrice) :
15e050244-001 (SED) - Average

Opérateur :
fah7

Date de l'analyse :
vendredi 31 juillet 2015 13:47:02

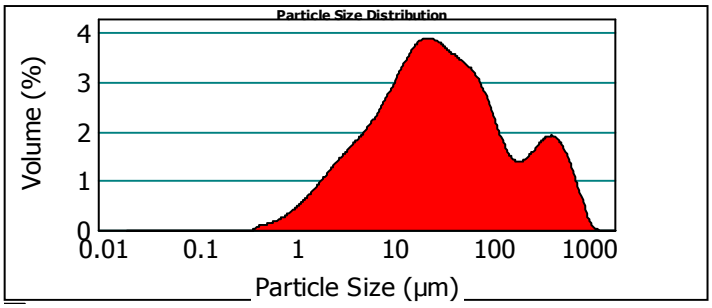
Résultat de la source :
Moyenne de 2 mesures

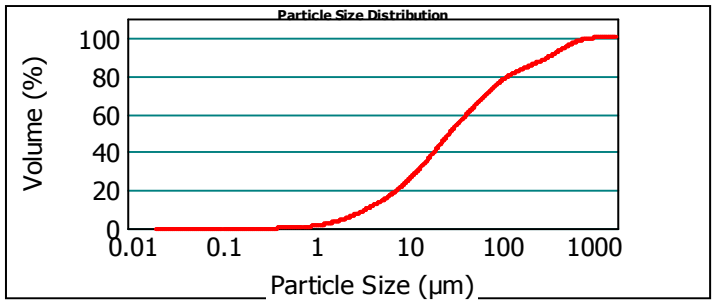
Données statistique

Surface spécifique : 0.598 m²/g
Moyenne : 108.142 µm
Médiane : 31.271 µm
Variance : 33607.496 µm²
Ecart type : 183.323 µm
Rapport moyenne/mediane : 3.458 µm
Mode : 24.384 µm

*** Pourcentages cumulés :**
Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 4.14%
Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 38.71%
Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 66.30%
Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 84.01%
Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Pourcentages relatifs :
Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 4.14%
Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 34.57%
Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 22.45%
Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 22.85%
Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 27.58%
Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 17.72%
Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 15.99%





15e050244-001 (SED) - Average vendredi 31 juillet 2015 13:47:02

Size (µm)	Volume In %
0.020	1.06
1.000	3.08
2.000	6.18
4.000	9.26
8.000	

Size (µm)	Volume In %
8.000	3.84
10.000	8.37
15.000	6.92
20.000	10.25
30.000	

Size (µm)	Volume In %
30.000	7.02
40.000	5.18
50.000	5.13
63.000	9.18
100.000	

Size (µm)	Volume In %
100.000	8.54
200.000	2.03
250.000	5.12
400.000	2.77
500.000	

Size (µm)	Volume In %
500.000	2.13
600.000	1.54
700.000	1.05
800.000	0.67
900.000	

Size (µm)	Volume In %
900.000	0.40
1000.000	0.28
1500.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Vol Under %
0.020	0.00
1.000	1.06
2.000	4.14
4.000	10.33

Size (µm)	Vol Under %
8.000	19.59
10.000	23.43
15.000	31.80
20.000	38.71

Size (µm)	Vol Under %
30.000	48.96
40.000	55.99
50.000	61.16
63.000	66.30

Size (µm)	Vol Under %
100.000	75.48
200.000	84.01
250.000	86.04
400.000	91.16

Size (µm)	Vol Under %
500.000	93.93
600.000	96.07
700.000	97.60
800.000	98.65

Size (µm)	Vol Under %
900.000	99.32
1000.000	99.72
1500.000	100.00
2000.000	100.00

Paramètre d'analyse

Type d'instrument : Malvern Mastersizer 2000
Gamme de mesure : Préparateur Hydro MU 0.020 µm à 2000 µm
Logiciel : Malvern Application 5.60
Modèle optique : Fraunhofer
Vitesse de la pompe : 3000 rpm

Durée d'analyse : 2 X 30 secondes
Indice de réfraction : 1.33
Liquide : Water 800 mL
Obscuration : 12.07 %

- L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure

EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller 67700 SAVERNE -
Telephone 03 88 911 911 - Fax : 03 88 91 65 31 - Site Web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS Saverne 422 998 971

eurofins | Environnement

Annexe au rapport d'analyse

LS08F : Granulométrie laser a pas variable

prestation réalisée sur le site de SAVERNE

NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488

Méthode interne MO/ENV/PS/17/V2

Référence de l'échantillon (Matrice) :

15e050244-002 (SED) - Average

Opérateur :

fah7

Date de l'analyse :

mardi 4 août 2015 12:58:09

Résultat de la source :

