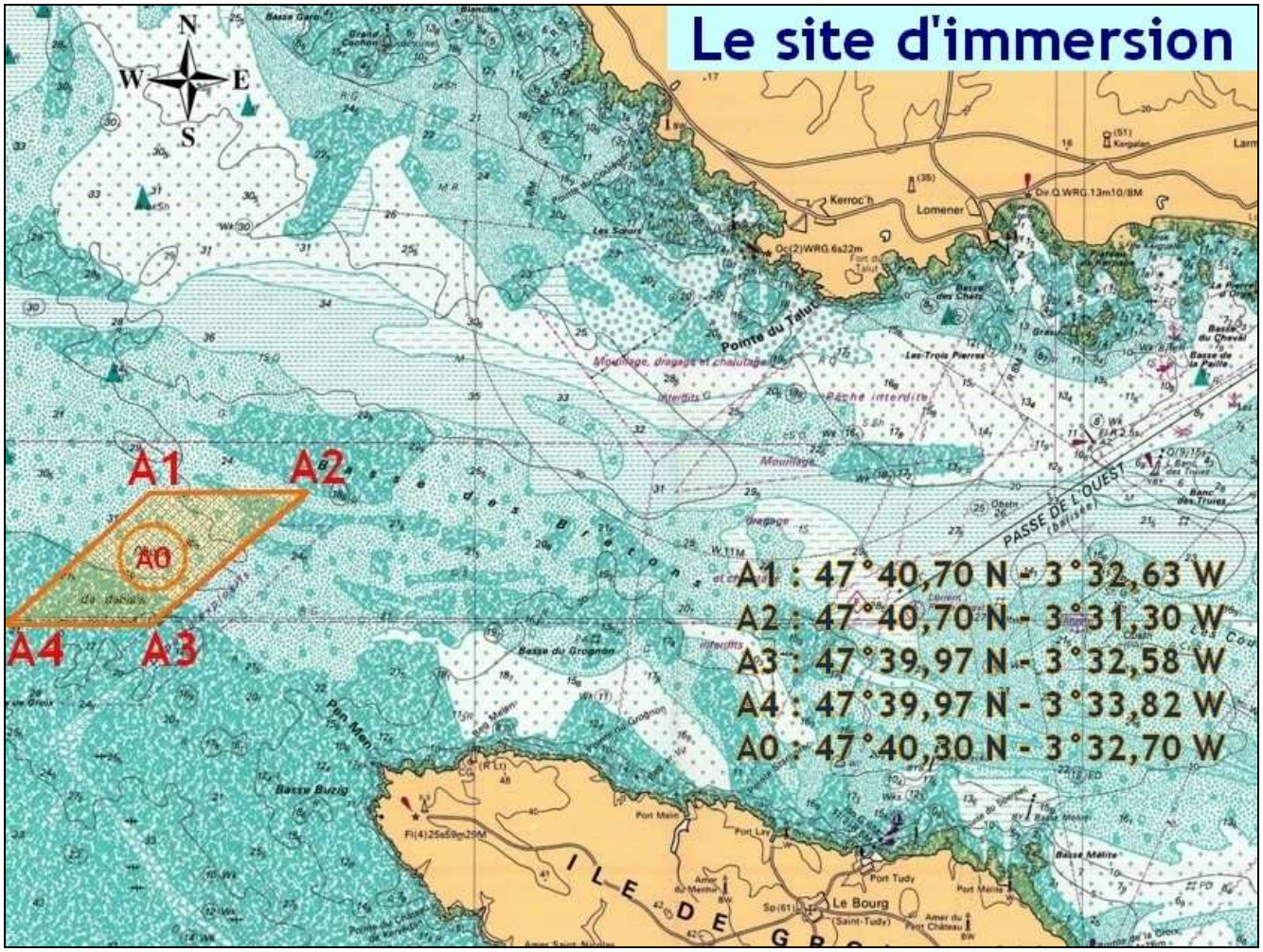
Direction des
Ports, Aéroports et
Voies Navigables

Antenne Portuaire
et Aéroportuaire
de Lorient

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



SUIVI 2014

LE SUIVI 2014 DU SITE D'IMMERSION

Rapport 2014

- 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
- Annexes 2014

Annexes 2014

- DVD1 : Vidéo des six points côtiers
- 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

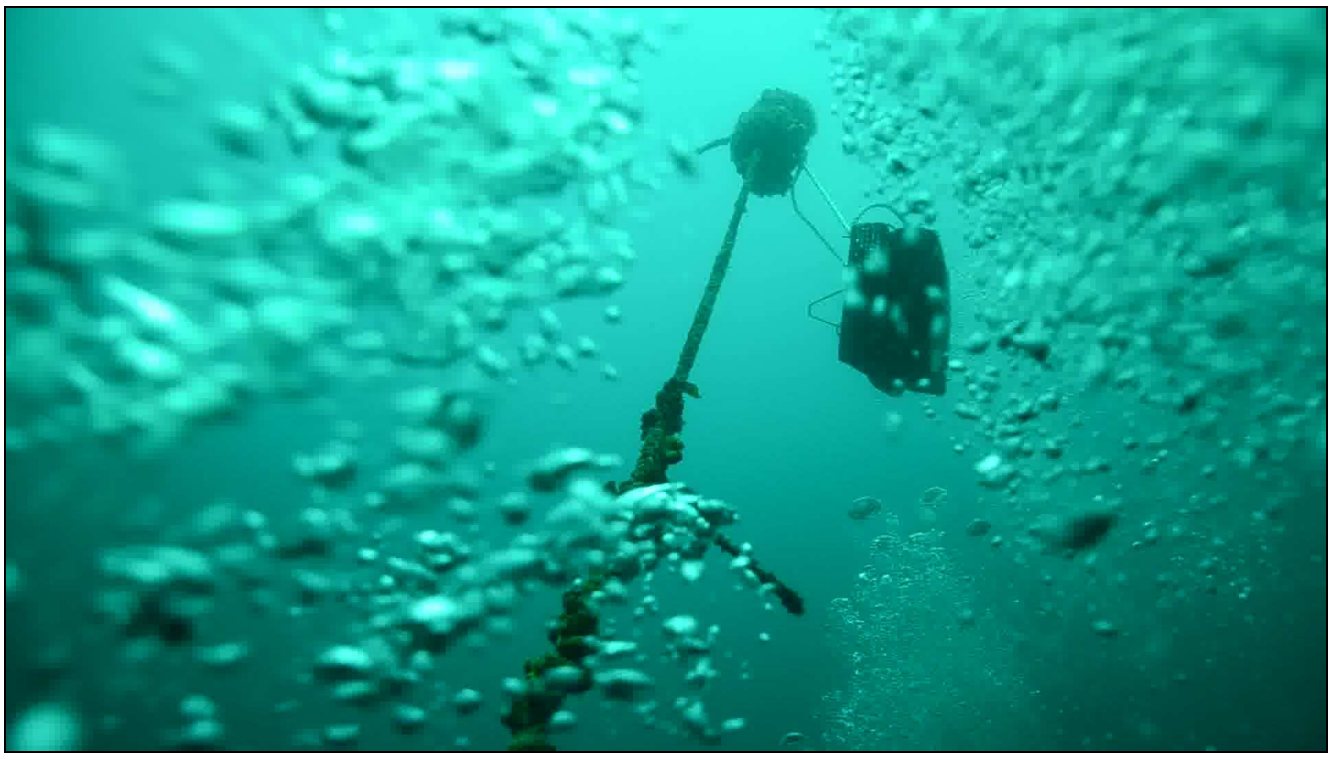
Partie n°1

Rapport d'étape

Direction des Ports
Aéroports et voies
navigables

Antenne Portuaire
et Aéroportuaire
de Lorient

SUIVI 2014 DU SITE D'IMMERSION AU LARGE DE GROIX



Rapport d'étape pour la période 2013-2014

Août 2014

Sommaire

1 Historique 3
2 Le suivi du site d'immersion 5
2.1 Le levé bathymétrique annuel 5
2.2 La phase 1 du suivi 6
2.2.1 Les films des fonds 7
2.2.2 Les analyses de sédiments 7
2.3 La phase 2 du suivi 8
2.3.1 Les films des fonds 9
2.3.2 Le suivi biologique 9
2.3.3 Analyses des échantillons 10
3 Les rapports d'expertise 11
3.1 Bureau d'études COCHET 11
3.2 MNHN 12
4 Le compartiment « chimie et peuplement benthique » 13
4.1 Méthodologie 13
4.2 Résultats de la surveillance 2014 14
5 Le suivi des immersions 15
5.1 Intégration du suivi dans les arrêtés d'autorisation 15
5.2 Suivi des travaux de dragage et d'immersion 15
5.3 Travaux de dragage et d'immersion pour la période 2013-2014 15
5.4 Récapitulatif des volumes de matériaux immergés 15
6 Conclusions 16
Page 17/17 - récapitulatif des volumes immergés depuis 1997 17

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.

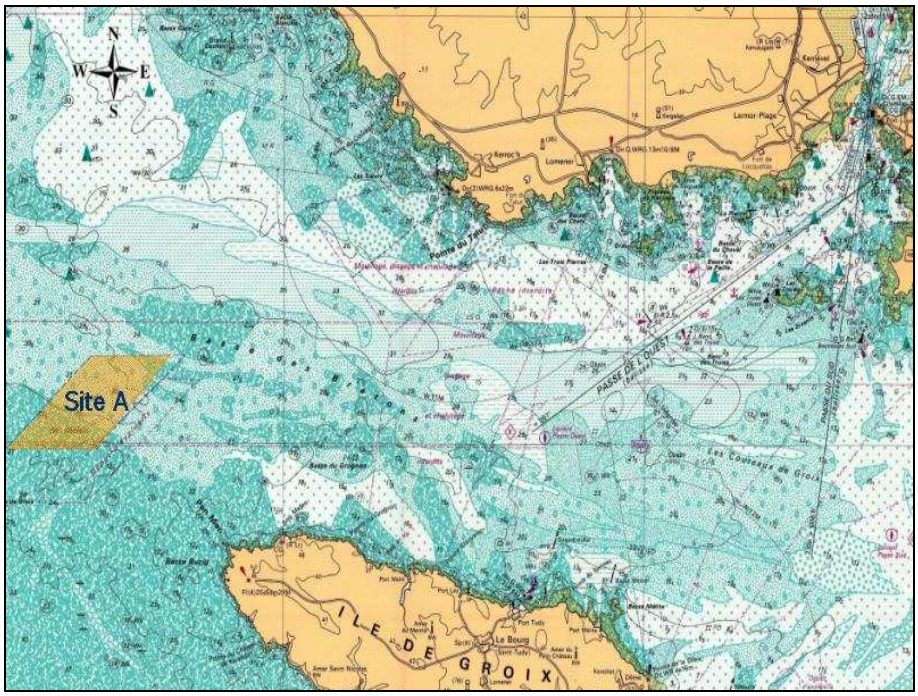


Figure 1 : site retenu après étude

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 2014 couvre la période d'immersion comprise de septembre 2013 à juin 2014, au cours de laquelle 64 802 m³ de déblais - issus des dragages effectués pour le compte de DCNS LORIENT (16 802 m³), et de Lorient Agglomération (48 000 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

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.

2.1 Le levé bathymétrique annuel

Le dernier levé bathymétrique du site d'immersion a été réalisé le 04 septembre 2014 par la société GEOXYZ, prestataire bathymétrique de la Région BRETAGNE.

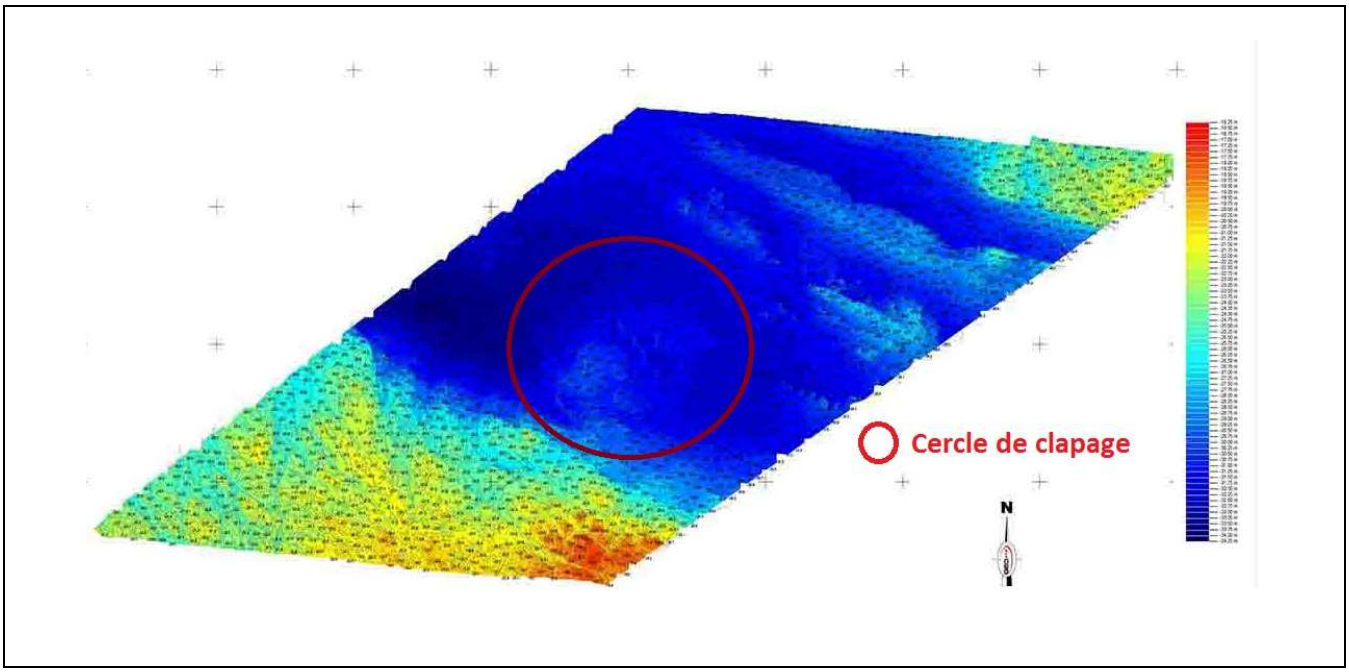


Figure 2 : relevé bathymétrique de septembre 2014

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 2013 et 2014 fait apparaître quelques points d'engraissement des fonds dans cette partie du site d'immersion, attestant la rigueur du suivi des routes des chalands et des points de clapages effectué par les services portuaires et les entreprises lors des travaux de dragage.

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, malgré une éventuelle remobilisation lors des tempêtes, une grande part des sédiments clapés reste étalée en partie centrale du site d'immersion.

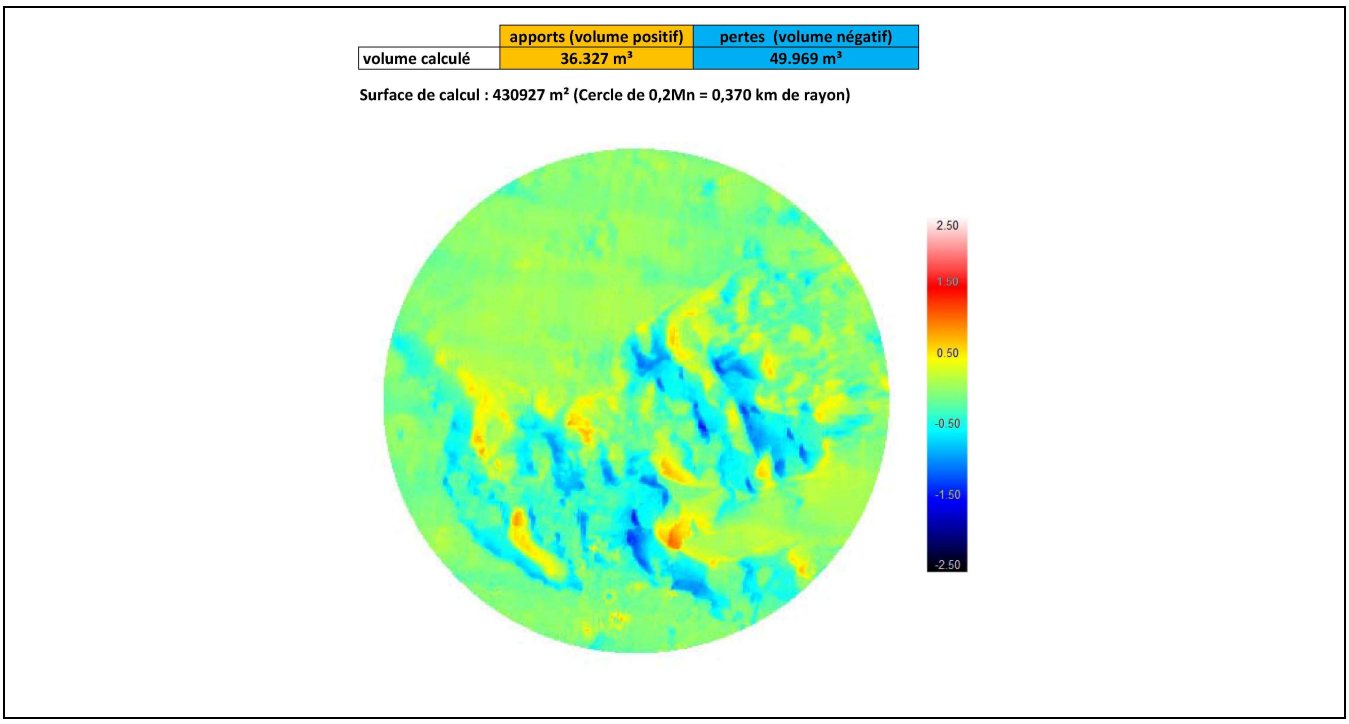


Figure 3 : différentiel bathymétrique 2013-2014 calculé sur une pastille de 370 m de rayon au centre de la zone de clapage

2.2 La phase 1 du suivi

La phase 1 concerne les six (6) stations de la radiale, définies en avril 2005 après concertation entre professionnels, associations et services de l'Etat et réparties entre LORIENT et la côte de PLOEMEUR (figure 4) ; numérotées de 21 à 26, elles sont précisément positionnées et repérées (coordonnées GPS).

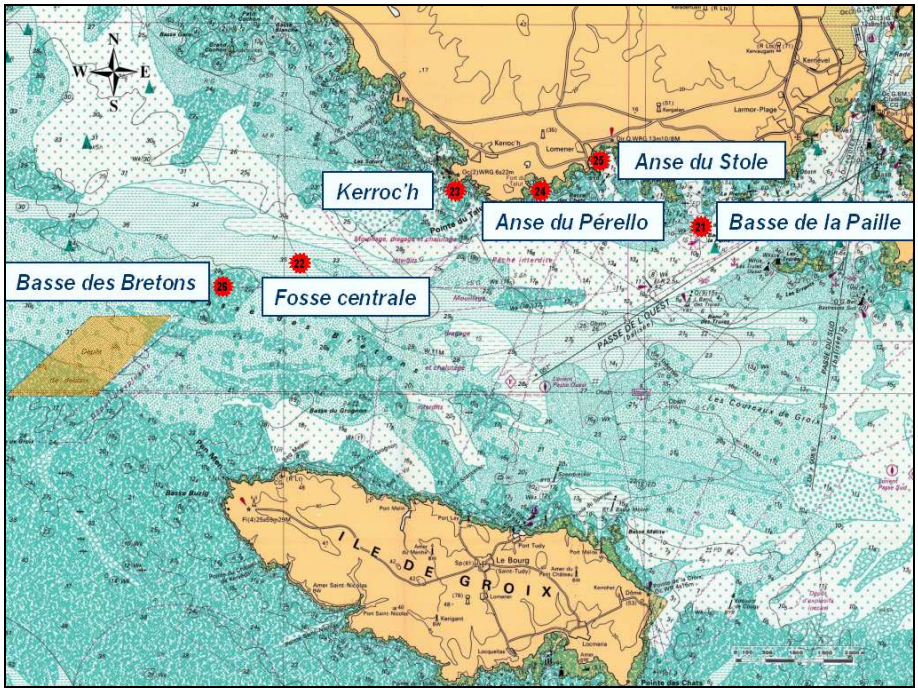


Figure 4 : localisation des points de suivi de la phase 1

Sur chaque station, une vidéo des fonds est réalisée et un échantillon de sédiments de surface est prélevé pour analyses granulométrique et physico-chimique (polluants organiques et inorganiques).
Une comparaison des résultats de l'année N par rapport à ceux de l'année N-1 est effectuée pour analyser les éventuels impacts du site d'immersion.

La mission de plongées sous-marines était composée d'une équipe de plongeurs professionnels de la Région BRETAGNE complétée par une équipe de plongeurs professionnels d'une société extérieure, équipée de matériel vidéo sous-marin. Les moyens nautiques, navire et son équipage, étaient fournis par un prestataire extérieur ; les plongées de la phase 1 se sont déroulées les 16 et 17 juin 2014.

2.2.1 Les films des fonds

Les images sous-marines réalisées ont été enregistrées sur un DVD joint en annexe /dvd 1; les plongées ont donné lieu à l'établissement d'un rapport consultable en partie n°4; la station de biologie marine du MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE (MNHN) de CONCARNEAU a fait l'expertise des images vidéo des six stations et ses résultats sont consignés dans le rapport consultable en partie n°7.

A l'examen des vidéos, les observations en 2014 pour les six stations sont globalement dans la continuité des conclusions de 2013, avec des caractéristiques spécifiques liées à l'environnement rencontré : fonds sableux, rocheux, vaseux… à faibles, moyens ou forts courants.
Sur la station 21 (Basse de la paille) apparaît une abondante population d'ophiure qui semble supérieure à celle de 2010. En revanche sur la station 22 (Fosse centrale) compte tenu de la mauvaise visibilité sur les images il ne peut être affirmé que le champ d'ophiure observé depuis 2007 est toujours en place.
Sur la station 26 (Basse des Bretons) l'inventaire est assez pauvre en 2014 car aucun massif rocheux permettant le développement d'une biodiversité plus importante n'est rencontré.
Les observations sur la station 23 (Kerroc'h) sont comparables à celle de 2010 et 2011, à savoir un dépôt important et la présence du circalittoral côtier. En revanche la faune est moins visible avec quelques labres et une gorgone.
La densité du couvert végétal sur la station 24 (Anse du Pérello) paraît moins importante et par endroit entrecoupé de petites zone de dépôts.
Pour la station 25 (Anse du Stole), l'herbier est encore présent mais a été malmené sans doute par les fortes et fréquentes tempêtes hivernales. Il est peu visible, soit parce qu'il a réellement régressé, soit parce que seuls les rhizomes sont toujours vivants et dans ce cas le feuillage devrait se redévelopper ; les images ne permettent pas de conclure sur son état de santé.

2.2.2 Les analyses de sédiments

Tous les échantillons de sédiments récoltés au cours de la mission de plongées ont été analysés par le Laboratoire de ROUEN- ALPA CHIMIES (agréé par le ministère de l'écologie et du développement durable). Compte tenu de la volonté de la station IFREMER de LA TRINITE-SUR-MER d'abandonner ce type de mission, le bureau d'études COCHET a réalisé l'expertise des sédiments prélevés sur les six stations et ses résultats sont consignés dans le rapport consultable en partie n°6, les résultats des analyses de laboratoire sont consultables sur un CD joint en annexe /cd 3.

Comme les années passées, les premiers résultats d'analyse montrent clairement l'hétérogénéité des sédiments prélevés. Seule la station 22 (Fosse centrale) présente des teneurs élevées en sédiments fins caractéristiques de zone d'accumulation ou de dépôt propice au piégeage des contaminants

Il est constaté une bonne homogénéité des données entre 2005 et 2014 sur chaque station. Néanmoins on constate sur la station 21 (Basse de la paille) des concentrations en sédiments fins et en carbone organique plus faibles et comparables aux années 2007-2008. Sur la station 26 (Basse des Bretons) on constate une concentration en carbone organique trois fois plus élevée en 2014 que les années précédentes et non corrélée au pourcentage de fraction fine de sédiment.

Les concentrations en métaux lourds dans les sédiments analysés - après l'anomalie constatée en 2010 sur les stations 23-24-25 (Kerroc'h, Le Pérello et Anse du Stole) de niveaux anormalement élevés en cadmium, cuivre, plomb, zinc, chrome et nickel – ont retrouvé des niveaux normaux, sauf pour le plomb pour la station 24 (Anse du Perello).

En 2014, les concentrations observées apparaissent globalement stables par rapport aux années antérieures :

- *cela confirme le caractère accidentel des valeurs aberrantes observées en 2010 ;*
- *le plomb sur la station 24 (Le Pérello) affiche une concentration anormalement élevée, alors que celles-ci étaient en diminution depuis 2 ans.*
- *La station 26 (Basse des Bretons) possède des caractéristiques minéralogiques particulières (faible pourcentage en sédiments fins, faible pourcentage en aluminium, et pourcentage élevé en carbone organique) ce qui rend ses résultats plus difficiles à interpréter.*

Pour six HAP, considérés individuellement ou globalement avec dix autres HAP analysés, les concentrations observées sont cohérentes avec celles des années précédentes. En 2014 on ne retrouve pas les niveaux anormalement élevés relevés sur la station 25 (Anse du Stole), qui *témoignaient d'une contamination d'origine locale, sans lien avec l'immersion des sédiments.*

En 2014, les teneurs en HAP dans les sédiments prélevés affichent des valeurs inférieures aux niveaux N1 Géode.

Les concentrations en PCB, quelle que soit la station, sont toutes inférieures aux seuils de détection.

En 2014, il n'y a pas de variation significative des teneurs en PCB, les valeurs étant toutes très inférieures aux niveaux N1 Géode.

Les concentrations en TBT sont toutes inférieures aux seuils de détection.

En 2014, les concentrations en TBT dans les sédiments affichent des valeurs très inférieures aux niveaux N1 Géode, y compris la station 25 (Anse du Stole) qui présentait en 2013 une contamination locale et la station 22 (Fosse Centrale) qui présentait une légère contamination, récurrente depuis 4 ans.

2.3 La phase 2 du suivi

La phase 2 concerne le site d'immersion et ses onze (11) points sur lesquels une vidéo des fonds est réalisée, ainsi que trois (3) points de suivi (2 sur le site et 1 au large) et deux (2) points de surveillance (sur les côtes) sur lesquels un suivi biologique est réalisé sur des coquillages immergés (figure 5).

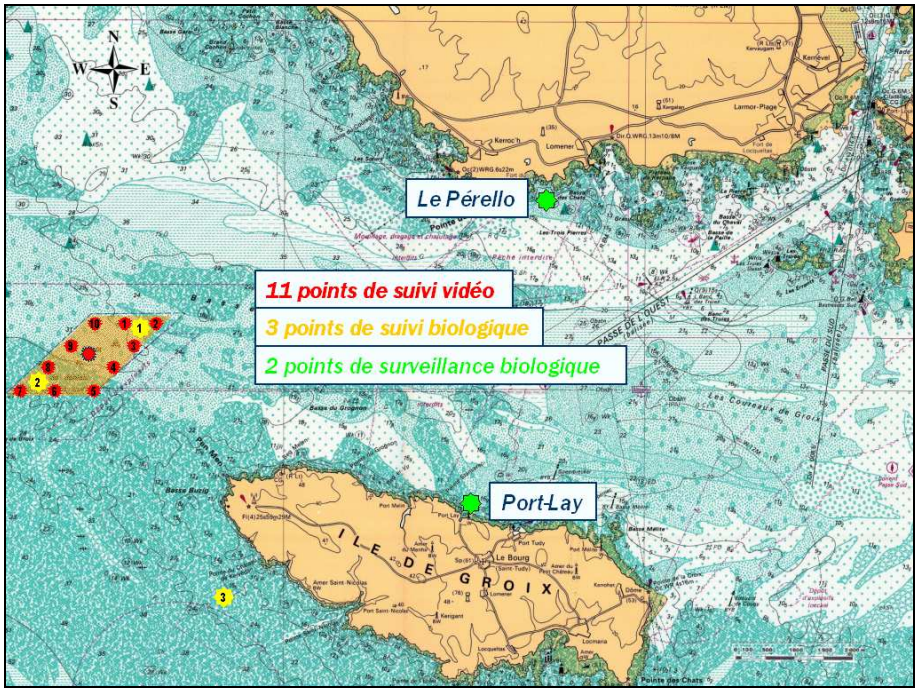


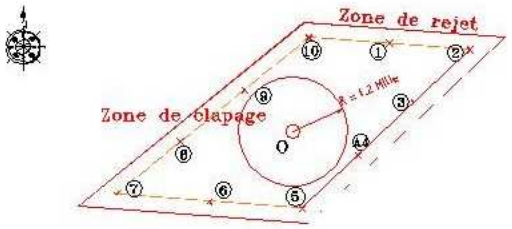
Figure 5 : localisation des points de suivi de la phase 2

La mission de plongées était composée à l'identique de celle de la phase 1 : une équipe de plongeurs professionnels de la Région BRETAGNE complétée par une équipe de plongeurs professionnels d'une société extérieure, équipée de matériel vidéo sous-marin. Les moyens nautiques, navire et son équipage, étaient fournis par le même prestataire que pour la phase 1. La campagne de plongées de la phase 2 s'est déroulée du 08 au 11 septembre 2014 et les 18 et 19 septembre 2014.

2.3.1 Les films des fonds

La vidéo sous-marine annuelle permet d'observer la nature des matériaux en place et la présence éventuelle de faune et de flore à l'intérieur de la zone d'immersion.

Dix (10) points sont matérialisés à l'aide de corps-morts, munis de filins courts et bouées numérotées. Ce repérage permet aux plongeurs de se positionner précisément et de filmer les mêmes points à chaque campagne. L'opération consiste à filmer chaque bouée numérotée, puis les fonds sur un périmètre circulaire d'environ 5 mètres de diamètre autour du repère. Pour chaque point, une fiche d'observations est renseignée.



Les images sous-marines réalisées ont été enregistrées sur un DVD joint en annexe /dvd 2 ; les plongées ont donné lieu à l'établissement d'un rapport consultable en partie n°5 ; la station de biologie marine du MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE (MNHN) de CONCARNEAU a fait l'expertise des images vidéo des dix stations et du point central : ces résultats sont consignés dans le rapport consultable en partie n°7.

L'étude des images vidéo fait apparaître dans le nord-est du site d'immersion (stations°1-2), un faciès rocheux à blocs, galets et sédiments grossiers ; ces substrats sont recouverts d'une couche importante de sédiments fins. Les seules algues observées sont des algues encroûtantes et quelques algues rouges en lame.
Dans le sud-ouest du site (stations°5-6-7-8), le fond est composé de roche mère, de blocs, de galets et de sables ; on y relève des champs de laminaires denses et la faune y est bien représentée par des spongiaires, des échinodermes, des astéries, des bryozoaires et des poissons.
Une évolution a été observée sur le point 5.où la sous-strate algale paraît plus dense que les années précédente et la strate arbustive moins dense mais toujours en bonne santé. En revanche, il a été repéré le très mauvais état de santé des laminaires aux environs de – 19 m C.M.
Dans la partie centrale et nord-ouest du site (stations°4-9-10-0), le fond est recouvert de dépôts significatifs de vase sur un substrat de blocs, voire de sable grossier et on constate une quasi absence de faune et de flore, sauf sur le point 10 ou la faune semble mieux représentée sans doute du fait de la meilleure qualité des images.

La méthode d'inventaire vidéo reste limitée pour évaluer les changements de biocénoses et les changements d'opérateurs pour les prises de vue et pour les analyses peuvent engendrer des biais « observateur ». C'est pourquoi il a été décidé en comité de suivi du site d'immersion des produits de dragage de 2014, de réduire le nombre de vidéo et de démarrer un protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « macroalgues subtidales » sur 4 points. Cette modification interviendra à partir du suivi 2015.

2.3.2 Le suivi biologique

Afin de mesurer l'impact éventuel du clapage des sédiments sur le milieu aquatique, des coquillages (moules et huîtres creuses) sont immergés chaque année sur trois (3) points de suivi (2 stations sur le site d'immersion et 1 lot témoin au sud-ouest de l'ILE DE GROIX), relevés au cours de l'année suivante et comparés à des coquillages prélevés sur deux (2) points de surveillance (élevage mytilicole de Port-Lay sur GROIX et moules sauvages au niveau de la prise d'eau de mer du Pérello sur PLŒMEUR).

Les poches de coquillages immergées en septembre 2013 sur les trois points de suivi ont pu toutes être récupérées en septembre 2014. Cependant les moules contenues dans la poche du point 3 ont toutes été mangées par des crustacés (tourteaux et étrilles) présents dans la poche.

2.3.3 Analyses des échantillons

Comme les années précédentes, le protocole de suivi des organismes a été appliqué pour les coquillages relevés (cf. fiches de protocole en partie n°2).
Le bureau d'études COCHET basé à Locoal-Mendon a préparé les lots de moules ; après lyophilisation, les échantillons ont été envoyés au Laboratoire de ROUEN – ALPA CHIMIES (agréé par le ministère de l'écologie et du développement durable) chargé des analyses. Sur les huîtres, des mesures de biométrie ont été réalisée.

Pour l'année 2014, les analyses de chair de coquillages (moules) portent sur les deux (2) points de suivi (11 et 12) et sur les deux (2) points de surveillance du suivi biologique (Le Pérello, Port-Lay). La biométrie a été réalisée sur les huîtres des trois points de suivi (11-12-13).

Le rapport d'expertise rédigé par le bureau d'études COCHET « Suivi du site d'immersion des rejets de dragage de la rade de LORIENT au large de GROIX – Résultats 2014 » est présenté dans la partie n°6 du présent rapport, les résultats des analyses de laboratoire sont consultables sur un CD joint en annexe /cd 3.

Résultats des stations de suivi (zone d'immersion et lot témoin)

Pour les métaux lourds étudiés (cuivre, zinc, plomb, mercure, cadmium), le suivi a mis en évidence des concentrations proches des valeurs de référence et toujours nettement inférieures aux seuils sanitaires réglementaires. Néanmoins on observe des concentrations anormalement élevées en plomb sur les 2 sites (points n° 1et 2).

Pour les HAP totaux les concentrations observées sont légèrement inférieures à la moyenne 2004-2013, en revanche les concentrations 2014 en fluoranthène sont supérieures à la moyenne 2004-2013.

Les concentrations en PCB totaux et PCB 153, sont légèrement inférieures ou identiques aux moyennes 2004-2013.

Pour le TBT, les mesures de biométrie réalisées ne mettent pas en évidence une malformation des coquilles et l'examen visuel des coquilles montre la présence de chambre à gélatine (22% sur le point n°1, 28% sur le point n°2, 36 % sur le point n° 3) très certainement du à la filtration par les huîtres de particules remise en suspension lors des tempêtes successives de l'hiver 2013-2014.

Résultats des stations de surveillance (Port Lay et Le Pérello)

Une concentration anormalement élevée en Zinc a été relevée sur le site de Port Lay. Le suivi 2015 permettra de mettre en évidence ou non le caractère accidentel de cette valeur.

Concernant les autres métaux lourds recherchés - plomb, mercure, cadmium – les données obtenues depuis 2002 ne mettent pas en évidence une tendance significative dans l'évolution des concentrations relevées sur les deux stations, sensiblement égales à celles des années précédentes et inférieures au seuil sanitaire.

La concentration 2014 en HAP totaux est légèrement supérieure sur le site du Perello et les concentrations en fluorenthène sont supérieures à la moyenne 2004-2013 sur ce même site et atteint la valeur maximale depuis 2004.

Pour les PCB totaux et le PCB 153, les concentrations observées sont inférieures ou égales à la moyenne 2004-20013.

Le suivi biologique 2014 confirme les conclusions des suivis antérieurs : il n'est pas avéré d'impact des rejets de dragage sur les stations de suivi et de surveillance, pour les paramètres recherchés : métaux lourds, PCB, HAP et TBT.

3 Les rapports d'expertise

3.1 Bureau d'études COCHET

Les résultats de l'expertise réalisée par le bureau d'études (BE) COCHET concernant les analyses des sédiments prélevés et des chairs de coquillages sont réunis dans un rapport joint en partie n°6.

Les grandes lignes des conclusions générales du BE COCHET sont rappelées ci-après :

*Le suivi annuel du site d'immersion des déblais de dragage de la rade de Lorient, débuté en 2002, a été poursuivi en 2014 sur les compartiments **matière vivante** (moules et huîtres) pour 4 stations, et **sédiments** (carottage) pour 6 stations. Les analyses ont porté sur les métaux lourds (Hg, Pb, Cu, Cd, et Zn), les contaminants organiques (PCB, HAP et TBT), ainsi que sur la granulométrie et les teneurs en carbone et aluminium, chrome et nickel.*

***Sur la matière vivante** : sur les points de suivi sur le site d'immersion, les valeurs observées en 2014 sur les métaux lourds ne montrent pas d'accumulation de contaminants, excepté pour le plomb pour lequel on observe des concentrations anormalement élevées sur les points de suivi (N° 1 et 2).*
Sur les points de surveillance, on observe une concentration anormalement élevée en zinc sur le site de Port Lay alors que sur le site du Perello la tendance est à la diminution pour ce paramètre.

Ces concentrations plus élevées (Plomb station n° 1 et 2, Zinc à Port Lay) peuvent être mises en relation avec les tempêtes hivernales et successives de l'hiver 2013-2014, qui par remise en suspension des particules et des métaux lourds ont pu occasionner une contamination des coquillages.

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

Les concentrations 2014 en HAP totaux sont légèrement inférieures à la moyenne 2004-2013 sauf le site du Perello qui possède une concentration légèrement supérieure à cette même moyenne.
En revanche les concentrations 2014 en fluoranthène sont supérieures à la moyenne 2004-2013 en particulier sur le site du Pérello où la valeur 2014 est deux fois supérieure à la moyenne 2004-2013 et atteint la valeur maximale depuis 2004.

Les concentrations en PCB totaux et PCB 153 sont inférieures ou égales à la moyenne 2004-2013.

Les mesures réalisées sur les huîtres creuses immergées à proximité du site d'immersion pour suivre un impact éventuel du TBT ne présente pas de malformation des coquilles.

***Sur les sédiments** : les prélèvements de 2014 présentent globalement les mêmes caractéristiques granulométriques et organiques que ceux des années antérieures.*
Concernant les métaux, les résultats 2014 révèlent une situation d'absence de contamination des différentes stations, excepté pour celle du Perello qui possède à nouveau une teneur en plomb anormalement élevée et comparable à celle observée avant 2012.

Concernant les contaminants organiques, les concentrations mesurées sur les sédiments de la radiale sont toutes inférieures aux seuils géode.
Le point 22 (Fosse centrale) présente les valeurs les plus élevées mais qui restent cohérentes par rapport à ses caractéristiques sédimentaires et minéralogiques.
Le suivi 2014 ne relève pas comme en 2013 une contamination en HAP élevée sur la station 25 (Anse du Stole) qui conforte l'hypothèse émise l'an dernier d'une pollution d'origine locale, sans lien avec l'immersion des sédiments.

Concernant les PCB et TBT, les concentrations sont toutes inférieures aux seuils de détection, alors que l'on observait sur la station 22 (fosse centrale) des teneurs en TBT supérieur au seuil de détection depuis 2010

3.2 MNHN

Les résultats de l'expertise réalisée par le MNHN concernant les images vidéo sous-marines sont réunis dans un rapport joint en partie n°7.

Les grandes lignes des conclusions générales du MNHN sont rappelées ci-après :

Le suivi annuel du site d'immersion des déblais de dragage de la rade de Lorient, débuté en 2002, a été poursuivi en 2014 sur le compartiment ***vidéo des fonds*** *pour 17 stations.*

L'examen a permis l'identification de différents types de biotope : fonds rocheux infralittoraux (points 5-6-7-8) et circalittoraux (points 1-2), fonds meubles hétérogènes (points 3-4-10) et sablo-vaseux (points 9-0).
Les variations de conditions de prises de vue (saison, opérateur, déplacement, etc.) limitent l'analyse comparative et ne permettent pas de conclure sur l'existence de changement concernant la composition des peuplements de substrats rocheux et d'autant plus pour ceux de sédiments meubles.

4 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.

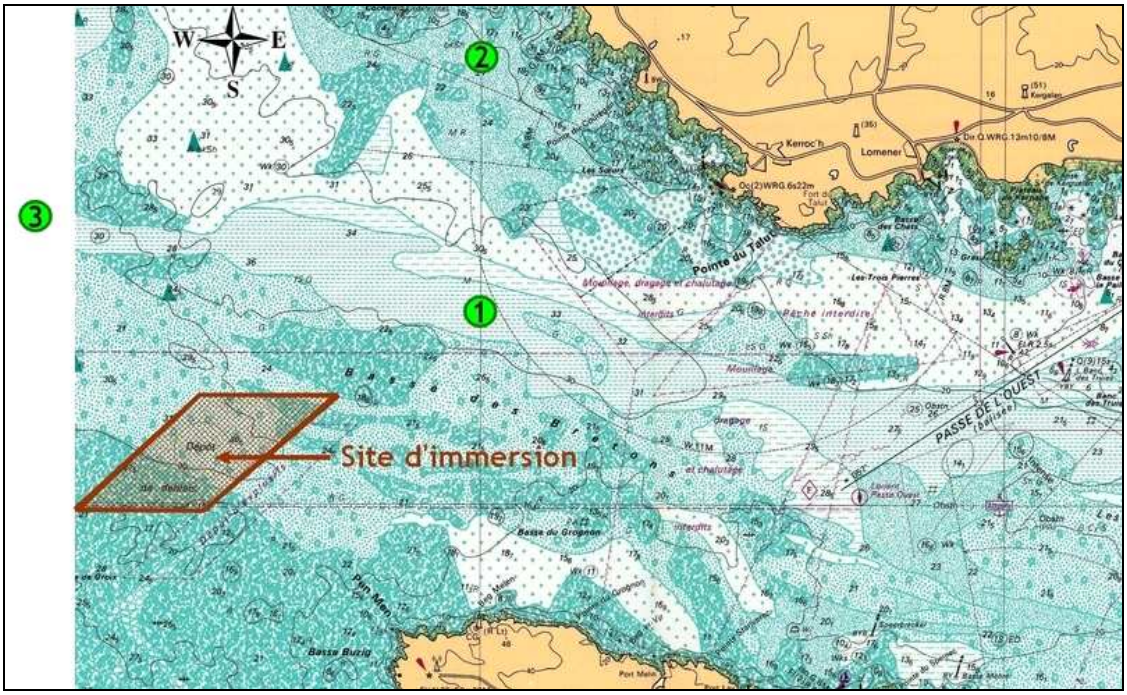


Figure 6 : localisation des points « chimie et peuplement benthique »

4.1 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.

4.2 Résultats de la surveillance 2014

La campagne de prélèvements a été réalisée le 11 juillet 2014 à la benne Day Grab par le bureau d'études IN VIVO, embarqué sur un navire lui appartenant.

Le rapport d'études rédigé par le bureau d'études IN VIVO « Suivi 2014 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. Les grandes lignes du résultat de cette surveillance du milieu sont rappelées ci-après :

Les concentrations en éléments métalliques sont inférieures aux seuils réglementaires, de même que les concentrations en PCB, TBT et HAP.
Le calcul du score de risque est négligeable aux stations 1 et 2, et faible à la station 3.

Les sédiments rencontrés et leurs peuplements sont typiques des fonds marins de la zone étudiée.

L'indice de pollution organique, directement lié au pourcentage de vase, est faible sur les trois stations suivies.
L'indice d'évaluation de l'endofaune côtière (I2EC) est égal à 0 pour l'ensemble des stations, ce qui correspond à un état normal.
Selon l'I2EC, aucune dégradation environnementale n'est recensée sur les stations d'études.

Les observations confirment l'acceptabilité biologique de la zone comme site d'immersion des produits de dragages.

5 Le suivi des immersions

5.1 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.

5.2 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.

5.3 Travaux de dragage et d'immersion pour la période 2013-2014

Les travaux intervenus au cours de la période septembre 2013 – juin 2014 sont les suivants :

- Dragage d'entretien des souilles du pôle course de la BSM pour le compte de Lorient agglomération début 2014. Le volume total de sédiments dragués s'élève à 48 000 m³ ; 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 mars-avril 2014. Le volume total de sédiments dragués s'élève à 16 802 m³ ; 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.

5.4 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 moins de 1 700 000 m³ de sédiments ont été clapés, soit une moyenne actuelle d'un peu moins de 95 000 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.

Pour la période du suivi 2013-2014, 64 802 m³ de sédiments ont été immergés au total. Le tableau synthétisant les volumes dragués et les lieux d'origine, depuis 1997 jusqu'en 2014 pour les opérations terminées, est joint en dernière page du présent rapport.

6 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 2013 et 2014 ne laisse pas apparaître de perturbations significatives d'origine anthropique sur les stations de la radiale.

Les sédiments prélevés en 2014 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.

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

Le compartiment « chimie et peuplement benthique », mis en place en 2010 sur trois stations dans l'aire d'influence du site d'immersion, permet de caractériser les habitats bio-sédimentaires, de définir les peuplements benthiques et d'évaluer la qualité du milieu. En 2014 sur ce compartiment, il n'a pas été détecté de signes notables de perturbation du milieu en relation avec les immersions.

L'examen des différents résultats et mesures issus des opérations réalisées dans le cadre du suivi 2014 ne révèle pas d'impact préjudiciable sur l'environnement à proximité du site d'immersion.

La surveillance du site d'immersion sera poursuivie pour la période 2014-2015, avec les modifications suivantes :

- mise en œuvre d'un protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité macroalgues subtidales, qui permettra une comparaison plus pertinente avec les autres points du réseau régional et national et qui remplacera avantageusement le suivi vidéo qui a montré ses limites.
- Seuls les stations 23 (Kerroc'h) et 6 au sud du site d'immersion continueront à faire l'objet d'un suivi vidéo.
- Analyse de sédiments sur 2 stations de la radiale, station 21 Basse de la paille et station 24 anse du Pérello, et abandon des quatre autres stations.

Les autres opérations de suivi restent inchangées.

Page 17/17 - récapitulatif des volumes immergés depuis 1997

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
Provenance		Années du suivi																		Totaux
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Plaisance (LORIENT Agglo)	Groix	15 000																		15 000
	Locmiquélic Pen Man	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	480 450
Commerce (Région Bretagne)	Quai de 568 m					23 000	1 700			8 800			29 100		39 400	34 600	3 600			140 200
	Quai de 150 m					12 500	2 600						27 850		11 800	9 100				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		80 700
	Poste Roulier	9 000					500											6 700		16 200
	Autres		9 000										99 450	4 000				13 300		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	610 300
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	303 462
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	1 680 312
Moyenne annuelle depuis la mise en service du site																				93 351

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°2

Fiches de protocole

SUIVI 2014 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

GENERALITES

Responsable	**Région BRETAGNE -DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- COCHET Environnement (expertise sédiments et coquillages) - MNHN Concarneau (expertise vidéo des fonds) - Laboratoire de Rouen – 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/DPAVN/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 m^3. 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 de flotteurs	selon besoins
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 2014 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

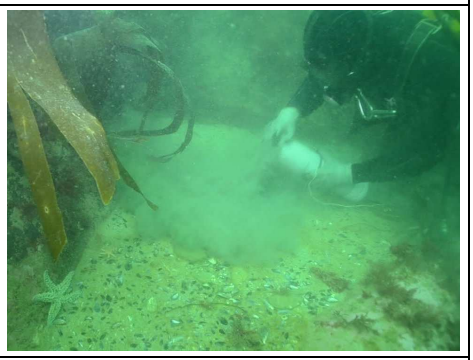
SUIVI VIDEO DES FONDS SUR LA RADIALE	
Responsable	**Région BRETAGNE –DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- MNHN Concarneau (expertise technique) - ISMER Lorient (moyens nautiques, plongeurs et vidéos sous-marines) - CRB/DPAVN/Antennes Portuaires de Lorient et Saint-Malo
Période d'intervention	**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 Saint-Malo : plongeurs.
Protocole à suivre	Six (6) points ont été choisis entre le site d'immersion et la côte de Ploemeur. En chacun des points, positionnés précisément au DGPS, 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	- ISMER : réalisation d'un film de six (6) séquences claires et nettes de trois (3) minutes chacune concernant chaque point de suivi vidéo, soit un montage de dix-huit (18) à vingt (20) minutes au total, 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 2014 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

PRELEVEMENTS DE SEDIMENTS SUR LA RADIALE	
Responsable	**Région BRETAGNE –DPAVN /Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- COCHET Environnement (expertise technique) - Laboratoire de Rouen-ALPA CHIMIES (analyses sédiments) - ISMER Lorient (moyens nautiques, plongeurs et vidéos sous-marines) - CRB/DPAVN/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 de Rouen –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	Six (6) points ont été choisis entre le site d'immersion et la côte de Ploemeur. 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	- Laboratoire de Rouen-ALPA CHIMIES : constitution des six (6) échantillons moyens à partir des dix-huit (18) 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.