Moyenne de 2 mesures

Données statistique

Surface spécifique : 0.311 m²/g

Moyenne : 126.276 µm

Médiane : 98.731 µm

Variance : 18101.634 µm²

Ecart type : 134.542 µm

Rapport moyenne/mediane : 1.278 µm

Mode : 117.521 µm

*** Pourcentages cumulés :**

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 2.11%

Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 18.21%

Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 32.01%

Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 83.96%

Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 2.11%

Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 16.11%

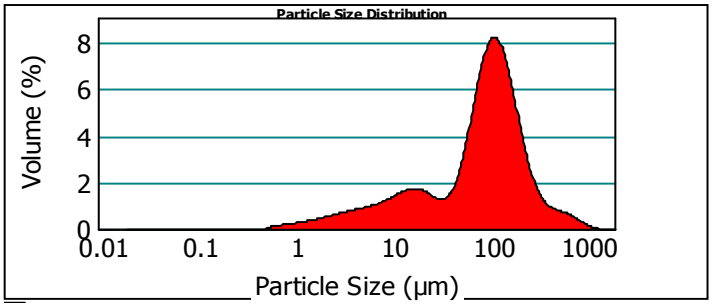
Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 9.07%

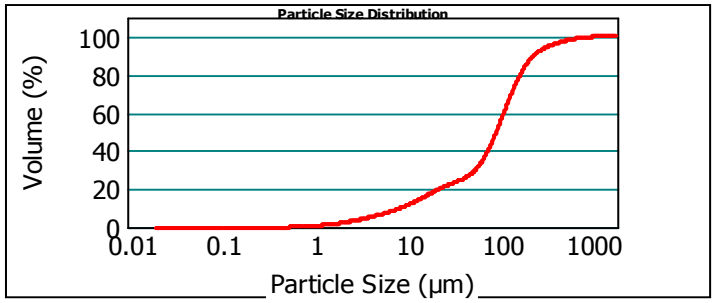
Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 56.68%

Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 13.80%

Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 51.95%

Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 16.04%





15e050244-002 (SED) - Average mardi 4 août 2015 12:58:09

Size (µm)	Volume In %
0.020	0.58
1.000	1.52
2.000	2.87
4.000	4.24
8.000	

Size (µm)	Volume In %
8.000	1.77
10.000	3.99
15.000	3.23
20.000	4.04
30.000	

Size (µm)	Volume In %
30.000	2.43
40.000	2.61
50.000	4.73
63.000	18.65
100.000	

Size (µm)	Volume In %
100.000	33.30
200.000	6.02
250.000	5.92
400.000	1.38
500.000	

Size (µm)	Volume In %
500.000	0.92
600.000	0.66
700.000	0.47
800.000	0.31
900.000	

Size (µm)	Volume In %
900.000	0.20
1000.000	0.17
1500.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Vol Under %
0.020	0.00
1.000	0.58
2.000	2.11
4.000	4.98

Size (µm)	Vol Under %
8.000	9.22
10.000	10.99
15.000	14.98
20.000	18.21

Size (µm)	Vol Under %
30.000	22.25
40.000	24.68
50.000	27.29
63.000	32.01

Size (µm)	Vol Under %
100.000	50.66
200.000	83.96
250.000	89.99
400.000	95.90

Size (µm)	Vol Under %
500.000	97.28
600.000	98.19
700.000	98.86
800.000	99.32

Size (µm)	Vol Under %
900.000	99.63
1000.000	99.83
1500.000	100.00
2000.000	100.00

Paramètre d'analyse

Type d'instrument : Malvern Mastersizer 2000

Gamme de mesure : Préparateur Hydro MU
0.020 µm à 2000 µm

Logiciel : Malvern Application 5.60

Modèle optique : Fraunhofer

Vitesse de la pompe : 3000 rpm

Durée d'analyse : 2 X 30 secondes

Indice de réfraction : 1.33

Liquide : Water 800 mL

Obscuration : 7.34 %

- L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure

EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller 67700 SAVERNE -
Telephone 03 88 911 911 - Fax : 03 88 91 65 31 - Site Web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS Saverne 422 998 971

eurofins | Environnement

Annexe au rapport d'analyse

LS08F : Granulométrie laser a pas variable

prestation réalisée sur le site de SAVERNE

NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488

Méthode interne MO/ENV/PS/17/V2

Référence de l'échantillon (Matrice) :

15e050244-003 (SED) - Average

Opérateur :

fah7

Date de l'analyse :

mardi 4 août 2015 13:30:42

Résultat de la source :

Moyenne de 2 mesures

Données statistique

Surface spécifique : 0.016 m²/g

Moyenne : 866.207 µm

Médiane : 804.713 µm

Variance : 137854.801 µm²

Ecart type : 371.288 µm

Rapport moyenne/mediane : 1.076 µm

Mode : 828.329 µm

*** Pourcentages cumulés :**

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 0.01%

Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 0.65%

Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 0.75%

Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 0.75%

Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Pourcentages relatifs :

Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 0.01%

Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 0.64%

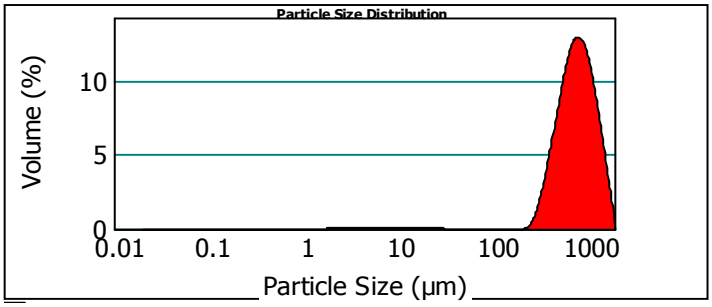
Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 0.10%

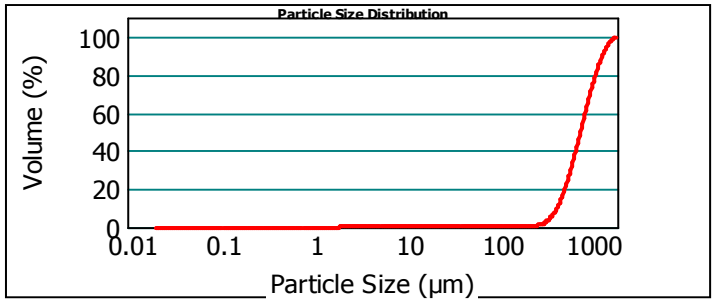
Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 0.00%

Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 0.10%

Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 0.00%

Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 99.25%





15e050244-003 (SED) - Average mardi 4 août 2015 13:30:42

Size (µm)	Volume In %
0.020	0.00
1.000	0.01
2.000	0.19
4.000	0.17
8.000	

Size (µm)	Volume In %
8.000	0.06
10.000	0.13
15.000	0.09
20.000	0.10
30.000	

Size (µm)	Volume In %
30.000	0.00
40.000	0.00
50.000	0.00
63.000	0.00
100.000	

Size (µm)	Volume In %
100.000	0.00
200.000	0.03
250.000	5.76
400.000	9.05
500.000	

Size (µm)	Volume In %
500.000	11.18
600.000	11.65
700.000	11.08
800.000	9.96
900.000	

Size (µm)	Volume In %
900.000	8.61
1000.000	25.04
1500.000	6.90
2000.000	

Size (µm)	Vol Under %
0.020	0.00
1.000	0.00
2.000	0.01
4.000	0.20

Size (µm)	Vol Under %
8.000	0.37
10.000	0.43
15.000	0.56
20.000	0.65

Size (µm)	Vol Under %
30.000	0.75
40.000	0.75
50.000	0.75
63.000	0.75

Size (µm)	Vol Under %
100.000	0.75
200.000	0.75
250.000	0.78
400.000	6.54

Size (µm)	Vol Under %
500.000	15.59
600.000	26.77
700.000	38.42
800.000	49.50

Size (µm)	Vol Under %
900.000	59.46
1000.000	68.07
1500.000	93.10
2000.000	100.00