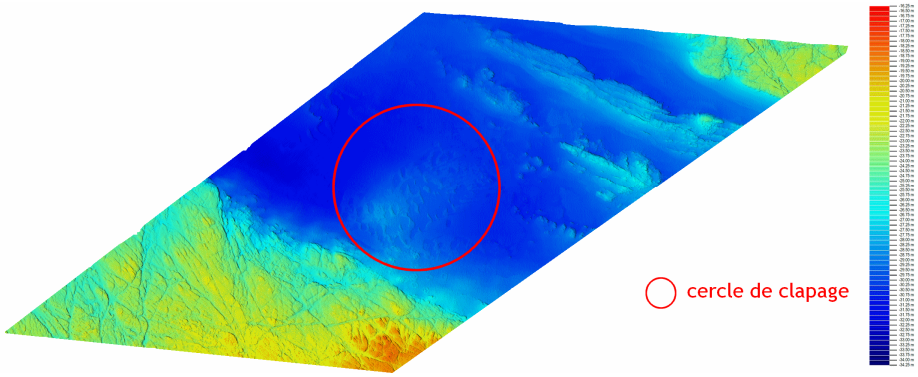
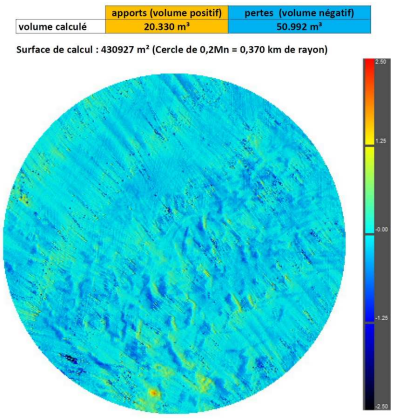
SUIVI 2014 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

ECHANTILLONNAGE DES SEDIMENTS

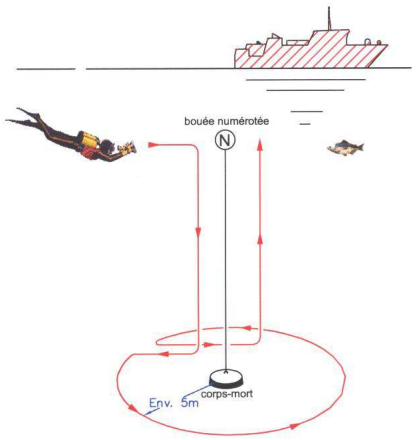
Responsable	**Région BRETAGNE – DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- Moyens nautiques – Plongeurs (extérieurs) - Contrôleur de l'Antenne Portuaire de Lorient
Période d'intervention	**Juin**
Mise en place	Chaque année, en tant que responsable de l'opération, l'Antenne Portuaire de Lorient organise la campagne de prélèvements et récupère les flaconnages et glacières de transport nécessaires auprès du Labo de Rouen-ALPA CHIMIES.
Moyens nécessaires à mettre en oeuvre	- carottiers PVC (3), seau, spatule : matériel APAL - flaconnages plastique (18) et verre (18) et glacières de transport : fournis par Labo de Rouen
Protocole à suivre	Sur chacun des 6 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 de Rouen-ALPA CHIMIES.
Rendu final	- Laboratoire de Rouen-ALPA CHIMIES : analyses granulométriques et physico-chimiques des échantillons de sédiments.

SUIVI 2014 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

SUIVI BATHYMETRIQUE DU SITE

Responsable	**Région BRETAGNE – DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- GEOxyz Euralille (levé bathymétrique) - CRB/DPAVN/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 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.

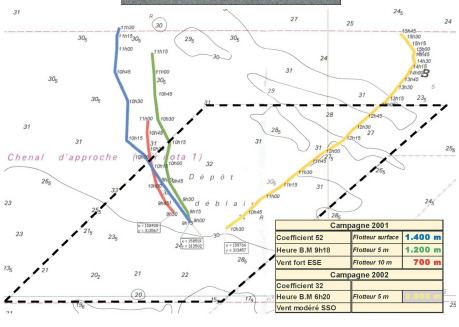
SUIVI 2014 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

SUIVI VIDEO DES FONDS DU SITE		
Responsable	**Région BRETAGNE – DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient**	
Intervenants	- MNHN Concarneau (expertise technique) - ISMER Lorient (moyens nautiques, plongeurs et vidéos sous-marines) - CRB/DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient	
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	- ISMER : marins, plongeurs vidéastes.	
Protocole à suivre	Dix (10) 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	- ISMER : réalisation d'un film de onze (11) à douze (12) séquences claires et nettes de trois (3) minutes chacune concernant chaque point de suivi vidéo, soit un montage de trente (30) à quarante (40) minutes au total, 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 2014 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

SUIVI COURANTOLOGIQUE PAR FLOTTEURS

Responsable	**Région BRETAGNE – DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- IFREMER La Trinité sur Mer - Société extérieure pour fournitures de moyens nautiques - CRB/DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient
Période d'intervention	**A définir selon les besoins**
Mise en place	Chaque fois que nécessaire, en tant que responsable de l'opération, l'Antenne Portuaire de Lorient commande l'intervention auprès des prestataires concernés.
Moyens matériels nécessaires à mettre en oeuvre	- Société extérieure : moyens nautiques, petit matériel (corps morts, bouées, manilles, cordages…) ; - Antenne Portuaire de Lorient : moyens de prélèvements.
Moyens humains nécessaires	- Société extérieure : marins ; - Antenne Portuaire de Lorient : contrôleurs.
Protocole à suivre	Trois flotteurs, comportant un dispositif à forte emprise sur le courant situé pour chacun à une profondeur différente (surface, -5 m et -10 m), sont lâchés sur zone en même temps qu'un clapage. Leur position est relevée toutes les demi-heures environ. Au moment des levés, une indication sur les vents en présence est demandée par VHF au sémaphore de Beg Melen. Parallèlement, des prélèvements d'eau sont effectués afin de réaliser un contrôle de la turbidité (possibilité de réaliser les analyses à IFREMER).
Rendu final	- Un plan des dérives - assorti de commentaires - est intégré dans le dossier point d'étape annuel.



SUIVI 2014 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

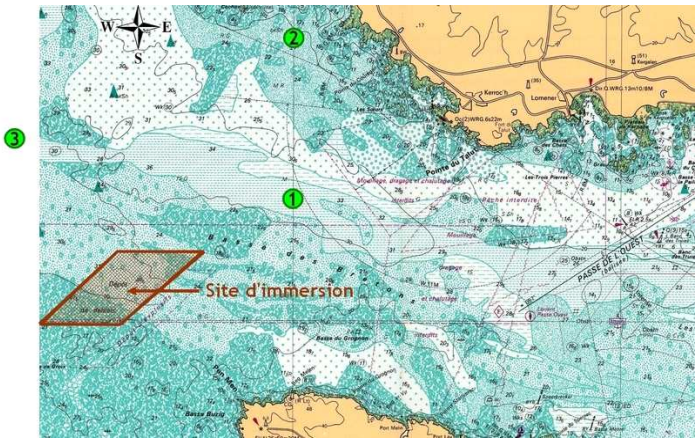
SUIVI BIOLOGIQUE DU SITE	
Responsable	**Région BRETAGNE – DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- COCHET Environnement (expertise technique) - Laboratoire de Rouen –ALPA CHIMIES (analyses chair de coquillages) - ISMER Lorient (moyens nautiques, plongeurs) - CRB/DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient
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 de Rouen-ALPA CHIMIES : moyens d'analyses.
Moyens humains nécessaires	- ISMER : marins, plongeurs ; - Antenne Portuaire de Lorient : contrôleurs.
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 de Rouen-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 2014 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DU SITE	
Responsable	**Région BRETAGNE – DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- COCHET Environnement (expertise technique) - Laboratoire de Rouen-ALPA CHIMIES (analyses chair de coquillages) - CRB/DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient
Période d'intervention	**Août - septembre**
Mise en place	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.
Moyens matériels nécessaires à mettre en oeuvre	- COCHET Environnement : moyens de prélèvement et de conditionnement des échantillons ; - Laboratoire de Rouen-ALPA CHIMIES : moyens d'analyses.
Moyens humains nécessaires	- COCHET Environnement : préleveur-contrôleur.
Protocole à suivre	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.
	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.
Rendu final	- Laboratoire de Rouen-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 2014 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

SURVEILLANCE CHIMIE ET PEUPLEMENT BENTHIQUE

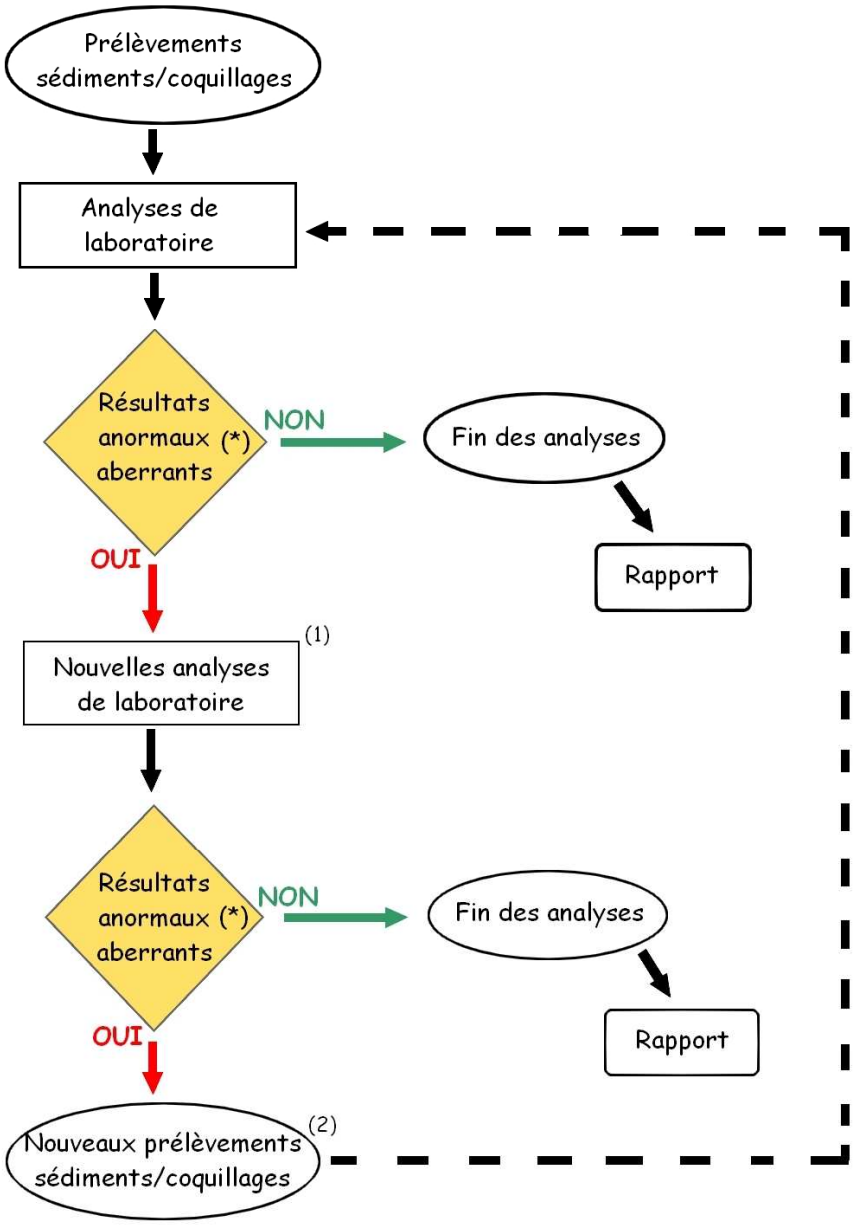
Responsable	**Région BRETAGNE DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient**
Intervenants	- INVIVO (analyses benthos et expertise technique) - Laboratoire agréé (analyses sédiments marins) - CRB/DPAVN/Antenne Portuaire de Lorient
Période d'intervention	**Juillet - août**
Mise en place	Chaque année, en tant que 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 2014 DU SITE D'IMMERSION DES PRODUITS DE DRAGAGES AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

DEMARCHE QUALITE

Responsable	Région BRETAGNE - DPAVN/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

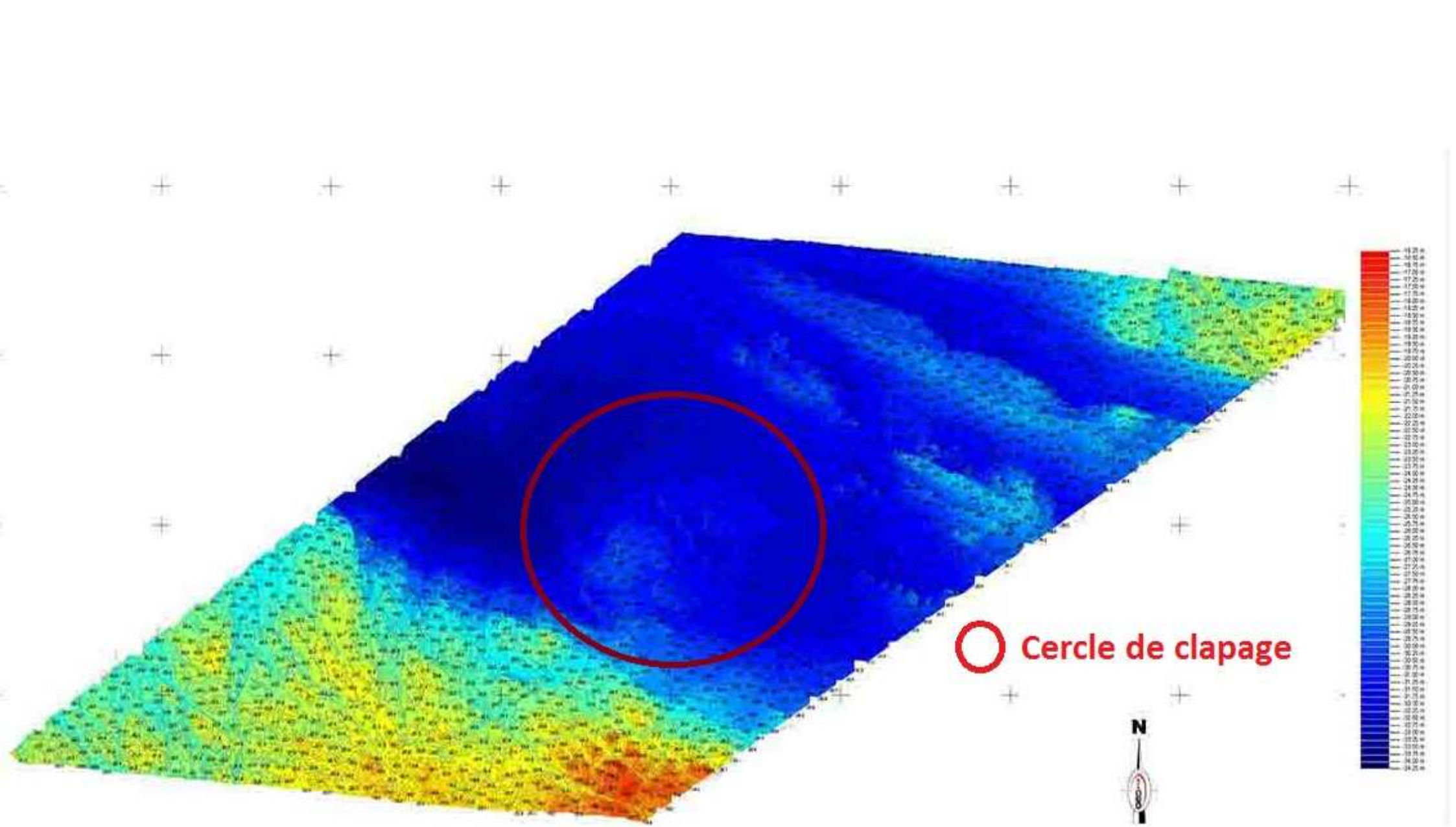
(2) sur les stations de la radiale pour les sédiments et sur les points de surveillance pour les coquillages

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°3

Plan bathymétrique – septembre 2014

Comparaison et calcul de cubatures 2013/2014


Cercle de clapage
N

CALCULS DE CUBATURES

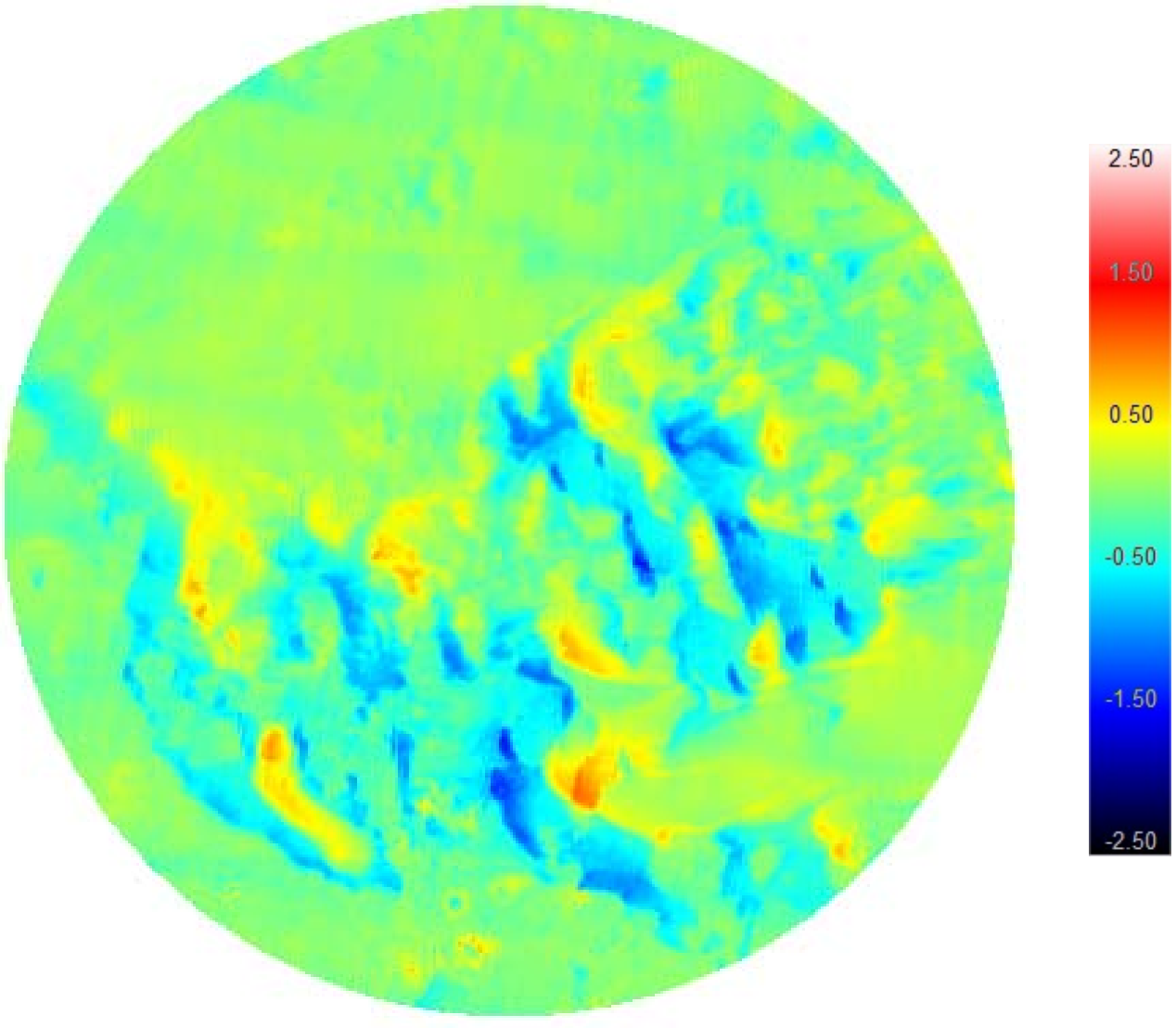
CALCUL DE CUBATURE ENTRE DEUX MODELES NUMERIQUES
Septembre 2013 - Septembre 2014

Les calculs de cubatures ont été réalisés sur la base de deux MNT de 2x2m entre les données levées par GEOXYZ en septembre 2013 et 2014 :

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

	apports (volume positif)	pertes (volume négatif)
volume calculé	36.327 m³	49.969 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 2014 sur les six stations réparties entre le site d'immersion et la côte de Plœmeur

et

Direction des ports,
aéroports et voies
navigables

Antenne portuaire et
aéroportuaire de Lorient

SUIVI 2014 DU SITE D'IMMERSION AU LARGE DE GROIX

Rapport des plongées de la Phase 1

Juillet 2014

Sommaire

1 Généralités....3
2 Les prestations de plongées....4
2.1 Généralités....4
2.2 Moyens mis en œuvre....4
2.3 Observations sur la conduite des prises de vue....5
3 Rapports de plongées....5
3.1 Point du suivi n°26 : Basse des Bretons....5
3.2 Point du suivi n°22 : Fosse centrale du courreau de Groix....6
3.3 Point du suivi n°23 : Kerroc'h, littoral de Plœmeur....6
3.4 Point de suivi n°24 : Anse du Péréllo, littoral de Plœmeur....7
3.5 Point de suivi n°25 : Anse du Stole bouée 64, Plœmeur....8
3.6 Point du suivi n°21 : Basse de la Paille....9
4 Suite donnée aux plongées de la phase 1....10
5 Annexe....11
5.1 Compte rendu de la réunion MNHM/ISMER/APAL du 13/06/2014, relative à la réalisation des prises de vues....11

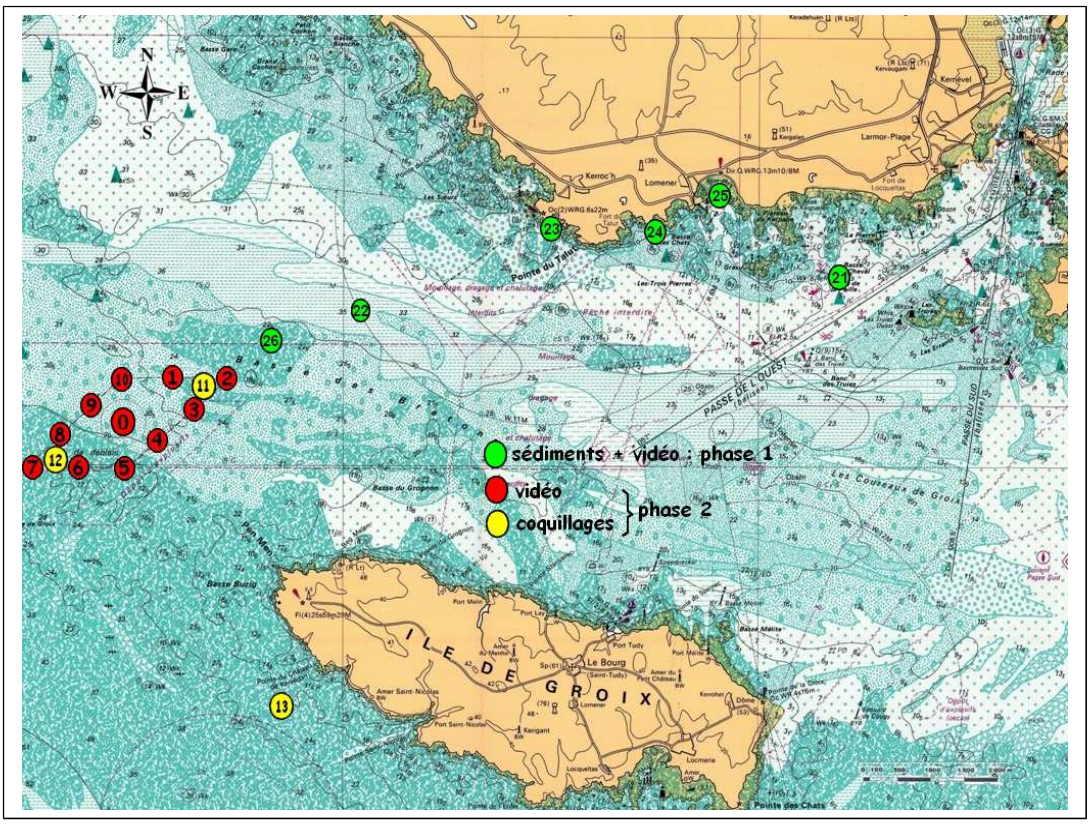
1 Généralités

La 1ère phase de plongées du suivi annuel du site d'immersion a généralement lieu au cours du mois de juin ; elle concerne six (6) points situés sur la radiale, entre le site d'immersion et la côte de Ploemeur, et numérotés de 21 à 26. En chacun de ces points, **un suivi vidéo des fonds** et **un prélèvement de sédiments de surface** sont réalisés. Les fonds varient de -6 à -38 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 de chacun des six (6) points.

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 six points matérialisés ont les coordonnées suivantes :

21	47°41'5200 N - 3°24'2300 W	24	47°41'9100 N - 3°26'4500 W
22	47°41'1925 N - 3°29'7338 W	25	47°42'1800 N - 3°25'6500 W
23	47°41'9000 N - 3°27'6300 W	26	47°40'9935 N - 3°30'8663 W

La 1ère phase de plongées s'est déroulée les 16 et 17 juin 2014.

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 et d'une équipe de plongeurs d'une société extérieure équipés de matériel vidéo sous-marin.

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

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 de la Région BRETAGNE est présent à bord 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 + zodiac ;

Plongeurs et équipage:

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

ISMER (LORIENT) : Jean-Gabriel SAMZUN - Capitaine scaphandrier (mention A), Robert LASBLEYE – matelot mécanicien, Thomas PENNEC – scaphandrier (mention A) ;

Moyens vidéos : ISMER (LORIENT) ;

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 13 juin 2014 par Didier BRIAND, DPAVN.

2.3 Observations sur la conduite des prises de vue

Une réunion s'est tenue le 13 juin 2014, dont l'objectif était d'évaluer la méthodologie de réalisation des prises de vues, et de l'adapter plus finement aux besoins de leur interprétation scientifique. Au delà de la prise de vues d'ambiance générale, il convient également de produire des images susceptibles d'être comparées d'une année sur l'autre, comprenant des plans fixes détaillés pour l'identification des végétaux, des données telles que l'heure, le cap et la profondeur, le tout avec un éclairage renforcé.

Ces améliorations sont applicables dans le cadre du contrat ISMER initial.

(C.R. En annexe 5)

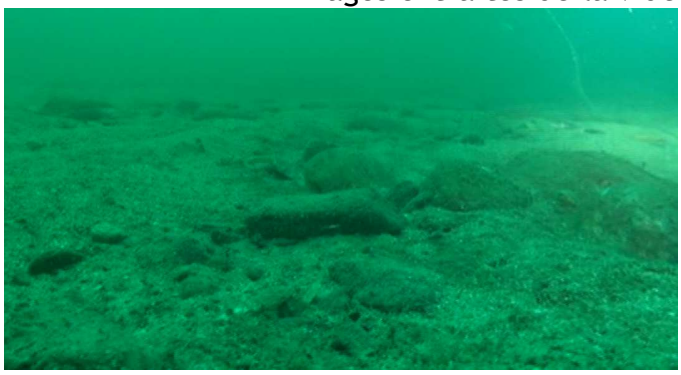
3 Rapports de plongées

3.1 Point du suivi n°26 : Basse des Bretons

Date	**16 juin 2014**	Plongée n°	**1**	Début	**15 h 30**	Fin	**15 h 45**
Coordonnées		Latitude	**47°40'993 N**		Longitude	**3°30'866 W**	
Plongeurs		**Michel GLET - Jean Gabriel SAMZUN**					
Profondeur	**27,40 m**	Nature des fonds		**Sable, galets et pierres plates**		Visibilité	**3,0 m**
Mer	**belle**	Temps	**Beau, quelques cumulus, vent NE 4**	Marée	**95**	Hauteur	**1.50 m**

Observations : vidéo sous-marine et prélèvement de sédiments ; faune très peu présente.

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°26

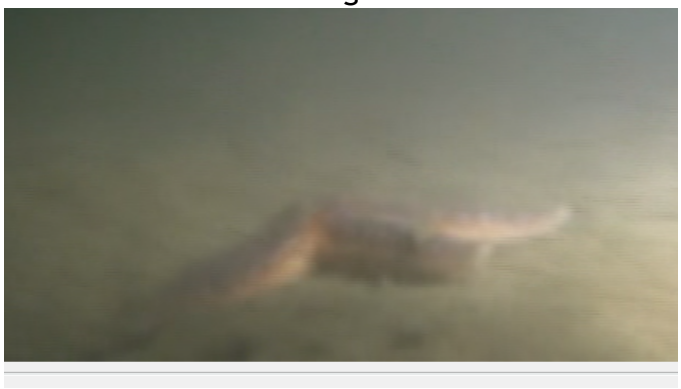


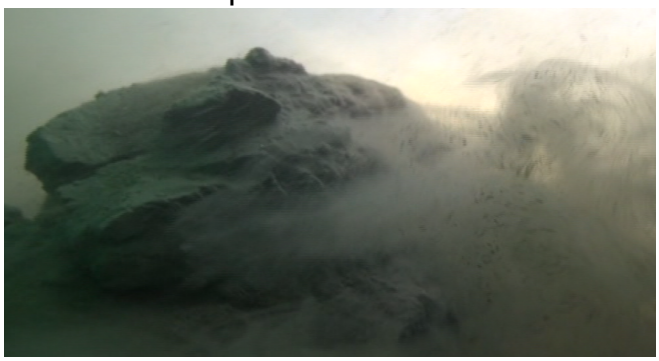
3.2 Point du suivi n°22 : Fosse centrale du courreau de Groix

Date	**16 juin**	Plongée n°	**2**	Début	**16 h 37**	Fin	**16 h 57**
Coordonnées		Latitude	**47°41'192 N**		Longitude	**3°29'734 W**	
Plongeurs		**Jean-Michel FERRAND - Thomas PENNEC**					
Profondeur	**38,70 m**	Nature des fonds		**Vase molle**		Visibilité	**Quasi nulle**
Mer	**belle**	Temps	**soleil vent NE 4**	Marée	**95**	Hauteur	**3,50 m**

Observations : vidéo sous-marine et prélèvement de sédiments ; zone d'accumulation de sédiments fins et de vase ; absence de flore, 1 bernard l'ermite; turbidité moyenne à forte.

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°22



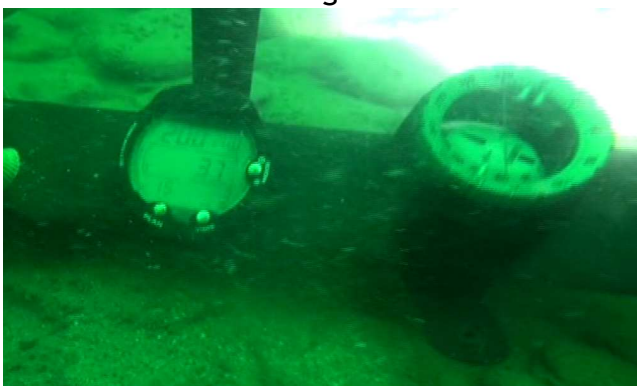


3.3 Point du suivi n°23 : Kerroc'h, littoral de Plœmeur

Date	**17 juin**	Plongée n°	**3**	Début	**10 h 10**	Fin	**10 h 25**
Coordonnées		Latitude	**47°41'900 N**		Longitude	**3°27'630 W**	
Plongeurs		**Michel GLET - Jean-Gabriel SAMZUN**					
Profondeur	**6 m**	Nature des fonds		**Roches**		Visibilité	**2,50 m**
Mer	**belle**	Temps	**nuageux**	Marée	**92**	Hauteur	**4,50 m**

Observations : vidéo sous-marine et prélèvement de sédiments ; fond rocheux, peu de sable, cailloux et galets, présence de nombreuses espèces végétales ; faune rencontrée : des vieilles. Visibilité 2 à 3 m.

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

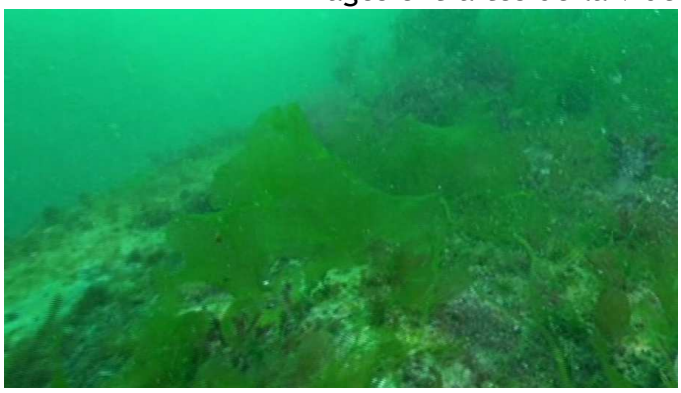


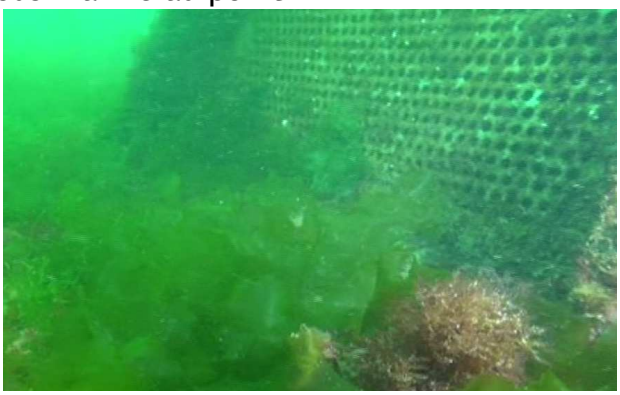
3.4 Point de suivi n°24 : Anse du Péréllo, littoral de Plœmeur

Date	**17 juin**	Plongée n°	**4**	Début	**10 h 45**	Fin	**11 h 00**
Coordonnées		Latitude	**47°41'910 N**		Longitude	**3°26'450 W**	
Plongeurs		**Michel GLET – Jean Gabriel SAMZUN**					
Profondeur	**6,90 m**	Nature des fonds		**Falaises de roche, galets et sable**		Visibilité	**2,50 m**
Mer	**peu agitée**	Temps	**Nuageux, vent modéré 2-3**	Marée	**92**	Hauteur	**3,70 m**

Observations : vidéo sous-marine et prélèvement de sédiments ; fond rocheux avec des sables grossiers et des galets peu abondants ; présence d'une forte biodiversité végétale en zone exposée ; visibilité 2 à 3m.

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





3.5 Point de suivi n°25 : Anse du Stole bouée 64, Plœmeur

Date	**17 juin**	Plongée n°	**3**	Début	**11 h 30**	Fin	**11 h 40**
Coordonnées		Latitude	**47°42'180 N**		Longitude	**3°25'650 W**	
Plongeurs		**Jean-Michel FERRAND – Thomas PENNEC**					
Profondeur	**5,90 m**	Nature des fonds		**Sable et vase**		Visibilité	**4,50 m**
Mer	**belle**	Temps	**Nuageux vent NE2**	Marée	**92**	Hauteur	**3,00 m**

Observations : vidéo sous-marine et prélèvement de sédiments ; fond sablo-vaseux micacé consolidé ; présence de faune et flore ; turbidité faible à moyenne. Découverte d'un fragment de jumelles anciennes en métal jaune, quelques débris anthropiques (on est sur une zone de mouillage).

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°25

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

Date	**17 juin**	Plongée n°	**2**	Début	**12 h 20**	Fin	**12 h 35**
Coordonnées		Latitude	**47°40'993 N**		Longitude	**3°30'866 W**	
Plongeurs		**Thomas PENNEC – Jean-Michel FERRAND**					
Profondeur	**16 m**	Nature des fonds		**Sable et roches**		Visibilité	**1-2 m**
Mer	**belle**	Temps	**Nuageux vent NE4**	Marée	**92**	Hauteur	**2,50 m**

Observations : vidéo sous-marine et prélèvement de sédiments ; point de plongée légèrement déplacé, pour satisfaire aux instructions du MNHM : exploration vidéo d'un tombant rocheux (« fosse des sabliers »).

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

4 Suite donnée aux plongées de la phase 1

Les séquences de vidéo sous-marines sont traitées par ISMER qui réalise, pour cette phase, un film de six (6) séquences, parfois en deux parties, consacrant au moins trois (3) minutes d'images concernant chaque point de suivi, constituant un montage vidéo d'environ vingt trois (23) minutes au total sauvegardé sur DVD.

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 mercredi 18 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 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 font l'objet de rapports qui sont intégrés au dossier de suivi annuel du site d'immersion.

5 Annexe

5.1 Compte rendu de la réunion MNHM/ISMER/APAL du 13/06/2014, relative à la réalisation des prises de vues.

Muséum national d'histoire naturelle
Station Marine de Concarneau

Suivi du site d'immersion au large de Groix

Bilan de la réunion en vue d'optimiser les prises de vue des Phases 1 et 2

Réunion du 13/06/2014 à l'antenne portuaire de Lorient, en présence de M. Philippe Le Vaillant, M. Jean-Gabriel Samezun, Mme Sandrine Derrien et Mme Elodie Catherine

Divers éléments ont été retenus afin d'améliorer l'analyse des vidéos :

1 Eclairage à renforcer

- Pour les sites rocheux tel que Kerroc'h, il est important d'effectuer le même parcours (même distance) chaque année. Pour ce faire, il faut si la configuration des sites le permet :

1.1 **bien identifier le point de départ du parcours** : en surface, prendre des repères à l'aide de photos, et au fond noter la profondeur du point de départ

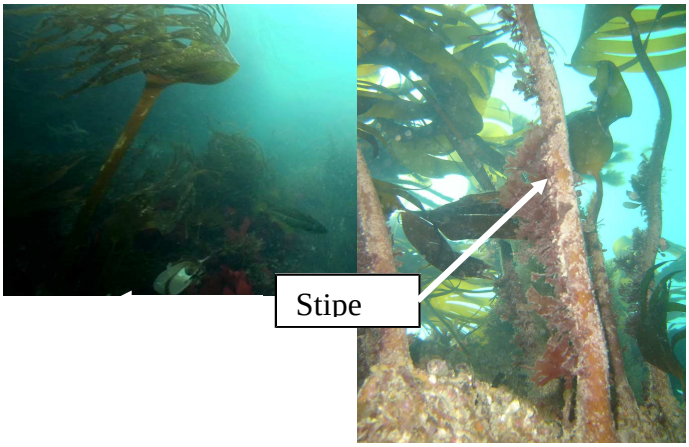
1.2 **bien situer le parcours à reproduire chaque année** : prendre des repères sous l'eau comme des roches ou failles (proposition à la suite de la réunion : noter la profondeur d'élément topographique marquant, réaliser un schéma du site pour mémoire)

1.2.1 Pour l'ensemble des points :

1.3 réaliser des vues d'ensemble et des images rasantes du fond qu'il soit meuble ou dur

1.4 pendant la progression, faire des pauses (5 secondes) en étant proche du fond

1.5 filmer les stipes des grandes algues brunes pour pouvoir les identifier :



1.5.1 Pour les sites rocheux avec grandes algues brunes :

1.6 noter la profondeur des dernières grandes algues

Procédure proposée : descendre à la gueuse, repérer la pente (noter le cap), descendre jusqu'au sédiment, noter la profondeur du sédiment, remonter vers la gueuse et noter et filmer la première grande algue brune rencontrée

Pour simplifier la prise d'information sous l'eau (cap et profondeur), il a été proposé par M. Samezun de mettre dans le champ de la caméra un compas électronique et un profondimètre. Une montre peut éventuellement être ajoutée.

- Pour le site 25 Anse de Stole : filmer l'herbier hors du champ d'action de la chaine de mouillage.

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°5

Rapport des plongées de la phase 2

Réalisées en septembre 2014 sur onze 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 2014 DU SITE D'IMMERSION AU LARGE DE L'ÎLE DE GROIX

Rapport des plongées de la Phase 2

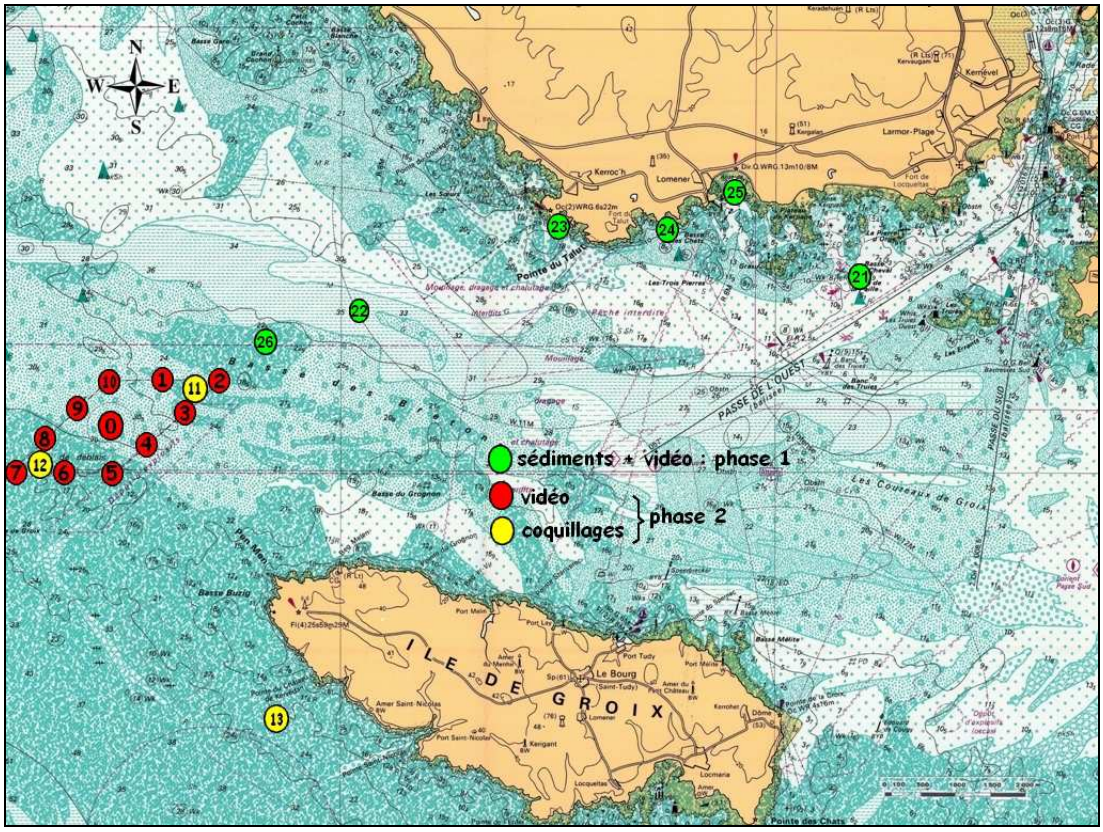
Septembre 2014

Sommaire

1 Généralités....3
2 Les prestations de plongées....5
2.1 Généralités....5
2.2 Moyens mis en œuvre....5
3 Rapports des plongées de suivi vidéo....6
3.1 Point du suivi n°1 : milieu côté nord du site d'immersion....6
3.2 Point du suivi n°2 : coin nord-est du site d'immersion....6
3.3 Point du suivi n°3 : côté est du site d'immersion....7
3.4 Point de suivi n°4A : côté est du site d'immersion....7
3.5 Point de suivi n°5 : coin sud-est du site d'immersion....8
3.6 Point du suivi n°6 : milieu côté sud du site....8
3.7 Point du suivi n°7 : coin sud-ouest du site....9
3.8 Point du suivi n°8 : côté ouest du site....9
3.9 Point du suivi n°9 : milieu côté sud du site....10
3.10 Point du suivi n°10 : coin nord-ouest du site....10
3.11 Point du suivi n°0 : centre de la zone de clapage....11
4 Rapports des plongées de suivi biologique....12
4.1 Point du suivi n°11 : nord-est du site d'immersion....12
4.2 Point du suivi n°12 : sud-ouest du site d'immersion....12
4.3 Point du suivi n°13 : sud-ouest de Groix....13
5 Suite donnée aux plongées de la phase 2....14

1 Généralités

La 2ème phase de plongées du suivi annuel du site d'immersion a généralement lieu fin août début septembre. Elle intègre **un suivi vidéo des fonds** sur les onze (11) points du site d'immersion, numérotés de 0 à 10, 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 à l'intérieur de la zone d'immersion. Pour les dix (10) points périphériques matérialisés, la vidéo consiste à filmer chaque bouée numérotée, puis les fonds dans un rayon de cinq (5) mètres autour du point.

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 quatorze (14) points matérialisés ont les coordonnées suivantes :

Suivi vidéo des fonds			
1	47°40'585 N - 3°32'296 W	2	47°40'594 N - 3°31'846 W
3	47°40'372 N - 3°32'137 W	4A	47°40'165 N - 3°32'412 W
5	47°39'960 N - 3°32'702 W	6	47°39'963 N - 3°33'199 W
7	47°39'963 N - 3°33'701 W	8	47°40'171 N - 3°33'377 W
9	47°40'378 N - 3°33'053 W	10	47°40'585 N - 3°32'730 W
0	47°40'300 N - 3° 33'700 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 du 08 au 11 septembre 2014 et du 18 au 19 septembre 2019.

2 Les prestations de plongées

2.1 Généralités

Le dispositif de la mission est composé de plongeurs professionnels de la région Bretagne et d'une société extérieure qui est équipée de matériel vidéo sous-marin.

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

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…).

2.2 Moyens mis en œuvre

Moyens nautiques : ISMER (LORIENT) : barge INISHGLAS + zodiac MAKO;

Plongeurs : - Michel GLET, Jean-Michel FERRAND (Port de SAINT-MALO),
- Jean-Gabriel SAMZUN (ISMER LORIENT), Thomas PENNEC (ISMER)

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

Moyens vidéos : ISMER (LORIENT) ;

Coordinateur : Philippe LE VAILLANT (Port de LORIENT).

3 Rapports des plongées de suivi vidéo

3.1 Point du suivi n°1 : milieu côté nord du site d'immersion

Date	**11 sept**	Plongée n°	**12**	Début	**11 h 58**	Fin	**12 h 16**
Coordonnées		Latitude	**47°40,585 N**		Longitude	**3°32,296 W**	
Plongeurs		**Jean-Michel FERRAND – Thomas PENNEC**					
Profondeur	**33 m**	Nature des fonds		**Roches et sable**		Visibilité	**5,0 m**
Mer	**belle**			Marée	**114-111**	Hauteur	**1,00 m**

Observations : plongée vidéo sur position GPS + trace échosondeur : installation trouvée après circulaire ; fond de sable, cailloutis et roches avec fine pellicule de sédiments ; quelques poissons, crevettes et échinodermes ; turbidité faible à moyenne.

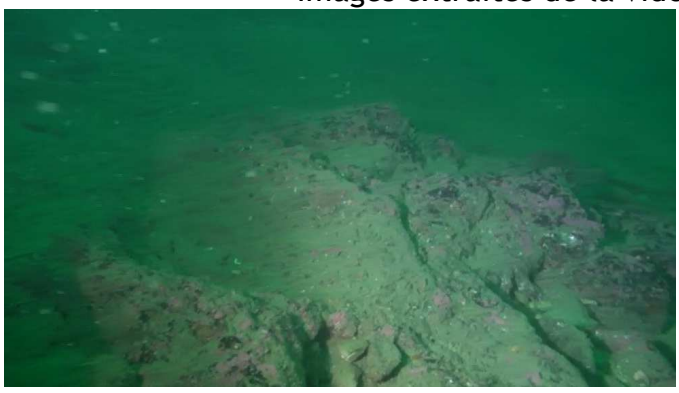
Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°1

3.2 Point du suivi n°2 : coin nord-est du site d'immersion

Date	**11 sept**	Plongée n°	**11**	Début	**11 h 03**	Fin	**11 h 25**
Coordonnées		Latitude	**47°40'594 N**		Longitude	**3°31'846 W**	
Plongeurs		**Jean-Gabriel SAMZUN – Michel GLET**					
Profondeur	**30,30 m**	Nature des fonds		**Roches et sable**		Visibilité	**7,0 m**
Mer	**Belle**			Marée	**114-111**	Hauteur	**2,00 m**

Observations : plongée vidéo sur position GPS + trace échosondeur : installation (ancienne) repérée après circulaire, contrôlée et en bon état ; fond de sable et roches avec fine pellicule de sédiments ; quelques échinodermes, algues encroûtantes et poissons ; turbidité faible.