Paramètre d'analyse

Type d'instrument : Malvern Mastersizer 2000

Gamme de mesure : Préparateur Hydro MU
0.020 µm à 2000 µm

Logiciel : Malvern Application 5.60

Modèle optique : Fraunhofer

Vitesse de la pompe : 3000 rpm

Durée d'analyse : 2 X 30 secondes

Indice de réfraction : 1.33

Liquide : Water 800 mL

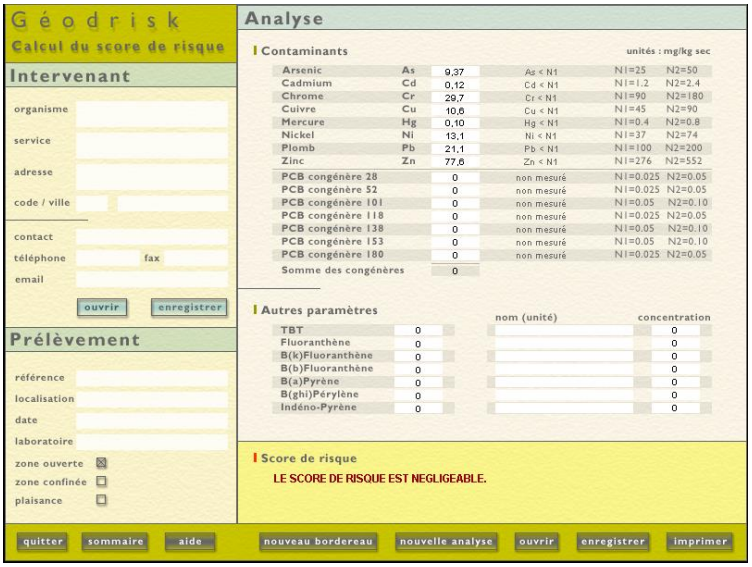
Obscuration : 5.88 %

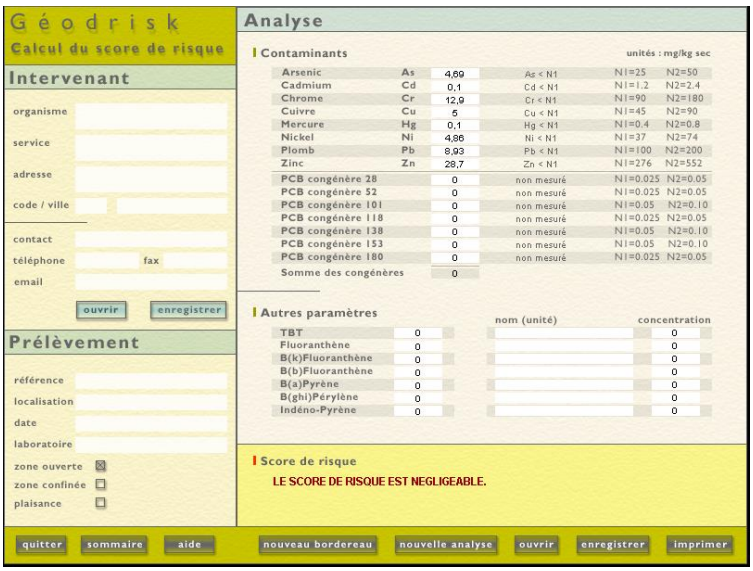
- L'alignement du laser est effectué avant chaque mesure

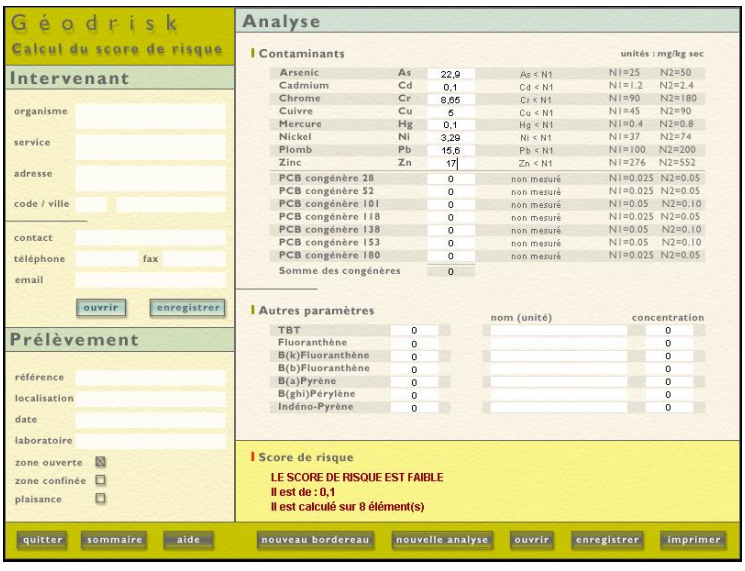
EUROFINS Analyses pour l'Environnement France - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller 67700 SAVERNE -
Telephone 03 88 911 911 - Fax : 03 88 91 65 31 - Site Web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS Saverne 422 998 971

6.2 FICHES GEODRISK

Fiches GEODRISK : Score de risque







Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

7 FICHE SIGNALETIQUE ET DOCUMENTAIRE

Renseignements généraux concernant le document envoyé	
Titre de l'étude	**Suivi 2015 du site d'immersion des produits de dragages au large de Groix « Surveillance chimique et peuplements benthiques »**
Nombre de pages/planches	62 pages (hors annexes) + 23 Planches
Client	Conseil Régional de Bretagne
N° marché / Date de notification	

	Historique des envois				
Documents envoyés	**Exemplaires papier**	**Exemplaires Numériques**	**CD-Rom**	**Date d'envoi**	**N° récépissé**
Rapport Provisoire V1	0	1	0	18/09/2015	
Rapport Définitif V1	1	1		14/10/2015	ET_141015

Intervenants dans l'élaboration des documents
Claire ETIENNE (rédaction, traitement des données biologiques et géochimiques, déterminations spécifiques), Amélie BERTIN (traitement des échantillons et des données granulométriques) Stella MARMIN (déterminations spécifiques)

Missions terrain			
Objet	**Date**	**Intervenants**	**Lieu**
Prélèvements de sédiments	22 et 23 juillet 2015	Alexis CHEVALLIER Didier GRODEMANGE	GROIX

Contrôle Qualité		
	Niveau 1	**Niveau 2**
Contrôlé par	Evans TREBAUL	HOUISE Christophe
Date	18/09/2015	18/09/2015
Signature		

Mr Prébois Alain (DDE) Tel: 02-97-64-85-21 Mail : alain.prebois@region-bretagne.
Fax: 02-97-64-85-57

POSITIONS DES DEPOTS DE DEBLAIS

DATE	H (Z)	POSITION		NOM
17/02/2015	02 18	47°40,389N	003°32,856W	EMPEDOCLE
17/02/2015	14 47	47°40,37N	003°32,31W	EMPEDOCLE
18/02/2015	03 05	47°40,280N	003°32,570W	EMPEDOCLE
18/02/2015	15 30	47°40,581N	003°32,442W	EMPEDOCLE
19/02/2015	03 49	47°40,340N	003°32,439W	EMPEDOCLE
19/02/2015	16 16	47°40,346N	003°32,640W	EMPEDOCLE
20/02/2015	05 03	47°40,497N	003°32,358W	EMPEDOCLE
20/02/2015	16 58	47°40,126N	003°32,703W	EMPEDOCLE
23/02/2015	22 57	47°40,440N	003°32,306W	EMPEDOCLE
24/02/2015	11 17	47°40,520N	003°32,269W	EMPEDOCLE
24/02/2015	23 47	47°40,168N	003°32,272W	EMPEDOCLE
25/02/2015	08 20	47°40,609N	003°31,940W	EMPEDOCLE
25/02/2015	20 46	47°40,619N	003°32,003W	EMPEDOCLE
26/02/2015	09 30	47°40,540N	003°32,191W	EMPEDOCLE
26/02/2015	22 17	47°40,223N	003°33,097W	EMPEDOCLE
27/02/2015	12 03	47°40,390N	003°32,575W	EMPEDOCLE
04/03/2015	04 40	47°40,447N	003°32,854W	EMPEDOCLE
04/03/2015	15 21	47°40,088N	003°33,164W	EMPEDOCLE
05/03/2015	04 34	47°40,273N	003°32,557W	EMPEDOCLE
05/03/2015	15 52	47°40,362N	003°32,571W	EMPEDOCLE
06/03/2015	04 00	47°40,573N	003°32,416W	EMPEDOCLE
06/03/2015	10 48	47°40,423N	003°32,370W	EMPEDOCLE
09/03/2015	00 01	47°40,514N	003°32,489W	EMPEDOCLE
10/03/2015	07 03	47°40,283N	003°32,680W	EMPEDOCLE
10/03/2015	18 17	47°40,082N	003°32,782W	EMPEDOCLE
11/03/2015	06 43	47°40,671N	003°32,019W	EMPEDOCLE
16/04/2015	01 36	47°40,47N	003°32,18W	EMPEDOCLE
16/04/2015	06 33	47°40,237N	003°32,658W	EMPEDOCLE
16/04/2015	14 03	47°40,308N	003°32,50W	EMPEDOCLE
16/04/2015	19 01	47°40,330N	003°32,466W	EMPEDOCLE
17/04/2015	04 20	47°40,475N	003°32,079W	EMPEDOCLE
17/04/2015	07 19	47°40,058N	003°32,815W	EMPEDOCLE
17/04/2015	14 49	47°40,370N	003°32,430W	EMPEDOCLE
20/04/2015	11 24	47°40,32N	003°32,415W	EMPEDOCLE
20/04/2015	16 50	47°40,632N	003°32,107W	EMPEDOCLE
20/04/2015	23 40	47°40,204N	003°32,050W	EMPEDOCLE
21/04/2015	05 18	47°40,345N	003°32,270W	EMPEDOCLE
21/04/2015	10 39	47°40,320N	003°33,188W	EMPEDOCLE
21/04/2015	17 28	47°40,565N	003°32,219W	EMPEDOCLE
21/04/2015	22 39	47°40,161N	003°32,939W	EMPEDOCLE
22/04/2015	05 51	47°40,074N	003°33,343W	EMPEDOCLE
22/04/2015	11 20	47°40,209N	003°32,683W	EMPEDOCLE
22/04/2015	20 17	47°40,602N	003°32,098W	EMPEDOCLE
22/04/2015	23 49	47°40,246N	003°32,711W	EMPEDOCLE
23/04/2015	06 33	47°40,278N	003°32,942W	EMPEDOCLE
23/04/2015	12 17	47°40,593N	003°32,419W	EMPEDOCLE
23/04/2015	18 49	47°40,177N	003°32,560W	EMPEDOCLE
24/04/2015	00 49	47°40,470N	003°32,514W	EMPEDOCLE
24/04/2015	07 20	47°40,7N	003°32,73W	EMPEDOCLE
24/04/2015	12 43	47°40,667N	003°31,881W	EMPEDOCLE
27/04/2015	12 25	47°40,400N	003°32,702W	EMPEDOCLE
30/04/2015	13 42	47°40,147N	003°32,717W	EMPEDOCLE
04/05/2015	11 37	47°40,573N	003°32,365W	EMPEDOCLE
04/05/2015	16 12	47°40,409N	003°32,928W	EMPEDOCLE
05/05/2015	04 12	47°40,409N	003°32,267W	EMPEDOCLE
06/05/2015	19 01	47°40,352N	003°32,962W	EMPEDOCLE
11/05/2015	13 04	47°40,269N	003°32,570W	EMPEDOCLE
11/05/2015	21 43	47°40,331N	003°32,613W	EMPEDOCLE
12/05/2015	03 40	47°40,970N	003°33,224W	EMPEDOCLE
12/05/2015	10 31	47°40,999N	003°32,221W	EMPEDOCLE
12/05/2015	16 18	47°40,015N	003°32,708W	EMPEDOCLE
12/05/2015	23 00	47°40,281N	003°32,913W	EMPEDOCLE
13/05/2015	11 47	47°40,397N	003°32,481W	EMPEDOCLE
13/05/2015	17 12	47°40,337N	003°32,620W	EMPEDOCLE
15/05/2015	05 02	47°40,555N	003°31,975W	EMPEDOCLE
18/05/2015	21 31	47°40,456N	003°32,454W	EMPEDOCLE
19/05/2015	06 39	47°40,440N	003°32,195W	EMPEDOCLE
19/05/2015	10 10	47°40,461N	003°32,061W	EMPEDOCLE