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°2



3.3 Point du suivi n°3 : côté est du site d'immersion

Date	19 sept	Plongée n°	16	Début	10 h 43	Fin	10 h 58
Coordonnées		Latitude	47°40'372 N		Longitude	3°32'137 W	
Plongeurs		Michel GLET - Jean-Gabriel SAMZUN					
Profondeur	34 m	Nature des fonds		Sable vase roche		Visibilité	15,0 m
Mer	Belle houle 1m50			Marée	40-44	Hauteur	3,10 m

Observations : plongée sur position GPS + trace échosondeur : installation contrôlée et en bon état ; fond de sable et cailloutis avec fine pellicule de sédiments ; faune et flore peu abondantes; turbidité faible. 17°C au fond.

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°3

3.4 Point de suivi n°4A : côté est du site d'immersion

Date	10 sept	Plongée n°	10	Début	15 h 43	Fin	16 h 05
Coordonnées		Latitude	47°40'165 N		Longitude	3°32'412 W	
Plongeurs		Michel GLET - Jean-Gabriel SAMZUN					
Profondeur	34 m	Nature des fonds		Sable et cailloux		Visibilité	2,0 m
Mer	belle			Marée	115-115	Hauteur	4,00 m

Observations : plongée vidéo sur position GPS + trace échosondeur : ancienne installation, nouvelle non repérée ; fond de roches avec sable et vase consolidée ; faune (ophiures) et flore peu abondante ; turbidité moyenne à forte.

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°4A

3.5 Point de suivi n°5 : coin sud-est du site d'immersion

Date	**8 sept**	Plongée n°	**1**	Début	**15 h 10**	Fin	**15 h 45**
Coordonnées		Latitude	**47°39'960 N**		Longitude	**3°32'702 W**	
Plongeurs		**Michel GLET – Jean-Gabriel SAMZUN**					
Profondeur	**27,9 m**	Nature des fonds		**Roches et sable**		Visibilité	**7,0 m**
Mer	**Belle**			Marée	**97-104**	Hauteur	**5,00 m**

Observations : plongée sur position GPS + trace échosondeur : ancienne installation reliée avec nouvelle, contrôlée et en bon état ; fond de roches et sable fin, failles rocheuses; milieu colonisé par les algues, quelques échinodermes et poissons (oursins, vieilles); laminaires jusqu'à 22m ; turbidité faible.

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°5

3.6 Point du suivi n°6 : milieu côté sud du site

Date	**8 sept**	Plongée n°	**2**	Début	**16 h 15**	Fin	**16 h 30**
Coordonnées		Latitude	**47°39'963 N**		Longitude	**3°33'199 W**	
Plongeurs		**Jean-Michel FERRAND – Thomas PENNEC**					
Profondeur	**27,9 m**	Nature des fonds		**Roches et sable**		Visibilité	**8,0 m**
Mer	**Belle**			Marée	**97-104**	Hauteur	**5,50 m**

Observations : plongée sur position GPS + trace échosondeur : ancienne installation et nouvelle à proximité, contrôlée et en bon état ; fond essentiellement composé de roches ; milieu colonisé par les algues, quelques échinodermes et poissons ; turbidité faible.

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°6

3.7 Point du suivi n°7 : coin sud-ouest du site

Date	**18 sept**	Plongée n°	**13**	Début	**13 h 50**	Fin	**14 h 07**
Coordonnées		Latitude	**47°39'963 N**		Longitude	**3°33'701 W**	
Plongeurs		**Jean-Michel FERRAND - Thomas PENNEC**					
Profondeur	**29,4 m**	Nature des fonds		**Roches et sable**		Visibilité	**15,0 m**
Mer	**Belle, houle 1m**			Marée	**34-36**	Hauteur	**4,05 m**

Observations : plongée sur position GPS: pas d'installation trouvée après circulaire ; fond composé de roches et de graviers ; milieu colonisé par les algues, quelques échinodermes et poissons (petits lieus) ; aucune présence de vase repérée ; turbidité faible. Fond très beau, rochers micaschiste

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°7

3.8 Point du suivi n°8 : côté ouest du site

Date	**18 sept**	Plongée n°	**14**	Début	**14 h 37**	Fin	**14 h 55**
Coordonnées		Latitude	**47°40'171 N**		Longitude	**3°33'377 W**	
Plongeurs		**Michel GLET - Jean-Gabriel SAMZUN**					
Profondeur	**27,40 m**	Nature des fonds		**Rocheux**		Visibilité	**12,0 m**
Mer	**Belle**			Marée	**34-36**	Hauteur	**3,90 m**

Observations : plongée sur position GPS + trace échosondeur : installation vérifiée et contrôlée ; fond de roches et de sable fin ; beaucoup d'algues, d'échinodermes et de poissons ; turbidité faible.

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°8

3.9 Point du suivi n°9 : milieu côté sud du site

Date	**19 sept**	Plongée n°	**15**	Début	**10 h 05**	Fin	**10 h 17**
Coordonnées		Latitude	**47°40'378 N**		Longitude	**3°33'053 W**	
Plongeurs		**Jean-Michel FERRAND - Thomas PENNEC**					
Profondeur	**36,60 m**	Nature des fonds		**vase**		Visibilité	**nulle**
Mer	**Belle, houle 1m**			Marée	**40-44**	Hauteur	**2,60 m**

Observations : plongée sur position GPS + trace échosondeur : installation trouvée après circulaire ; fond essentiellement composé de sédiments sablo-vasards ; absence de flore, quelques poissons ; nuage de vase en suspension de 2 à 3m sur le fond.

Image extraite de la vidéo sous-marine au point n°9

3.10 Point du suivi n°10 : coin nord-ouest du site

Date	**11 sept**	Plongée n°	**14**	Début	**15 h 29**	Fin	**15 h 43**
Coordonnées		Latitude	**47°40'585 N**		Longitude	**3°32'730 W**	
Plongeurs		**Jean-Michel FERRAND - Thomas PENNEC**					
Profondeur	**35,30 m**	Nature des fonds		**Roches et sable**		Visibilité	**10,0 m**
Mer	**Belle**			Marée	**114-111**	Hauteur	**2,60 m**

Observations : plongée sur position GPS + trace échosondeur : installation contrôlée et en bon état ; fond essentiellement composé de cailloux, de sables grossiers et fine pellicule de vase ; faune présente (poissons, concombre de mer); turbidité faible.

Images extraites de la vidéo sous-marine au point n°10

3.11 Point du suivi n°0 : centre de la zone de clapage

Date	**11 sept**	Plongée n°	**13**	Début	**14 h 45**	Fin	**15 h 00**
Coordonnées		Latitude	**47°40'300 N**		Longitude	**3°32'700 W**	
Plongeurs		**Michel GLET – Jean-Gabriel SAMZUN**					
Profondeur	**32,80 m**	Nature des fonds		**Sable et vase**		Visibilité	**1,00 m**
Mer	**belle**			Marée	**114-111**	Hauteur	**2,00 m**

Observations : plongée sur position GPS ; fond essentiellement composé de cailloux, sables, de sédiments et de vase poissons et animaux fouisseurs ; vie présente nasses, étoiles de mer.

Image extraite de la vidéo sous-marine au point n°0

4 Rapports des plongées de suivi biologique

4.1 Point du suivi n°11 : nord-est du site d'immersion

Date	**09 sept** **10 sept**	Plongée n°	**3** **7**	Début	**09 h 50** **11 h 10**	Fin	**10 h 10** **11 h 30**
Coordonnées		Latitude	**47°40'480 N**		Longitude	**3°31'960 W**	
Plongeurs		**Jean-Michel FERRAND – Thomas PENNEC** **Jean-Michel FERRAND – Thomas PENNEC**					
Profondeur	**33 m** **33 m**	Nature des fonds		**Sable et roches** **Un peu de vase**		Visibilité	**5,0 m** **6,0 m**
Mer	**Belle** **Belle**			Marée	**109-113** **115-115**	Hauteur	**1,30 m** **1,00 m**

Observations : la 1ère plongée a lieu sur la position GPS et la trace échosondeur : les poches de coquillages 2013 sont retrouvées et remontées, l'installation est balisée avec un témoin en surface. La 2ème plongée a lieu le lendemain pour mettre en place les poches de coquillages 2014 sur l'installation balisée.

4.2 Point du suivi n°12 : sud-ouest du site d'immersion

Date	**09 sept** **10 sept**	Plongée n°	**6** **9**	Début	**15 h 20** **14 h 44**	Fin	**15 h 42** **14 h 59**
Coordonnées		Latitude	**47°40'060 N**		Longitude	**3°33'340 W**	
Plongeurs		**Michel GLET – Jean-Gabriel SAMZUN** **Jean-Michel FERRAND – Thomas PENNEC**					
Profondeur	**28,50 m**	Nature des fonds		**Sable et roches-végétaux**		Visibilité	**5,0 m** **8,0 m**
Mer	**Belle** **Peu agitée**			Marée	**109-113** **115-115**	Hauteur	**4,50 m** **3,00 m**

Observations : la 1ère plongée a lieu sur la position GPS et la trace échosondeur : les poches de coquillages 2013 sont retrouvées et remontées, l'installation est balisée avec un témoin en surface. La 2ème plongée a lieu le lendemain pour mettre en place les poches de coquillages 2014 sur l'installation balisée.

4.3 Point du suivi n°13 : sud-ouest de Groix

Date	**09 sept** **09 sept** **10 sept**	Plongée n°	**4** **5** **8**	Début	**11 h 10** **14 h 12** **12 h 10**	Fin	**11 h 43** **14 h 35** **12 h 25**
Coordonnées		Latitude	**47°38'000 N** **47°38'014 N** **47°38'014 N**		Longitude	**3°30'830 W** **3°30'804 W** **3°30'804 W**	
Plongeurs		**Michel GLET – Jean-Gabriel SAMZUN** **Jean-Michel FERRAND – Thomas PENNEC** **Michel GLET – Jean-Gabriel SAMZUN**					
Profondeur	**28 m** **29 m**	Nature des fonds		**Roches-failles**		Visibilité	**10,0 m** **10,0 m**
Mer	**clapot** **Belle** **Clapot coupé par Groix**			Marée	**109-113** **109-113** **115-115**	Hauteur	**0,60 m** **3,00 m** **0,50 m**

Observations : la 1ère plongée a lieu sur la position GPS théorique et la trace échosondeur : les poches de coquillages 2013 sont retrouvées après une recherche assez longue avec déplacement du lest du témoin à la position actuelle de l'installation, l'installation est balisée avec un témoin en surface. La deuxième plongée a permis la remontée des poches de coquillage ; (plongée complémentaire). La troisième plongée sur ce point a eu lieu le lendemain, afin d'y installer les poches 2014.

5 Suite donnée aux plongées de la phase 2

Les séquences de vidéo sous-marines sont traitées par ISMER qui réalise, pour cette phase, une série de séquences livrées dans un DVD.

Les poches de coquillages 2013 des trois (3) points de suivi biologique ont été recueillies par le laboratoire Cochet Environnement de Locoal-Mendon; Il est à noter que la poche correspondant au point 13, (Sud de Groix), s'est avérée inexploitable, car les moules ont été vraisemblablement consommées par un crabe et une étoile de mer découverts dans la poche. Cochet Environnement a parallèlement procédé aux prélèvements de coquillages sur les deux (2) points de surveillance biologique, y a joint un échantillon témoin, puis conditionné et expédié tous les divers échantillons au Laboratoire de Rouen à des fins d'analyses.
On a donc en analyse de chair de coquillages cinq (5) échantillons correspondant aux installations 11 et 12, aux deux points de surveillance sur le littoral, et l'échantillon témoin qui est resté dans les bassins de Cochet Environnement.

Les résultats des analyses de chair de coquillages sont transmis à Cochet Environnement et le film de vidéo sous-marine à la station du MUSEUM 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.

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

Résultats 2014

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 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)

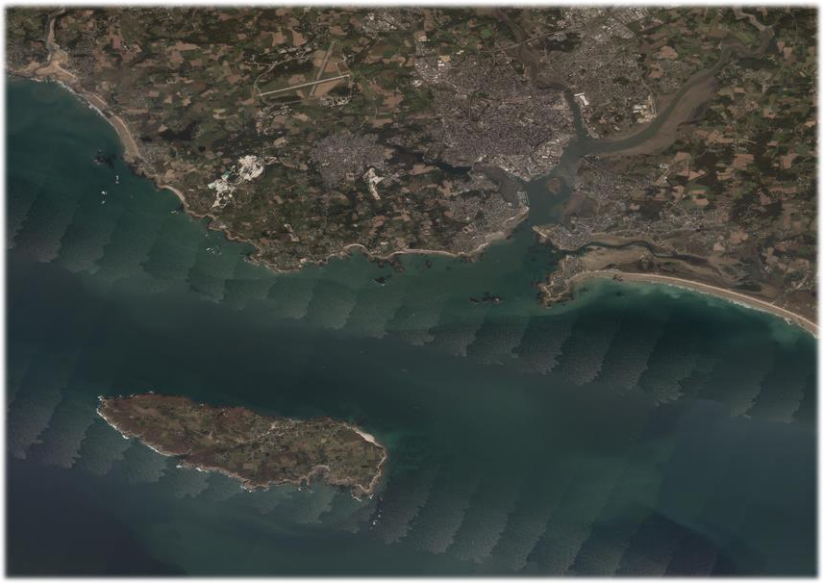


Table des matières

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 6

1.3 Polluants recherchés 6

2 Résultats : analyse des sédiments de la radiale 6

2.1 Caractéristiques physiques et organiques des sédiments prélevés 6

2.2 Concentration des métaux lourds dans les sédiments 8

2.3 Concentration en HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) 19

2.4 Concentration en PCB (Polychlorobiphényles) 27

2.5 Concentration en TBT (Tributylétain) 27

3 Conclusions sur les contaminants métalliques et organiques 28

Résultats du suivi biologique et chimique des coquillages 29

1 Matériel et méthodes 29

3.1 Choix et localisation des stations 29

3.1.1 Réseau de suivi 29

3.1.2 Réseau de « surveillance » 30

3.2 Dates de prélèvements 30

4 Résultats 30

4.1 Contamination chimique 30

4.1.1 Concentrations 2014 30

4.1.2 Indice de condition 31

4.1.3 Analyses des concentrations 2014 32

4.2 Biométrie 41

4.3 Conclusion sur les concentrations en contaminants métalliques et organiques sur les coquillages 42

4.3.1 Stations de suivi 42

4.3.2 Station de surveillance 42

Conclusions générales 43

1. Sur les sédiments 43

2. Sur la matière vivante 43

Annexes 44

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 l'impact de l'immersion des déblais de dragage, un suivi annuel est engagé depuis 2002 par l'état d'abord et depuis 2007 par le Service d'Ingénierie et d'Exploitation Portuaire et Aéroportuaire de la Région Bretagne à Lorient. Ce suivi comprend :

- 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 17 points afin d'observer l'évolution de la nature des fonds et éventuellement la faune et la flore ;
- Le prélèvement de sédiments marins en 6 points pour des analyses physico-chimiques et la recherche de polluants rémanents ;
- L'immersion de coquillages sur 5 points pour des analyses de chair (moules) à 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.

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

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

Le Service d'Ingénierie et d'Exploitation Portuaire et Aéroportuaire de la Région Bretagne à Lorient a alors sollicité en 2014 l'expertise du bureau d'études Cochet environnement pour analyser les résultats de dosages chimiques dans les sédiments marins et dans les coquillages.

Les analyses granulométriques et chimiques sur les sédiments sont réalisées sur six stations (numérotées de 21 à 26) 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 dans les courreaux de Groix (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.

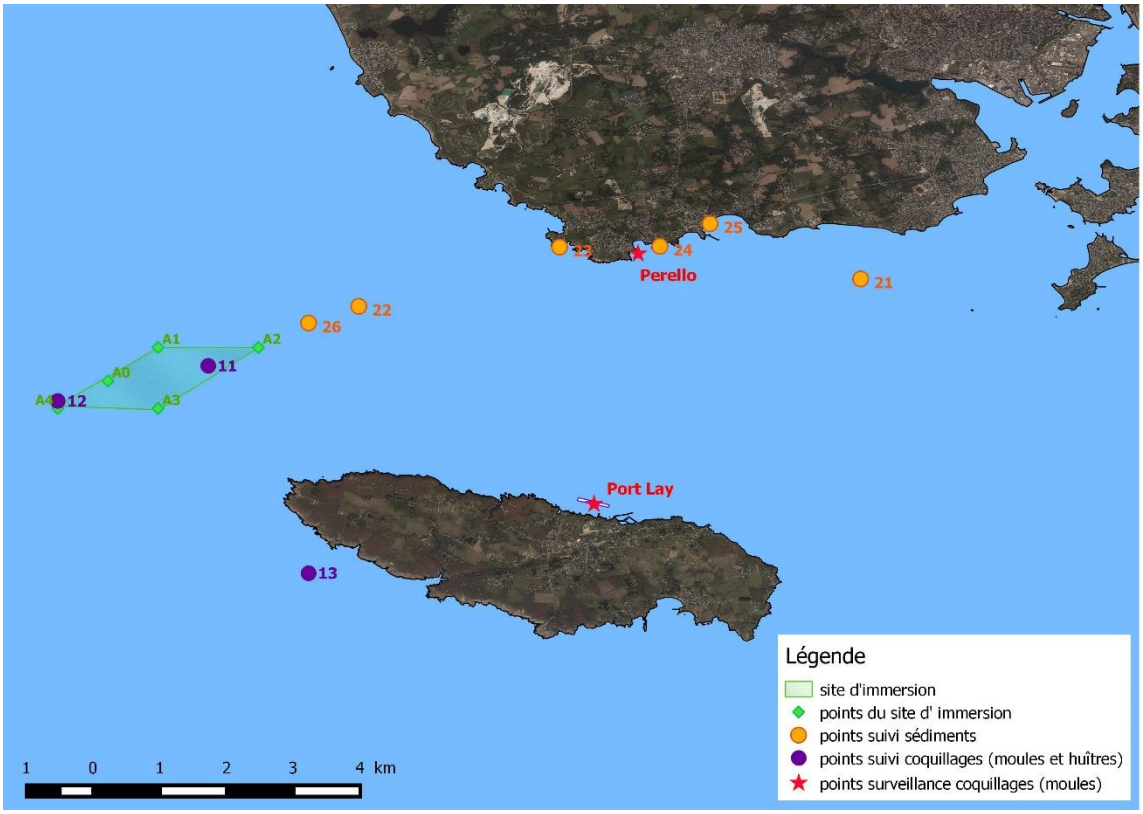


Figure 1 : Localisation de l'ensemble des points de suivi (sédiments et coquillages) et délimitation de la zone d'immersion des sédiments des ports de Lorient.

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 a été retenue à la suite d'une réunion de concertation tenue à Lorient en avril 2005, entre les représentants du « collectif d'associations contre les immersions », des plongeurs professionnels et la Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Morbihan (à l'époque Service Maritime de la Direction Départementale de l'Equipement).

Les communes de Ploemeur et Lorient, invitées à cette réunion, ont considéré le collectif compétent et apte à les représenter.

Ainsi 6 stations numérotées de 21 à 26 ont été retenues et sont localisées (Figure 2) selon une radiale du site de dépôt à la côte. Leurs dénominations sont les suivantes :

- Station 21 : Basse de la Paille
- Station 22 : Fosse Centrale
- Station 23 : Kerroc'h
- Station 24 : Anse du Perello
- Station 25 : Anse de Stole
- Station 26 : Basse des Bretons

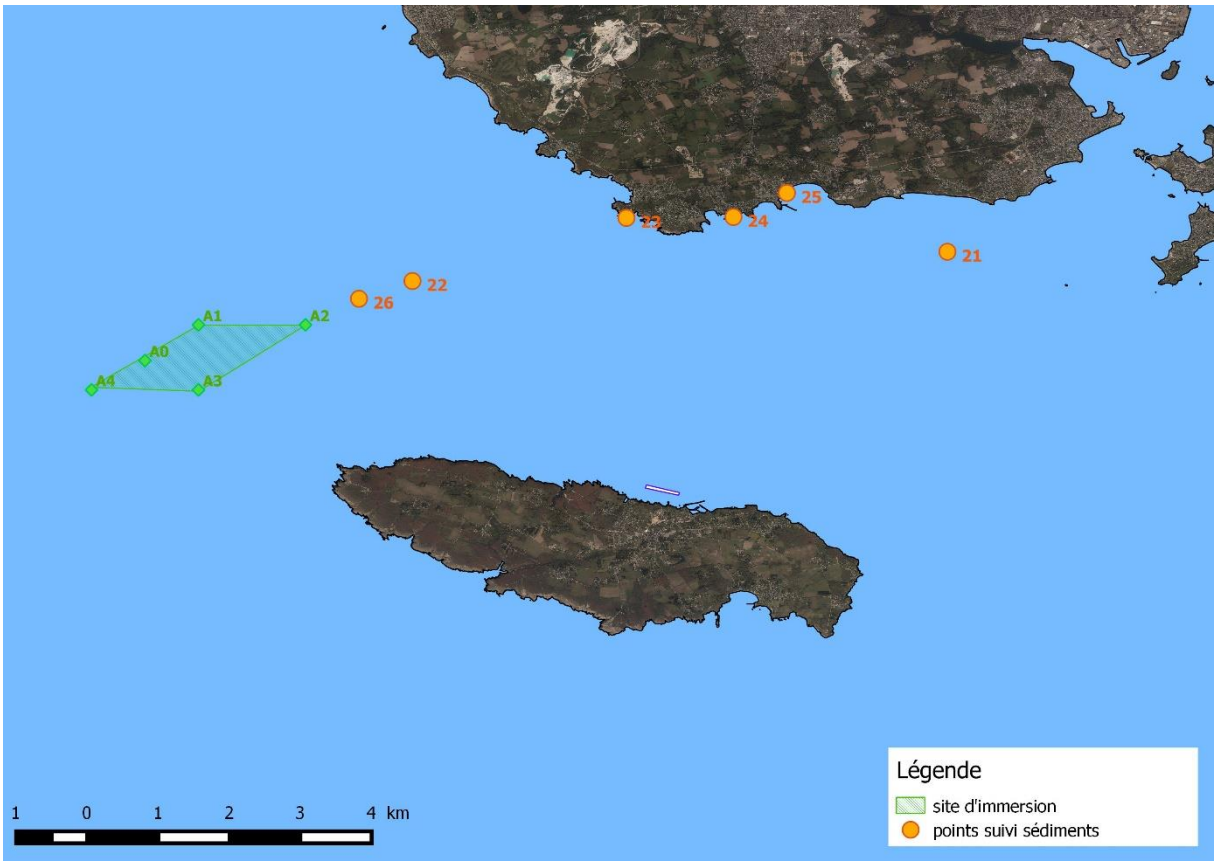


Figure 2 : Localisation des 6 points de suivis des sédiments et délimitation de la zone d'immersion des sédiments des ports de Lorient.

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 (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 (propriétés présentées en annexe 1) suivants ont été recherchés :

- 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 polychlorobiphényl (PCB) et congénères : 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180, 105 et 156.
- **Les contaminants organiques métalliques** suivants ont été recherchés : MTB, DTB et TBT (Tributylétain).

2 Résultats : analyse des sédiments de la radiale

2.1 Caractéristiques physiques et organiques des sédiments prélevés

- **<u>Résultats 2014 :</u>**

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.

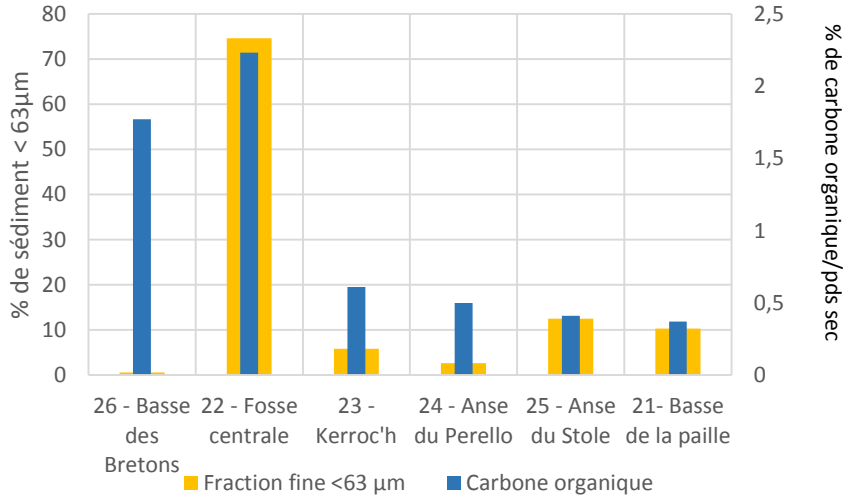
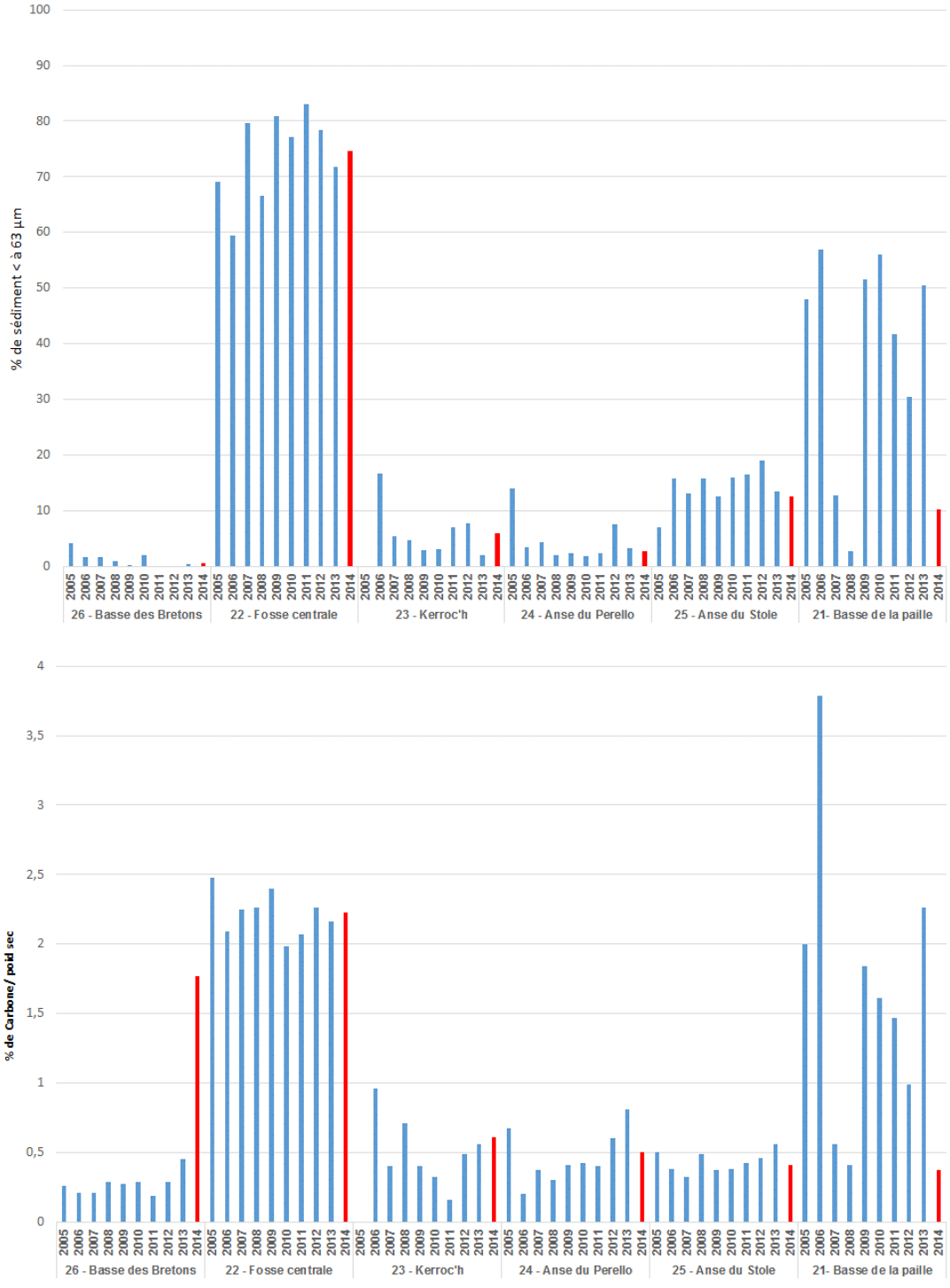


Figure 3 : Fraction fine (<63µm) et % de carbone organique sur les 6 stations en 2014

Les résultats montrent une hétérogénéité des sédiments prélevés. En 2014, une seule station « 22-Fosse centrale » présentait des teneurs élevées en sédiments fins. Par conséquent, le pourcentage en carbone organique y est élevé et supérieur aux autres stations.

La station 26 - Basse des Bretons montre en revanche un pourcentage en carbone organique élevé alors que sa fraction fine est très faible. Comme remarqué les années précédentes (voir graphiques suivants), cette station possède des caractéristiques minéralogiques différentes des autres stations.

- **<u>Résultats 2005-2014 :</u>**



Figures 4 et 5 : Fraction fine (<63µm) et % de carbone organique sur les 6 stations de 2005 à 2014

Nous constatons une bonne homogénéité des données entre 2005 et 2014 sur chaque station si bien que les données en contaminants métalliques et organiques sont comparables entre les années. Néanmoins, on observe :

- Sur la station 21- Basse de la Paille, des concentrations en sédiments fins et en carbone organique plus faibles et comparables aux années 2007 et 2008
- Sur la station 26 – Basse des Bretons, une concentration en carbone organique 3 fois plus élevée en 2014 que les années précédentes et non corrélée au pourcentage de fraction fine de sédiment.

2.2 Concentration des métaux lourds dans les sédiments

- **Approche interannuelle et par normalisation**

Dans un premier temps, les concentrations en métaux lourds dans les sédiments sur les six stations de la radiale sont représentées dans les graphiques ci-dessous pour les 8 contaminants. Les résultats de l'année 2014 y sont présentés au regard des données acquises depuis 2005.

Il est également indiqué par contaminant :

- Son seuil de détection en laboratoire
- 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 1, 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 1 : valeurs de référence (en rouge) retenues par le RNO pour les sédiments du golfe de Gascogne, en µg/g.

Dans un deuxième temps une approche par normalisation permet d'analyser les concentrations 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.

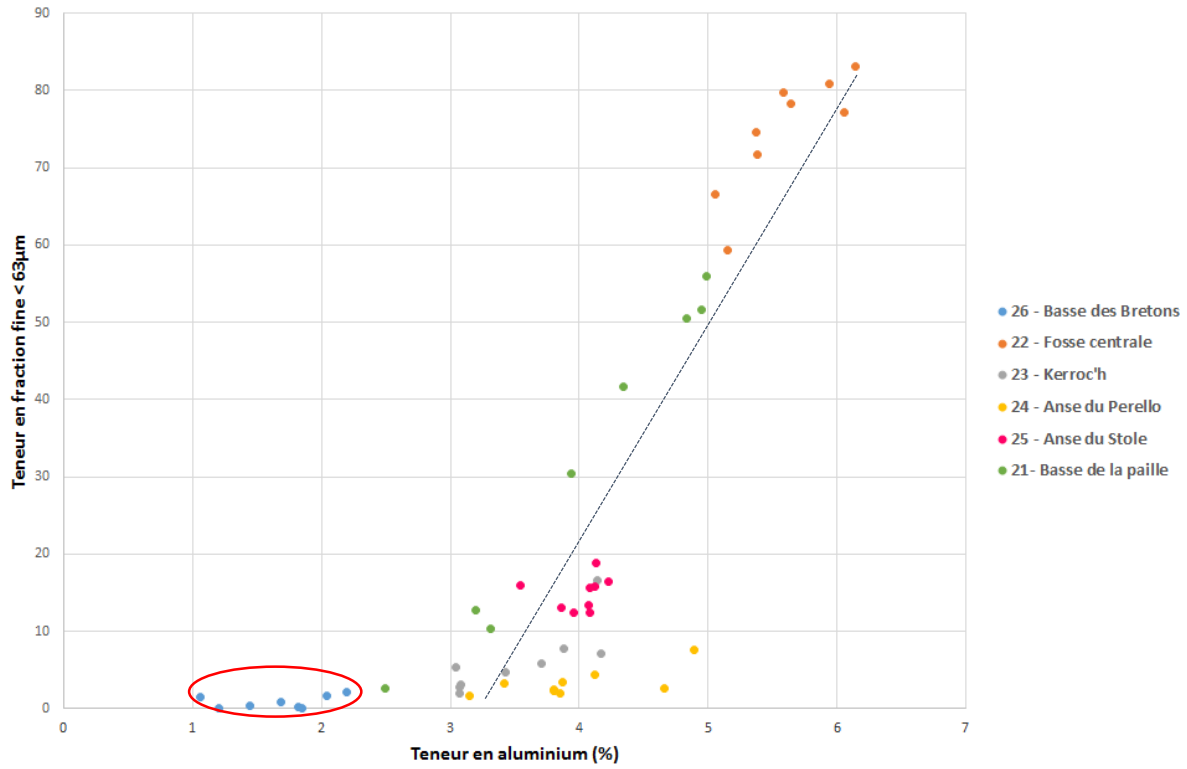
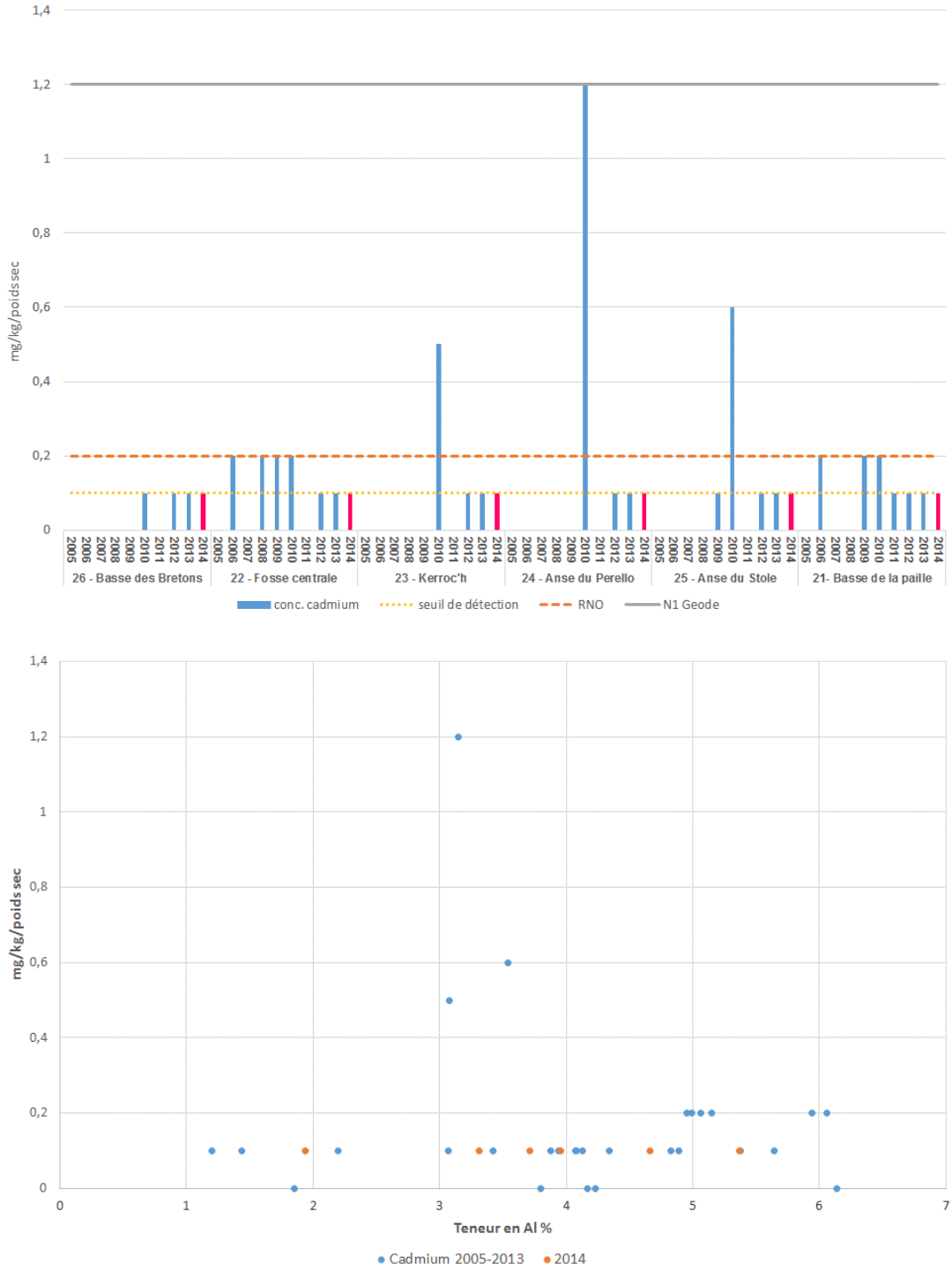


Figure 6 : Distribution des teneurs en Aluminium des échantillons de sédiments prélevés de 2005 à 2014 sur les 6 stations en fonction de la fraction fine (<63µm).

La Figure 6 fait ressortir un ensemble d'échantillons atypiques, ensemble qui regroupe tous les échantillons de la station Basse des Bretons (station 26). Ils ont en commun une teneur particulièrement faible en aluminium, qui les distingue de l'ensemble des autres échantillons prélevés. Ceux-ci n'ont donc pas les mêmes caractéristiques minéralogiques et donc pas la même aptitude à représenter les niveaux de contamination ambiants du milieu que les échantillons collectés sur les autres stations. C'est cette même station qui possède en 2014 une teneur en carbone organique élevée pour une fraction de sédiments fins faible.

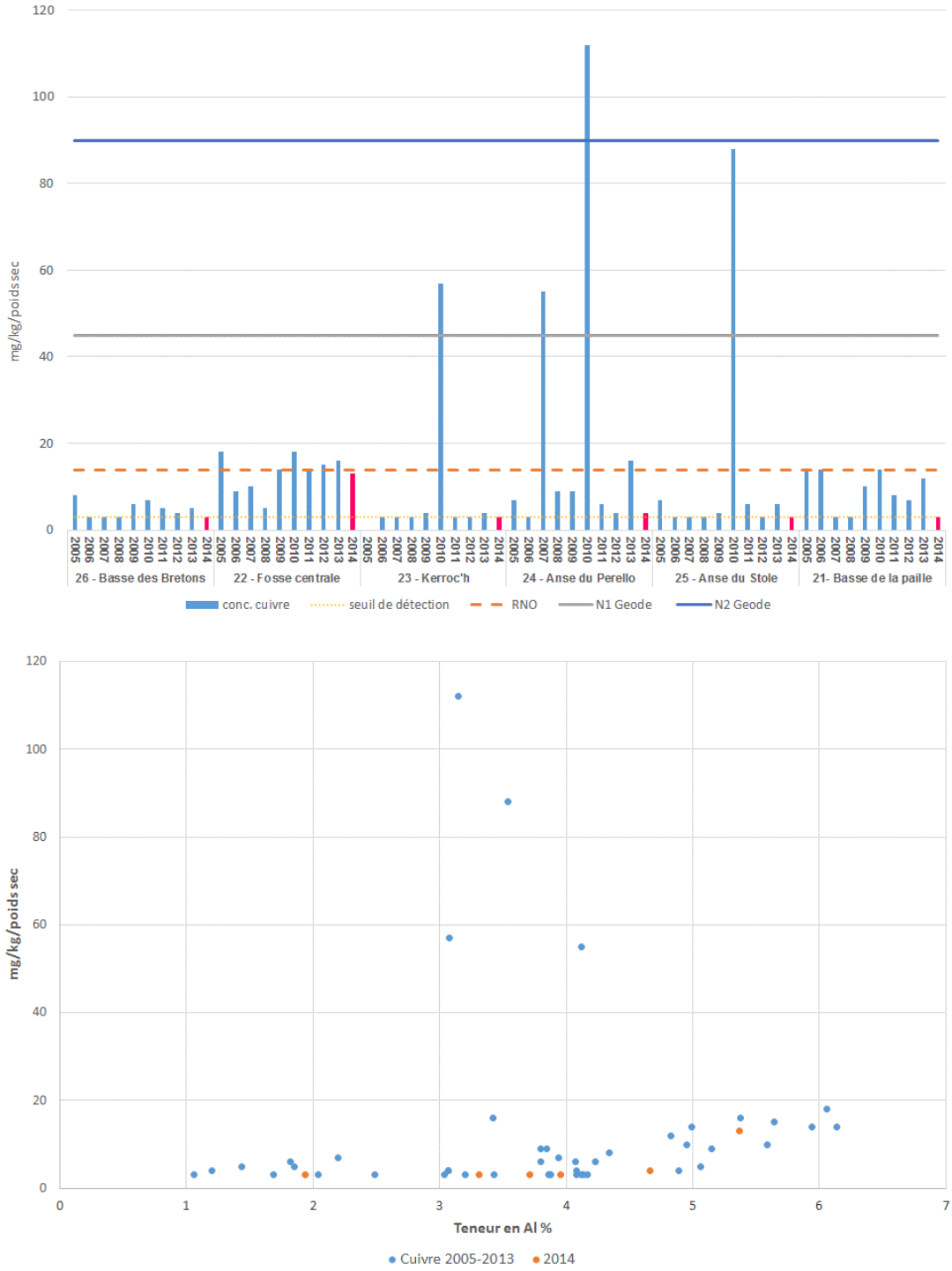
- **Cadmium**



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)

Les concentrations obtenues en 2014 sont pour les 6 stations de la radiale toutes au-dessous du seuil de détection.

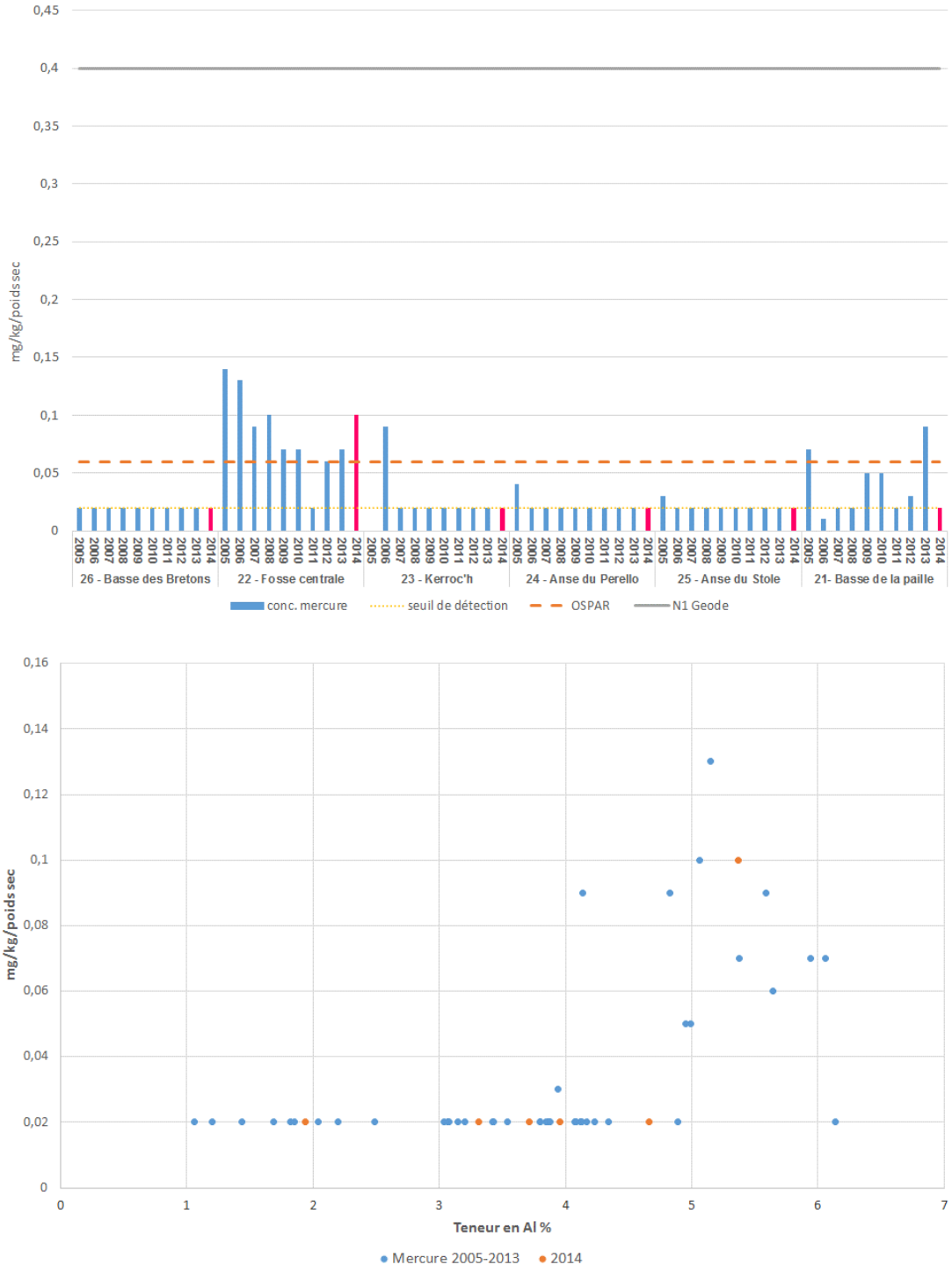
- **Cuivre**



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)

Seule la station 22 – Fosse centrale présente une valeur supérieure au seuil de détection et proche de la valeur de référence retenue par le RNO mais qui reste cohérente au vu de ses caractéristiques minéralogiques.

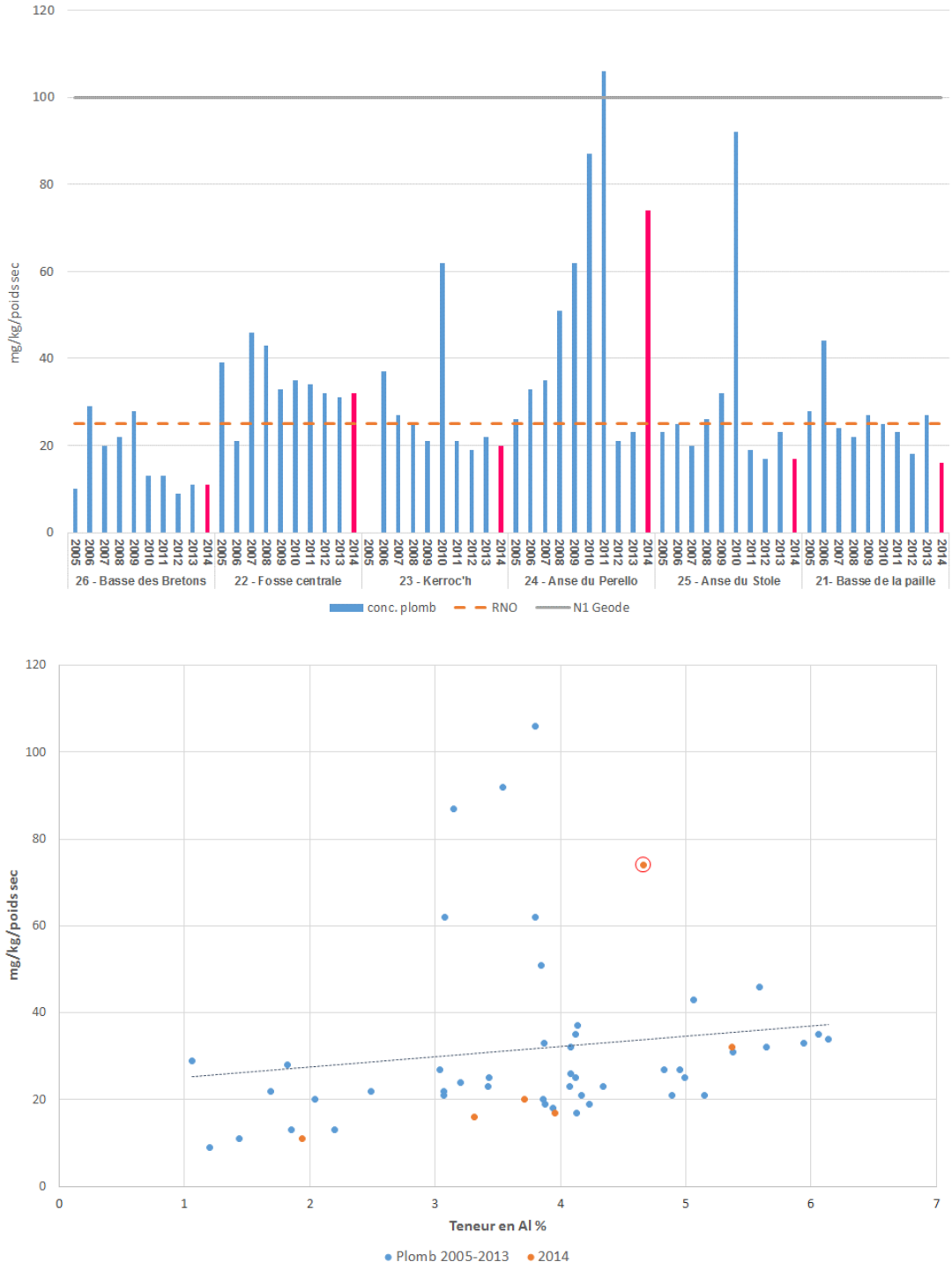
- **Mercure**



Figures 10 et 11 : Concentrations en mercure en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

Seule la station 22 – Fosse centrale présente une valeur supérieure au seuil de détection et supérieure à la valeur de référence retenue par le RNO. Les caractéristiques minéralogiques de ce secteur expliquent ces concentrations plus élevées.

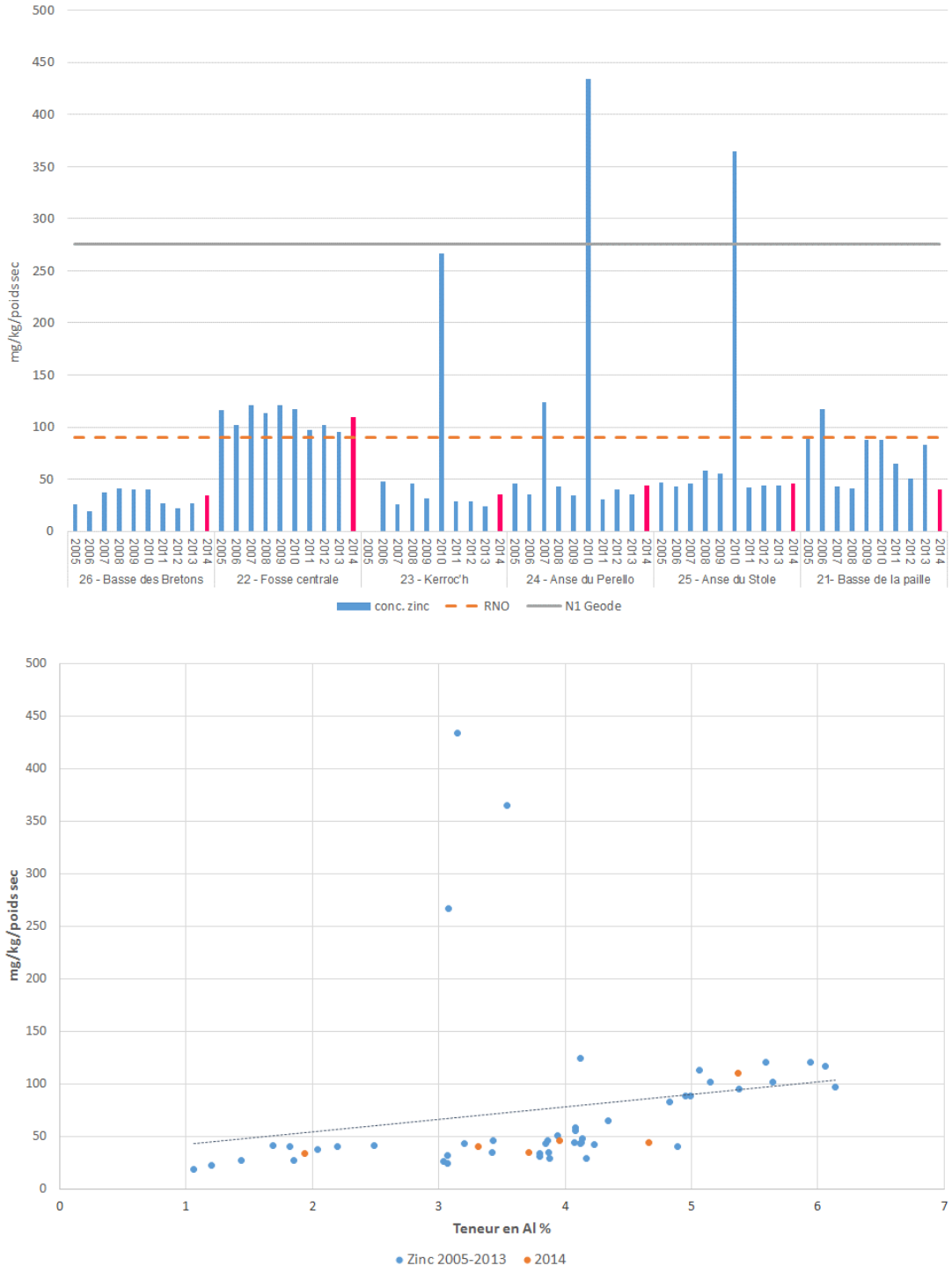
- **Plomb**



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

Les points 22 – Fosse centrale et 24 – Anse du Perello présentent des concentrations supérieures à la valeur retenue par le RNO. Cependant, seule la station 24 – Anse de Perello présente compte tenu de ses conditions minéralogiques une concentration anormalement élevée comme pour les années 2008 à 2011.

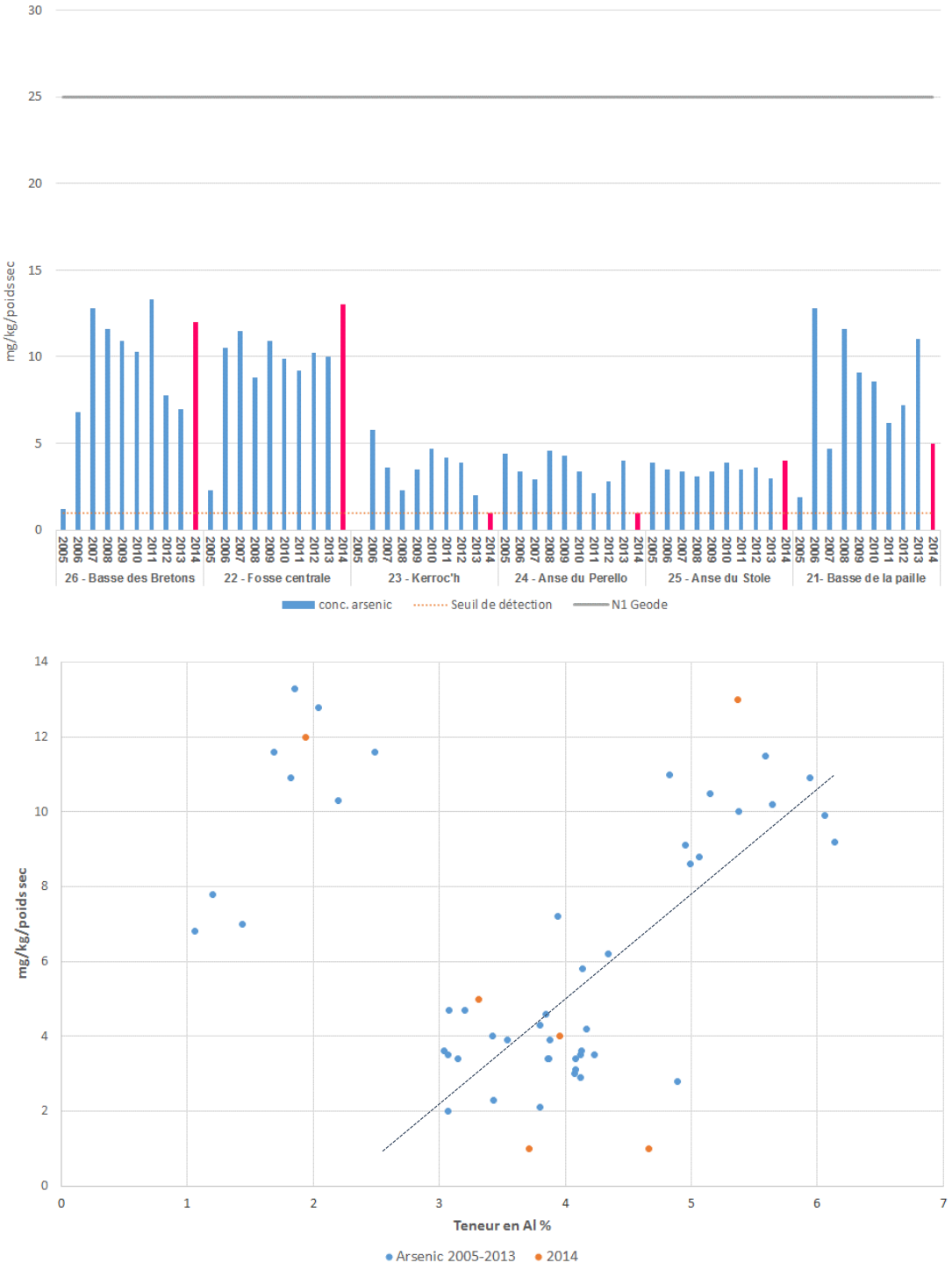
- **Zinc**



Figures 12 et 13 : Concentrations en zinc en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

Seule la station 22 – Fosse centrale présente une valeur supérieure au seuil de détection et supérieure à la valeur de référence retenue par le RNO mais cohérente au vu de ses caractéristiques minéralogiques.

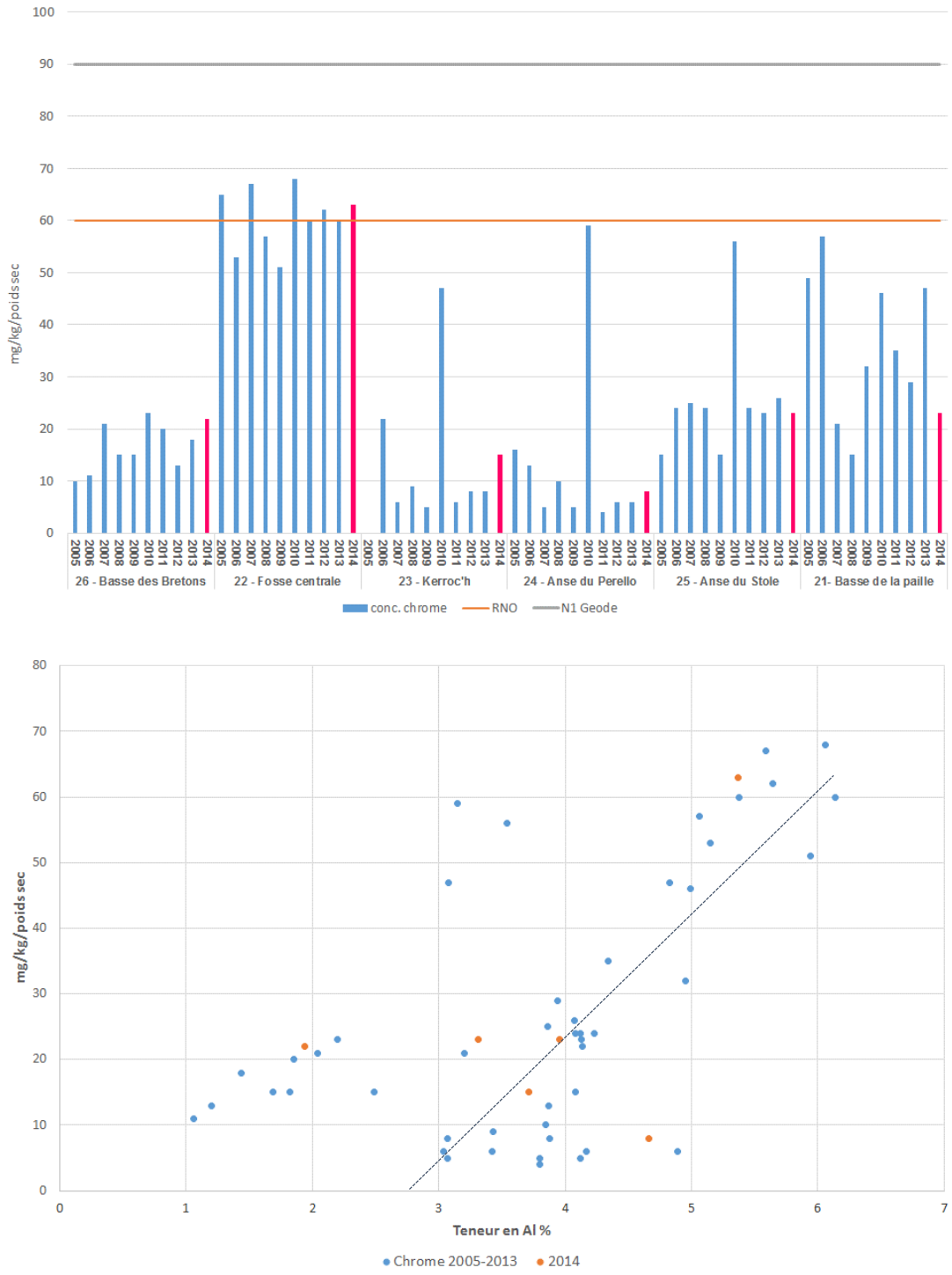
- **Arsenic**



Figures 14 et 15 : Concentrations en arsenic en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

Les résultats de 2014 se distribuent le long de la droite de normalisation par rapport à la teneur en aluminium. Il n'y a donc pas signe d'une contamination anormale en 2014. Les points situés à gauche du graphique sont ceux de la station 26 – Basse des Bretons qui possèdent des caractéristiques minéralogiques différentes des autres sites avec des teneurs faibles en Aluminium si bien que la concentration assez élevée en Arsenic est plus difficile à interpréter.

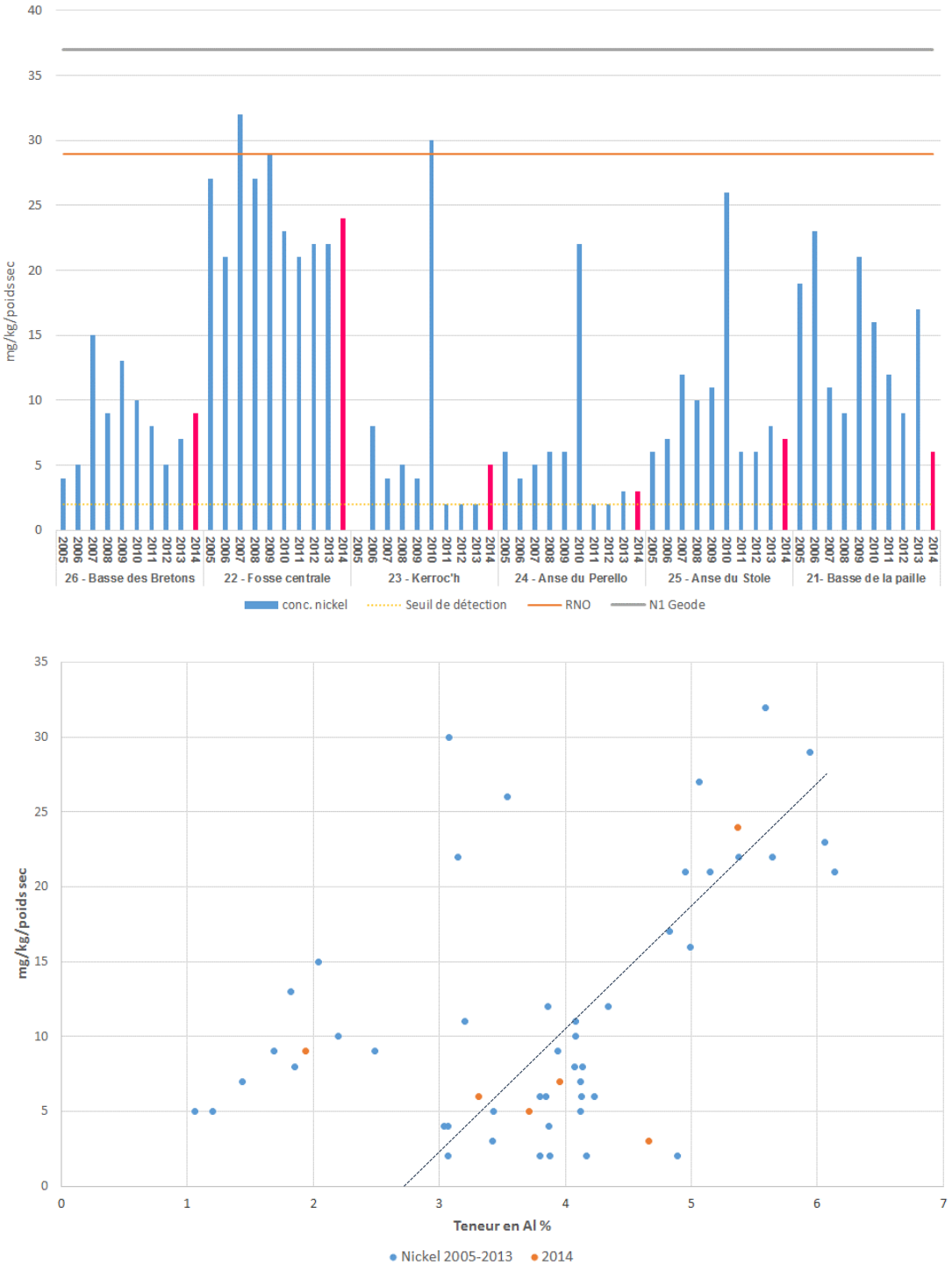
- **Chrome**



Figures 16 et 17 : Concentrations en chrome en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

Seule la station 22 – Fosse centrale présente une valeur proche de la valeur de référence retenue par le RNO mais qui reste cohérente au vu de ses caractéristiques minéralogiques.
Les points situés à gauche du graphique sont ceux de la station 26 – Basse des Bretons qui possèdent des caractéristiques minéralogiques différentes des autres sites avec des teneurs faibles en Aluminium.

- **Nickel**



Figures 18 et 19 : Concentrations en nickel en mg/kg PS (valeurs brutes en haut et valeurs rapportées à la teneur en aluminium en bas)

Toutes les stations présentent des valeurs inférieures à la valeur de référence retenue par le RNO. Les valeurs obtenues sont cohérentes aux caractéristiques minéralogiques de chaque site avec des valeurs plus élevées dans les sites présentant des fractions fines de sédiments.
Les points situés à gauche du graphique sont ceux de la station 26 – Basse des Bretons qui possèdent des caractéristiques minéralogiques différentes des autres sites avec des teneurs faibles en Aluminium.

- **<u>Conclusion pour les contaminants métalliques</u>**

Les résultats obtenus pour l'année 2014 apparaissent globalement stables par rapport aux années précédentes.

Le point 22 – Fosse centrale présente les valeurs les plus élevées et proches de la valeur retenue par le RNO. Ces résultats restent cependant cohérents par rapport aux caractéristiques sédimentaires et minéralogiques de ce secteur.

Les points côtiers 23 ; 24 et 25 (Kerroch ; Anse de Perello et Anse du Stole) affichent des concentrations faibles en contaminants métalliques en raison notamment de la présence sédiments plus grossiers. **Néanmoins, le point Anse de Perello affiche en 2014 une concentration anormalement élevée en Plomb alors que celles-ci étaient en diminution depuis 2 ans.**

Le point 26 – Basse des Bretons possède des caractéristiques minéralogiques particulières (Faible pourcentage en sédiments fins, faible pourcentage en aluminium, et pourcentage élevé en carbone organique) ce qui rend ses résultats plus difficiles à interpréter.

Le point 21 – Basse de la paille présente des valeurs inférieures aux valeurs retenues pour le RNO et cohérentes par rapport à ses caractéristiques sédimentaires.

La totalité des valeurs sont situées en dessous du niveau N1 Géode.

2.3 Concentration en HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques)

- **Résultats 2014 : HAP 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 présentés en annexe 1) mesurés dans cette étude Le graphique ci-dessous affiche les concentrations dans les sédiments pour les 6 stations de la radiale en comparaison avec ces nouveaux seuils N1 et N2.

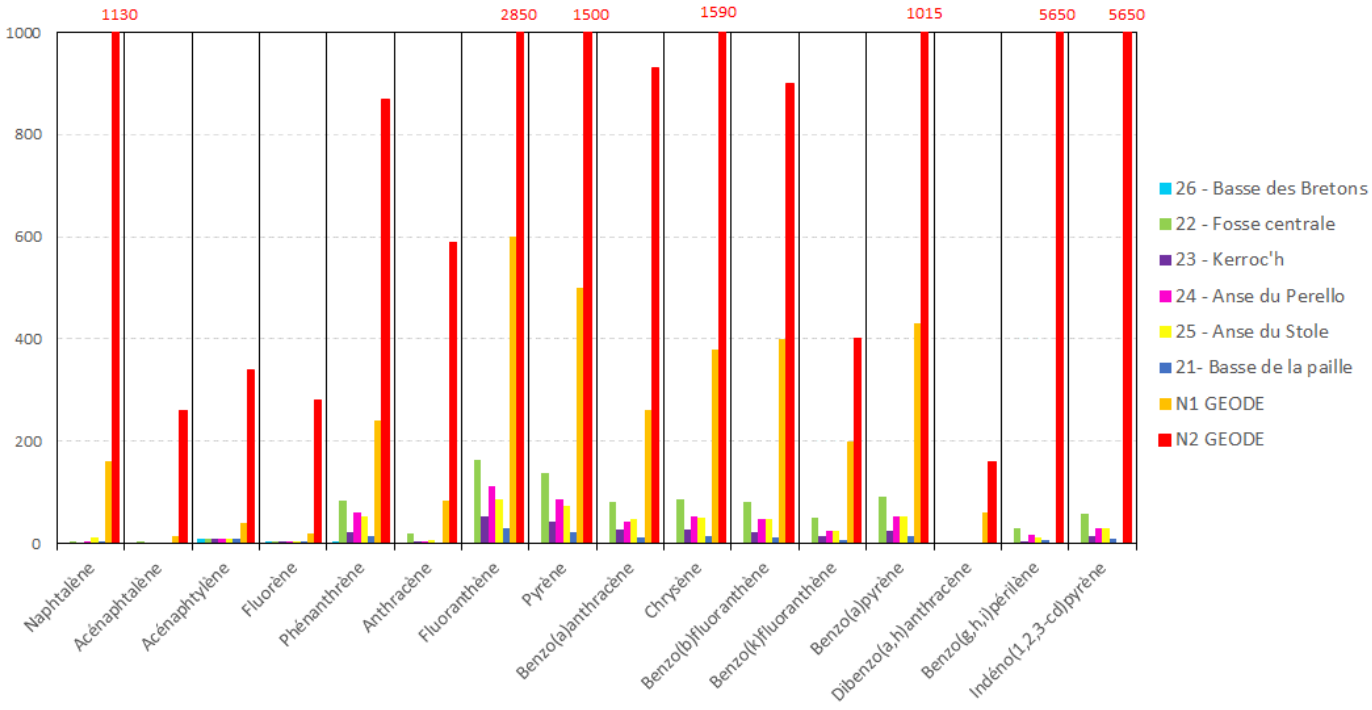


Figure 20 : Concentrations des 16 HAP mesurés dans les sédiments de la radiale en comparaison avec les seuils N1 et N2 GEODE

Les concentrations mesurées sont toutes inférieures aux valeurs seuils N1 et N2.

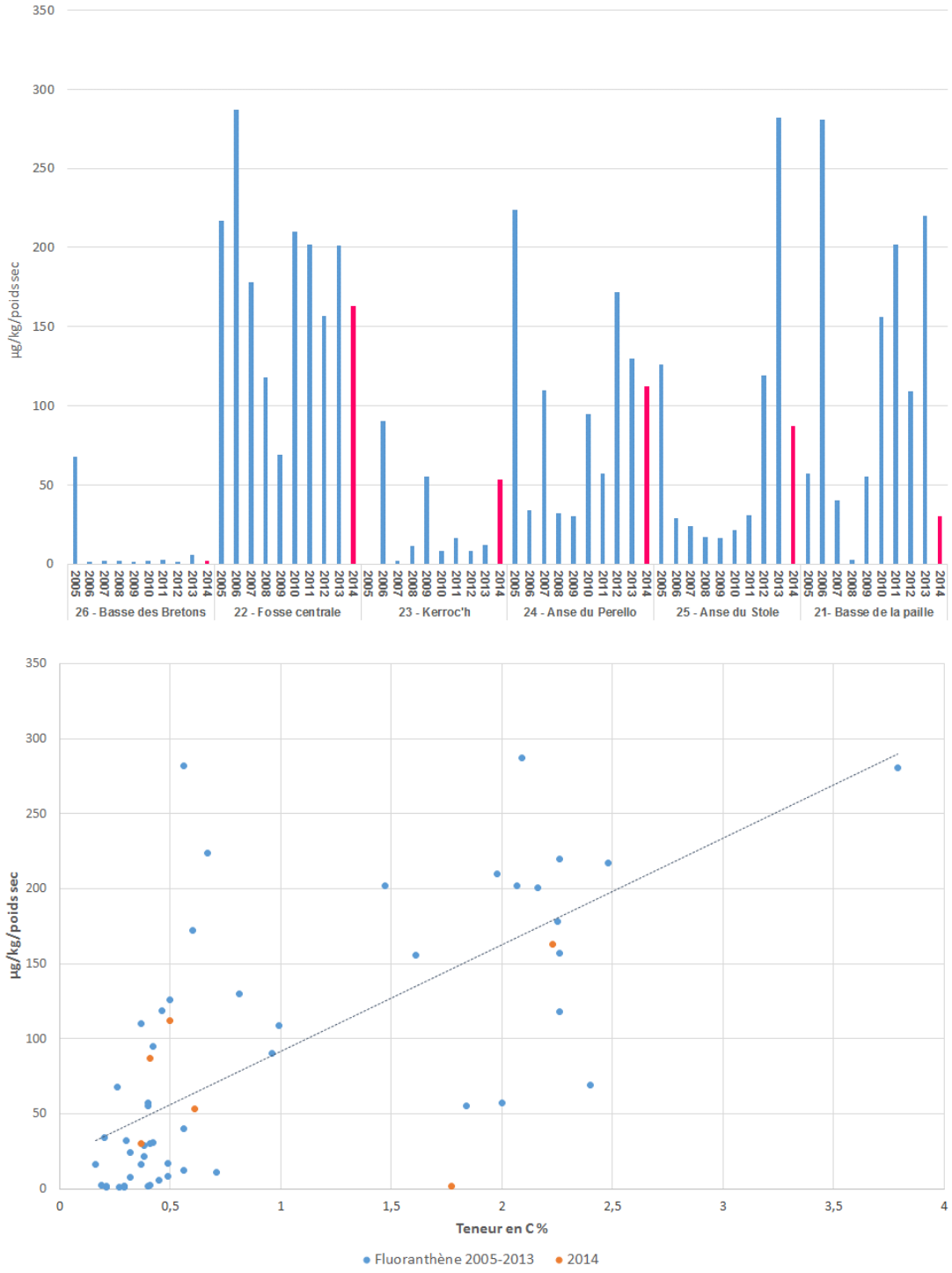
- **Comparaison inter annuelle et par normalisation**

Dans un deuxième temps 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 6 HAP individuels représentatifs (Fluoranthène ; benzo(b)fluoranthène ; Benzo(k)fluoranthène ; Indénopyrène ; Benzo(g,h,i)pérylène) puis pour la somme des 16 HAP sont représentées les teneurs brutes 2005 – 2014. Ensuite, l'ensemble de ces valeurs 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).

Etant donné que la station 26 – Basse des Bretons possède en 2014 une faible teneur en carbone organique, le point associé à cette station présentera toujours des valeurs en dessous de la droite de normalisation.

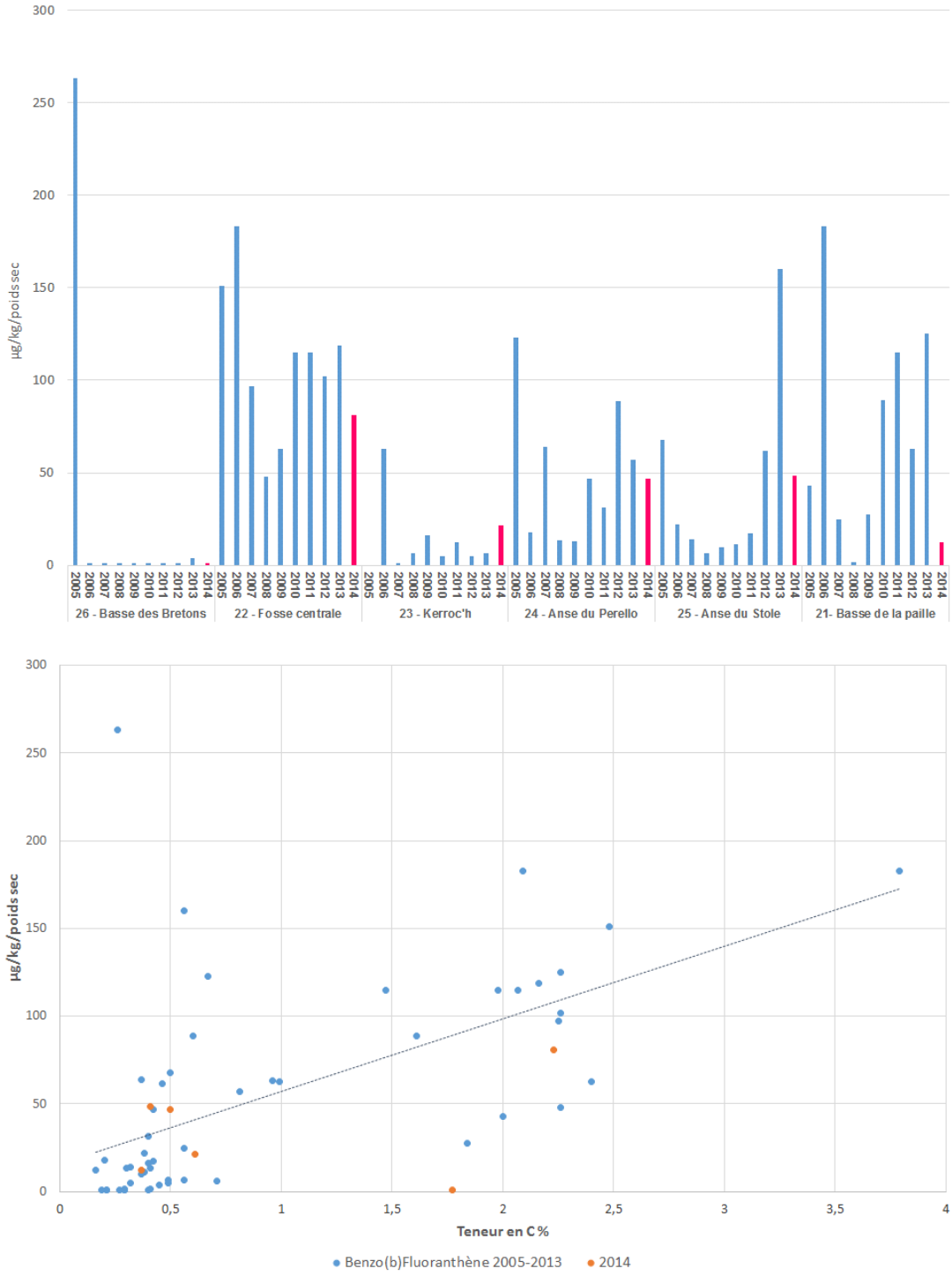
- **Fluoranthène**



Figures 21 et 22 : Concentration en fluoranthène (µg/kg PS) : valeurs brutes et valeurs rapportées à la teneur en carbone organique.

Les concentrations obtenues en 2014 sont dans la normale et cohérentes au regard de la teneur en carbone organique sauf au point 26 – Basse des Bretons qui possède en 2014 un faible pourcentage en carbone organique.

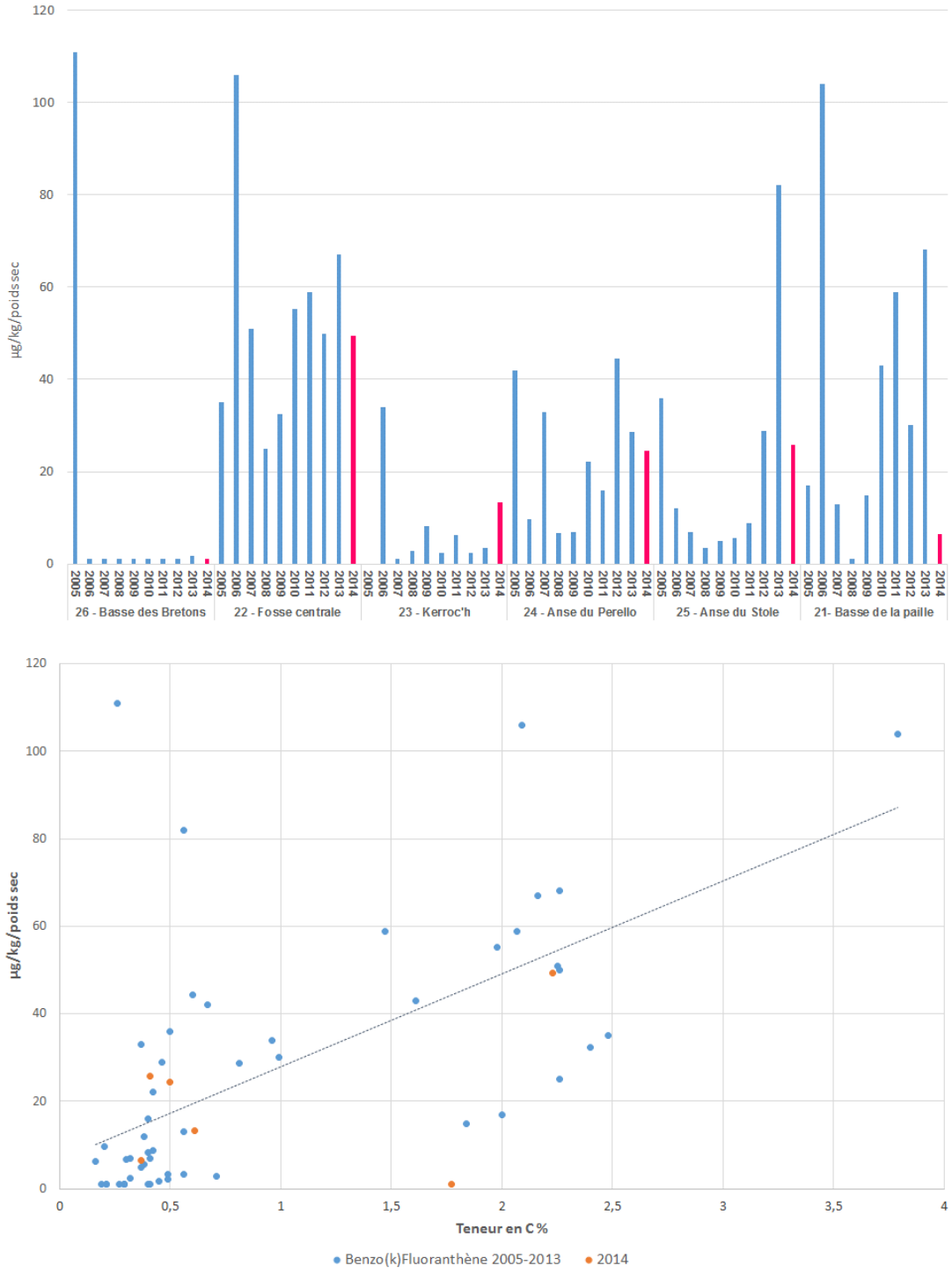
- **Benzo(b)fluoranthène**



Figures 23 et 24 : Concentration en Benzo(b)fluoranthène (µg/kg PS) : valeurs brutes et valeurs rapportées à la teneur en carbone organique.

Les concentrations obtenues en 2014 sont dans la normale et cohérentes au regard de la teneur en carbone organique.

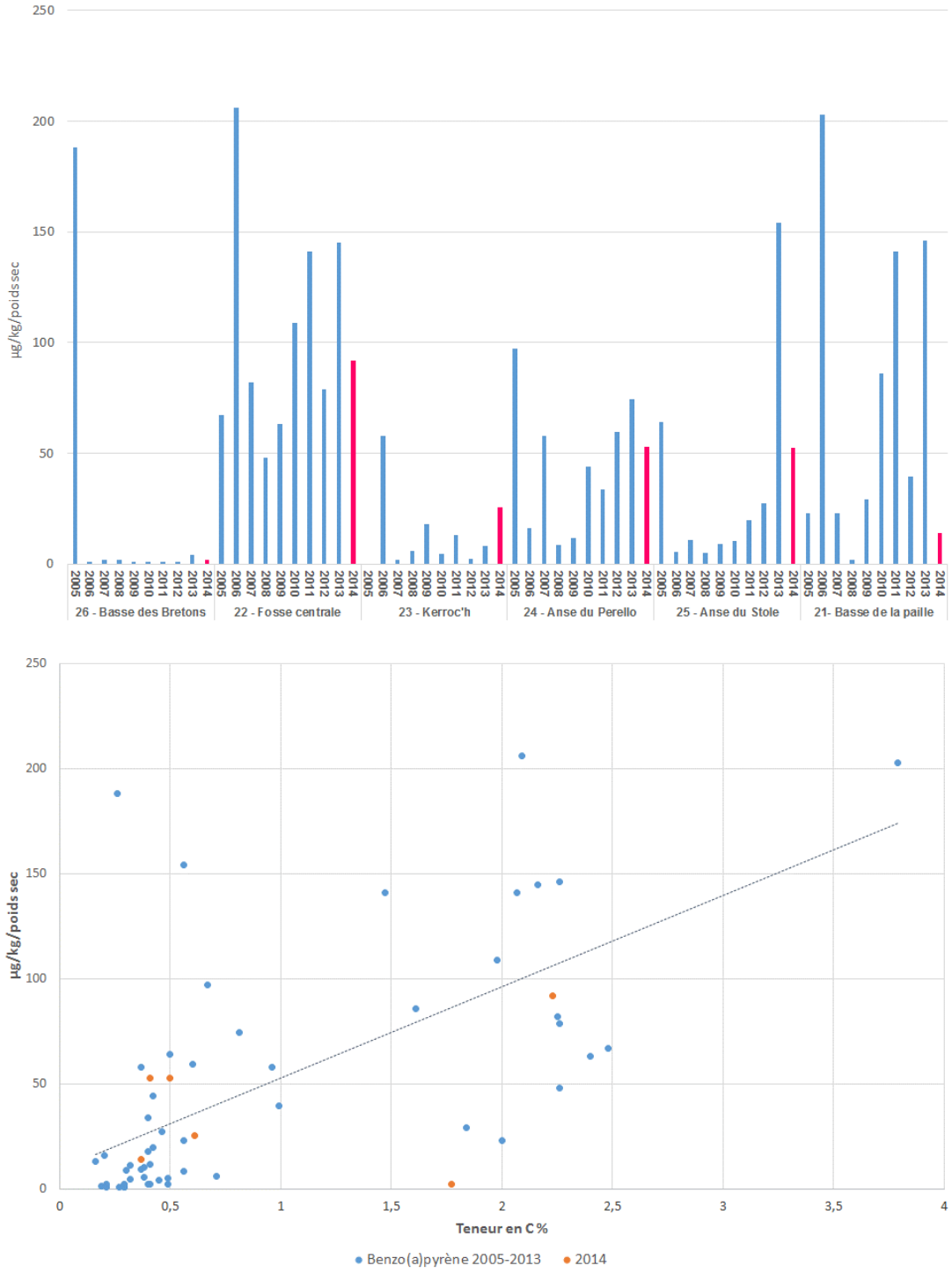
- **Benzo(k)fluoranthène**



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

Les concentrations obtenues en 2014 sont dans la normale et cohérentes au regard de la teneur en carbone organique.

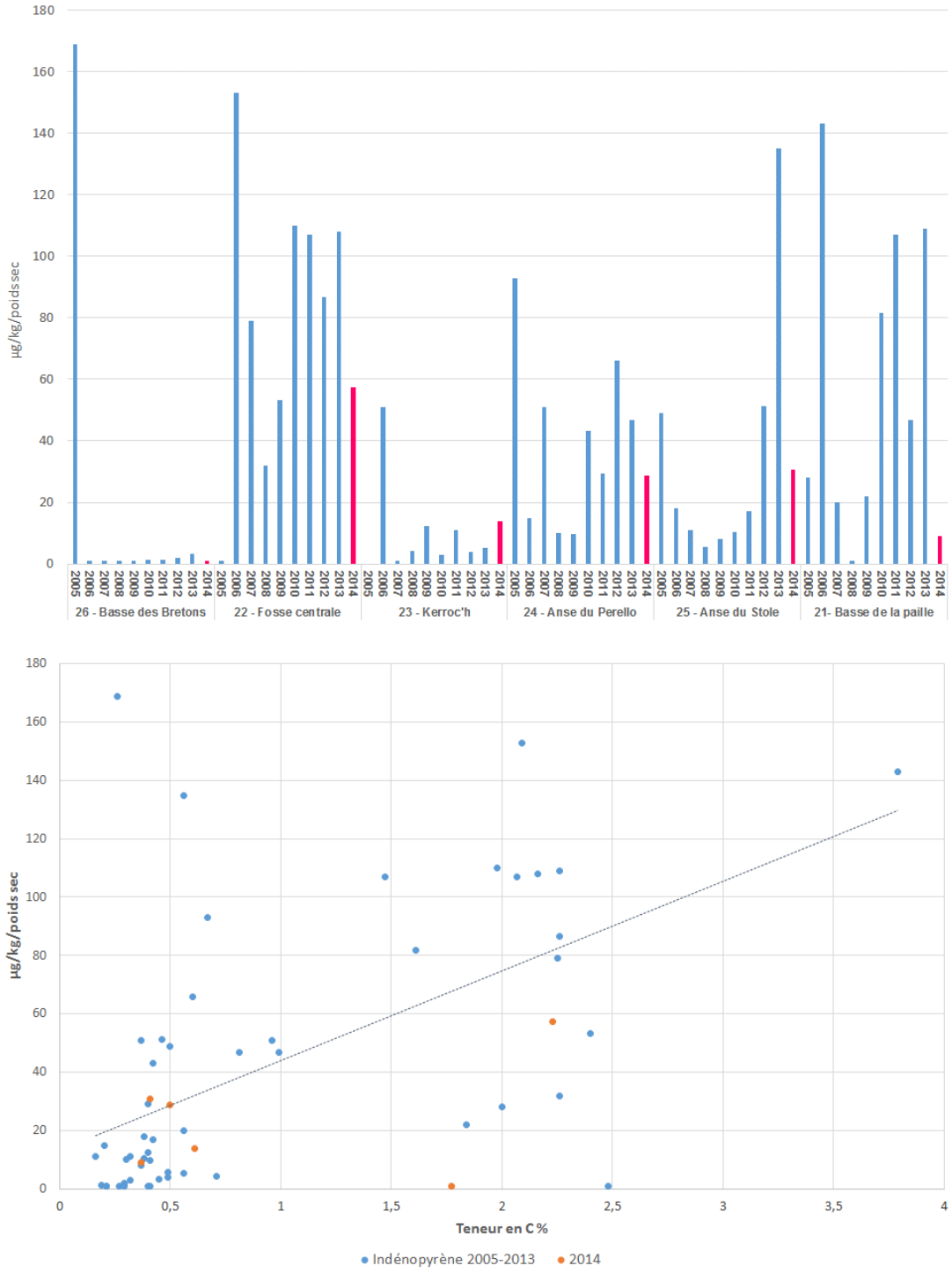
- **Benzo(a)pyrène**



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

Les concentrations obtenues en 2014 sont dans la normale et cohérentes au regard de la teneur en carbone organique.

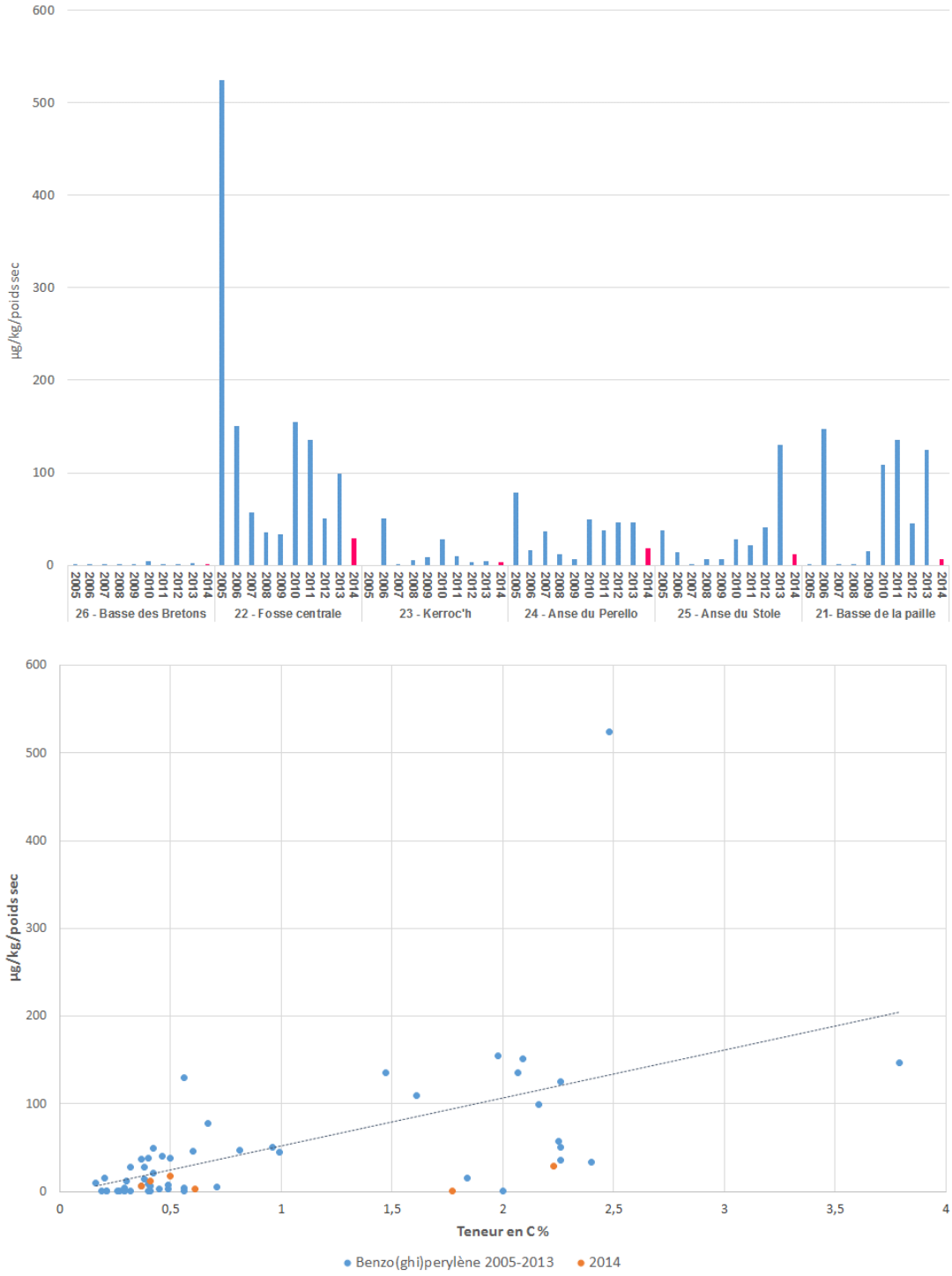
- **Indénopyrène**



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

Les concentrations obtenues en 2014 sont dans la normale et cohérentes au regard de la teneur en carbone organique.