20/05/2015	17 08	47°40,412N	003°32,529W	EMPEDOCLE
21/05/2015	00 59	47°40,203N	003°32,840W	EMPEDOCLE
21/05/2015	10 32	47°40,263N	003°32,333W	EMPEDOCLE
21/05/2015	19 51	47°40,221N	003°32,443W	EMPEDOCLE
22/05/2015	00 05	47°40,342N	003°32,511W	EMPEDOCLE
22/05/2015	10 19	47°40,159N	003°32,508W	EMPEDOCLE
25/05/2015	12 50	47°40,218N	003°32,493W	EMPEDOCLE
25/05/2015	21 01	47°40,443N	003°32,723W	EMPEDOCLE
26/05/2015	10 02	47°40,373N	003°32,869W	EMPEDOCLE
26/05/2015	15 51	47°40,150N	003°33,005W	EMPEDOCLE
26/05/2015	22 38	47°40,331N	003°32,271W	EMPEDOCLE
27/05/2015	11 11	47°40,539N	003°32,702W	EMPEDOCLE
28/05/2015	14 48	47°40,378N	003°32,257W	EMPEDOCLE
28/05/2015	23 30	47°40,614N	003°32,567W	EMPEDOCLE
28/05/2015	12 15	47°40,175N	003°32,876W	EMPEDOCLE
28/05/2015	18 05	47°40,334N	003°32,292W	EMPEDOCLE
29/05/2015	06 01	47°40,063N	003°32,745W	EMPEDOCLE
29/05/2015	15 07	47°40,138N	003°32,573W	EMPEDOCLE
29/05/2015	20 24	47°40,253N	003°32,407W	EMPEDOCLE
15/09/2015	21 59	47°40,344N	003°32,369W	EMPEDOCLE
16/09/2015	05 25	47°40,542N	003°32,286W	EMPEDOCLE
16/09/2015	10 52	47°40,309N	003°32,515W	EMPEDOCLE
16/09/2015	17 07	47°40,231N	003°33,308W	EMPEDOCLE
16/09/2015	22 57	47°40,274N	003°32,683W	EMPEDOCLE
17/09/2015	05 46	47°40,176N	003°32,517W	EMPEDOCLE
17/09/2015	11 33	47°40,870N	003°33,024W	EMPEDOCLE
17/09/2015	17 36	47°40,421N	003°32,349W	EMPEDOCLE
17/09/2015	23 47	47°40,273N	003°32,724W	EMPEDOCLE
18/09/2015	11 21	47°40,314N	003°32,544 W	EMPEDOCLE
21/09/2015	11 52	47°40,277N	003°32,577W	EMPEDOCLE
21/09/2015	21 08	47°39,820N	003°32,945W	EMPEDOCLE
22/09/2015	03 21	47°40,328N	003°32,382W	EMPEDOCLE
22/09/2015	10 03	47°40,102N	003°33,223W	EMPEDOCLE
22/09/2015	15 50	47°40,163N	003°32,525W	EMPEDOCLE
24/09/2015	18 10	47°40,284N	003°32,592W	EMPEDOCLE
25/09/2015	01 10	47°40,613N	003°32,595W	EMPEDOCLE
25/09/2015	07 11	47°40,561N	003°32,360W	EMPEDOCLE