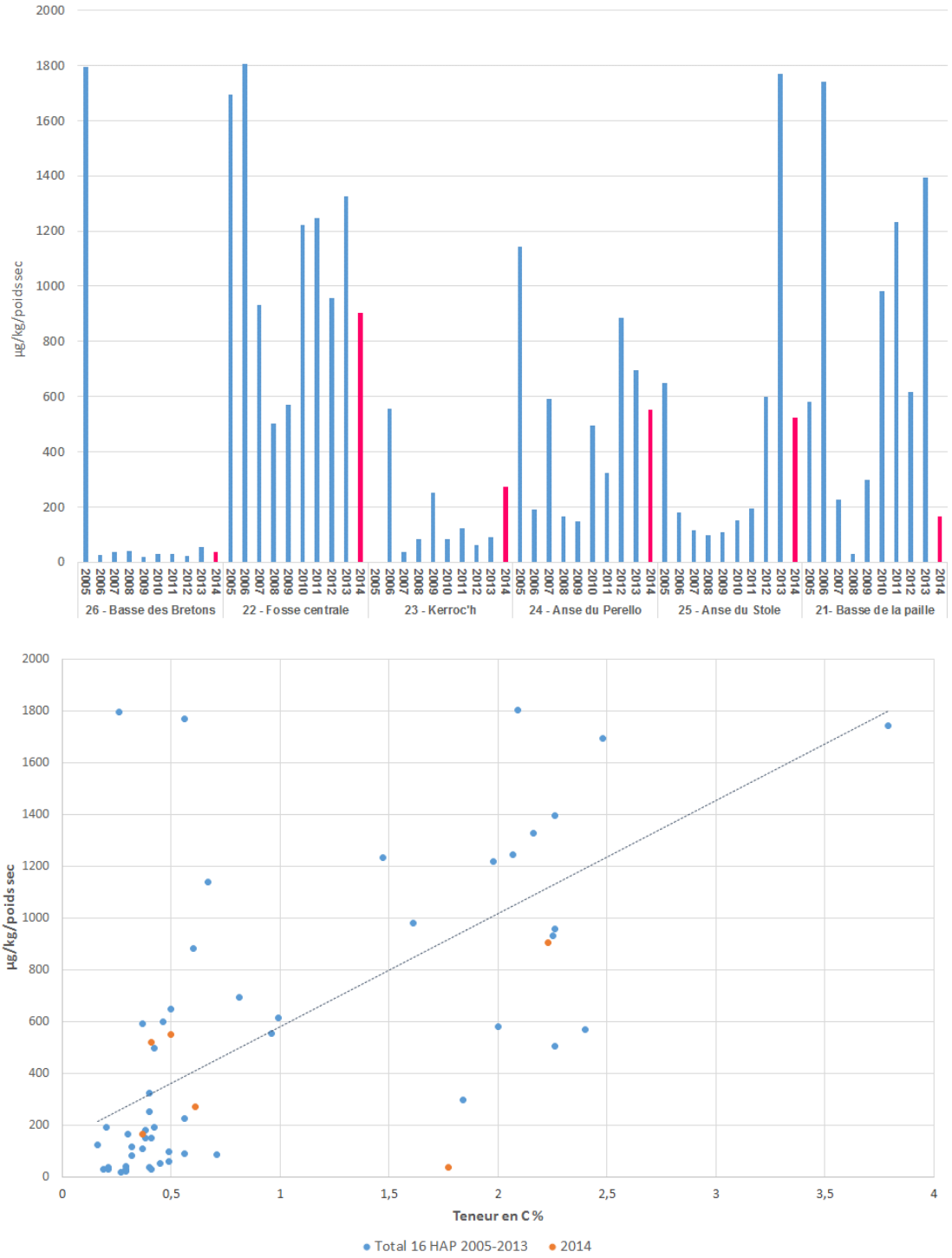
- **Benzo(g,h,i)pérylène**



Figures 31 et 32 : Concentration en benzo(ghi)perylène (µg/kg PS) : valeurs brutes et valeurs rapportées à la teneur en carbone organique.

Les concentrations obtenues en 2014 sont, pour chacune des 6 stations, en dessous de la normale obtenues d'après les données 2005-2013.

- **HAP totaux**



Figures 33 et 34 : Concentration des 16 composés HAP (µg/kg PS) : valeurs brutes et valeurs rapportées à la teneur en carbone organique.

Les concentrations totales en HAP 2014 présentent, hormis pour la station 26 – Basse des Bretons, des valeurs cohérentes en rapport avec la teneur en carbone organique relevée sur chacune des stations depuis 2005.

La contamination anormale en HAP relevée à l'Anse du Stole en 2013 n'a pas été retrouvée en 2014.

2.4 Concentration en PCB (Polychlorobiphényles)

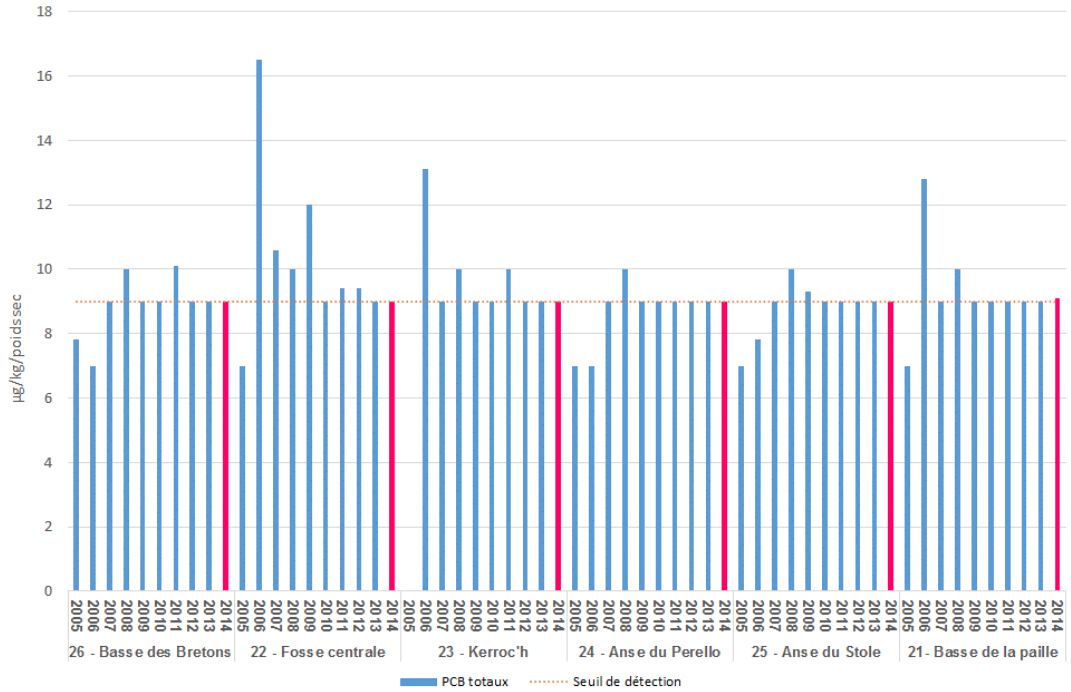


Figure 35 : teneurs mesurées en PCB totaux, pour l'ensemble des échantillons prélevés entre 2005 et 2014 sur les 6 stations

Pour cette famille de composés, les dosages réalisés en 2014 sont inférieurs ou égaux au seuil de détection sur toutes les stations de la radiale.

2.5 Concentration en TBT (Tributylétain)

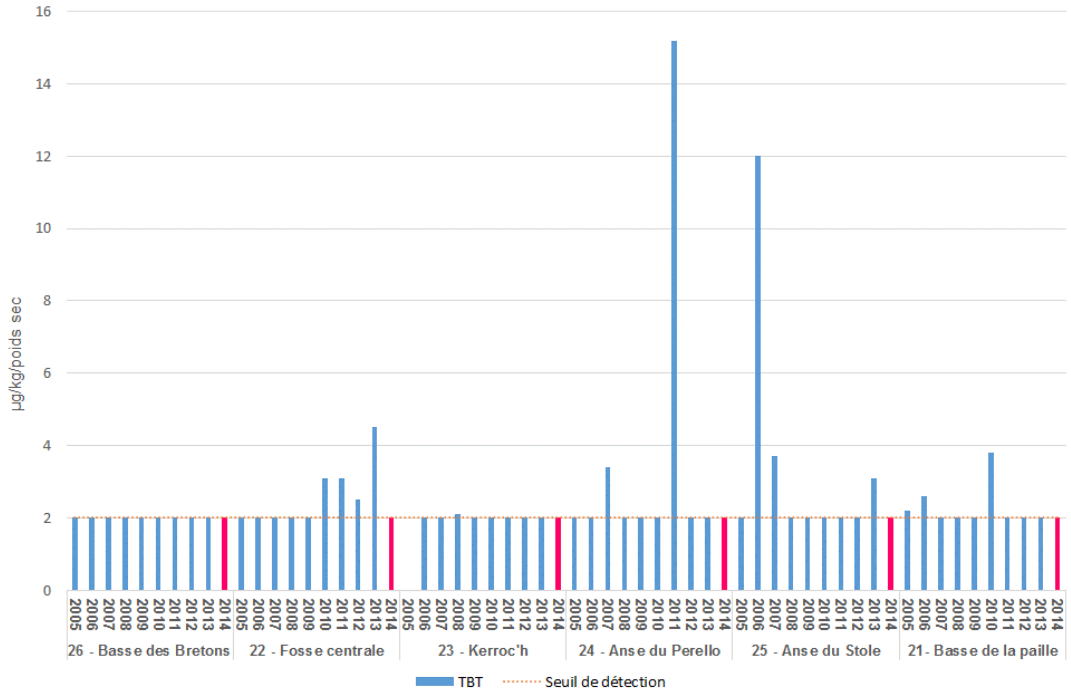


Figure 36 : teneurs mesurées en TBT, pour l'ensemble des échantillons prélevés entre 2005 et 2014 sur les 6 stations

Tous les dosages réalisés en 2014 sont inférieurs au seuil de détection sur chacune des stations.

3 Conclusions sur les contaminants métalliques et organiques

Concernant les contaminants métalliques, les résultats du suivi 2014 révèlent une situation d'absence de contamination des différentes stations excepté pour la station anse du Perello qui possède à nouveau une teneur en plomb anormalement élevée et comparable à celles observées avant 2012.
Le point 22 – Fosse centrale situé à proximité de la zone de clapage présente les valeurs les plus élevées et proches de la valeur retenue par le RNO mais ces résultats restent cependant cohérents par rapport aux caractéristiques sédimentaires et minéralogiques du point de suivi.

Concernant les contaminants organiques, les concentrations mesurées sur les sédiments de la radiale sont toutes inférieures aux seuils GEODE définis par l'arrêté du 8 février 2013.
Le point 22 – Fosse centrale situé à proximité de la zone de clapage présente également les valeurs les plus élevées mais qui restent également cohérentes par rapport aux caractéristiques sédimentaires et minéralogiques de ce point.

Le suivi 2014 ne relève pas comme en 2013 une contamination en HAP élevée sur la station « Anse du Stole » qui conforte l'hypothèse émise l'an dernier d'une pollution d'origine locale, sans lien avec l'immersion des sédiments.

Le suivi 2014 montre des teneurs en PCB totaux et TBT inférieures aux seuils de détection pour les 6 stations de la radiale alors que l'on observait sur le point 22 – Fosse centrale des teneurs en TBT supérieures au seuil de détection depuis 2010.

Résultats du suivi biologique et chimique des coquillages

1 Matériel et méthodes

3.1 Choix et localisation des stations

3.1.1 Réseau de suivi

Afin de suivre un éventuel impact chimique des sédiments immergés au large de Groix, un suivi est réalisé annuellement, depuis 2002, sur des moules et des huîtres creuses, implantés (technique du « caging ») 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 (technique du « mussel watch » utilisée dans de nombreux réseaux de suivi littoraux dont le ROCCH (Ifremer)).

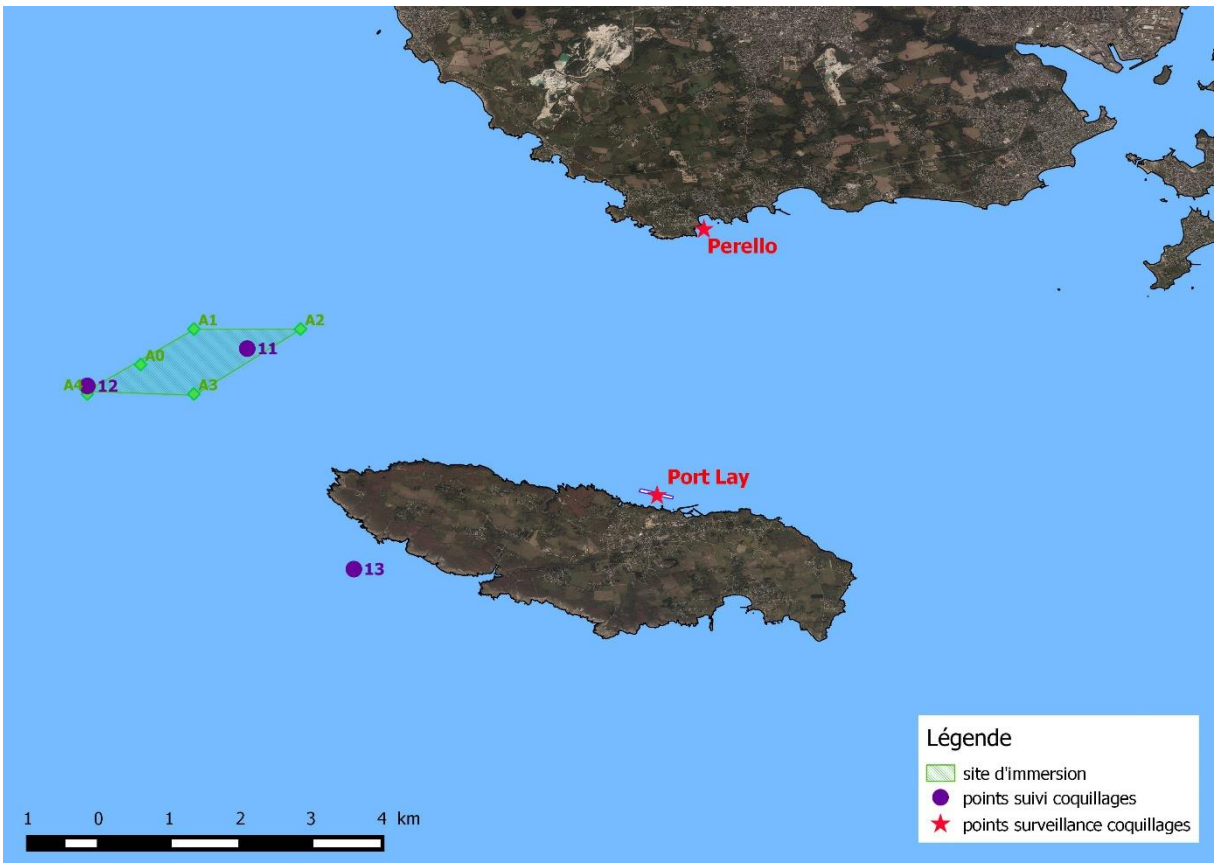


Figure 37 : Carte des points de suivi et de surveillance des coquillages et délimitation de la zone de d'immersion des sédiments des ports de Lorient.

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). Les moules mises à l'eau en septembre 2013 ont pour origine la baie de Vilaine.

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. Les huîtres mises à l'eau en septembre 2013 ont pour origine la ria d'Etel.

3.1.2 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 36):

- **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 les résultats des suivis réalisés sur la période 2013-2014 et la comparaison avec les résultats des années précédentes afin de déceler d'éventuelles tendances.

3.2 Dates de mise à l'eau et de prélèvements

Les points de suivi ou sites d'immersion numérotés 1 ; 2 et 3 correspondent respectivement aux stations 11 ; 12 et 13.

Les prélèvements ont été faits selon le planning suivant :

	Mise à l'eau	Relevage/ Prélèvements	Conditionnement et biométrie
Points de suivi : Points 1 ; 2 ; 3	4/09/2013	10/09/2014*	11/09/2014
Points de surveillance : Perello/Port Lay	/	22/09/2014	22/09/2014

Tableau 2 : dates de mise à l'eau, de relevage et de conditionnement pour les moules et les huîtres.

***Les moules du point de suivi n°3 (lot témoin) ont été toutes mangées par les crustacés (tourteaux et étrilles) présents dans la poche.**

4 Résultats

4.1 Contamination chimique

4.1.1 Concentrations 2014

4.1.1.1 Contaminants métalliques

	Cu	Zn	Pb	Hg	Cd
Référence de départ	5,8	44,5	0,4	0,03	0,23
Point de suivi 1	6	107	2,3	0,12	1,02
Point de suivi 2	6,7	101	1,9	0,06	0,9
Point 3 (témoin)	*Absence de données*				
Point de surveillance Port Lay	5,6	216	0,7	0,06	0,72
Point de surveillance Perello	6,3	127	1,1	0,07	0,57

Tableau 3 : Concentrations en métaux lourds (en mg/kg de matière sèche) sur les 5 points suivis,

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

	PCB totaux	PCB 153	HAP totaux	Fluoranthène
Référence de départ	21,7	8,9	68,4	9,2
Point de suivi 1	12,6	3,6	73,7	9,6
Point de suivi 2	11,2	2,6	75	6,4
Point 3 (témoin)	*Absence de données*			
Point de surveillance Port Lay	10,7	2,2	51,6	4,9
Point de surveillance Perello	24,2	8,8	83,3	9,9

Tableau 4 : Concentrations en PCB et HAP (en µg/kg de matière sèche) sur les 5 points suivis,

4.1.2 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 de l'utilisation de 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.

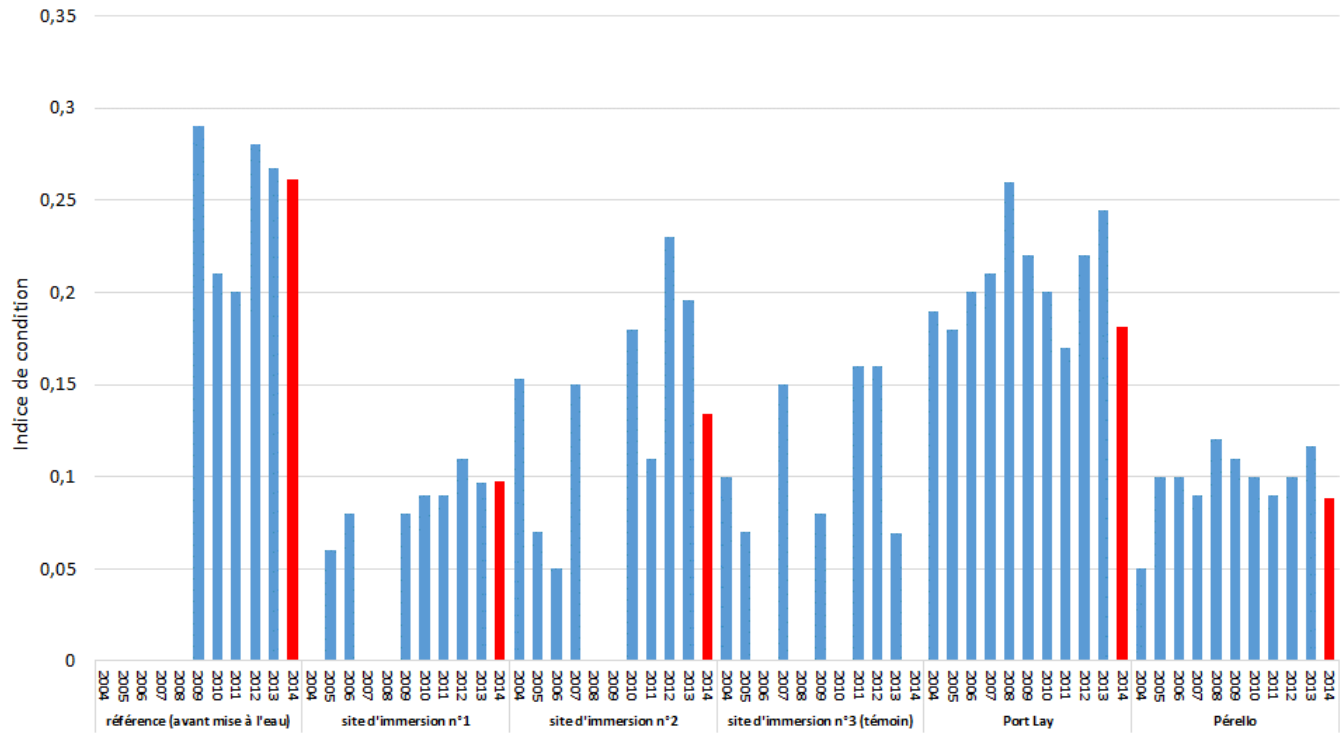


Figure 38 : Indices de conditions des moules avant (référence) et après immersion (sites 1 et 2) et sur les points de surveillance. Les valeurs 2014 sont indiquées en rouge.

L'indice de condition des moules relevées en septembre 2014 a baissé par rapport à l'indice de référence (indice passant de 0,26 à 0,10 sur le point 1 et à 0,13 sur le point 2).

L'indice de condition sur les stations de surveillance « Pérello » et « Port Lay » est relativement homogène depuis 2004 et permet de comparer les résultats 2014 à ceux des années antérieures (§ 2.1.3.2)

Les concentrations des différents polluants sont également confrontées aux seuils réglementaires quand ils existent et à la moyenne locale (station de référence ROCCH La Jument/La potée de beurre) et la médiane nationale.

4.1.3 Analyses des concentrations 2014

4.1.3.1 Contaminants métalliques sur les stations de suivi et de surveillance

Cuivre

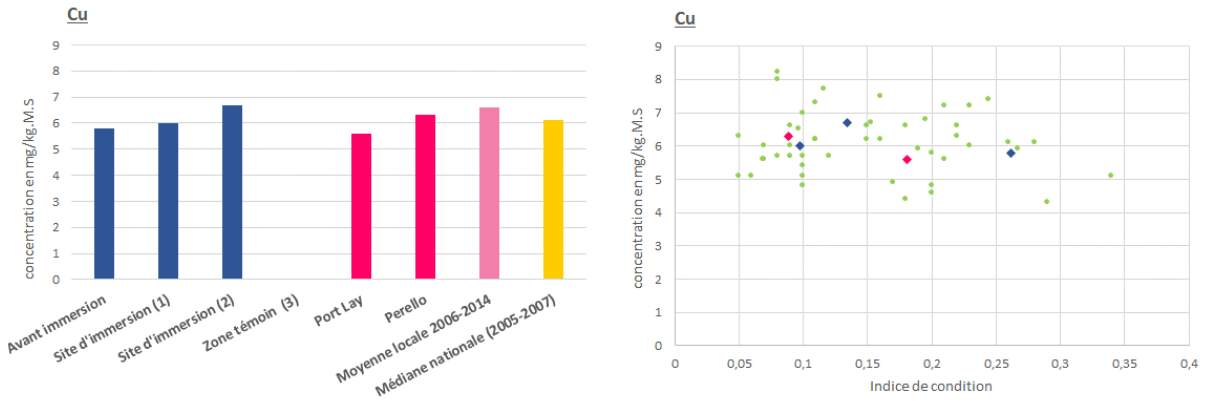


Figure 39 : Graph 1 : Concentration en cuivre sur les points de suivi avant et après immersion et sur les points de surveillance. Graph 2 : Relation entre l'indice de condition et la concentration en cuivre – données 2004 à 2013 en vert et 2014 en bleu pour les points de suivi et rouge pour les points 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. Ce résultat illustre effectivement la capacité qu'à l'espèce *Mytilus edulis* à réguler métaboliquement sa teneur interne en cuivre, autour de 7 mg/kg M.S.

La moule n'est alors pas le bon indicateur pour évaluer la contamination en cuivre d'un milieu. Cependant l'analyse des sédiments montre une teneur en cuivre inférieure au seuil de détection sur tous les sites hormis le point « fosse centrale », qui de par ses caractéristiques minéralogiques affiche des valeurs plus élevées.

Zinc

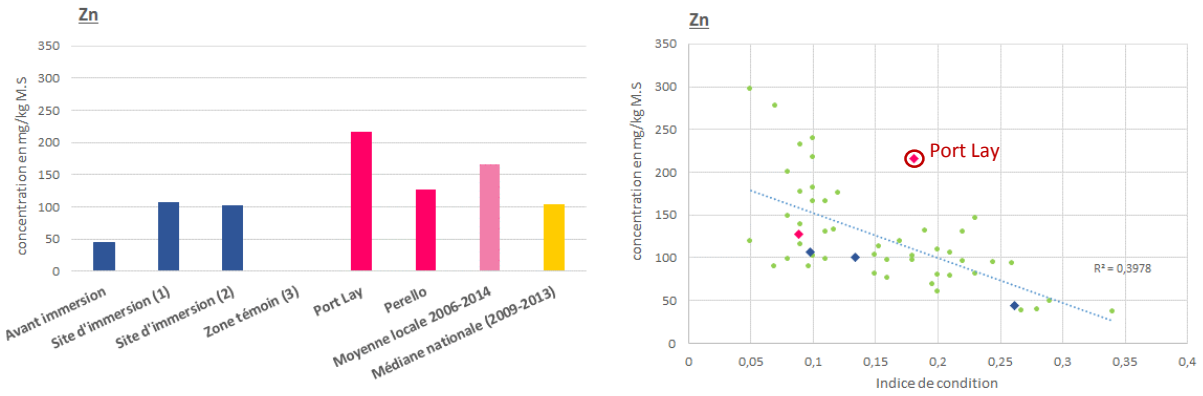


Figure 40 : Graph 1 : Concentration en zinc sur les points de suivi avant et après immersion et sur les points de surveillance. Graph 2 : Relation entre l'indice de condition et la concentration en zinc – données 2004 à 2013 en vert et 2014 en bleu (points de suivi) et rouge (points de surveillance) -. Les valeurs anormalement élevées de 2005 (supérieures à 400 mg/kg MS) ont été supprimées pour construire cette relation.

Les concentrations en zinc 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 Zn affiche des points en dessous de la droite de régression hormis pour le point Port Lay qui affiche une valeur anormalement élevée.

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

Plomb

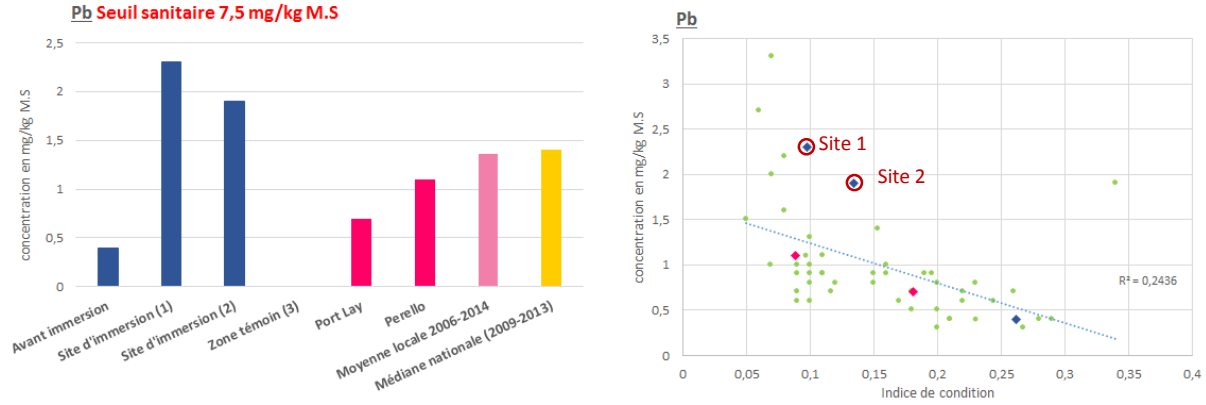


Figure 41 : Graph 1 : Concentration en plomb sur les points de suivi avant et après immersion et sur les points de surveillance. Graph 2 : Relation entre l'indice de condition et la concentration en plomb – données 2004 à 2013 en vert et 2014 en bleu (points de suivi) et rouge (points de surveillance) -. Les valeurs anormalement élevées de 2006 (supérieures à 10 mg/kg MS) ont été supprimées pour construire cette relation.

Les concentrations en plomb augmentent entre avant l'immersion et après l'immersion sur les points de suivi n°1 et 2 des stations 11 et 12. **Malgré une baisse de l'indice de condition entre avant et suite**

à l'immersion, les valeurs obtenues sont au-dessus de la droite de régression et peuvent être considérées comme anormalement élevées sans pour autant atteindre des valeurs extrêmes.

Les concentrations sur les points de surveillance sont en dessous de la moyenne locale et de la médiane nationale et toutes les valeurs observées sont en dessous du seuil sanitaire.

Mercure

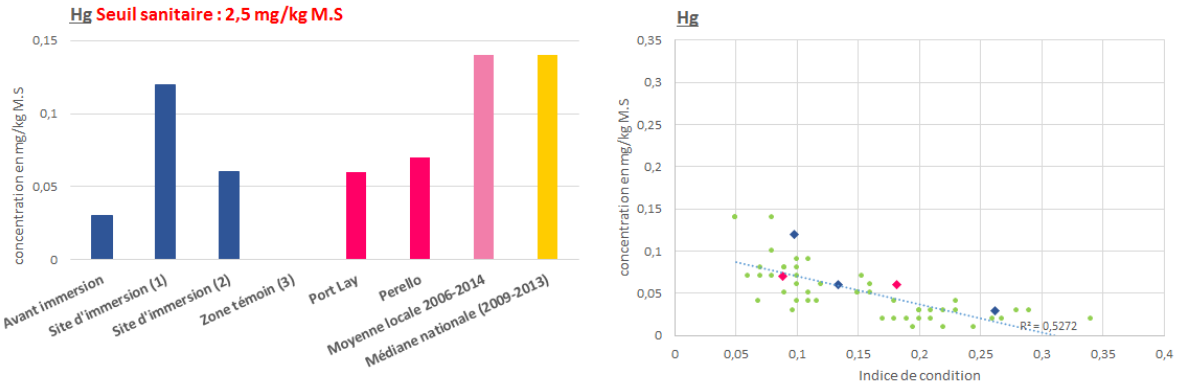


Figure 42 : Graph 1 : Concentration en mercure sur les points de suivi avant et après immersion et sur les points de surveillance. Graph 2 : Relation entre l'indice de condition et la concentration en Mercure - données 2004 à 2013 en vert et 2014 en bleu (points de suivi) et rouge (points de surveillance)-.

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 très proches de la droite de régression si bien que l'on n'observe pas de concentrations anormalement élevées.

Les concentrations des différents points sont toutes en dessous de la moyenne locale, de la médiane nationale et du seuil sanitaire.

Cadmium

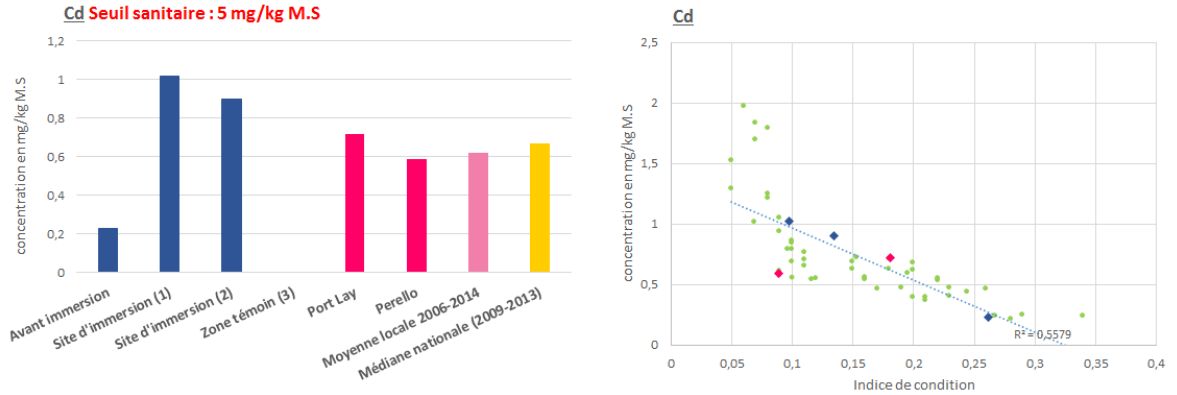


Figure 43 : Graph 1 : Concentration en cadmium sur les points de suivi avant et après immersion et sur les points de surveillance. Graph 2 : Relation entre l'indice de condition et la concentration en cadmium – données 2004 à 2013 en vert et 2014 en bleu (points de suivi) et rouge (points de surveillance)-.

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 2014.

Toutes les concentrations restent en dessous du seuil sanitaire et sont comparables à la moyenne locale et la médiane nationale.

4.1.3.2 Contaminants métalliques sur les stations de surveillance. Années 2002-2014

Les indices de conditions stables de 2002 à 2014 sur les points de surveillance nous permettent de comparer les années de suivi entre elles.

Port Lay

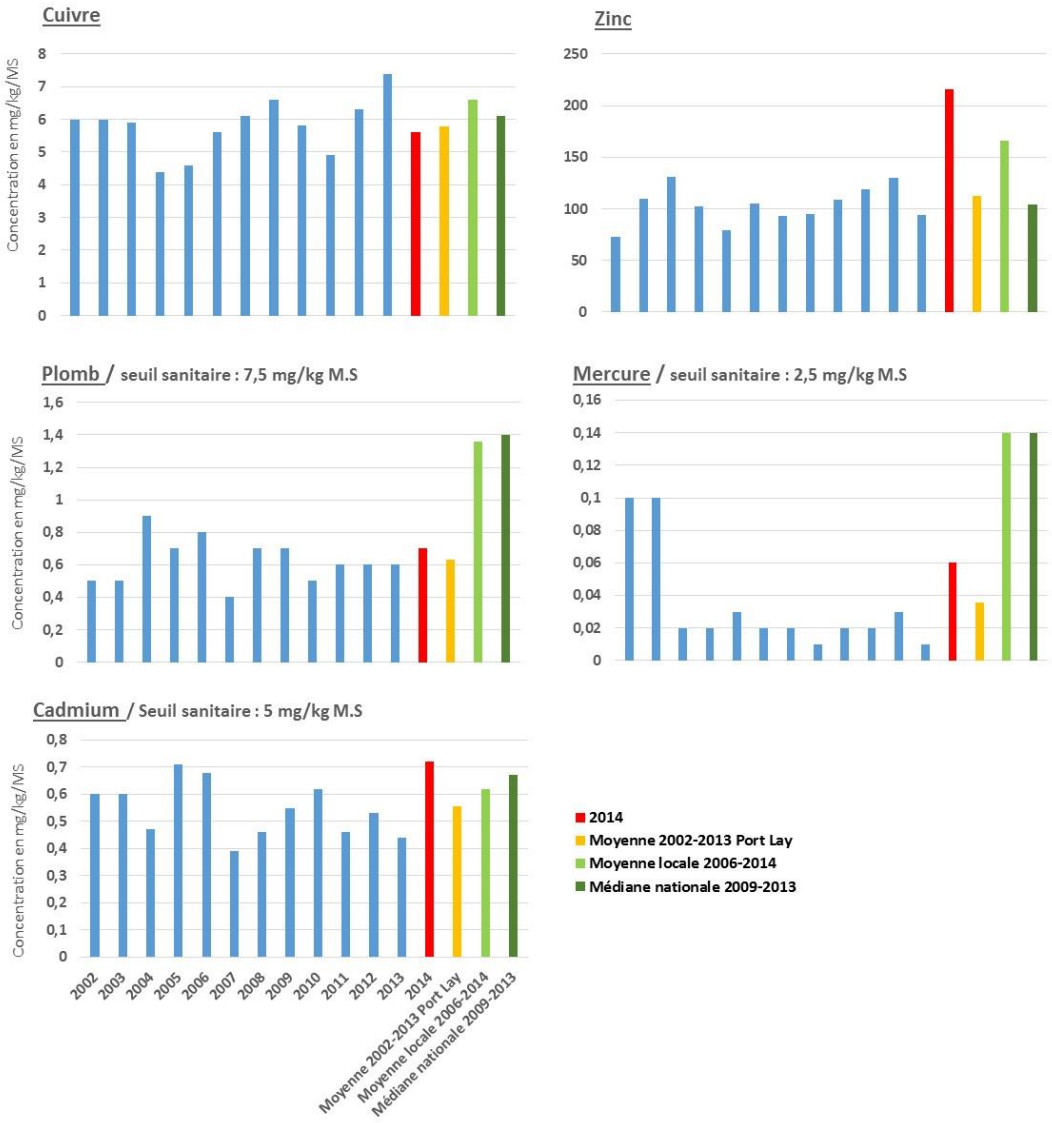


Figure 44 : Evolution de la concentration en métaux lourds sur le site mytilicole de Port Lay depuis 2002.

Sur le point de surveillance de Port Lay, on observe en 2014 comme ça l'avait été indiqué en § 4.1.3.1, malgré un indice de condition plus faible en 2014, une concentration en zinc supérieure aux moyennes 2002-2013 et à la moyenne locale.

La concentration en plomb est comparable à celles des années précédentes et inférieures à la moyenne locale.

La concentration en mercure est en 2014 supérieure à la moyenne 2002-2013 tout en restant inférieure à la moyenne locale.

La concentration en cadmium est en 2014 supérieure à la moyenne 2002-2013 et légèrement supérieure à la moyenne locale.

Ces valeurs 2014 légèrement supérieures aux moyennes 2002-2013 pour le plomb, le mercure et le cadmium sont cohérentes au regard de l'indice de condition inférieur en 2014 aux valeurs 2002-2013 (§ 2.1.2)

Perello

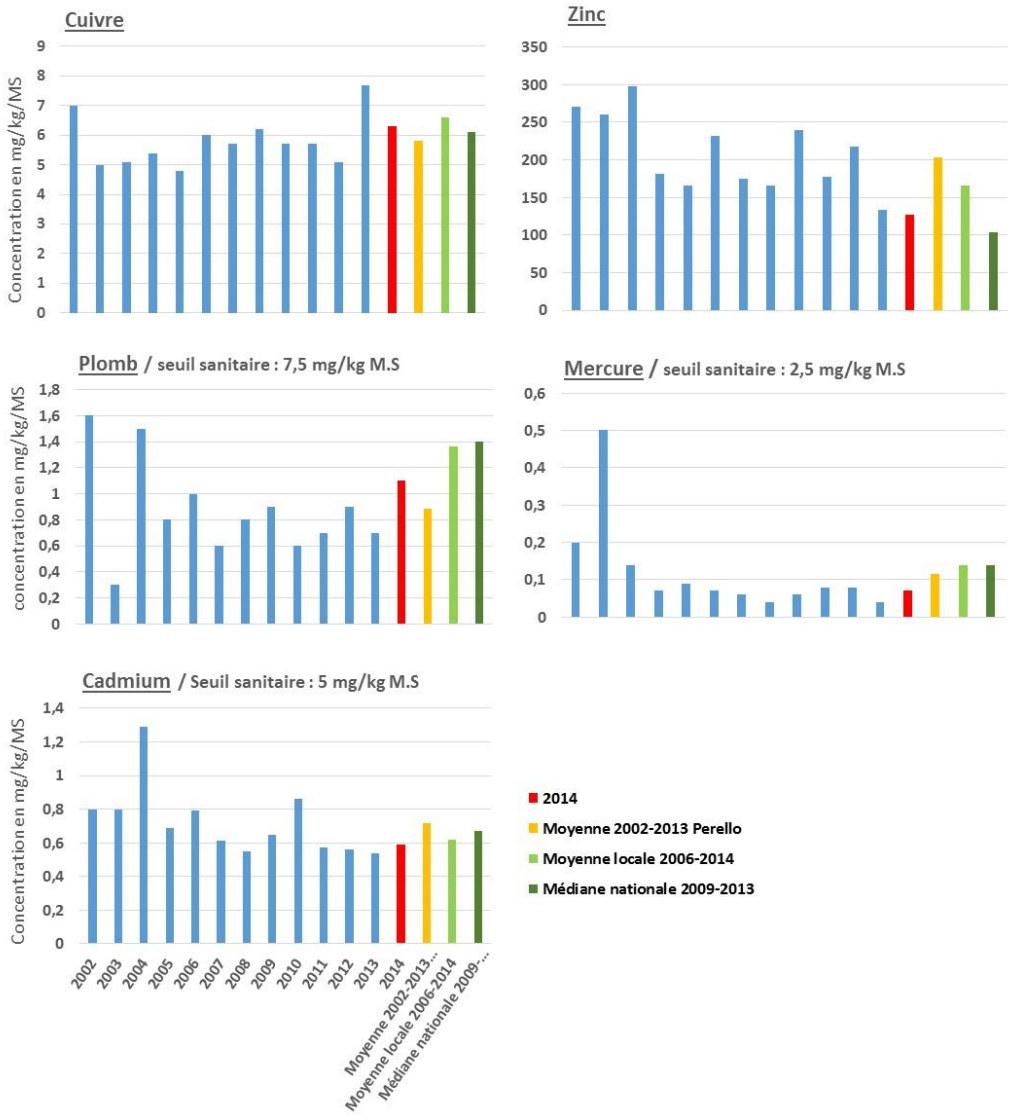


Figure 45 : Evolution de la concentration en métaux lourds sur le site de Perello depuis 2002.

Excepté pour le plomb, les concentrations 2014 sont en dessous des moyennes 2002-2013 et équivalentes ou inférieures aux moyennes locales.

Concernant le plomb, la valeur 2014 est supérieure à la moyenne 2002-2014 mais cela reste cohérent au vu de l'indice de condition plus faible cette année (§ 4.1.2 et 4.1.3.1).

La concentration élevée en plomb dans les sédiments au point Perello (Résultats des analyses granulométriques et chimiques de sédiments marins / § 2.1.2) ne semble pas avoir de répercussions sur la concentration en plomb dans les moules prélevées dans ce même secteur.

4.1.3.3 *Contaminants organiques : Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP)*

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

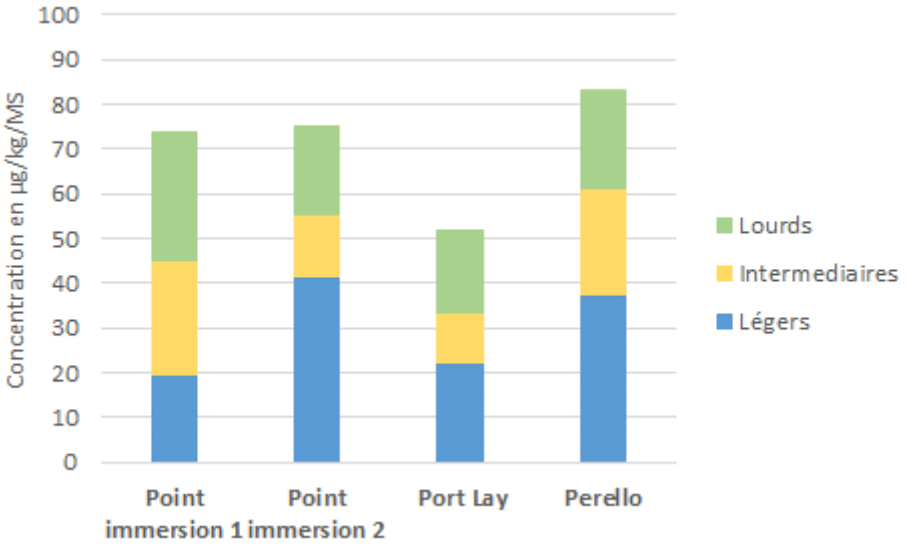


Figure 46 : Répartition des concentrations en HAPs par site en fonction de leur poids moléculaire sur les sites suivis en 2014. (Les données détaillées du point de référence 2013-2014 n'ont pas été transmises)

La proportion en HAP lourds et intermédiaires est plus importante au point d'immersion 1 et sur le site du Perello (Figure 46). L'absence de relation entre l'indice de condition et la concentration en HAP (HAP totaux et Fluoranthène ; cf annexe 2) ne conduit pas à expliquer ces plus fortes concentrations par un indice de condition plus faible sur ces deux sites.

Sur l'ensemble des sites suivis, les concentrations 2014 en HAP totaux sont légèrement inférieures à la moyenne 2004-2013 (figure 47) excepté au Perello où la concentration est légèrement supérieure en 2014 (83,6 µg/kg/MS) à la moyenne 2004-2013 (71,6 µg/kg/MS).

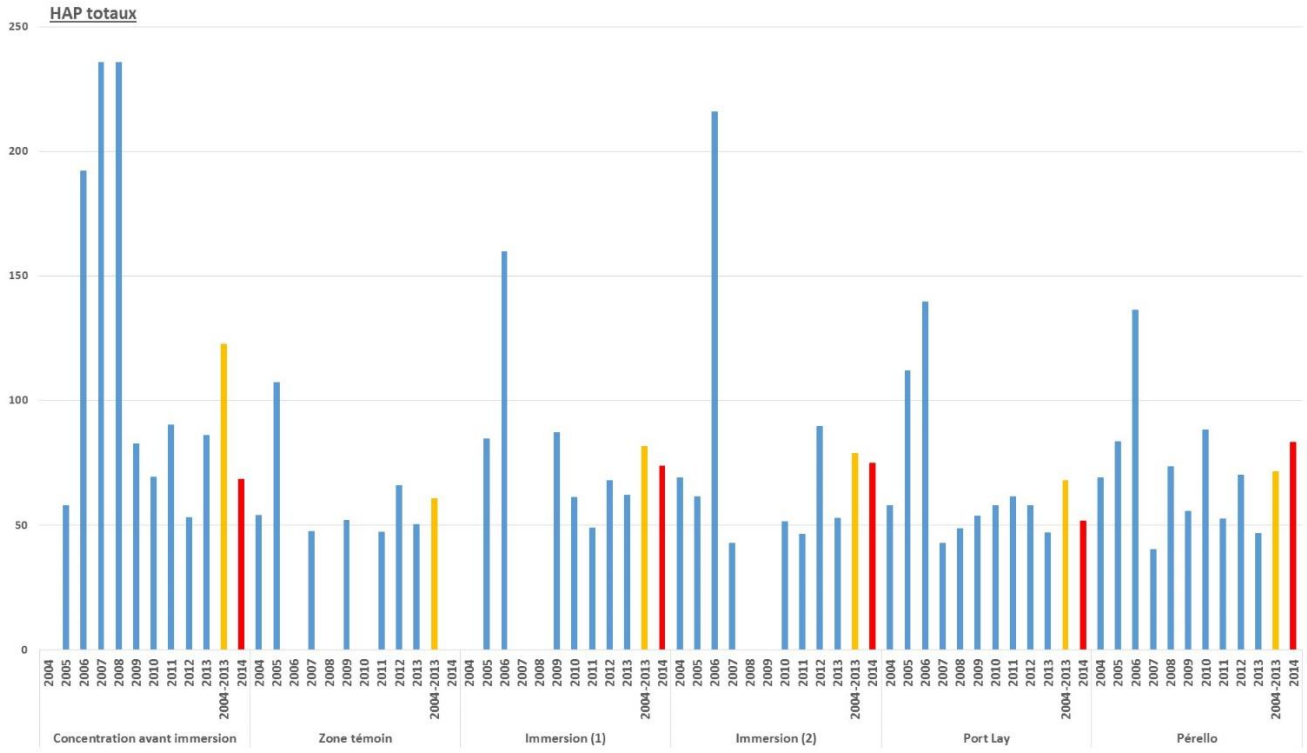


Figure 47 : Evolution de la concentration totale en HAP par site depuis 2004

Les résultats par HAP sont détaillés en annexe 3. Seules les concentrations du 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.

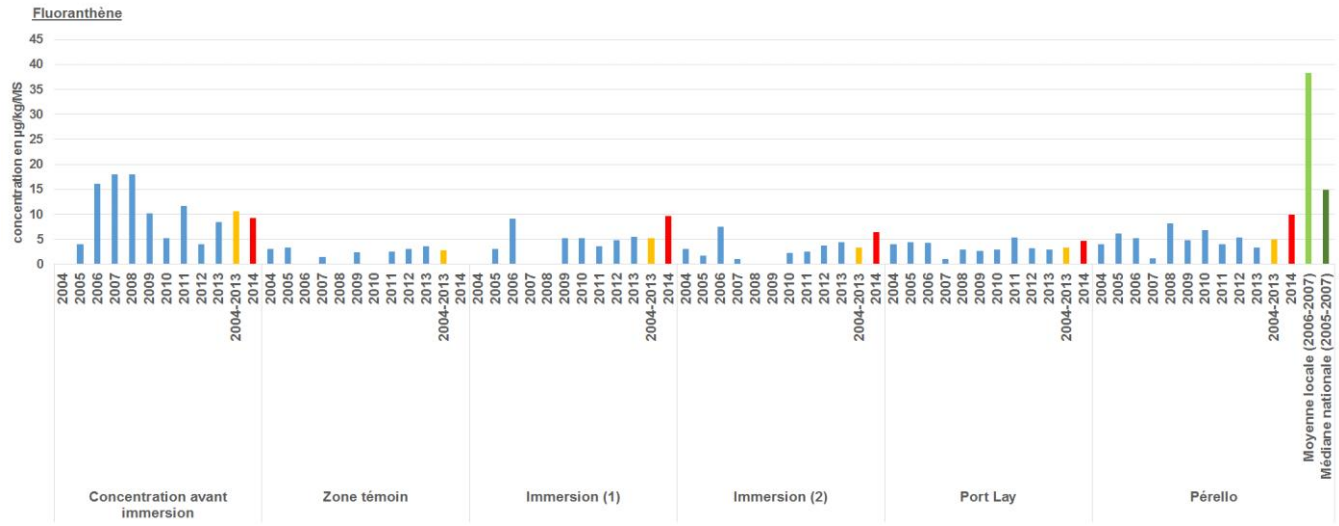


Figure 48 : Evolution de la concentration en fluoranthène par site depuis 2004 (moyenne 2004-2013 en orange ; valeur 2014 en rouge).

Les concentrations 2014 en fluoranthène sont supérieures aux moyennes 2004-2013 sur tous les sites. Elles sont en particulier deux fois plus élevées sur le point n°1 et sur le site de Perello, qui présentaient des concentrations en HAPs intermédiaires et lourds plus importantes que sur les autres sites.

4.1.3.4 *Contaminants organiques : (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 (PCB totaux et PCB 153 ; cf annexe 2) ne conduit pas à analyser les données au regard de l'indice de condition.

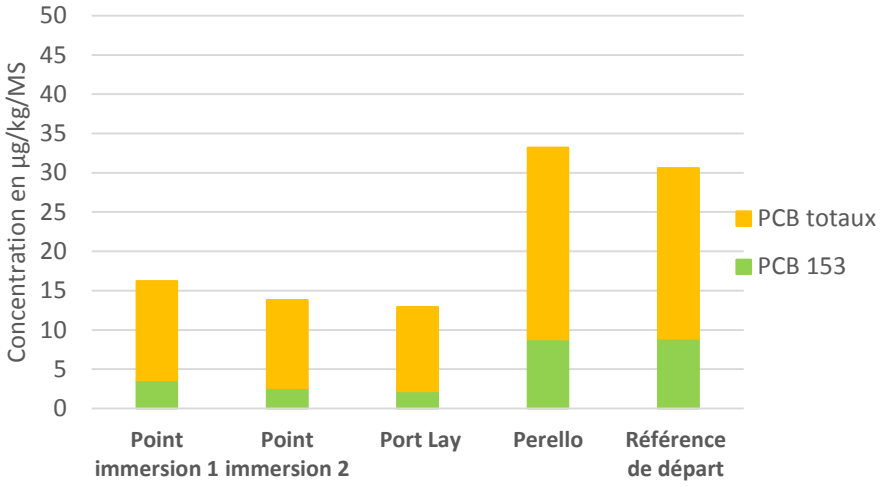


Figure 49 : Concentrations en PCB 153 par rapport aux concentrations totales sur les 4 sites suivis

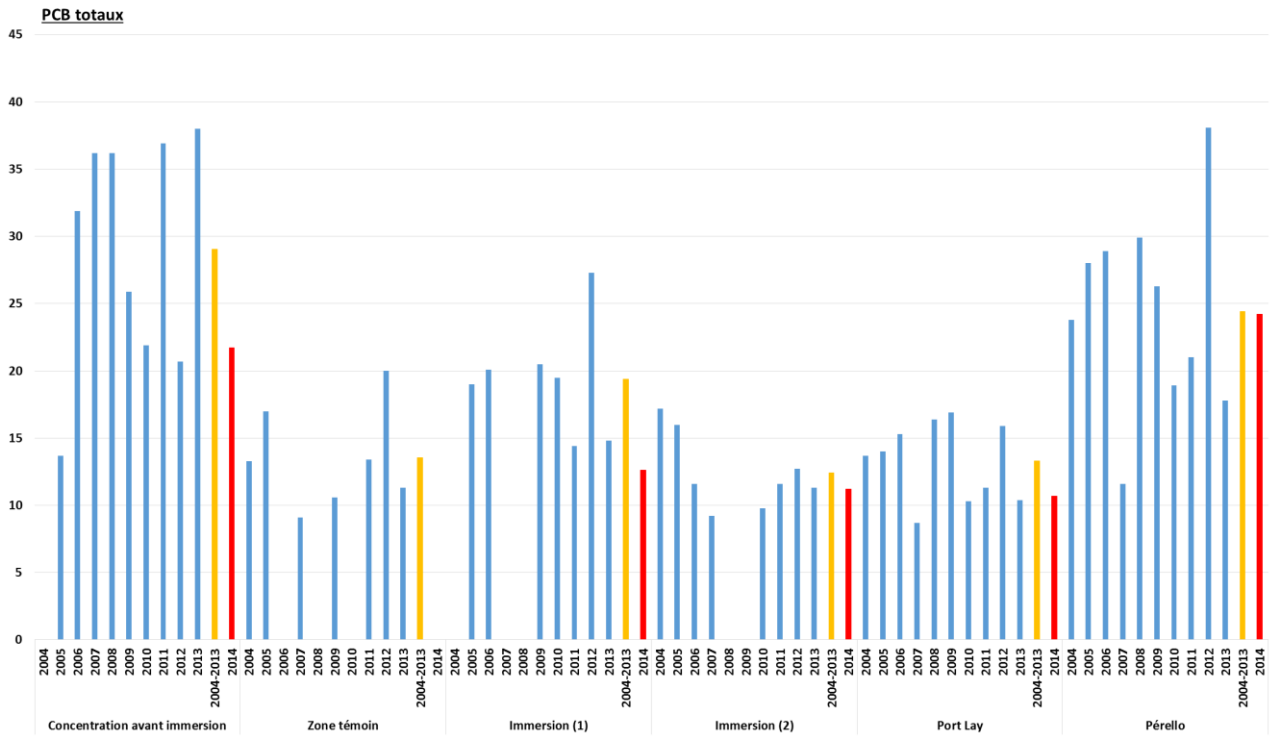


Figure 50 : Evolution de la concentration totale en PCB par site depuis 2004

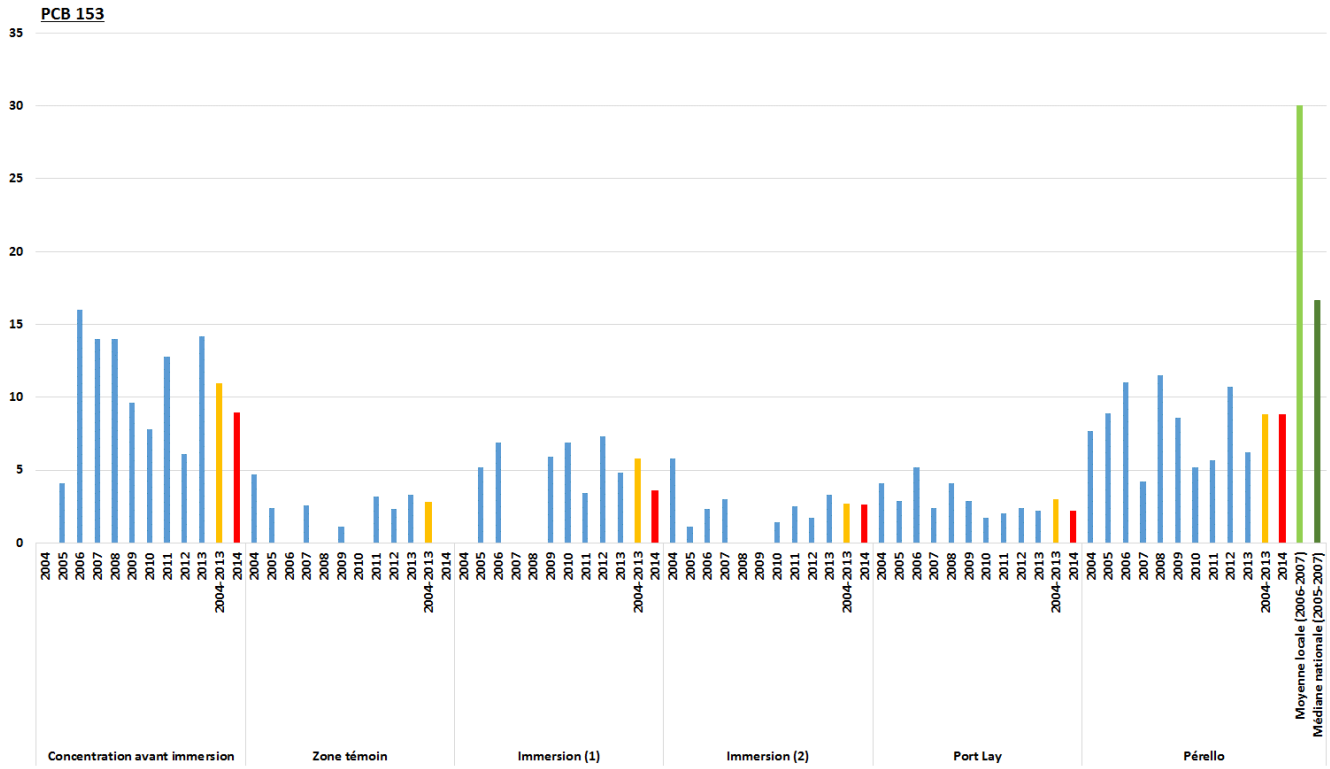


Figure 51 : Evolution de la concentration en PCB 153 par site depuis 2004 (moyenne 2004-2013 en orange ; valeur 2014 en rouge).

Les concentrations en PCB totaux et en PCB 153 sont légèrement inférieures ou identiques aux moyennes 2004-2013 pour chacun des sites suivis.

Les concentrations en PCB 153 sont bien inférieures à la moyenne locale et à la médiane nationale.

4.2 Biométrie

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 2014, le suivi de la biométrie a été réalisé sur 50 individus sur chacun des 3 sites suivis,

	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)**
Avant immersion	83,3 +/- 12,4	45,1 +/- 9,1	24,3 +/- 3,3	**39 +/- 6**
Station n°1 après immersion	101,1 +/-14,4	50,3 +/-6,1	28 +/-4,3	**37,4 +/- 6,4**
Station n°2 après immersion	99,9 +/-19,2	51,8 +/- 7,2	30 +/- 4,2	**40 +/- 6,2**
Site témoin (n°3) après immersion	102 +/-20,3	50,2 +/- 8,5	28,4 +/-5,2	**38 +/- 7,1**

Tableau 5 : Relevés biométriques avant et après immersion sur les 3 sites suivis

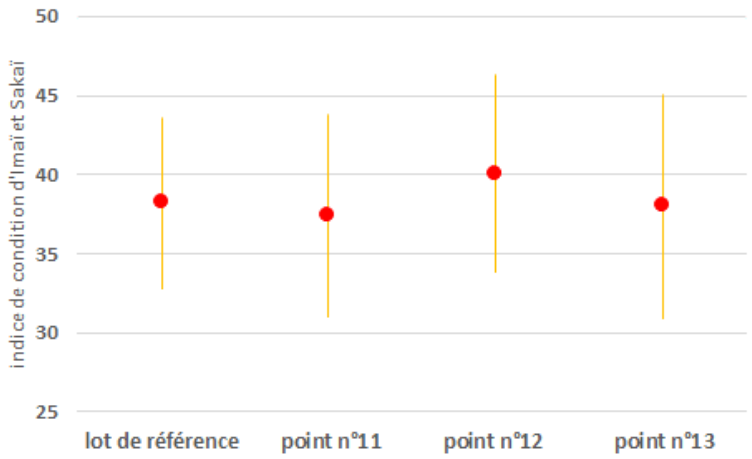


Figure 52 : Indices de déformations sur les 3 points suivis par rapport à l'indice de référence

Les indices calculés sont comparables à la valeur de référence (huîtres de la ria d'Etel) et sont tous inférieurs à 50% si bien que l'on ne peut pas conclure à une croissance anormale en épaisseur des lots d'huîtres suivis.

En revanche les huîtres présentent des pourcentages assez élevés de chambre à gélatine (22 % sur le point n°1 ; 28 % sur le point n°2 ; 36% sur le point n°3). Les tempêtes successives de l'hiver 2013-2014 ont certainement du entrainer la filtration par les huîtres de particules remises en suspension provoquant ainsi le chambrage de la coquille.

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

4.3.1 Stations de suivi

Les différences de concentration observées pour les métaux lourds sont cohérentes au regard des indices de condition. Néanmoins, on observe des concentrations anormalement élevées en plomb sur les deux sites (points n°1 et 2) à proximité de la zone d'immersion.

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

Les concentrations 2014 en HAP totaux sont légèrement inférieures à la moyenne 2004-2013. En revanche, les concentrations 2014 en fluoranthène sont supérieures à la moyenne 2004-2013.

Les concentrations en PCB totaux et PCB 153 sont inférieures ou égales à la moyenne 2004-2013.

Les mesures réalisées sur les huîtres immergées ne mettent pas en évidence une malformation des coquilles et l'examen visuel des coquilles montre la présence de chambres à gélatine très certainement en raison de la filtration des particules remises en suspension suite aux tempêtes hivernales 2013-2014.

4.3.2 Station de surveillance

On observe une concentration 2014 anormalement élevée en zinc sur le site de Port Lay. Le suivi annuel réalisé en 2015 permettra de mettre en évidence ou non le caractère accidentel de cette valeur.
Concernant les autres métaux recherchés, les données obtenues depuis 2002 ne mettent pas en évidence une tendance significative dans l'évolution des concentrations.
Pour les 3 métaux pris en compte dans la réglementation, les concentrations en 2014 sont inférieures au seuil sanitaire.

La concentration 2014 en HAP totaux est légèrement supérieure en 2014 sur le site du Perello. Les concentrations 2014 en fluoranthène sont supérieures à la moyenne 2004-2013 en particulier sur le site du Perello où la valeur 2014 est deux fois supérieure à la moyenne 2004-2013 et atteint la valeur maximale depuis 2004.

Les concentrations en PCB totaux et PCB 153 sont inférieures ou égales à la moyenne 2004-2013.

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 2014 sur deux volets :

- le sédiment par carottage sur six points,

- la matière vivante : coquillages bivalves (moules et huîtres) sur cinq stations initialement (absence de résultats sur le point n°3).

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

Concernant les contaminants métalliques, les résultats du suivi 2014 révèlent une situation d'absence de contamination des différentes stations excepté pour la station anse du Perello qui possède à nouveau une teneur en plomb anormalement élevée et comparable à celles observées avant 2012.
Le point 22 – Fosse centrale situé à proximité de la zone de clapage présente les valeurs les plus élevées et proches de la valeur retenue par le RNO mais ces résultats restent cependant cohérents par rapport aux caractéristiques sédimentaires et minéralogiques de ce point à granulométrie fine.

Concernant les contaminants organiques, les concentrations mesurées sur les sédiments de la radiale sont toutes inférieures aux seuils GEODE définis par l'arrêté du 8 février 2013.
Le point 22 – Fosse centrale situé à proximité de la zone de clapage présente également les valeurs les plus élevées mais qui restent également cohérentes par rapport aux caractéristiques sédimentaires et minéralogiques de ce point.

Le suivi 2014 ne relève pas comme en 2013 une contamination en HAP élevée sur la station « Anse du Stole » qui conforte l'hypothèse émise l'an dernier d'une pollution d'origine locale, sans lien avec l'immersion des sédiments.

Le suivi 2014 montre des teneurs en PCB totaux et TBT inférieures aux seuils de détection pour les 6 stations de la radiale alors que l'on observait sur le point 22 – Fosse centrale des teneurs en TBT supérieures au seuil de détection depuis 2010.

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

Sur les stations à proximité du site de dépôt les valeurs observées en 2014 ne montrent pas d'accumulation de contaminants excepté pour le plomb pour lequel on observe des concentrations anormalement élevées sur les deux points de suivi (n°1 et 2) à proximité de la zone d'immersion.

On observe également une concentration 2014 anormalement élevée en zinc sur le site de surveillance de Port Lay alors que sur le site de Perello, la tendance est à la diminution pour ce paramètre.

Ces concentrations plus élevées (Plomb sur les points 1 et 2 et Zinc à Port Lay) peuvent être mises en relation avec les tempêtes hivernales et successives de l'hiver 2013-2014 qui par remise en suspension des particules et des métaux lourds et ont pu occasionner une contamination des coquillages.

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

Les concentrations 2014 en HAP totaux sont légèrement inférieures à la moyenne 2004-2013 sauf le site du Perello qui possède une concentration légèrement supérieure à cette même moyenne. En revanche, les concentrations 2014 en fluoranthène sont supérieures à la moyenne 2004-2013 en particulier sur le site du Perello où la valeur 2014 est deux fois supérieure à la moyenne 2004-2013 et atteint la valeur maximale depuis 2004.

Les concentrations en PCB totaux et PCB 153 sont inférieures ou égales à la moyenne 2004-2013.

Les mesures réalisées sur les huîtres creuses immergées à proximité du site d'immersion pour suivre un impact éventuel du TBT ne présentent pas de malformation des coquilles.

Annexes

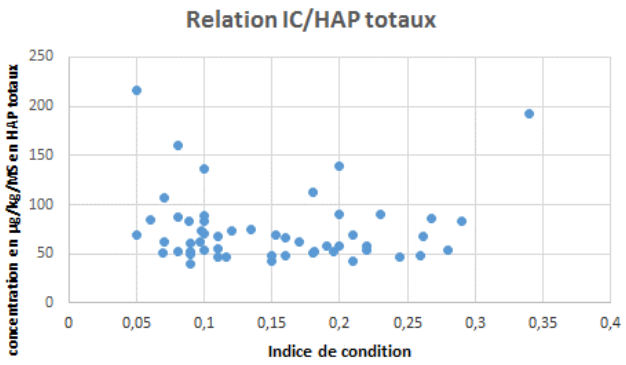
Annexe 1 :

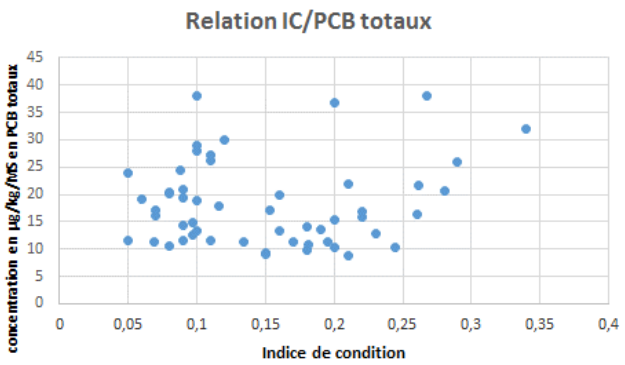
Propriétés physiques et chimiques des différents HAP analysés dans les sédiments et les coquillages

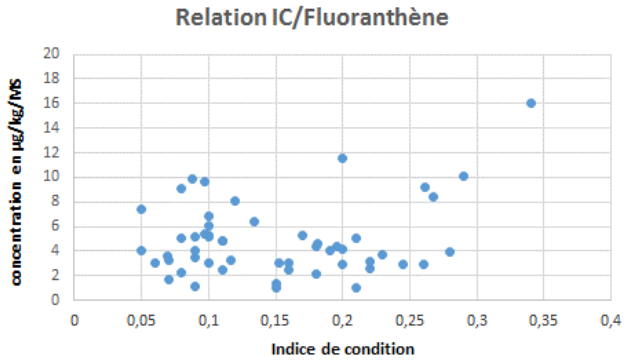
Nom des HAPs	Masse molaire (g/mol)	Classification	Formule	Coef.de partage octanol – eau	Solubilitédans l'eau à 25˚C (mg/l)	Cancérigène
Naphtalène	128,2	Léger	C10H8	3,3	32	-
Acénaphthylène	152,2	Léger	C12H8	4,07	3,93	-
Acénaphtène	154,2	Léger	C12H10	3,98	3,42	-
Fluorène	166,2	Léger	C13H10	4,18	1,9	-
Anthracène	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

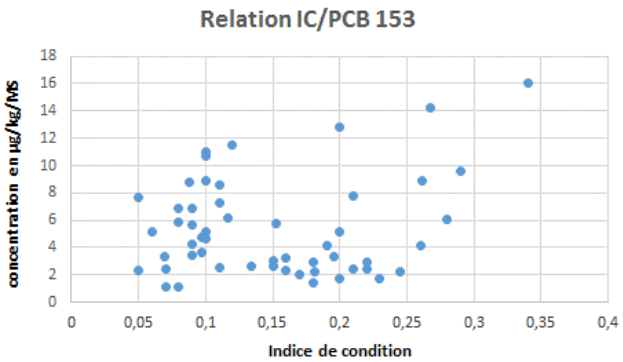
Annexe 2 :

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.


Relation IC/HAP totaux
concentration en µg/kg/MS en HAP totaux
Indice de condition


Relation IC/PCB totaux
concentration en µg/kg/MS en PCB totaux
Indice de condition


Relation IC/Fluoranthène
concentration en µg/kg/MS
Indice de condition


Relation IC/PCB 153
concentration en µg/kg/MS
Indice de condition

Annexe 3 :

Concentrations des différents HAPs par site :

		Référence de départ	Point de suivi 1	Point de suivi 2	Point 3 (témoin)	Port Lay	Perello
	HAP totaux	68,4	73,7	74,9		51,6	83,3
Légers	Naphtalène		4,3	26	Absence de données	11,4	24,4
	Acénaphthylène		1	1,4		1	1
	Acénaphtène		1,8	2,8		1	1,2
	Fluorène		1,3	1,4		1	1
	Phénanthrène		10,3	8,8		7,1	8,7
	Anthracène		1	1		1	1
Intermédaires	Fluoranthène	9,2	9,6	6,4	Absence de données	4,9	9,9
	Pyrène		9	4,4		4	9,3
	Benzo(a)anthracène		2,8	1,6		1	1,7
	Chrysène		4	1,6		1	3,1
Lourds	Benzo(b,fluoranthène		9	2,5	Absence de données	1,2	4,4
	Benzo(k)fluoranthène		2	1		1	1,1
	Benzo(a)pyrène		2,6	1		1	1,5
	Indeno(123-cd)Pyrène		5	5		5	5
	Dibenzo(a,h)anthracène		5	5		5	5
	Benzo(g,h,i)pérylène		5	5		5	5

Les données du lot de référence de départ n’ont pas été transmises.

LE SUIVI DU SITE D'IMMERSION

Partie n°7

Rapport d'expertise du MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Analyse d'images vidéo

Résultats 2014

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 des 17 stations sur et hors zone d'immersion

Rapport final – Données 2014

Décembre 2014

Sommaire

1. Introduction 4

2. Présentation des acteurs 4

3. Matériel et méthodes 5

4. Résultats de l'analyse des vidéos sous-marines de la radiale 6
4.1. Station N°21 : Basse de la Paille, fosse des sabliers 6
4.2. Station N°25 : Anse de Stole 7
4.3. Station N°24 : Anse de Perello 8
4.4. Station N°23 : Kerroc'h 10
4.5. Station N°22 : Fosse centrale du Courreau de Groix 12
4.6. Station N°26 : Basse des Bretons 12

5. Résultats de l'analyse des vidéos sous-marines de la zone d'immersion 14
5.1. Fond rocheux infralittoral : Points 5, 6, 7 et 8 14
5.2. Fond rocheux circalittoral et sédiment grossier : Points 1 et 2 17
5.3. Fond hétérogène à sable, blocs, galets et cailloutis : Points 3 et 10 19
5.4. Fond hétérogène sable et petits blocs : Point 4 21
5.5. Fond sablo-vaseux : Points 0 et 9 22

5. Discussion – limites de l'expertise 24

6. Conclusion 25

Bibliographie 26

Annexe I : Typologie des ceintures algales 27
Annexe II : "Caractéristiques et variations des peuplements sur les stations de la radiale" 28
Annexe III : Liste des taxons identifiés par station de la radiale – Années 2013 et 2014 29
Annexe IV : Inventaires simplifiés des peuplements pour les 11 points du site d'immersion – Années 2013 et 2014 30
Annexe V : Liste des taxons identifiés par station de la zone d'immersion - Années 2013 et 2014 31
Annexe VI : Les différents stades de nécroses de *Laminaria hyperborea* 32

Liste des figures :

Figure 1 : Localisation des 6 stations de la radiale et des 11 points de la zone d'immersion 5

Liste des Planches :

Planche I : Illustrations de la station N°21 Basse de la Paille, fosse des sabliers 7
Planche II : Illustrations de la station N°25 Anse de Stole..... 8
Planche III : Illustrations de la station N°24 Anse de Perello 9
Planche IV : Illustrations de la station N°23 Kerroc'h..... 11
Planche V : Illustrations de la station N°22 Fosse centrale du Courreau de Groix..... 12
Planche VI : Illustrations de la station N°26 Basse des Bretons 13
Planche VII : Illustrations du Point 5 de la zone d'immersion..... 15
Planche VIII : Illustrations du Point 6 de la zone d'immersion 15
Planche IX : Illustrations du Point 7 de la zone d'immersion..... 16
Planche X : Illustrations du Point 8 de la zone d'immersion 17
Planche XI : Illustrations du Point 1 de la zone d'immersion..... 18
Planche XII : Illustrations du Point 2 de la zone d'immersion..... 19
Planche XIII : Illustrations du Point 3 de la zone d'immersion 20
Planche XIV : Illustrations du Point 10 de la zone d'immersion..... 21
Planche XV : Illustrations du Point 4 de la zone d'immersion 22
Planche XVI : Illustrations du Point 0 de la zone d'immersion..... 23
Planche XVII : Illustrations du Point 9 de la zone d'immersion..... 23

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.

Les images vidéos ont été réalisées par l'entreprise ISMER sur 17 points au niveau de la zone de dépôt et sur une radiale entre la sortie de la rade de Lorient et la zone en question. L'acquisition des images s'est faite en deux temps : la phase 1 concerne les 6 stations de la radiale (16 et 17 juin 2014) – la phase 2 concerne les 11 stations positionnées au niveau du site d'immersion (8 au 11 et 18 au 19 septembre 2014).

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 environnant cette zone, 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 2014.

Ce rapport final rassemble les résultats de l'analyse des vidéos 2014 des 6 stations de la radiale et des 11 points de la zone d'immersion.

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 de l'ensemble des points suivis.

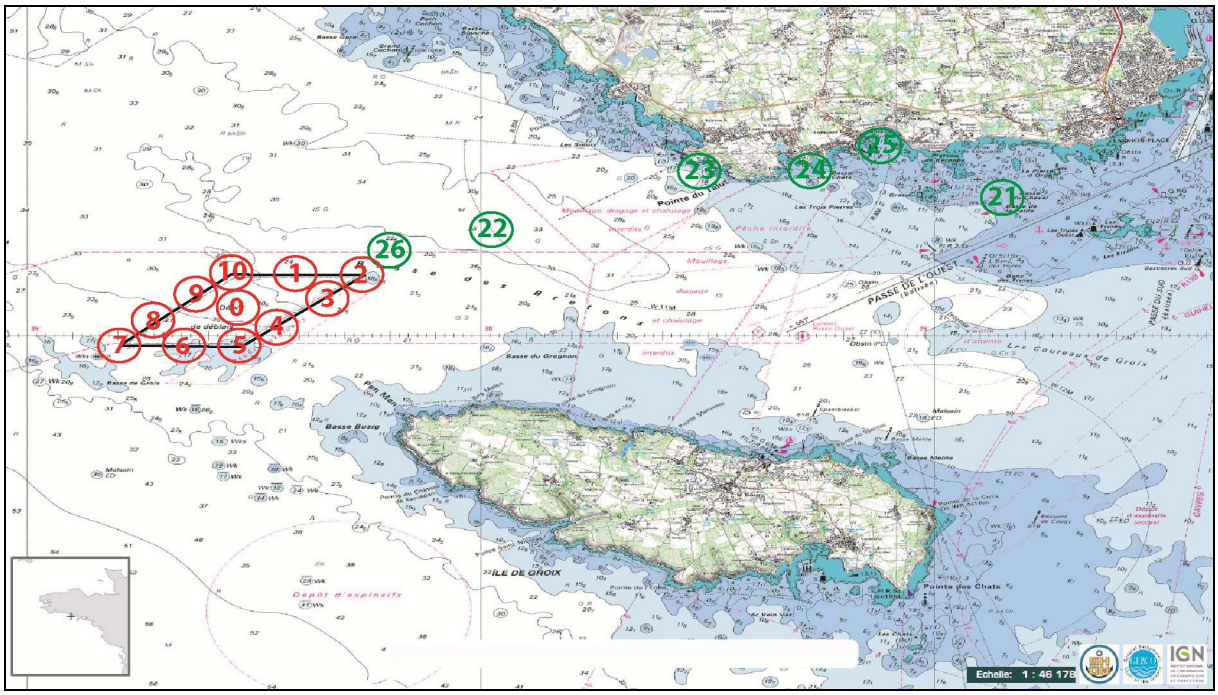


Figure 1 : Localisation des 6 stations de la radiale et des 11 points de la zone d'immersion

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 en 2013 et 2014. 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 2012, l'analyse comparative est plus précise sur la période 2010-2014.

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 seront 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).

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 des vidéos sous-marines de la radiale

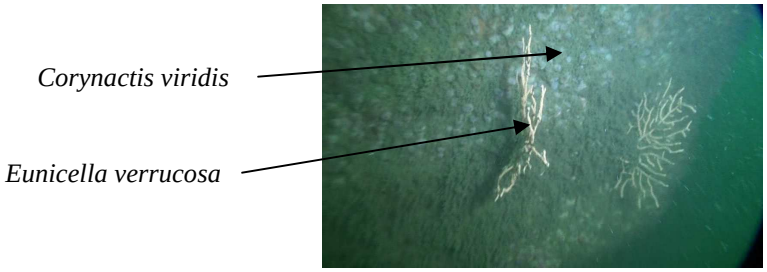
Les résultats sont présentés suivant la radiale d'Est en Ouest : du plus éloigné au plus proche de la zone d'immersion. Un tableau récapitulant les inventaires simplifiés réalisés depuis 2005 ainsi que la liste des taxons inventoriés par station en 2013 et 2014 se trouvent en annexes II et III.

4.1. Station N°21 : Basse de la Paille, fosse des sabliers

Cette station est la plus proche de l'embouchure de la rade de Lorient, sur un fond meuble à environ -15m C.M.[1].
Les images recueillies en 2014 montrent un fond sableux. Malgré une faible visibilité, on observe de nombreuses ophiures enfouies dans le sédiment dont elles laissent dépasser leurs bras pour capturer les particules en suspension dans la masse d'eau. Des étoiles de mer, un gastéropode (*Nassarius* sp.), un bivalve et une ophiure sont rencontrés sur le sable.

D'après les rapports antérieurs, une modification remarquable du peuplement de ce site avait été observée avec, en 2007, une colonisation accrue des sédiments superficiels par l'ophiure *Amphiura filiformis*. Dès 2010, une régression de cette population fût signalée avec une quasi-disparition en 2012. En 2011 et 2013, une épaisse couche d'algues en épaves recouvrait le fond empêchant toute comparaison. Cette année, on constate une colonisation du sédiment par des ophiures avec semble-t-il une abondance supérieure à celle de 2010.

En 2014, des images d'un tombant rocheux ont également été réalisées laissant apparaître des tapis d'anémones *Corynactis viridis*, quelques étoiles de mer comme *Marthasterias glacialis*, des gorgones *Eunicella verrucosa*, des poissons (Labridae ?, *Parablennius gattorugine*) et un tourteau *Cancer pagurus*.



[1] C.M. : Cote marine

Planche I : Illustrations de la station N°21 Basse de la Paille, fosse des sabliers

4.2. Station N°25 : Anse de Stole

Ce site abrité présente un fond sablo-vaseux avec débris coquilliers à environ -4m C.M., propice au développement d'un herbier de *Zostera marina*.

En 2014, la vidéo montre une zone avec seulement quelques plants à *Zostera marina* visibles grâce à leurs feuilles. L'herbier est donc encore présent mais a été malmené sans doute par les fortes et fréquentes tempêtes hivernales. Il est peu visible soit parce qu'il a réellement régressé, soit parce que seuls les rhizomes sont toujours vivants, et dans ce cas, le feuillage devrait se redévelopper. Les images ne permettent pas de conclure sur le réel état de santé de cet herbier. Seuls des relevés spécifiques (*in situ*, prélèvement) pourraient nous renseigner. Les différents rôles attribués aux herbiers (espèces structurantes des communautés benthiques, producteur primaire, frein à l'hydrodynamisme et piège à particules fines, habitat complexe, zone de reproduction, de nurserie et d'alimentation (Hily, 2006)) sont ici très diminués, en tout cas momentanément.
On note le développement d'algues vertes (*Ulva* sp.) et d'algues brunes filamenteuses. Les algues rouges filamenteuses sont également abondantes. La faune est peu observée et bien moins représentée par rapport aux années précédentes. Seuls un crustacé *Inachus* sp. et un mollusque ou crustacé (*Nassarius* sp. ou Paguridae) sont visibles.

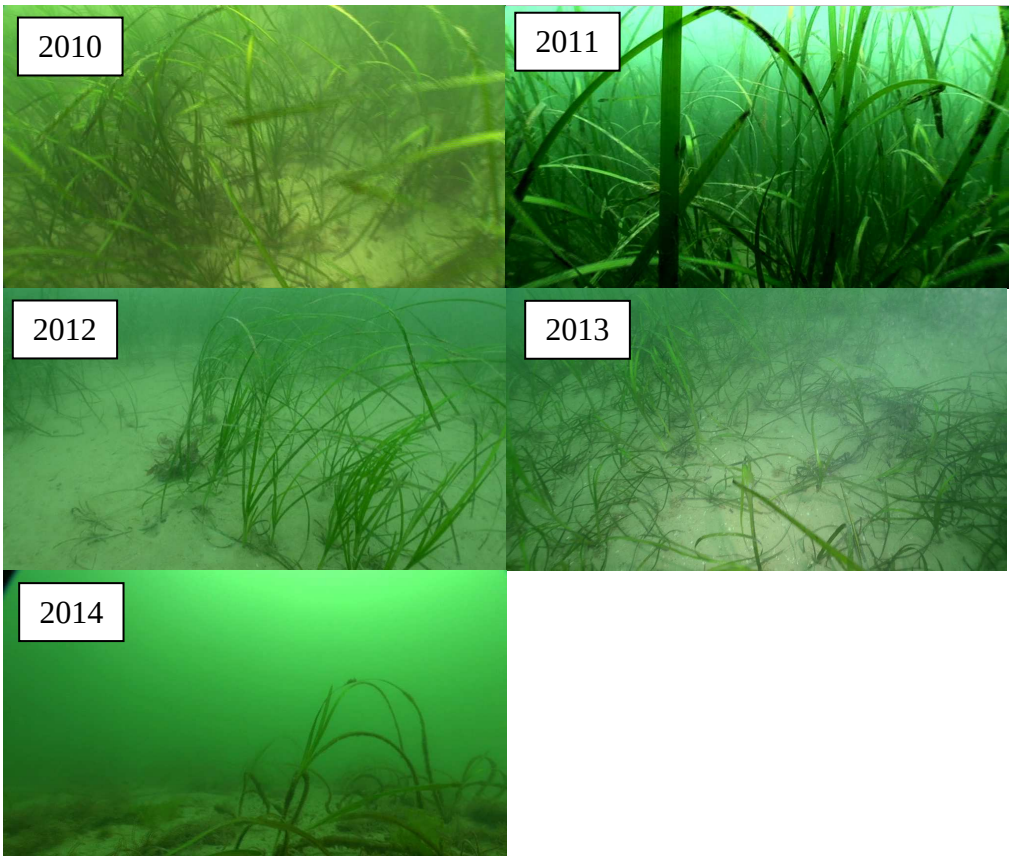


Planche II : Illustrations de la station N°25 Anse de Stole

4.3. Station N°24 : Anse de Perello

Le fond de cette station est composé de roches, blocs, galets, cailloutis avec des cuvettes de sable fin et grossier à environ -2m C.M.. La couverture algale correspond bien à ce type de fond avec un peuplement préférant les milieux abrités à moyennement battus, assez turbides et en limite sédimentaire.
En effet, des fucales sont observées, notamment *Cystoseira baccata* accompagnée de *Halidrys siliquosa*. Les laminaires sont également bien présentes avec, comme seule espèce identifiée en 2014, *Laminaria hyperborea*. Deux individus sont notamment observés au stade 4, dernier stade de nécrose des laminaires (*cf.* Annexe IV). Ces algues brunes caractérisent l'étage infralittoral, étage que l'on retrouve sur chaque vidéo depuis 2005. Les rhodophycées sont bien développées avec comme espèces identifiées *Dilsea carnosa, Heterosiphonia plumosa* et *Delesseria sanguinea*. Concernant les chlorophycées, les ulves sont bien visibles aux abords de la crépine.
La faune est peu observée. Seules quelques anémones (*Anemonia viridis*) et plusieurs étoiles de mer (*Asterias rubens*, *Marthasterias glacialis*) sont recensées.

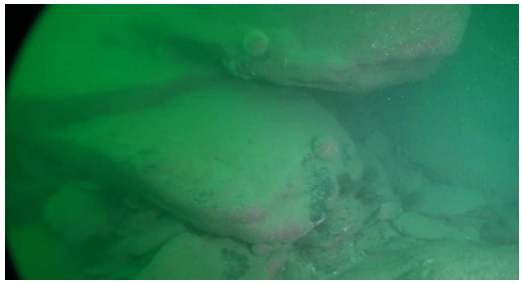
La pruine (biodépôt et/ou de transfert de particules minérales fines) est assez abondante en 2014 comme en 2012. De manière générale, le couvert végétal semble moins dense et par endroit entrecoupé de petites zones de dépôts. La strate buissonnante (*Cystoseira baccata, Halidrys siliquosa*) est moins visible par rapport aux années précédentes.

Planche III : Illustrations de la station N°24 Anse de Perello

4.4. Station N°23 : Kerroc'h

Cette année, la vidéo a été réalisée du fond sédimentaire jusqu'à la tête de roche sans interruption.

Le fond est à environ -16m C.M., il est constitué d'un peu de sable et en majorité de galets, cailloux recouverts d'un important dépôt de matières organiques et/ou de particules minérales fines. Concernant la flore, seules quelques algues rouges, sans doute du genre *Rhodymenia* sont observées. L'étage circalittoral côtier s'étendrait donc jusqu'au fond sédimentaire ou quasiment.



La roche recouverte d'un important dépôt

Ces observations sont comparables à celles issues des images de 2010 et 2011, aux environs des -17m, à savoir un important dépôt et la présence du circalittoral côtier. La faune est en revanche moins visible en 2014 avec quelques labres (*Ctenolabrus rupestris*) et une gorgone (*Eunicella verrucosa*) recensés.

En remontant, la flore et la faune se développent et se diversifient. On rencontre quelques bryozoaires gélatineux (*Alcyonidium* sp.), de nombreuses étoiles de mer (essentiellement *Asterias rubens* et quelques *Marthasterias glacialis*), holothuries (*Aslia lefevrii*), oursins (*Echinus esculentus*), anémones sur les tombants (*Corynactis viridis*) et des tapis d'algues rouges (*Rhodymenia* sp., *Delesseria sanguinea*, *Heterosiphonia plumosa*) accompagnées d'algues brunes comme *Dictyopteris polypodioides*.

Des holothuries *Aslia lefevrii*

La première grande algue brune filmée est un individu de l'espèce *Laminaria hyperborea*, à -7,8m C.M.. L'étage infralittoral s'étend donc au moins jusqu'à cette bathymétrie en 2014. La comparaison avec les autres années telle qu'elle avait été engagée depuis le début du suivi se faisait avec les images du -6m C.M.. Le tableau comparatif de l'annexe II est donc réalisé avec l'inventaire établi à partir de cette première laminaire, seul point de repère approchant le -6m C.M..
Concernant la strate arbustive, *Laminaria hyperborea* est à priori majoritaire et l'algue annuelle *Saccorhiza polyschides* est également identifiée cette année. L'algue brune, *Halidrys siliquosa*, affectionnant la proximité du sable, n'est pas recensée contrairement à 2011, 2012 et 2013. La sous-strate algale ressemble bien à celle observée en 2010, 2011 et 2012 avec en dominance l'algue rouge *Delesseria sanguinea* et l'algue brune *Dictyopteris polypodioides*, seule Dictyotale identifiée en 2014. Les tapis bien denses constitués par la rhodophyte *Calliblepharis ciliata* en 2013 ne sont pas visibles cette année.
Des tombants ou couloirs sont filmés en 2014, ce qui permet de recenser à nouveau le spongiaire *Cliona celata*, l'alcyon *Alcyonidium digitatum* et l'anémone *Corynactis viridis*, espèces qui n'étaient pas visibles en 2012 et/ou 2013. On relève également des bryozoaires en épibiontes sur les algues, un labre *Labrus bergylta*, de nombreuses étoiles de mer (principalement *Asterias rubens* et quelques *Marthasterias glacialis*), l'oursin *Echinus esculentus*. Enfin, quelques moules et balanes sont identifiées sur la tête de roche.

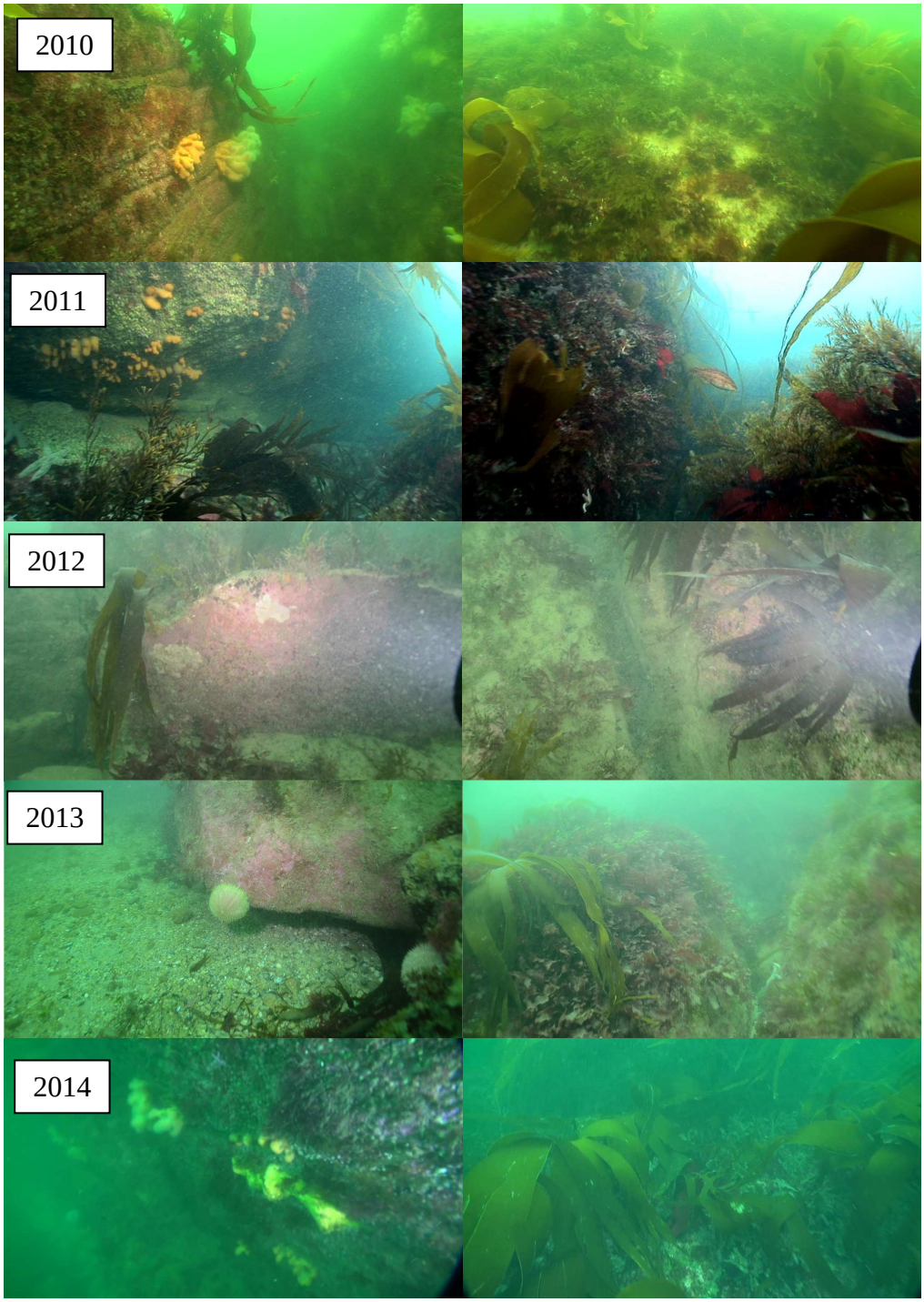


Planche IV : Illustrations de la station N°23 Kerroc'h

4.5. Station N°22 : Fosse centrale du Courreau de Groix

Ce point se situe entre la côte de Ploemeur et la zone d'immersion, sur un fond de sédiments fins vaseux à environ -38m C.M..
La visibilité est mauvaise et la mise au point ne se fait pas en survol. Seules quelques images sont nettes lorsque la caméra est posée au fond.
On distingue quelques étoiles de mer *Asterias rubens*, un crustacé qui semble être un pagure et un poisson *Callionymus lyra*.
Il semble y avoir des petites dépressions à la surface du sédiment qui pourraient être dues à la présence d'ophiures. Mais, étant donné qu'aucun bras d'ophiures n'est visible, nous ne pouvons affirmer que le champ d'ophiures observé depuis 2007 est toujours en place.

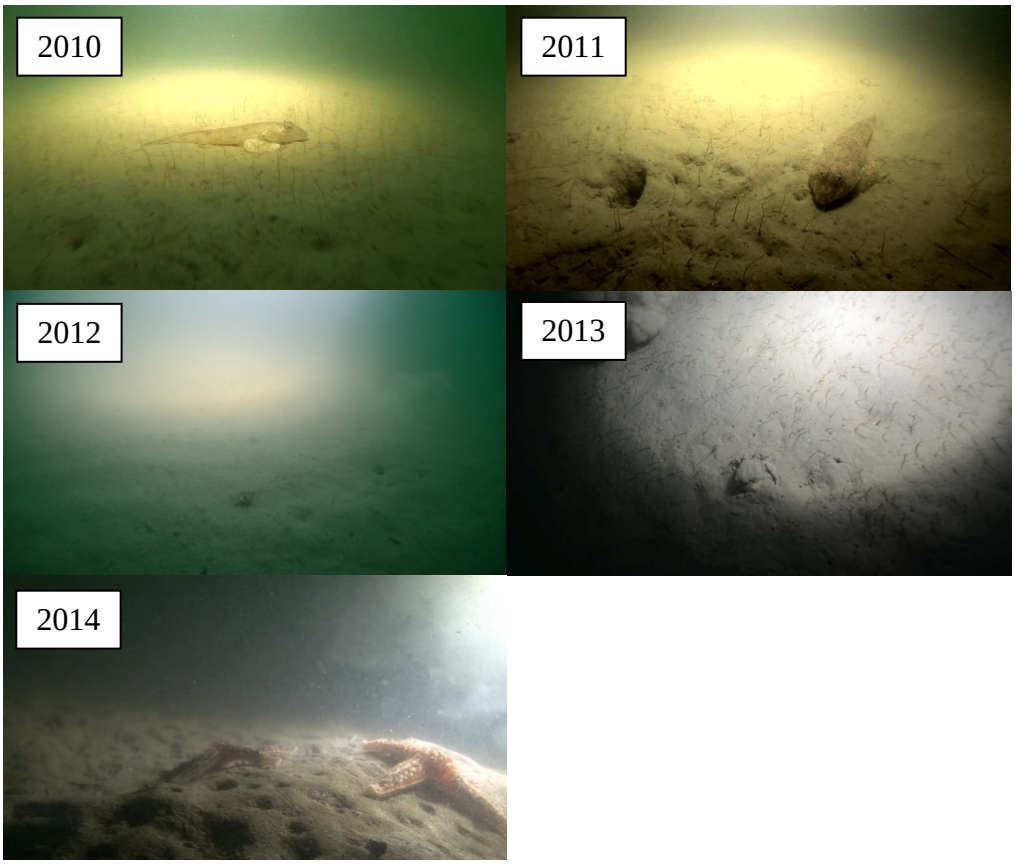


Planche V : Illustrations de la station N°22 Fosse centrale du Courreau de Groix

4.6. Station N°26 : Basse des Bretons

Cette station est la plus proche du site de clapage. A environ -27m C.M. de profondeur se trouve un fond constitué de petits blocs, galets, cailloutis plus ou moins recouverts de sables. Comme pour les années précédentes, une forte influence des courants de marée et de la houle est visible grâce aux ripple-marks.