25/09/2015	13 46	47°40,298N	003°32,560W	EMPEDOCLE
28/09/2015	15 44	47°40,250N	003°33,158W	EMPEDOCLE
28/09/2015	21 13	47°40,528N	003°32,479W	EMPEDOCLE
29/09/2015	04 13	47°40,454N	003°32,633W	EMPEDOCLE
29/09/2015	09 33	47°40,484N	003°32,325W	EMPEDOCLE
29/09/2015	16 26	47°40,460N	003°32,869W	EMPEDOCLE
29/09/2015	22 20	47°40,123N	003°33,35W	EMPEDOCLE
30/09/2015	04 54	47°40,174N	003°32,356W	EMPEDOCLE
30/09/2015	17 08	47°40,064N	003°33,014W	EMPEDOCLE
30/09/2015	23 01	47°40,159N	003°33,156W	EMPEDOCLE
01/10/2015	05 38	47°40,263N	003°32,525W	EMPEDOCLE
01/10/2015	11 29	47°40,22N	003°32,976W	EMPEDOCLE
01/10/2015	17 52	47°40,338N	003°32,311W	EMPEDOCLE
01/10/2015	23 36	47°40,256N	003°32,891W	EMPEDOCLE
02/10/2015	06 11	47°40,271N	003°32,873W	EMPEDOCLE
02/10/2015	11 37	47°40,153N	003°32,499W	EMPEDOCLE
05/10/2015	09 16	47°40,203N	003°32,825W	EMPEDOCLE
05/10/2015	14 45	47°40,410N	003°32,145W	EMPEDOCLE
05/10/2015	22 15	47°40,434N	003°32,585W	EMPEDOCLE
05/10/2015	11 13	47°40,309N	003°32,743W	EMPEDOCLE
06/10/2015	18 45	47°40,163N	003°32,403W	EMPEDOCLE
07/10/2015	04 05	47°40,030N	003°33,618W	EMPEDOCLE
07/10/2015	12 25	47°40,278N	003°32,419W	EMPEDOCLE
07/10/2015	17 25	47°40,659N	003°31,933W	EMPEDOCLE
08/10/2015	00 45	47°40,438N	003°32,871W	EMPEDOCLE
08/10/2015	13 20	47°40,509N	003°32,528W	EMPEDOCLE
08/10/2015	18 52	47°40,184N	003°32,722W	EMPEDOCLE
09/10/2015	01 27	47°40,654N	003°32,638W	EMPEDOCLE
09/10/2015	06 52	47°40,174N	003°32,589W	EMPEDOCLE
09/10/2015	13 46	47°40,160N	003°33,003W	EMPEDOCLE
12/10/2015	10 58	47°40,412N	003°32,310W	EMPEDOCLE
12/10/2015	15 28	47°40,327N	003°32,510W	EMPEDOCLE
12/10/2015	20 56	47°40,417N	003°32,330W	EMPEDOCLE
13/10/2015	05 36	47°40,600N	003°32,813W	EMPEDOCLE
13/10/2015	09 15	47°40,361N	003°32,429W	EMPEDOCLE
13/10/2015	15 48	47°40,624N	003°32,775W	EMPEDOCLE
13/10/2015	21 25	47°40,384N	003°32,430W	EMPEDOCLE
14/10/2015	04 08	47°40,277N	003°32,636W	EMPEDOCLE