De manière générale, la faune et la flore sont peu développées sur les cailloutis qui sont régulièrement recouverts de sable grossier. Sur les zones un peu découvertes, on observe essentiellement des algues rouges encroûtantes et quelques ascidies coloniales Polyclinidae. Les éponges régulièrement observées les années précédentes ne sont pas visibles cette fois-ci. Concernant les échinodermes, des étoiles de mer (*Marthasterias glacialis*, *Luidia ciliaris*) sont recensées mais aucun oursin. Un poisson, sans doute un grondin est aperçu. Un annélide sédentaire (*Lanice conchilega*) ainsi que des traces de bioturbation sont visibles sur le sable.

Cette année, aucun massif rocheux permettant le développement d'une biodiversité plus importante n'est rencontré. L'inventaire est donc assez pauvre en 2014.
Globalement, les observations de 2014 sont dans la continuité des années précédentes à savoir un rechargement en sédiment grossier qui recouvre plus ou moins le faciès à cailloutis et blocs.

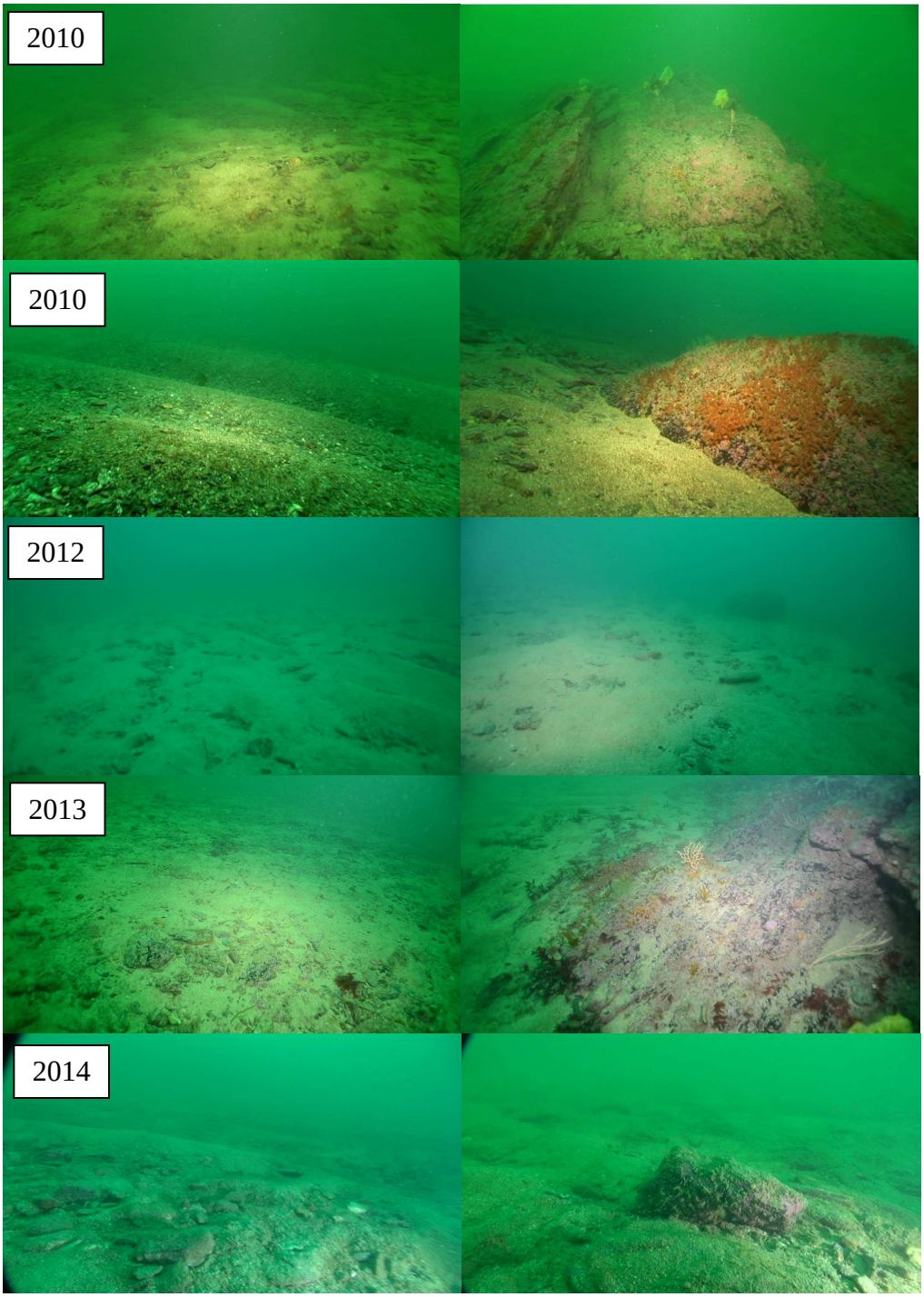


Planche VI : Illustrations de la station N°26 Basse des Bretons

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

Le rapport de plongée et l'analyse des vidéos de 2014 ont permis d'identifier les cinq types de fonds suivants :

- Fond rocheux infralittoral : P5, 6, 7 et 8
- Fond rocheux circalittoral côtier et sédiment meuble : P1 et P2
- Fond hétérogène sable, blocs, galets et cailloutis : P3 et P10
- Fond hétérogène sable et petits blocs : P4
- Fond sablo-vaseux : P0 et P9

L'analyse comparative réalisée pour chaque point concerne la période 2010-2014. Un tableau récapitulant les inventaires simplifiés ainsi que la liste des taxons inventoriés par station en 2013 et 2014 se trouvent en Annexes IV et V.

5.1. Fond rocheux infralittoral : Points 5, 6, 7 et 8

Etat des lieux :

Ces quatre points occupent toute la partie sud - sud-ouest de la zone d'immersion, sur des fonds rocheux (roche mère, blocs et galets) entre 20 et 25m de profondeur corrigée. On se trouve dans l'horizon à laminaires denses qui correspond à l'étage infralittoral supérieur. La sous-strate algale est bien développée sur l'ensemble de ces 4 sites. Des cuvettes de sable ou des plaquages sur la roche sont plus ou moins visibles selon les vidéos.
Les peuplements observés sont assez similaires sur ces 4 sites. Pour les algues brunes, les taxons identifiés sont *Laminaria hyperborea* qui est commune sur P5 et P8, et abondante sur P6 et P7, *Dictyopteris polypodioides* qui forme des tapis bien denses, et des algues brunes encroûtantes. Concernant les rhodophytes, des algues filamenteuses et en lame sont observées mais aucune identification à l'espèce ne peut être certaine. Les algues rouges encroûtantes (Lithothamniés) sont également bien visibles sur chaque site.

Cinq embranchements sont identifiés pour la faune : les spongiaires plutôt communs, *Cliona celata* et *Pachymatisma johnstonia* ; la gorgone *Eunicella verrucosa* présente sur P5 et P8; des échinodermes avec des oursins *Echinus esculentus* majoritairement communs et des holothuries comme *Aslia lefevrii* présente sur P5 et P8, des astéries (*Luidia ciliaris* et *Marthasterias glacialis*) communes sur P5 et présentes sur P7 et P8, des bryozoaires essentiellement encroûtants (sur les lames de laminaire) à l'exception de la rose de mer *Pentapora fascialis* observée sur P5, et des poissons, notamment des labres communs sur P6, P7, P8 à abondants sur P5.

De manière générale, la sous-strate paraît peu diversifiée mais assez abondante en algue sur l'ensemble des points. La strate arbustive, quant-à-elle est encore présente et assez dense à une profondeur remarquable d'au moins -22m C.M.. En effet, les limites inférieures de distribution des laminaires, relevées *in situ* sont -22m C.M. pour P5, P6 et -23m C.M. pour P8. Les individus de *Laminaria hyperborea* atteignent une bonne taille estimée à plus de 60cm à 1m. Le fait que l'infralittoral supérieur soit encore présent à cette profondeur est remarquable et comparable à des sites suivis au sein du REBENT, les Bluiniers aux Iles Glénan (Derrien-Courtel et *al*., 2014) et la Pointe du Grand Guet à Belle-Ile en Mer (Derrien-Courtel et *al*., 2011). En revanche, sur le point 5, la population de laminaires située aux environs des -19m C.M., est en mauvais état de santé. En effet, de nombreux individus de *Laminaria hyperborea* sont nécrosés avec en majorité des stades 3 (*cf.* Annexe VI). 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 été invoquée (Derrien-Courtel et Le Gal, 2011).
.

Evolution :

- Point N° 5 :

La sous-strate algale paraît plus dense que les années précédentes. A proximité du fond sédimentaire, la strate arbustive semble moins dense mais toujours en bonne santé. En revanche, le très mauvais état

de santé des laminaires aux environs des -19m C.M. n'avait pas été observé précédemment. On constate également que les lames sont abondamment colonisées par des bryozoaires encroûtants.

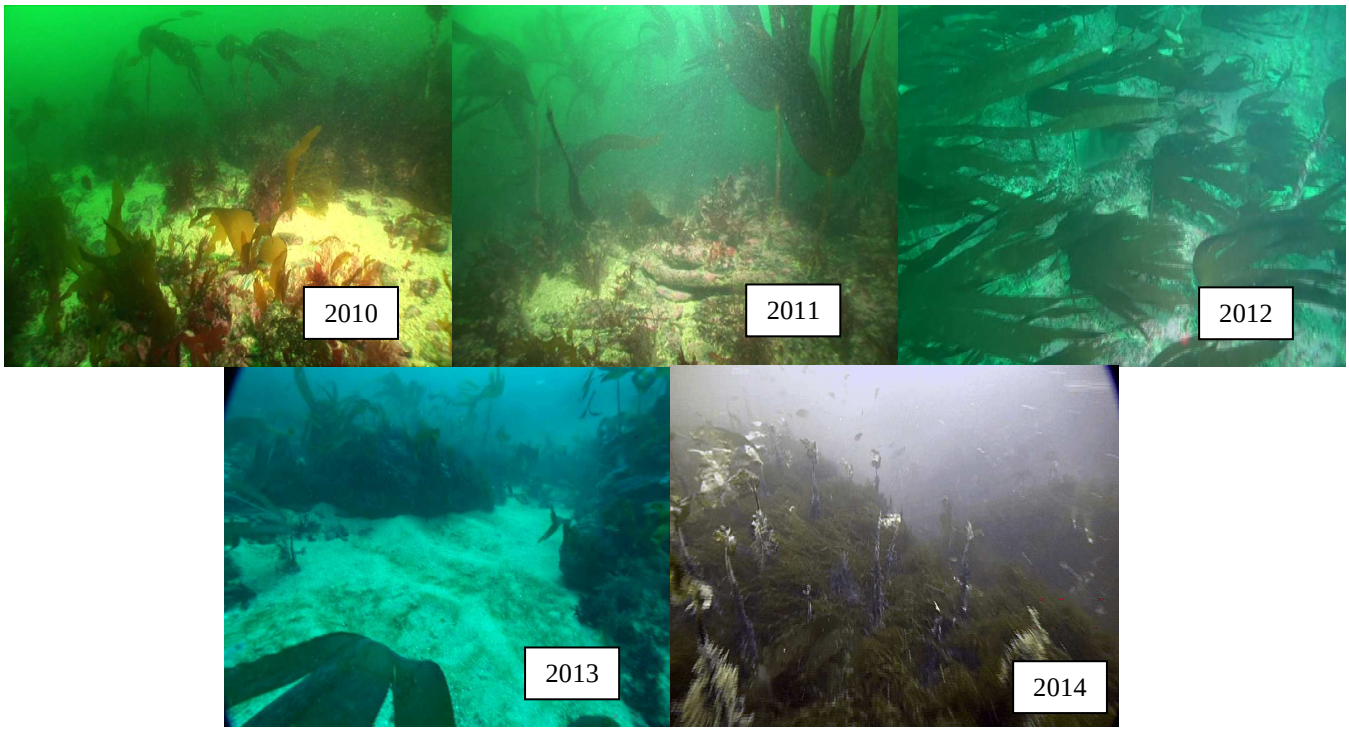


Planche VII : Illustrations du Point 5 de la zone d'immersion
(Image 2014 : retouches de netteté et colorimétrique)

- Point N°6:

L'analyse comparative des vidéos de 2010 à 2014 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 moindre en 2014 en raison d'une faible luminosité, d'un trajet court et de zooms peu nombreux sous la strate arbustive.

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

- Point N° 7 :

La qualité des images de 2014 est plus faible que précédemment en raison notamment d'un manque de luminosité. La population de *Laminaria hyperborea* est toujours présente avec une sous-strate paraissant plus développée que les années précédentes. Des placages de sable sur la roche sont toujours visibles.

Les holothuries *Aslia lefevrii* sont observées à plusieurs reprises en 2010 alors qu'elles ne le sont plus par la suite.

Planche IX : Illustrations du Point 7 de la zone d'immersion

- Point N° 8 :

En 2014, la qualité des images est faible (mauvaise visibilité, mouvements rapides de la caméra). Néanmoins, la sous-strate algale semble s'être densifiée par rapport à 2013 et d'autant plus par rapport à 2012, année de régression importante. La laminaire *Laminaria hyperborea* est toujours présente avec une densité paraissant stable. Pour la faune, le bryozoaire *Pentapora fascialis* ou l'hydraire sans doute *Gymnangium montagui* ne sont plus observés depuis 2010 et 2011 respectivement. Ces deux espèces sont notamment classées comme peu communes et déterminantes pour l'élaboration de ZNIEFF-mer par le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN) de Bretagne (Derrien-Courtel coord., 2010).

Gymnangium montagui (?)

Pentapora fascialis

Planche X : Illustrations du Point 8 de la zone d'immersion

5.2. Fond rocheux circalittoral et sédiment grossier : Points 1 et 2

Etat des lieux :

Ces points se trouvent sur des fonds à environ -30m C.M., au nord - nord-est de la zone.

Les images de 2014 montrent des fonds composés soit de sédiments grossiers avec quelques blocs et galets pour le point 1, soit de roche mère en majorité, blocs et galets pour le point 2. Ces substrats sont recouverts d'une couche importante de sédiment fin.

Les seules algues observées sont des algues encroûtantes (Lithothamniés ou algues brunes) et quelques algues rouges en lame.

La faune est peu visible. Elle est représentée par des spongiaires encroûtants, différents hydraires non indentifiables à l'exception du genre *Nemertesia*, le madrépore *Caryophyllia smithii*, l'anémone bijou *Corynactis viridis*, quelques étoiles de mer (*Asterias rubens ?*, *Marthasterias glacialis*), l'holothurie *Aslia lefevrii*, des annélides polychètes de la famille des Serpulidae, des crevettes *Palaemon* sp. et

différents poissons comme le congre *Conger conger*, des labres, des petits tacauds *Trisopterus minutus* (?) et des dragonnets *Callionymus* sp..

Evolution :

- Point N° 1 :

Malgré les variations de qualité d'image ou de visibilité entre 2010 et 2014, on remarque un dépôt important quelque soit les années. En 2013, le phénomène était particulièrement visible. En 2014, le dépôt reste important. On observe des zones de galets, cailloutis et blocs plus ou moins volumineux mais la roche mère n'est pas filmée cette année. Aucune algue épigée n'est observée contrairement à 2011 et 2013.

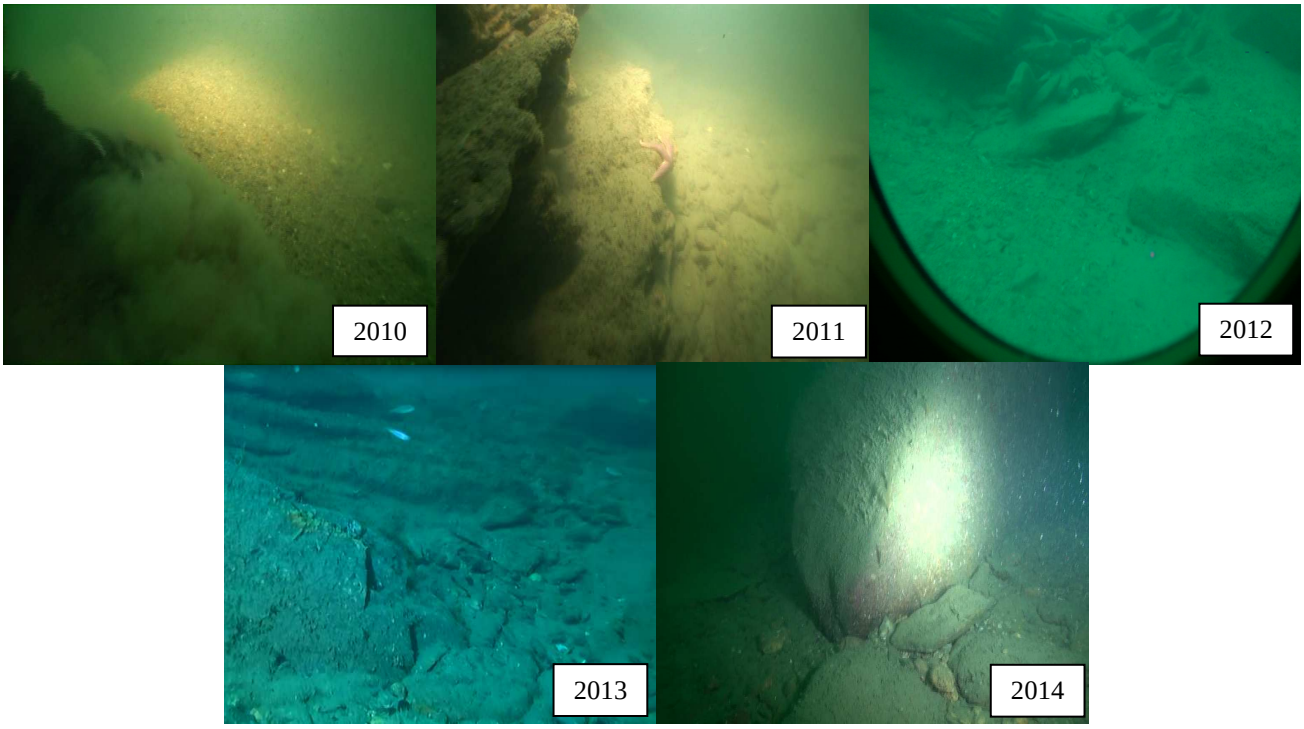


Planche XI : Illustrations du Point 1 de la zone d'immersion

- Point N° 2 :

En 2013, la visibilité était importante et la couche de dépôt particulièrement uniforme. En 2014, la visibilité est moins bonne avec des images plus sombres mais le dépôt semble toujours important. Entre 2012 et 2013, le nombre de taxons identifiés passait de 16 à 9 taxons. En 2014, 10 taxons sont observés. L'holothurie *Aslia lefevrii* est observée en 2014 ce qui n'était pas le cas de 2010 à 2013.

L'holothurie *Aslia lefevrii* se loge dans les fissures dont elle fait ressortir son panache de tentacules

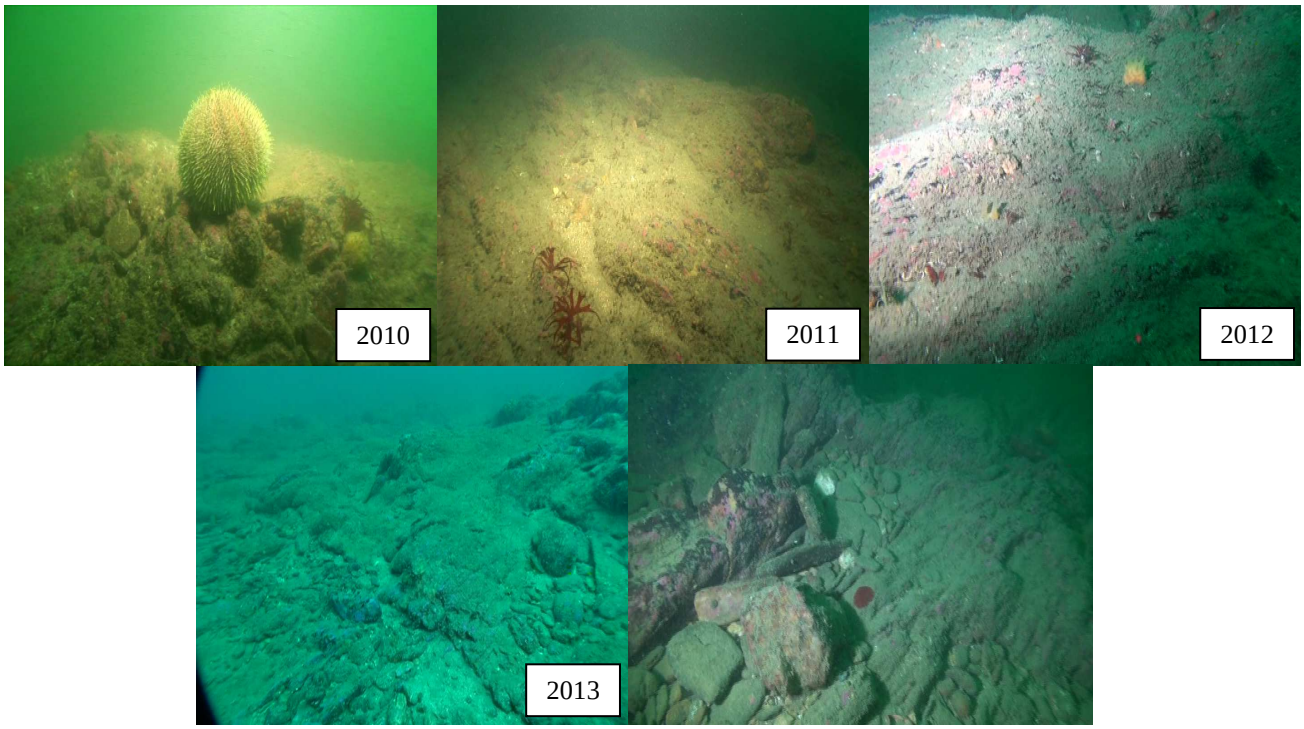


Planche XII : Illustrations du Point 2 de la zone d'immersion

5.3. Fond hétérogène à sable, blocs, galets et cailloutis : Points 3 et 10

Etat des lieux :

Ces points se situent sur des fonds à plus de 30m de profondeur, côté Est de la zone pour le N° 3 et coin nord-ouest pour le N°10. Une pellicule de particule fine est bien visible.

Les seules algues rencontrées sont des algues rouges encroûtantes les Lithothamniés. Concernant la faune, quelques poissons sont aperçus (*Callionymus* sp., des labres …) ainsi que des annélides sédentaires (Serpulidae, *Lanice conchillega*). Des cnidaires sont recensés au point 10, il s'agit de madrépores sans doute de l'espèce *Caryophyllia smithii* et de l'anémone *Capnea sanguinea*. Une étoile de mer est observée sur le point 3 tandis que 3 espèces d'échinoderme sont identifiées au point 10, l'oursin *Echinus esculentus*, l'étoile de mer *Asterias rubens* et l'holothurie *Holothuria (Panningothuria) forskali*.

Evolution :

- Point N° 3 :

En 2014, la séquence vidéo est peu « exploitable », en raison d'une mauvaise qualité des images (images floues, dans le panache de remise en suspension du sédiment, vitesse trop importante). Le dépôt de particules semble cependant plus important que les années précédentes. Les ripple marks de sable grossier et cailloutis ne sont pas visibles sur les images cette année.

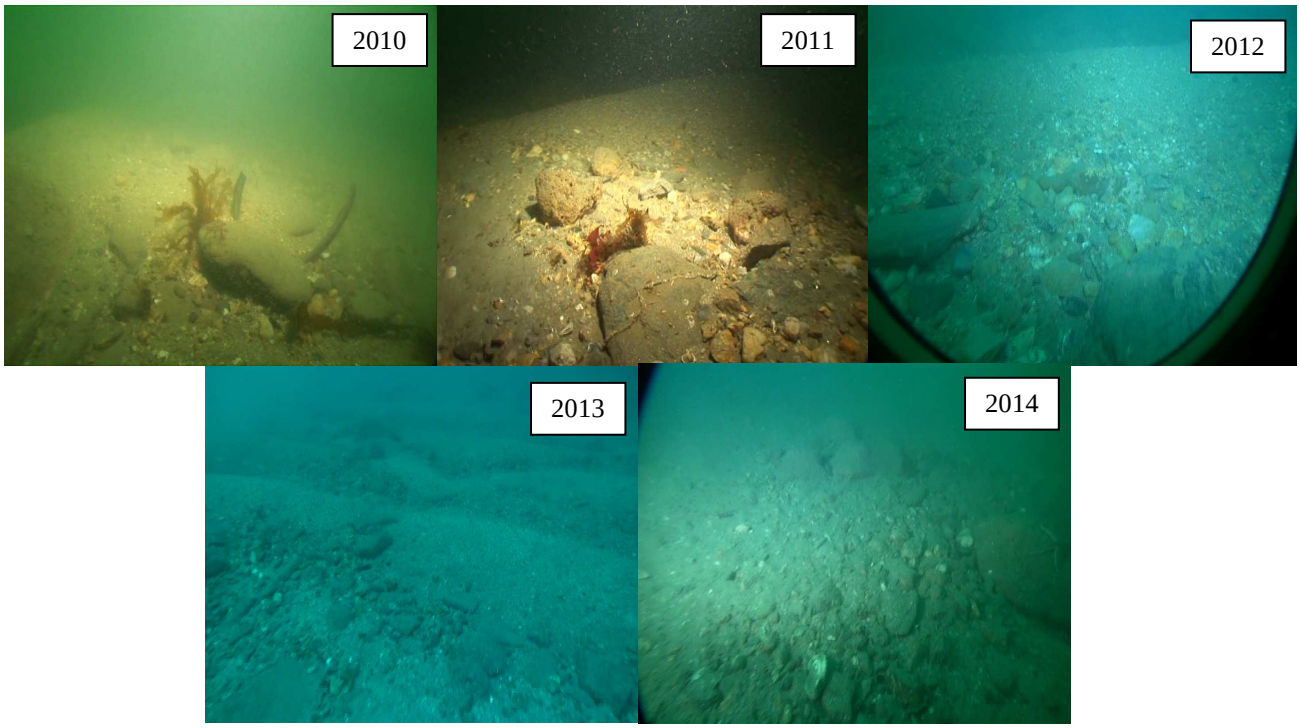
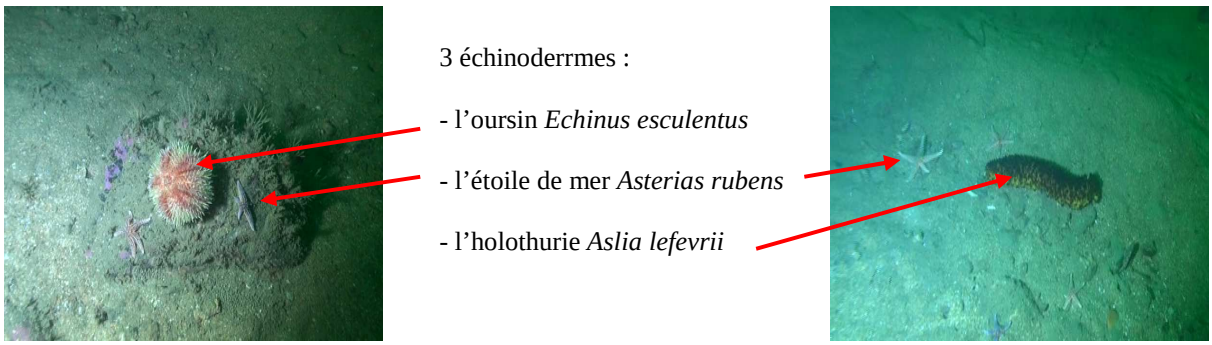


Planche XIII : Illustrations du Point 3 de la zone d'immersion

- Point N° 10 :

Le dépôt de particules fines paraît plus important qu'en 2013 à l'image de 2011 et 2012. Aucune algue épigée n'est observée comme en 2012 et 2013. En revanche, la faune semble mieux représentée avec notamment 3 espèces d'échinodermes dont *Asterias rubens* qui est abondante en 2014. Seule une étoile de mer *Luidia ciliaris* avait été observée en 2010. Le madrépore sans doute *Caryophyllia smithii* est à nouveau recensé. La meilleure qualité des images (vitesse de prospection, arrêts dans la progression, bonne visibilité) contribue sans doute à l'augmentation du nombre de taxons identifiés par rapport à 2013.



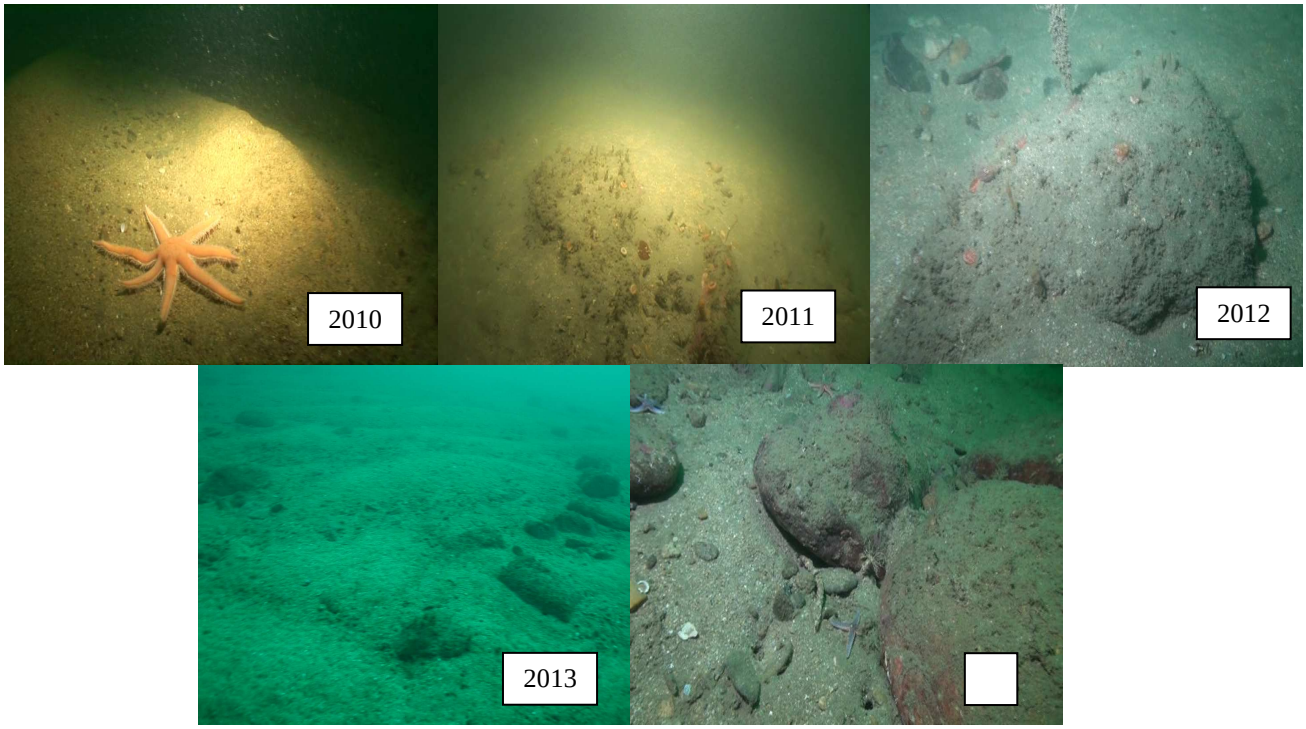


Planche XIV : Illustrations du Point 10 de la zone d'immersion

5.4. Fond hétérogène sable et petits blocs : Point 4

Etat des lieux :

Au point 4, à environ 30-35m de profondeur sur le côté Est de la zone d'immersion, on retrouve un fond sableux. La zone de blocs filmée les années précédentes n'est pas visible cette année. A proximité et sur le point d'ancrage de la bouée, on constate un dépôt de particules fines.
Malgré de mauvaises conditions de visibilité (turbidité, vitesse de prospection trop importante), des traces de bioturbation sont observées ainsi qu'un mollusque gastéropode *Nassarius reticulatus* et deux poissons sans doute des Callionymes. Des structures dressées sont visibles à plusieurs reprises, il pourrait s'agir de l'annélide *Lanice conchilega*.

Evolution :
En 2013, le fond paraissait plus vaseux que les 3 années précédentes en raison d'un dépôt uniforme sur le sable. En 2014, la couche de particules fines n'est pas visible excepté à proximité et sur l'ancrage de la bouée. Ce site présente une forte teneur en particules fines qui recouvrent le fond lors de conditions hydrodynamiques calmes et qui sont facilement remobilisées par les courants. En 2014 comme en 2013, aucune ripple marks n'est observée.

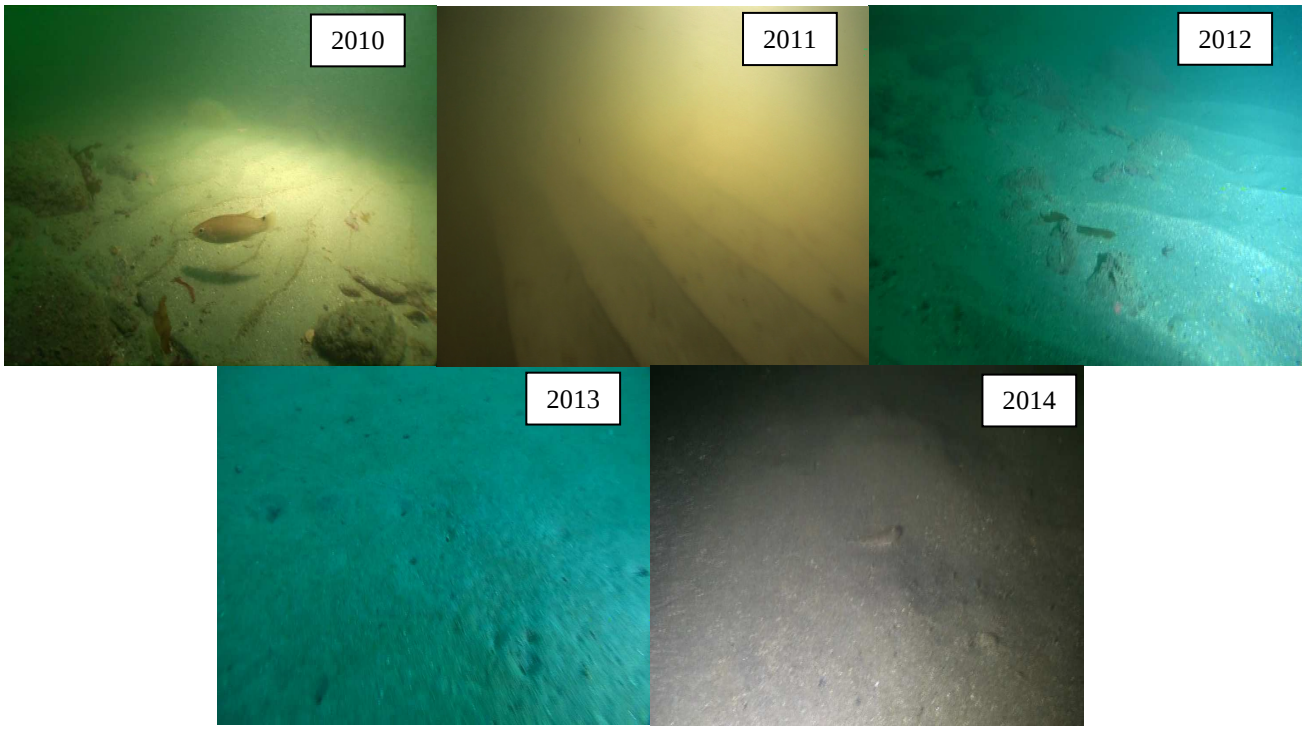


Planche XV : Illustrations du Point 4 de la zone d'immersion

5.5. Fond sablo-vaseux : Points 0 et 9

Etat des lieux :

Ces deux points sont sur des fonds sablo-vaseux à 30-35m de profondeur. Le point 0 est au centre de la zone de clapage, et le numéro 9 sur le côté Ouest de la zone. La part de vase dans le sédiment est importante. De la vase consolidée est visible sur P0. La visibilité étant nulle sur P9, aucune observation n'est possible.

Sur P0, la présence de l'épifaune est bien visible grâce, d'une part, aux nombreuses traces de déplacement et de bioturbation mais aussi à l'observation directe de nombreux crustacés (Paguridae et autres), plusieurs étoiles de mer (*Asterias rubens*), probablement des gastéropodes dont une nasse (*Nassarius reticulatus*), et un poisson (Callionymus sp. ?).

Evolution :

- Point N°0 :

En 2014, les conditions de visibilité sont bonnes comme en 2013. Ces deux dernières années, les images montrent un fond recouvert d'une couche uniforme de particules fines. Des blocs de vase consolidée sont également observés comme en 2011 et 2013.

L'épifaune est bien plus visible que les quatre années précédentes. En 2013, seules des traces de bioturbation ou de déplacement ainsi que des poissons étaient recensés, alors qu'en 2014 nous observons sur le sédiment de nombreux crustacés, des étoiles de mer, et probablement plusieurs gastéropodes. En revanche, un seul poisson, sans doute un Callionyme, est rencontré.

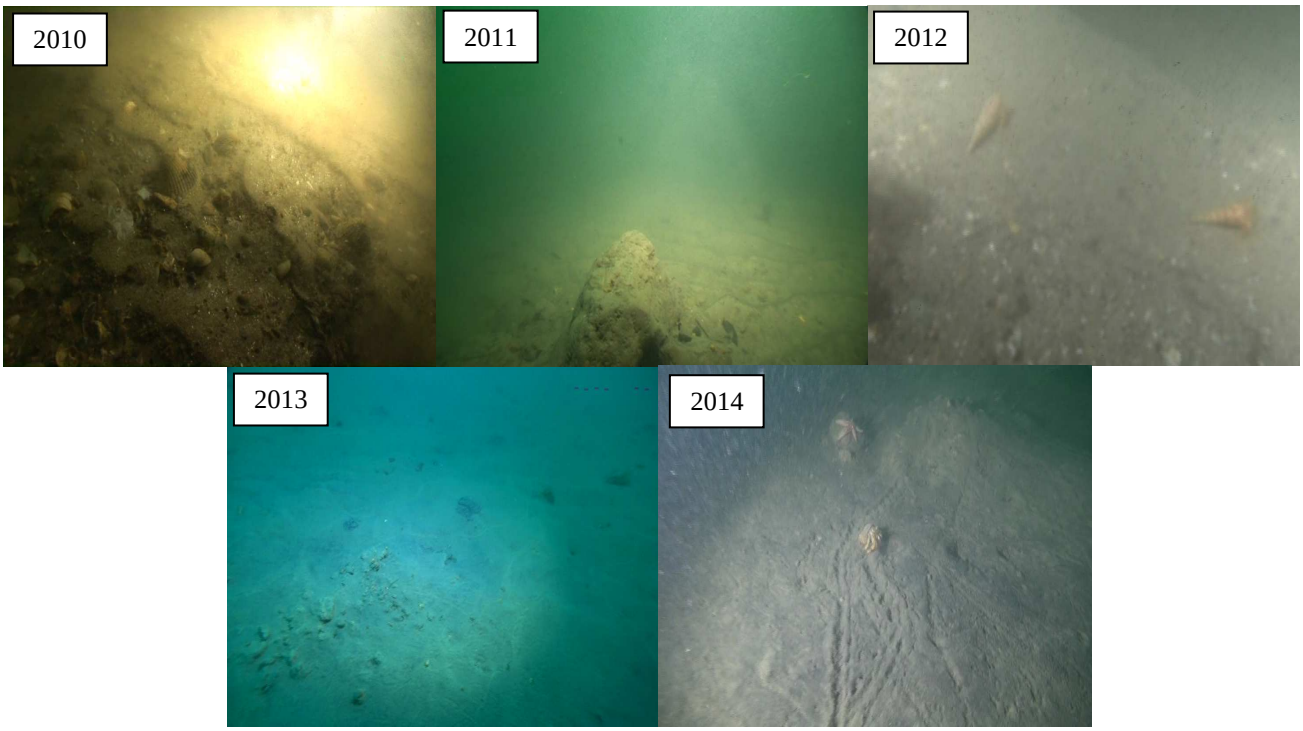


Planche XVI : Illustrations du Point 0 de la zone d'immersion

- Point N°9 :

La vidéo est inexploitable comme en 2011 et 2012 en raison d'une visibilité nulle causée par un nuage de vase en suspension de 2 à 3m sur le fond d'après le rapport des plongées de la Phase 2.

Planche XVII : Illustrations du Point 9 de la zone d'immersion

5. 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 et 2014 : 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 comparaison 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) réalisée ou souhaitable (transect matérialisant le trajet du caméraman-plongeur, à condition qu'il soit positionné au même endroit chaque année), une même qualité technique des images ainsi que des conditions de visibilité correcte sont nécessaires pour l'obtention de données comparables au fil des années.

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. Un protocole a été discuté cette année afin de produire des données permettant d'appréhender des changements concernant l'extension en profondeur des grandes algues brunes et une éventuelle remontée sédimentaire. Il a été appliqué sur le site rocheux N°23 Kerroc'h et des informations plus précises ont été relevées sur P5, P6, P7 et P8 concernant la limite inférieure de distribution des grandes algues brunes.

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.

6. 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). Pour le site d'immersion, l'analyse comparative a ici été réalisée sur la période 2010-2014.

La radiale :

Ce suivi annuel permet de détecter certaines variations biologiques et/ou physiques du milieu, imputables ou non aux dépôts des déblais issus de dragage des ports de la rade de Lorient.

En 2007, les stations N° 21 Basse de La Paille et N°22 Fosse centrale du Courreau de Groix ont subi une modification, détectée par l'apparition de véritables champs d'ophiures. Après une régression sur la station N°21 en 2010 et 2012, on observe à nouveau une abondante population d'ophiures en 2014. Les images pour la station N°22 ne permettent pas d'affirmer avec certitude la pérennité de cette population. Nous ne pouvons que la supposer cette année.

Depuis 2010, une baisse de la biodiversité observée est relevée sur la station N°26 Basse des Bretons. Un changement progressif du faciès sédimentaire dû à un rechargement en sédiment grossier est invoqué.

En 2012 et 2013, des modifications de richesse faunistique, de dominance et de densité algale étaient ressenties sur la station N° 23 Kerroc'h. En 2014, la vision d'ensemble du site a permis de retrouver les biocénoses et la topographie observées en 2010 et 2011. Le dépôt de particules reste important.

En 2014, la densité du couvert végétal sur la station N°24 Anse de Perello paraît moins dense, la strate buissonnante moins développée et le dépôt important. Pour la station N°25 Anse du Stole, l'herbier est à surveiller étant donné la forte réduction foliaire.

La zone d'immersion :

Le suivi par vidéo donne des indications sur l'évolution de l'impact direct du clapage sur cette zone. Différents types de biotope ont été identifiés, des fonds rocheux infralittoraux et circalittoraux, des fonds meubles hétérogènes et sablo-vaseux.
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 et d'autant plus pour ceux de sédiment meuble.

La profondeur atteinte par les laminaires sur les 4 stations à fond rocheux infralittoral reste comparable à celle atteinte sur des sites considérés comme peu turbides en Bretagne Sud. Une perturbation importante est cependant détectée concernant l'état de santé des laminaires au Point 5. La population de *Laminaria hyperborea* est constituée de nombreux individus nécrosés aux environs des -19m C.M..
Les variations de densité et de composition du benthos de substrat dur pourraient être évaluées de façon précise grâce au protocole DCE « Macroalgues subtidales », protocole dont l'application est proposée sur le P6 pour la suite du suivi.

En 2014, toutes les stations à fond meuble ou mixte présentent un dépôt de particules fines remarquable. Les sites les plus touchés en 2014 sont le point 0 ciblé par les clapages de matériaux vaseux et sablo-vasards, le point 9 et le point 1.

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., Catherine E., 2014. REBENT - Résultats de la surveillance du Benthos - Région Bretagne – Suivi stationnel des roches subtidales 2012. Contrat IFREMER, juin 2014, 219p.
- Derrien-Courtel S., Le Gal A., Grall J., 2013. Regional-scale analysis of subtidal rocky shore community. Helgoland marine research, pp. 1-16.
- Derrien-Courtel S., Catherine E., Le Gal A., 2011. REBENT - Résultats de la surveillance du Benthos - Région Bretagne - Suivi stationnel des roches subtidales 2010. Contrat IFREMER, juin 2011, 154p.
- Derrien-Courtel S., Le Gal A., 2011. 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. coord., 2010. Faune et Flore benthiques du littoral breton. Proposition d'espèces déterminantes pour la réalisation des fiches ZNIEFF-Mer et de listes complémentaires. CSRPN Bretagne, 61p.
- Hily C., 2006. Fiche de synthèse sur les biocénoses : Les herbiers de Zostères marines (Zostera marina et Zostera noltii). Document REBENT, 6p.