14/10/2015	09 50	47°40,374N	003°32,464W	EMPEDOCLE
14/10/2015	16 28	47°40,418N	003°32,136W	EMPEDOCLE
14/10/2015	21 57	47°40,222N	003°32,486W	EMPEDOCLE
15/10/2015	04 31	47°40,431N	003°32,515W	EMPEDOCLE
15/10/2015	00 00	47°40,380N	003°32,426W	EMPEDOCLE
15/10/2015	16 43	47°40,591N	003°32,901W	EMPEDOCLE
15/10/2015	22 26	47°40283N	003°32,572W	EMPEDOCLE
16/10/2015	05 00	47°40,544N	003°32,650W	EMPEDOCLE
16/10/2015	10 32	47°40,367N	003°32,230W	EMPEDOCLE
19/10/2015	09 31	47°40,110N	003°32,573W	EMPEDOCLE
19/10/2015	13 00	47°40,450 N	003°32,571 W	EMPEDOCLE
19/10/2015	21 16	47°40,300N	003°32,400W	EMPEDOCLE
20/10/2015	01 17	47°40,141N	003°32,461W	EMPEDOCLE
20/10/2015	10 58	47°39,362N	003°33,040W	EMPEDOCLE
20/10/2015	14 13	47°40,556N	003°32,435W	EMPEDOCLE
20/10/2015	22 58	47°39,743N	003°32,238W	EMPEDOCLE
21/10/2015	02 38	47°40,387N	003°32,710W	EMPEDOCLE
21/10/2015	11 36	47°40,377N	003°32,330W	EMPEDOCLE
21/10/2015	16 18	47°40,354N	003°32,65W	EMPEDOCLE
21/10/2015	22 26	47°39,805N	003°31,86W	EMPEDOCLE
22/10/2015	04 20	47°40,462N	003°32,481W	EMPEDOCLE
22/10/2015	11 09	47°40,275N	003°32,341W	EMPEDOCLE
22/10/2015	16 40	47°40,532N	003°32,365W	EMPEDOCLE
22/10/2015	23 46	47°40,328N	003°32,343W	EMPEDOCLE
23/10/2015	04 52	47°40,145N	003°33,381W	EMPEDOCLE
26/10/2015	17 00	47°40,393N	003°32,489W	EMPEDOCLE
27/10/2015	04 09	47°40,559N	003°32,152W	EMPEDOCLE
27/10/2015	08 37	47°40,150N	003°32,957W	EMPEDOCLE
27/10/2015	15 40	47°40,446N	003°32,651W	EMPEDOCLE
27/10/2015	20 58	47°40,558N	003°32,269W	EMPEDOCLE
28/10/2015	03 49	47°40,495N	003°32,380W	EMPEDOCLE
28/10/2015	09 48	47°40,502N	003°31,948W	EMPEDOCLE
28/10/2015	16 07	47°40,207N	003°32,646W	EMPEDOCLE
28/10/2015	21 16	47°40,489N	003°32,307W	EMPEDOCLE
29/10/2015	04 34	47°40,534N	003°32,145W	EMPEDOCLE
29/10/2015	09 53	47°40,572N	003°31,796W	EMPEDOCLE
29/10/2015	21 21	47°40,290N	003°32,569W	EMPEDOCLE
30/10/2015	05 08	47°40,258N	003°32,939W	EMPEDOCLE
30/10/2015	11 59	47°40,427N	003°32,373W	EMPEDOCLE
02/11/2015	21 37	47°40,226N	003°32,427W	EMPEDOCLE
03/11/2015	02 00	47°40,499N	003°32,348W	EMPEDOCLE
03/11/2015	09 25	47°40,207N	003°32,614W	EMPEDOCLE
03/11/2015	15 44	47°40,249N	003°32,932W	EMPEDOCLE
03/11/2015	22 21	47°40,608N	003°32,331W	EMPEDOCLE
04/11/2015	02 39	47°40,480N	003°32,427W	EMPEDOCLE
04/11/2015	10 19	47°40,183N	003°32,524W	EMPEDOCLE
04/11/2015	15 52	47°38,059N	004°05,030W	EMPEDOCLE
04/11/2015	22 56	47°40,242N	003°32,661W	EMPEDOCLE
05/11/2015	05 10	47°40,444N	003°32,309W	EMPEDOCLE
05/11/2015	11 36	47°40,034N	003°32,673W	EMPEDOCLE
05/11/2015	17 10	47°40,474N	003°32,363W	EMPEDOCLE
06/11/2015	00 02	47°40,550N	003°32,262W	EMPEDOCLE
06/11/2015	05 10	47°40,382N	003°32,395W	EMPEDOCLE
09/11/2015	14 32	47°40,341N	003°32,547W	EMPEDOCLE
09/11/2015	20 28	47°40,609N	003°32,098W	EMPEDOCLE
10/11/2015	02 47	47°40376.N	003°32,377W	EMPEDOCLE
10/11/2015	07 47	47°40,417 N	003°32,168W	EMPEDOCLE
10/11/2015	14 57	47°40,290N	003°32,522W	EMPEDOCLE
10/11/2015	20 40	47°40,286N	003°32,581W	EMPEDOCLE
11/11/2015	03 27	47°40,343N	003°32,560W	EMPEDOCLE
11/11/2015	08 53	47°40,203N	003°32,490W	EMPEDOCLE
11/11/2015	15 34	47°40,473N	003°32,279W	EMPEDOCLE
11/11/2015	21 31	47°40,538N	003°32,322W	EMPEDOCLE
12/11/2015	03 51	47°40,452N	003°32,486W	EMPEDOCLE
12/11/2015	08 53	47°40,343N	003°32,534W	EMPEDOCLE
12/11/2015	21 27	47°40,282N	003°32,562W	EMPEDOCLE
13/11/2015	04 10	47°40,386N	003°32,682W	EMPEDOCLE
13/11/2015	09 18	47°40,308N	003°32,407W	EMPEDOCLE
16/13/2015	12 23	47°40,208N	003°32,546W	EMPEDOCLE
16/11/2015	18 25	47°40,331N	003°32,578W	EMPEDOCLE
17/11/2015	00 25	47°40,405N	003°32,089W	EMPEDOCLE
18/11/2015	09 00	47°40,388N	003°32,186W	EMPEDOCLE
18/11/2015	14 31	47°40,107N	003°32,215W	EMPEDOCLE
19/11//2015	11 07	47°40,260N	003°32,440W	EMPEDOCLE