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 les stations de la radiale"

	Station 21										Station 25										Station 24									
Inventaire floristique simplifié	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ALGUES ROUGES																														
Algues rouges encroûtantes				sur blocs	sur blocs	sur blocs																								
Algues rouges épigées		en épaves		sur blocs	sur blocs	en épaves	en épaves	en épaves	en épaves	en épaves																				
ALGUES BRUNES																														
Laminaires	en épaves	en épaves	en épaves		en épaves	en épaves	en épaves		en épaves	en épaves																				
Fucales	en épaves	en épaves	en épaves		en épaves		en épaves		en épaves	en épaves																				
Dictyotales*																														
Algues brunes filamenteuses*																														
ALGUES VERTES																														
Ulves							en épaves		en épaves																					
PHANEROGAMMES																														
Zostera marina																														
Inventaire faunistique simplifié																														
SPONGIAIRES																														
COELENTERES																														
Actiniaires																														
Alcyonnaires				gorgone																										
BRYOZOAIRES*																														
Bryozoaires encroûtants*																													épibionte	
ECHINODERMES																														
Oursins																														
Etoiles de mer																														
Ophiures																														
Holothuries																														
ANNELIDES																														
Errantes																														
Sédentaires																														
TUNICIERS*																														
Ascidies*																														
ARTHROPODES																														
Crustacés																														
MOLLUSQUES																														
Gastéropodes																														
Bivalves																														
VERTEBRES																														
Poissons																		gobie												

	Station 23										Station 22										Station 26									
Inventaire floristique simplifié	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
ALGUES ROUGES																														
Algues rouges encroûtantes																														
Algues rouges épigées																	en épaves													
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															gorgone	gorgone			alcyon gorogone	
BRYOZOAIRES*																														
Bryozoaires encroûtants*						épibionte	épibionte	épibionte		épibionte																				
ECHINODERMES																														
Oursins																														
Etoiles de mer																														
Ophiures																														
Holothuries																														
ANNELIDES																														
Errantes																														
Sédentaires																														
TUNICIERS*																														
Ascidies*																														
ARTHROPODES																														
Crustacés						balanes	balanes			balanes																				
MOLLUSQUES																														
Gastéropodes																														
Bivalves	moules	moules	moules	moules	moules			moules		moules																				
VERTEBRES																														
Poissons																														

non observé
présent
abondant
dominant

* Taxons identifiés depuis 2013 ou 2014

Annexe III : Liste des taxons identifiés par station de la radiale – Années 2013 et 2014

Station	Inventaire simplifié	Phylum	Taxons identifiés en 2013	Taxons identifiés en 2014
21	Algues rouges épigées	Rhodophyta	*Delesseria sanguinea* , *Callophyllis laciniata* , *Dilsea carnosa* en épaves	Algues rouges en lame en épaves
	Laminaires	Ochrophyta	Laminaires indéterminées en épaves	Laminaires indéterminées en épaves
	Fucales	Ochrophyta	*Halidrys siliquosa* en épaves	*Fucus* sp. en épaves
	Algues vertes	Chlorophyta	*Ulva* sp. en épaves	
	Actiniaires	Cnidaria	Actiniaria	
	Etoiles de mer	Echinodermata	*Asterias rubens*	Asteroidea
	Ophiures	Echinodermata		Ophiurida fouisseuses abondantes, Ophiurida sur le sable présente
	Gastéropodes	Mollusca		*Nassarius* sp.
	Bivalves	Mollusca		Bivalvia sur le sédiment
P21 Tombant	Actiniaires	Cnidaria	Pas de vidéo	*Corynactis viridis*
	Alcyonnaires	Cnidaria		*Eunicella verrucosa*
	Etoiles de mer	Echinodermata		*Marthasterias glacialis*
	Crustacés	Arthropoda		*Cancer pagurus*
	Poissons	Chordata		Labridae ?, *Parablennius gattorugine*
25	Algues rouges épigées	Rhodophyta	Algues rouges filamentauses	Algues rouges filamentauses
	Algues brunes filamenteuses	Ochrophyta		Algues brunes filamenteuses
	Algues vertes	Chlorophyta	*Ulva* sp.	*Ulva* sp.
	Zostera marina	Magnoliophyta	*Zostera marina*	Zostera marina
	Etoiles de mer	Echinodermata	*Marthasterias glacialis*	
	Ophiures	Echinodermata	Ophiurida	
	Crustacés	Arthropoda	Eumalacostraca (Euphausiacées ?, Mysidacées ?)	*Inachus* sp. ?
	Crustacés ou Gasteropodes	Arthropoda ou Mollusca		Paguridae ou *Nassarius* sp.
	Gastéropodes	Mollusca	Trochidae, *Nassarius* sp.	
	Poissons	Chordata	*Callionymus* sp.	
24	Algues rouges encroûtantes	Rhodophyta	Hapalidiaceae (Lithothamniés)	Hapalidiaceae (Lithothamniés)
	Algues rouges épigées	Rhodophyta	*Dilsea carnosa*	*Dilsea carnosa* , *Heterosiphonia plumosa* , *Delesseria sanguinea*
	Laminaires	Ochrophyta	*Laminaria hyperborea* , *Saccharina latissima*	*Laminaria hyperborea*
	Fucales	Ochrophyta	*Cystoseira baccata, Fucus serratus, Halidrys siliquosa*	*Cystoseira baccata* , *Halidrys siliquosa*
	Algues vertes	Chlorophyta	*Ulva* sp.	*Ulva* sp.
	Actiniaires	Cnidaria	*Anemonia viridis*	*Anemonia viridis*
	Bryozoaires encroûtants	Bryozoa	Bryozoaires encroûtants	Bryozoaires encroûtants
	Etoiles de mer	Echinodermata	Asteroidea	*Asterias rubens* , *Marthasterias glacialis*
	Annélides sédentaires	Annelida	Serpulidae	
	Gastéropodes	Mollusca	Trochidae	
	Poissons	Chordata	*Ctenolabrus rupestris* , *Centrolabrus exoletus* , *Trisopterus luscus*	
23	Algues rouges encroûtantes	Rhodophyta	Hapalidiaceae (Lithothamniés)	Hapalidiaceae (Lithothamniés)
	Algues rouges épigées	Rhodophyta	*Delesseria sanguinea* , *Calliblepharis ciliata* , *Dilsea carnosa*	*Rhodymenia* sp.*, *Delesseria sanguinea* , *Heterosiphonia plumosa** , *Dilsea carnosa* , *Phyllophora crispa*
	Laminaires	Ochrophyta	*Laminaria hyperborea* , *Saccorhiza polyschides*	*Laminaria hyperborea,* Saccorhiza polyschides
	Fucales	Ochrophyta	*Halidrys siliquosa*	
	Dictyotales	Ochrophyta	*Dictyopteris polypodioides, Dictyota dichotoma*	*Dictyota dichotoma** , *Dictyopteris polypodioides*
	Algues vertes	Chlorophyta	*Ulva* sp.	*Ulva* sp.
	Actiniaires	Cnidaria		*Corynactis viridis*
	Alcyonnaires	Cnidaria		*Alcyonium digitatum* , *Eunicella verrucosa**
	Bryozoaires encroûtants	Bryozoa		Bryozoaires encroûtants
	Bryozoaires gélatineux	Bryozoa		*Alcyonidium* sp.*,
	Spongiaires	Poryfera	Eponges encroûtantes	*Cliona celata*
	Oursins	Echinodermata	*Echinus esculentus*	*Echinus esculentus*
	Etoiles de mer	Echinodermata	*Marthasterias glacialis* , *Asterias rubens*	*Asterias rubens* , *Marthasterias glacialis*
	Holoturies	Echinodermata		*Aslia lefevrii**
	Crustacés	Arthropoda		Balanomorpha
	Gastéropodes	Mollusca	Trochidae	*Mytilus* sp.
	Poissons	Chordata	*Trisopterus luscus*	*Ctenolabrus rupestris** , *Labrus bergylta*
22	Etoiles de mer	Echinodermata		*Asterias rubens*
	Ophiures	Echinodermata	Ophiurida	
	Crustacés	Arthropoda	*Cancer pagurus*	Paguridae ?
	Poissons	Chordata		*Callionymus lyra*
26	Algues rouges encroûtantes	Rhodophyta	Hapalidiaceae (Lithothamniés)	Hapalidiaceae (Lithothamniés)
	Algues rouges épigées	Rhodophyta	*Rhodymenia* sp.	
	Dictyotales	Ochrophyta	Dictyotaceae	
	Spongiaires	Poryfera	*Cliona celata*	
	Alcyonnaires	Cnidaria	*Eunicella verrucosa* , *Alcyonium digitatum*	
	Oursins	Echinodermata	*Echinus esculentus*	
	Etoiles de mer	Echinodermata	Asteroidea	*Marthasterias glacialis, Luidia ciliaris*
	Annélides sédentaires	Annelida	*Lanice conchilega*	*Lanice conchilega*
	Ascidies	Chordata	*Stolonica socialis*	Polyclinidae
	Poissons	Chordata	Gadidae	Triglidae (Grondin)

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

Annexe IV : Inventaires simplifiés des peuplements pour les 11 points du site d'immersion – Années 2013 et 2014

	Fond rocheux infralittoral								Fond rocheux circalittoral côtier et sédiment meuble				Fond hétérogène à sable, blocs, galets et cailloutis				Fond hétérogène sablo-vaseux et petits blocs		Fond sablo-vaseux			
Inventaire simplifié	**P5**		**P6**		**P7**		**P8**		**P1**		**P2**		**P3**		**P10**		**P4**		**P0**		**P9**	
	2013	**2014**	**2013**	**2014**	**2013**	**2014**	**2013**	**2014**	**2013**	**2014**	**2013**	**2014**	**2013**	**2014**	**2013**	**2014**	**2013**	**2014**	**2013**	**2014**	**2013**	**2014**
Inventaire floristique																						
ALGUES ENCROUTANTES	rouge	rouge	rouge, brune ?	rouge	rouge	rouge, brune	rouge, brune ?	rouge	rouge	rouge	rouge, brune ?	rouge, brune		rouge	rouge	rouge						
ALGUES ROUGES																						
Algues rouges épigées																						
ALGUES BRUNES																						
Laminaires																						
Dictyotales		T				T																
Inventaire faunistique																						
SPONGIAIRES																						
COELENTERES																						
Actiniaires																						
Alcyonnaires		Gorgone	Gorgone				Gorgone	Gorgone														
Hydraires																						
Madréporaires																						
BRYOZOAIRES																						
Bryozoaires encroûtants																						
Bryozoaires dressés																						
ECHINODERMES																						
Oursins																						
Etoiles de mer																						
Ophiures																						
Holothuries																						
ANNELIDES																						
Annélides sédentaires																						
ARTHROPODES																						
Crustacés																						
MOLLUSQUES																						
Gastéropodes																						
VERTEBRES																						
Poissons																						
Traces de déplacement																	Gastéropodes et/ou Pagures	Gastéropodes et/ou Pagures	Gastéropodes et/ou Pagures		Gastéropodes et/ou Pagures	
Traces de bioturbation																						

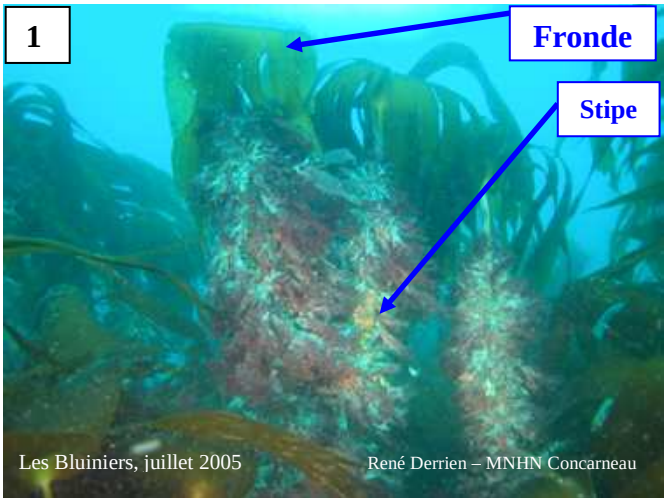
non observé
présent
commun
abondant
T Très abondant

Annexe V : Liste des taxons identifiés par station de la zone d'immersion - Années 2013 et 2014

Point	Inventaire simplifié	Phylum	Taxons identifiés en 2013	Taxons identifiés en 2014
P0	Etoiles de mer	Echinodermata		*Asterias rubens*
	Annélides sédentaires	Annelida	Annélides sédentaires, *Lanice conchilega (?, présent)*	
	Gastéropodes	Mollusca	Prosobranchia et/ou Paguridae	*Nassarius reticulatus*
	Crustacés	Arthropoda		*Paguridae* et autres non déterminés
	Poissons	Chordata	*Triglidae* (Grondin), *Callionymus sp.* , et autres petits poissons pélagiques	*Callionymus* sp. (?)
P1	Algues encroûtantes	Rhodophyta	Hapalidiaceae (Lithothamniés)	
	Algues rouges épigées	Rhodophyta	*Rhodymenia sp.*	
	Spongiaires	Poryfera	*Cliona celata*	*Corynactis viridis*
	Actiniaires	Cnidaria		*Caryophyllia smithii*
	Madréporaires	Cnidaria	*Caryophyllia smithii ?*	Hydraires indéterminés, *Nemertesia* sp.
	Hydraires	Cnidaria	Hydrozoa	*Asterias rubens* (?), *Marthasterias glacialis*
	Etoiles de mer	Echinodermata	*Asterias rubens, Marthasterias glacialis*	
	Ophiures	Echinodermata	Ophiurida	
	Annélides sédentaires	Annelida		Serpulidae
	Crustacés	Arthropoda		*Palaemon* sp.
	Poissons	Chordata	*Trisopterus minutus* (?), *Ctenolabrus rupestris*	*Conger conger* , Labridae, *Trisopterus minutus* (?)
P2	Algues encroûtantes	Flora	Hapalidiaceae (Lithothamniés), Algues brunes encroûtantes (?)	Hapalidiaceae (Lithothamniés), Algues brunes encroûtantes
	Algues rouges épigées	Rhodophyta	*Rhodymenia sp.*	Algues rouges en lame
	Spongiaires	Poryfera	Eponges encroûtantes, *Cliona celata*	Eponges encroûtantes
	Madréporaires	Cnidaria	*Caryophyllia smithii* (?)	*Caryophyllia smithii* (?)
	Hydraires	Cnidaria		Hydraires indéterminés
	Etoiles de mer	Echinodermata	*Henricia* sp.	Asteroidea
	Holothuries	Echinodermata		*Aslia lefevrii*
	Poissons	Chordata	*Trisopterus sp.* (*minutus ?*), *Gobius niger*	*Callionymus* sp., *Ctenolabrus rupestris*
P3	Algues rouges encroûtantes	Rhodophyta		Hapalidiaceae (Lithothamniés)
	Annélides sédentaires	Annelida	Serpulidae	Serpulidae
	Etoiles de mer	Echinodermata		Asteroidea
	Poissons	Chordata	*Trisopterus minutus* (?), *Ctenolabrus rupestris*	Labridae et autres non déterminés
P4	Annélides sédentaires	Annelida		*Lanice conchilega* (?)
	Gastéropodes	Mollusca		*Nassarius reticulatus*
	Gastéropodes et/ou Crustacés	Mollusca et/ou Arthropoda	Prosobranchia et/ou Paguridae	Prosobranchia et/ou Paguridae
	Poissons	Chordata	*Ctenolabrus rupestris* , *Labrus mixtus*	*Callionymus* sp. (?)
P5	Algues rouges encroûtantes	Rhodophyta	Hapalidiaceae (Lithothamniés)	Hapalidiaceae (Lithothamniés)
	Algues rouges épigées	Rhodophyta	*Callophyllis laciniata, Heterosiphonia plumosa* (?)	Algues rouges en lame
	Laminaires	Heterokontophyta	*Laminaria hyperborea*	*Laminaria hyperborea* (nombreuses nécroses à -19m C.M.)
	Dictyotales	Heterokontophyta	*Dictyopteris polypodioides*	*Dictyopteris polypodioides*
	Spongiaires	Poryfera	*Cliona celata (* ?)	*Cliona celata, Pachymatisma johnstonia*
	Alcyonnaires	Cnidaria		*Eunicella verrucosa*
	Hydraires	Cnidaria	*Gymnangium montagui (* ?)	
	Bryozoaires encroûtants	Bryozoa		Bryozoaires encroûtants (sur les lames de laminaires)
	Bryozoaires dressés	Bryozoa		*Pentapora fascialis*
	Oursins	Echinodermata		*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* (?)	
	Gastéropodes	Mollusca	Trochidae	
	Poissons	Chordata	Ctenolabrus rupestris	*Symphodus melops* , *Labrus mixtus* , *Labrus bergylta* , *Ctenolabrus rupestris* , *Centrolabrus exoletus*
P6	Algues encroûtantes	Flora	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
	Laminaires	Heterokontophyta	*Laminaria hyperborea* (une au stade 4)	*Laminaria hyperborea*
	Dictyotales	Heterokontophyta	*Dictyopteris polypodioides*	*Dictyopteris polypodioides*
	Spongiaires	Poryfera	*Cliona celata* , *Pachymatisma johnstonia* , autres éponges encoûtantes	*Cliona celata*
	Alcyonnaires	Cnidaria	*Eunicella verrucosa*	
	Bryozoaires encroûtants	Bryozoa		Bryozoaires encroûtants (sur les lames de laminaires)
	Oursins	Echinodermata	*Echinus esculentus*	*Echinus esculentus*
	Etoiles de mer	Echinodermata	*Henricia* sp.	
	Holothuries	Echinodermata	*Holothuria (Panningothuria) forskali*	
	Gastéropodes	Mollusca	Trochidae	
	Poissons	Chordata	*Ctenolabrus rupestris* , *Labrus bergylta*	*Ctenolabrus rupestris* , *Labrus bergylta*
P7	Algues brunes encroûtantes	Ochrophyta		Algues brunes encroûtantes
	Algues rouges encroûtantes	Rhodophyta	Hapalidiaceae (Lithothamniés)	Hapalidiaceae (Lithothamniés)
	Algues rouges épigées	Rhodophyta	Algues rouges en lame et filamenteuses	*Phyllophora crispa* (?)
	Laminaires	Heterokontophyta	*Laminaria hyperborea* (une au stade 4)	*Laminaria hyperborea*
	Dictyotales	Heterokontophyta	*Dictyopteris polypodioides*	*Dictyopteris polypodioides*
	Spongiaires	Poryfera	*Cliona celata*	*Cliona celata* , *Pachymatisma johnstonia*
	Bryozoaires encroûtants	Bryozoa		Bryozoaires encroûtants (sur les lames de laminaires)
	Oursins	Echinodermata	*Echinus esculentus*	*Echinus esculentus*
	Etoiles de mer	Echinodermata	*Luidia ciliaris*	*Luidia ciliaris* , *Marthasterias glacialis*
	Gastéropodes	Mollusca	Trochidae	
	Poissons	Chordata	Labridae	*Symphodus melops* , *Labrus mixtus*
P8	Algues encroûtantes	Flora	Hapalidiaceae (Lithothamniés), Algues brunes encroûtantes (?)	Hapalidiaceae (Lithothamniés)
	Algues rouges épigées	Rhodophyta	*Delesseria sanguinea, Heterosiphonia plumosa (?)*	Algues rouges en lame et filamenteuses
	Laminaires	Heterokontophyta	*Laminaria hyperborea*	*Laminaria hyperborea*
	Dictyotales	Heterokontophyta	*Dictyopteris polypodioides*	*Dictyopteris polypodioides*
	Spongiaires	Poryfera	*Cliona celata*	*Cliona celata*
	Alcyonnaires	Cnidaria	*Eunicella verrucosa*	*Eunicella verrucosa*
	Bryozoaires encroûtants	Bryozoa		Bryozoaires encroûtants (sur les lames de laminaires)
	Oursins	Echinodermata		*Echinus esculentus*
	Etoiles de mer	Echinodermata		Asteroidea
	Holothuries	Echinodermata		*Aslia lefevrii*
	Poissons	Chordata	*Labrus mixtus*	*Labrus mixtus, Trisopterus minutus* (?)
P9	Ophiures	Echinodermata	Ophiurida	
	Poissons	Chordata	*Trisopterus minutus* (?)	
P10	Algues rouges encroûtantes	Rhodophyta	Hapalidiaceae (Lithothamniés)	Hapalidiaceae (Lithothamniés)
	Actiniaires	Cnidaria		*Capnea sanguinea*
	Madréporaires	Cnidaria		*Caryophyllia smithii* (?)
	Oursins	Echinodermata		*Echinus esculentus*
	Etoiles de mer	Echinodermata		*Asterias rubens*
	Holothuries	Echinodermata		*Holothuria (Panningothuria) forskali*
	Annélides sédentaires	Annelida	Serpulidae	*Lanice conchilega*
	Poissons	Chordata	*Trisopterus minutus* (?)	*Callionymus lyra* et autres non déterminés

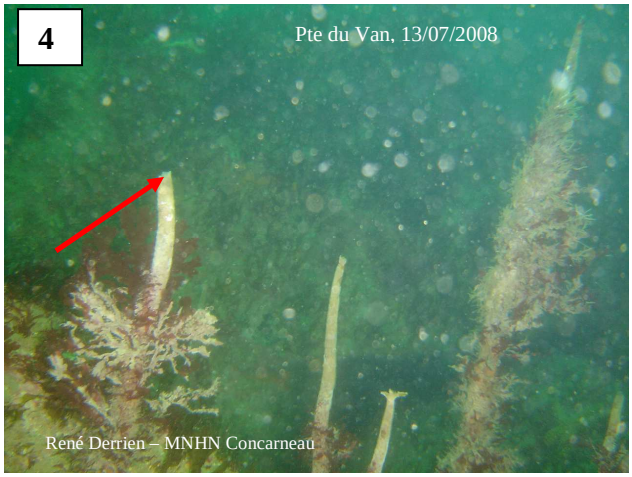
Annexe VI : Les différents stades de nécroses de *Laminaria hyperborea*

➔ 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 2014

Suivi

Rapport définitif - Octobre 2014

GROIX

Suivi 2014 du site d'immersion des produits de dragages au large de Groix "Surveillance chimique et peuplements benthiques "

Suivi 2014 du site d'immersion des produits de dragages au large de Groix

« Surveillance chimique et peuplements benthiques »

RAPPORT FINAL

Octobre 2014

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 et géochimiques)

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 29
3.2.5 Pollution organique 30

3.3 INVENTAIRES BIOLOGIQUES 31
3.3.1 Composition du peuplement de substrats meubles 31
3.3.2 Description des espèces déterminantes 41
3.3.3 Classification des peuplements 44
3.3.4 Comparaison entre 2010 et 2014 46

4 SYNTHESE DES RESULTATS 49

5 BIBLIOGRAPHIE 51

6 ANNEXES 58

6.1 RESULTATS DES ANALYSES GEOCHIMIQUES 58

6.2 FICHES GEODRISK 59

7 FICHE SIGNALETIQUE ET DOCUMENTAIRE 60

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 10
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 31
Figure 8 : Répartition de la richesse spécifique selon le groupe zoologique 33
Figure 9 : Répartition de l'abondance selon le groupe zoologique 33
Figure 10 : Indice de diversité de Shannon (gauche) et d'Equitabilité (droite) sur les stations d'étude 34
Figure 11 : Modèle DIMO appliqué aux stations 35
Figure 12 : Répartition des groupes écologiques selon les stations d'étude et valeur moyenne de l'AMBI 36
Figure 13 : Synthèse des niveaux de perturbation selon les stations d'étude 37
Figure 14: Représentations du M-AMBI sur les stations d'étude 1 et 2 38

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 2014 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 31
Tableau 14 : Abondances totales des huit espèces dominantes sur les stations (nb d'individus dans 0,5 m^2) 32
Tableau 15 : Valeurs de l'indice de Shannon et de l'Equitabilité 34
Tableau 16 : Synthèse de la répartition des espèces selon le groupe écologique, ... 37
Tableau 17 : Valeurs du M-AMBI sur les stations d'étude et valeurs de références 38
Tableau 18: Estimation de la richesse spécifique et de l'abondance d'états de référence 39
Tableau 19: Synthèse des paramètres écologiques 39
Tableau 20 : Répartition des groupes écologiques et valeur d'I2EC par station 39
Tableau 21 : Tableau récapitulatif des biocénoses rencontrées et leur codification (station 1) 44
Tableau 22 : Tableau récapitulatif des biocénoses rencontrées et leur codification (station 2) 44
Tableau 23 : Tableau récapitulatif des biocénoses rencontrées et leur codification (station 3) 45
Tableau 24 : Récapitulatif 2010-2014 pour la station 1 46
Tableau 25 : Récapitulatif 2010-2014 pour la station 2 46
Tableau 26 : Récapitulatif 2010-2014 pour la station 3 47
Tableau 27 : Récapitulatif de l'évolution des peuplements au sein des trois stations sur les 5 années 48

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 ..... *24*
Planche 6 : Morphoscopie de l'échantillon 3 ..... *24*
Planche 7 : Pourcentage de vase (fractions < 63µm) *24*
Planche 8 : Analyses physicochimiques des sédiments 2014 ..... *25*
Planche 9 : Niveaux de contamination des métaux d'après les niveaux de l'arrêté du 14 juin 2000 ..... *27*
Planche 10 : Niveaux de contamination PCB d'après les niveaux de l'arrêté du 17 juillet 2014 ..... *28*
Planche 11 : Niveaux de contamination PCB d'après les niveaux de l'arrêté du 14 juin 2000 ..... *28*
Planche 12 : Niveaux de contamination tributylétain (TBT) d'après l'arrêté du 23 décembre 2009 ..... *29*
Planche 13 : Niveaux de contamination HAP selon l'arrêté du 8 février 2013 ..... *29*
Planche 14 : Niveaux de contamination HAP d'après les niveaux GEODE provisoires *29*
Planche 15 : Niveaux de contamination HAP d'après le programme PNETOX *29*
Planche 16 : Score de risque *29*
Planche 17 : Indices de Pollution organique *30*
Planche 18 : Répartition de l'abondance des espèces sur les stations *31*
Planche 19 : Récapitulatif des richesses spécifiques et des densités entre 2010 et 2014 ..... *31*
Planche 20 : Illustration des espèces récoltées dans les prélèvements *31*
Planche 21 : Classification des espèces en présence et niveaux trophiques associés *32*
Planche 22 : Répartition de l'abondance des différents groupes taxonomiques *33*
Planche 23 : Pourcentages des groupes écologiques *36*
Planche 24 : Indice d'évaluation de l'endofaune côtière (I2EC) *40*

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 et 2013 par le bureau d'études TBM-SARL Chauvaud et en 2012 par le bureau d'études IDRA 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 et 2013.

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 le 11 juillet 2014. 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.

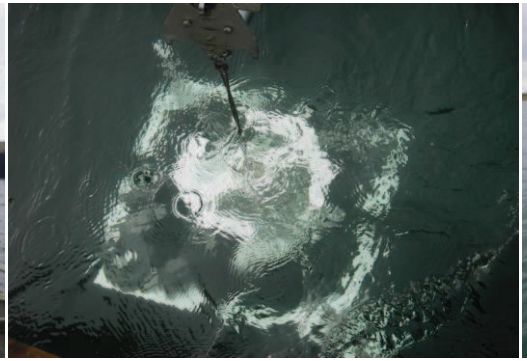
Les échantillons ont été tamisés sur tamis de maille 1 mm, cette taille permettant de ne sélectionner que la macrofaune du sédiment (conformément à la norme ISO 16665). La méiofaune (passant sur le tamis de 1 mm et restant sur le tamis de 40 µm) est écartée, car elle n'est pas retenue dans le protocole 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

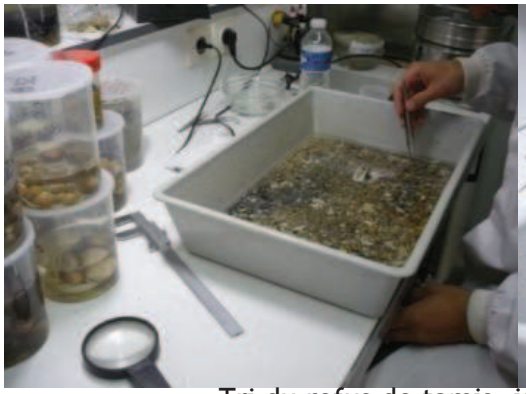
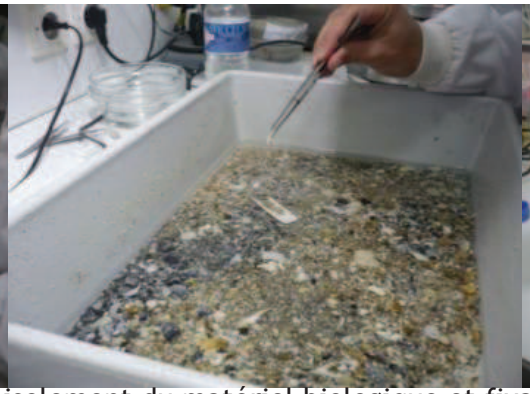
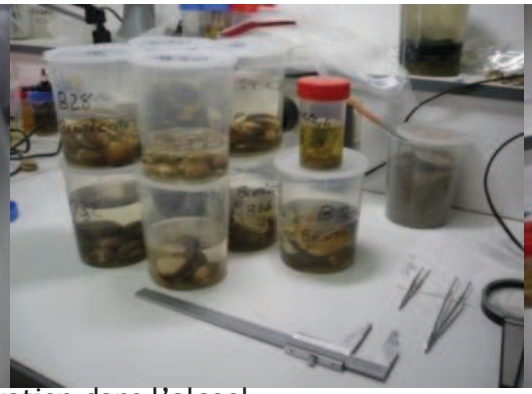
Débordement de la benne et descente jusqu'au fond où le godet récolte 0,1 m² de sédiments sur environ 30 cm

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

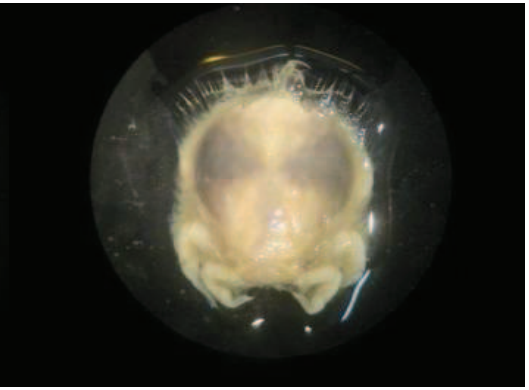
Sources : IN VVO Environnement – Juillet 2011

Mise en œuvre des analyses bio-sédimentaires au laboratoire

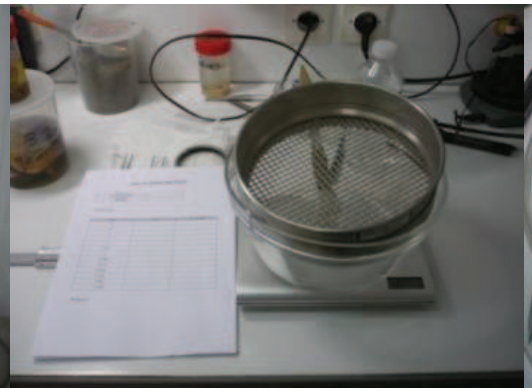
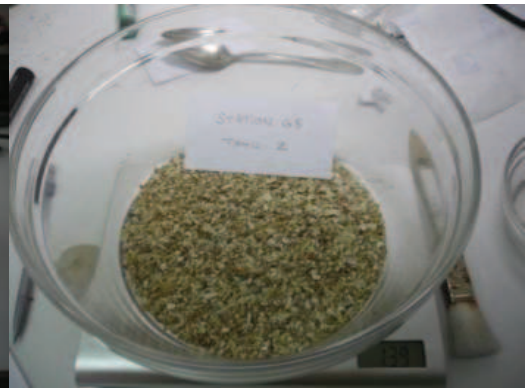
Tri du refus de tamis, isolement du matériel biologique et fixation dans l'alcool

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 – Janvier 2010

2.3.2 Plan de position des stations de prélèvements

Le plan d'échantillonnage adopté en 2014 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.

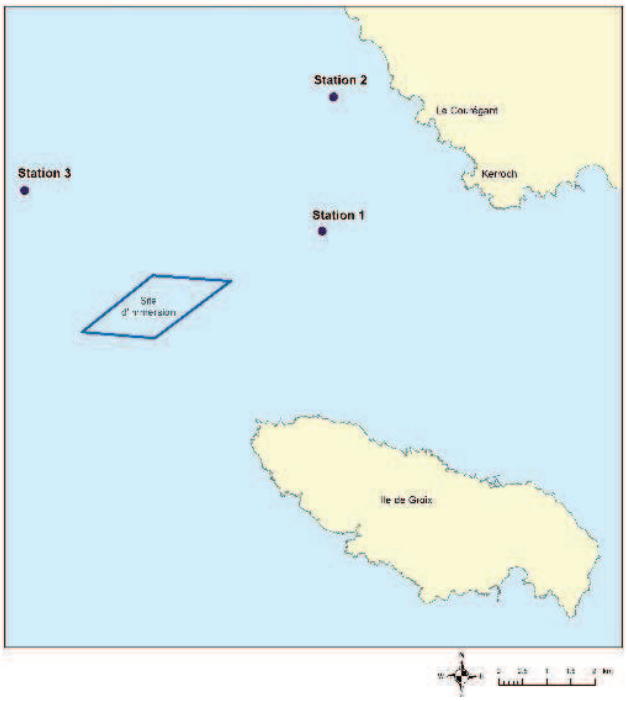


Figure 2 : Plan de position des stations de prélèvement

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.

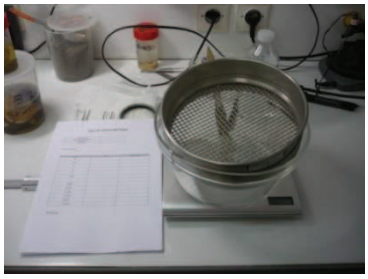


Figure 3: Illustration du traitement en laboratoire : séchage en étuve et tamisage.

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. Le Sorting index se calcule à partir des percentiles P_5, P_{16}, P_{84} et P_{95} exprimés en unité Phi $\Phi = -\log_2[D_{mm}]$ à l'aide de la formule suivante :

$$\sigma_\Phi = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} - \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6}$$

La valeur de l'écart-type permet de distinguer plusieurs types de sédiment :

- Sédiment très bien classé : $\sigma < 0.35$ Ø
- Sédiment bien classé : 0.35 Ø $< \sigma < 0.5$ Ø
- Sédiment modérément classé : 0.5 Ø $< \sigma < 1$ Ø
- Sédiment mal classé : 1 Ø $< \sigma < 2$ Ø
- Sédiment très mal classé : 2 Ø $< \sigma < 4$ Ø

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.

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 par 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.

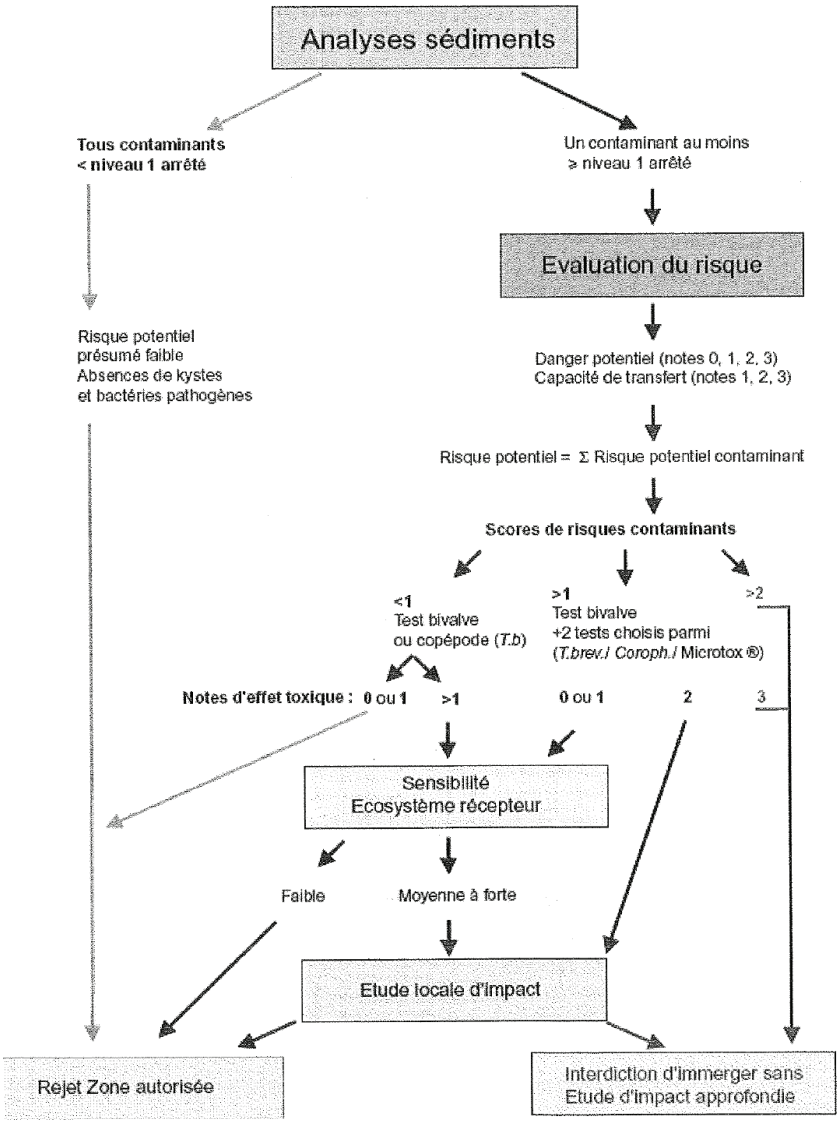


Figure 4 : Arbre de décision « Geodrisk » (Alzieu et Quiniou, 2001)

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/m^2) 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.

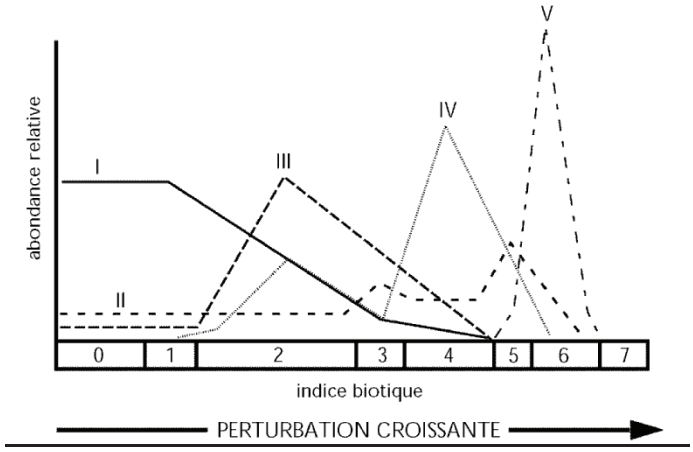


Figure 5 : Modèle des Indices biotiques montrant l'importance relative des différents groupes écologiques le long du gradient de perturbations croissantes (Glémarec et Hily, 1981)

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.

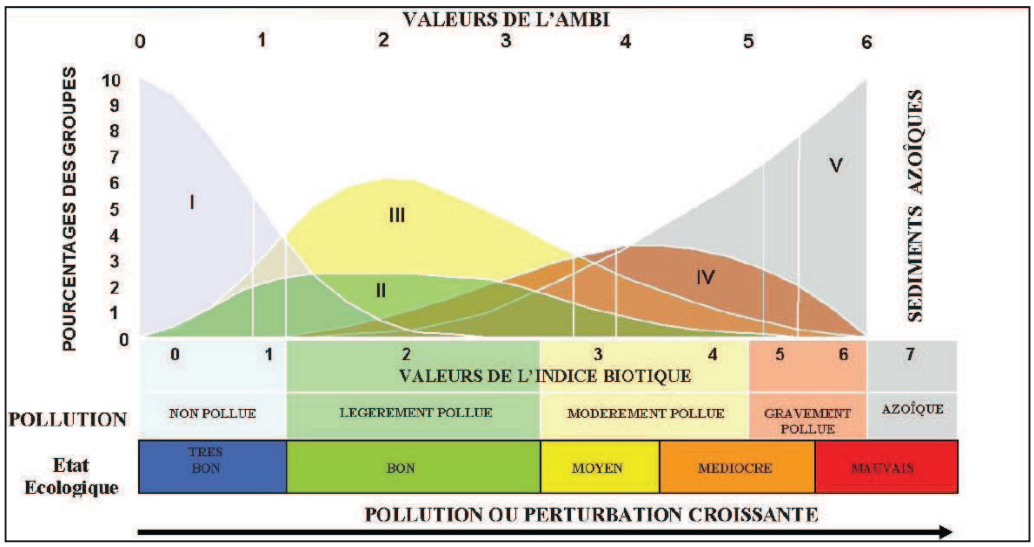


Figure 6 : Base écologique de l'indice AMBI (Borja et al., 2000)

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. Ainsi, le niveau des changements de ces communautés suite aux opérations d'extraction de Maërl sera mieux appréhendé.

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	408	59	51	Fines
2	113	108	21	Sablons
3	500	700	7,8	Sables grossiers

Tableau 10 : Faciès granulométriques des stations de prélèvement

- **Station 1**

Le sédiment de l'échantillon 1 est caractérisé par un mode de 407 µm et une médiane de 59 µm révélant un faciès de fines (51 % 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) ainsi que de sables fins (médiane comprise entre 125 µm et 250 µm). Pour cet échantillon, le mode est de 113 µm et la médiane de 108 µm. La teneur en fines est de 21 %.

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 700 µm. Moins envasé que les échantillons 1 et 2, la teneur en fines est tout de même de 8 %.

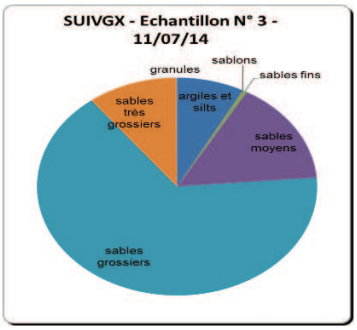


Planche 5 : Résultats de l'analyse granulométrique de la station 3

Planche 6 : Morphoscopie de l'échantillon 3

Les résultats des pourcentages de vase au cours des années sur chaque station sont présentés sur la planche ci-après.

Planche 7 : Pourcentage de vase (fractions < 63µm)

Rapport d'analyse - Granulométrie Laser

Référence de l'échantillons :
14e040909-001 - Average

Opérateur :
faiz

Date de l'analyse :
jeudi 24 juillet 2014 13:56:37

Résultat de la source :
Moyenne de 2 mesures

Paramètre d'analyse

Modèle optique :
Fraunhofer

Gamme de mesure :
0.020 à 2000.000 µm

Durée d'analyse :
30 secondes

Liquide :
Water

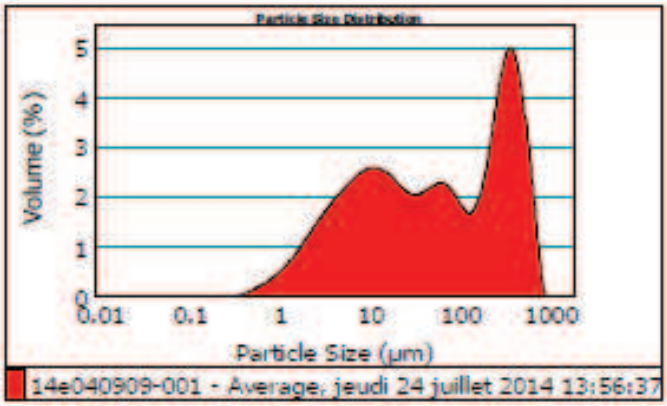
Obscuration :
8.78 %

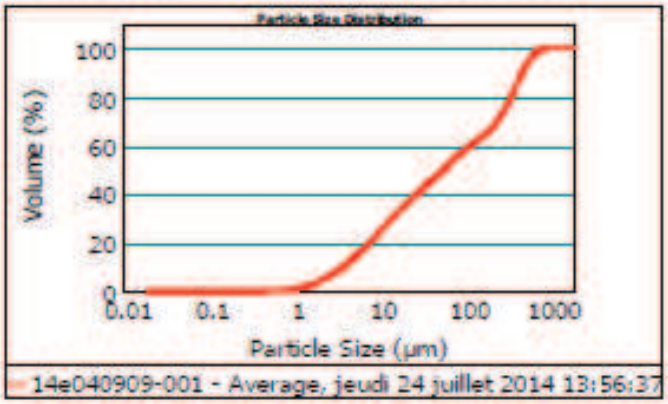
Données statistique

Surface spécifique : 0.559 m²/g
Moyenne : 171.598 µm
Médiane : 58.747 µm
Variance : 43456.972 µm²
Ecart type : 208... µm
Rapport moyenne/mediane : 2.92 µm
Mode : 407.599 µm

Pourcentages cumulés :
Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 4.04%
Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 35.01%
Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 51.02%
Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 65.84%
Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Pourcentages relatifs :
Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 4.04%
Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 30.98%
Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 12.68%
Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 18.14%
Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 16.01%
Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 14.82%
Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 34.16%





Size (µm)	Volume In %
0.020	0.00
1.000	1.00
2.000	3.04
4.000	6.41
8.000	9.66
10.000	3.60

Size (µm)	Volume In %
10.000	6.78
15.000	4.62
20.000	5.83
30.000	3.82
40.000	3.03
50.000	

Size (µm)	Volume In %
50.000	3.32
63.000	6.61
100.000	8.21
200.000	3.95
250.000	13.19
400.000	

Size (µm)	Volume In %
400.000	7.07
500.000	4.84
600.000	2.69
700.000	1.64
800.000	0.68
900.000	

Size (µm)	Volume In %
900.000	0.05
1000.000	0.00
1500.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Vol Under %
0.020	0.00
1.000	1.00
2.000	4.04
4.000	10.45
8.000	20.01

Size (µm)	Vol Under %
10.000	23.61
15.000	30.39
20.000	35.01
30.000	40.85
40.000	44.67

Size (µm)	Vol Under %
50.000	47.70
63.000	51.02
100.000	57.63
200.000	65.84
250.000	69.79

Size (µm)	Vol Under %
400.000	82.96
500.000	90.05
600.000	94.89
700.000	97.52
800.000	99.37

Size (µm)	Vol Under %
900.000	99.95
1000.000	100.00
1500.000	100.00
2000.000	100.00

Observations :
Paramètre 100%
*analyse 2*30s*
Hydro MU

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

Résultats de l'analyse granulométrique pour l'Echantillon 2

Rapport d'analyse - Granulomètrie Laser

Référence de l'échantillons :
14e040909-002 - Average

Opérateur :
faiz

Date de l'analyse :
jeudi 24 juillet 2014 11:01:40

Résultat de la source :
Moyenne de 2 mesures

Paramètre d'analyse

Modèle optique :
Fraunhofer

Gamme de mesure :
0.020 à 2000.000 µm

Durée d'analyse :
30 secondes

Liquide :
Water

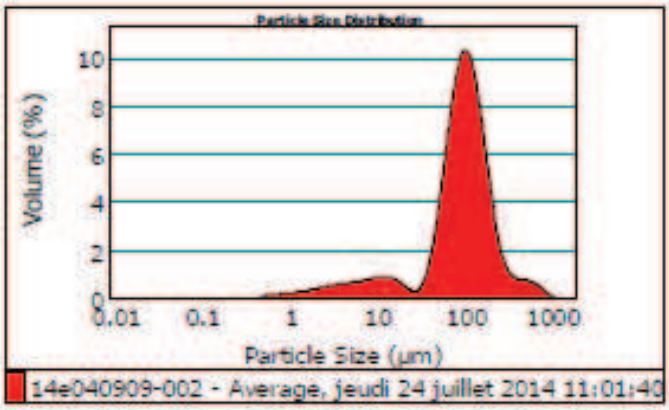
Obscuration :
9.68 %

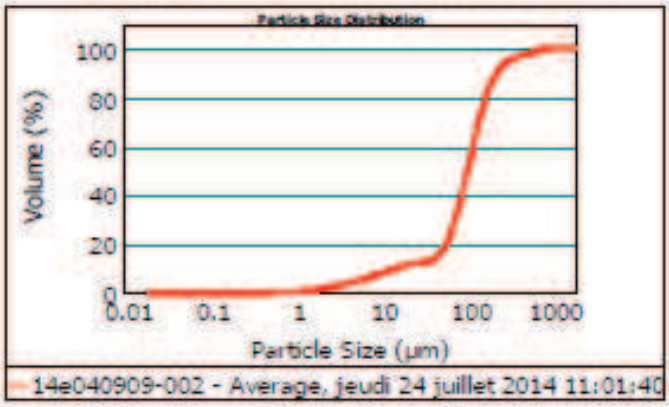
Données statistique

Surface spécifique : 0.234 m²/g
Moyenne : 132.534 µm
Médiane : 107.713 µm
Variance : 14688.589 µm²
Ecart type : 121.... µm
Rapport moyenne/mediane : 1.23 µm
Mode : 112.687 µm

Pourcentages cumulés :
Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 1.61%
Percentage between 0.02 µm and 20.00 µm : 11.32%
Percentage between 0.02 µm and 63.00 µm : 21.12%
Percentage between 0.02 µm and 200.00 µm : 85.09%
Percentage between 0.02 µm and 2000.00 µm : 100.00%

Pourcentages relatifs :
Percentage between 0.02 µm and 2.00 µm : 1.61%
Percentage between 2.00 µm and 20.00 µm : 9.70%
Percentage between 20.00 µm and 50.00 µm : 4.19%
Percentage between 50.00 µm and 200.00 µm : 69.58%
Percentage between 20.00 µm and 63.00 µm : 9.81%
Percentage between 63.00 µm and 200.00 µm : 63.96%
Percentage between 200.00 µm and 2000.00 µm : 14.91%





Size (µm)	Volume in %
0.020	0.00
1.000	0.48
2.000	1.13
4.000	2.03
8.000	2.86
10.000	1.11

Size (µm)	Volume in %
10.000	2.25
15.000	1.46
20.000	1.10
30.000	0.82
40.000	2.27
50.000	

Size (µm)	Volume in %
50.000	5.62
63.000	23.92
100.000	40.05
200.000	6.18
250.000	5.08
400.000	

Size (µm)	Volume in %
400.000	1.16
500.000	0.67
600.000	0.66
700.000	0.46
800.000	0.30
900.000	

Size (µm)	Volume in %
900.000	0.13
1000.000	0.07
1500.000	0.00
2000.000	

Size (µm)	Vol Under %
0.020	0.00
1.000	0.48
2.000	1.61
4.000	3.65
8.000	6.51

Size (µm)	Vol Under %
10.000	7.62
15.000	9.86
20.000	11.32
30.000	12.41
40.000	13.24

Size (µm)	Vol Under %
50.000	15.51
63.000	21.12
100.000	45.04
200.000	85.09
250.000	91.27

Size (µm)	Vol Under %
400.000	96.35
500.000	97.50
600.000	98.37
700.000	99.04
800.000	99.50

Size (µm)	Vol Under %
900.000	99.80
1000.000	99.93
1500.000	100.00
2000.000	100.00

Observations :
Paramètre 100%
*analyse 2*30s*
Hydro MU

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

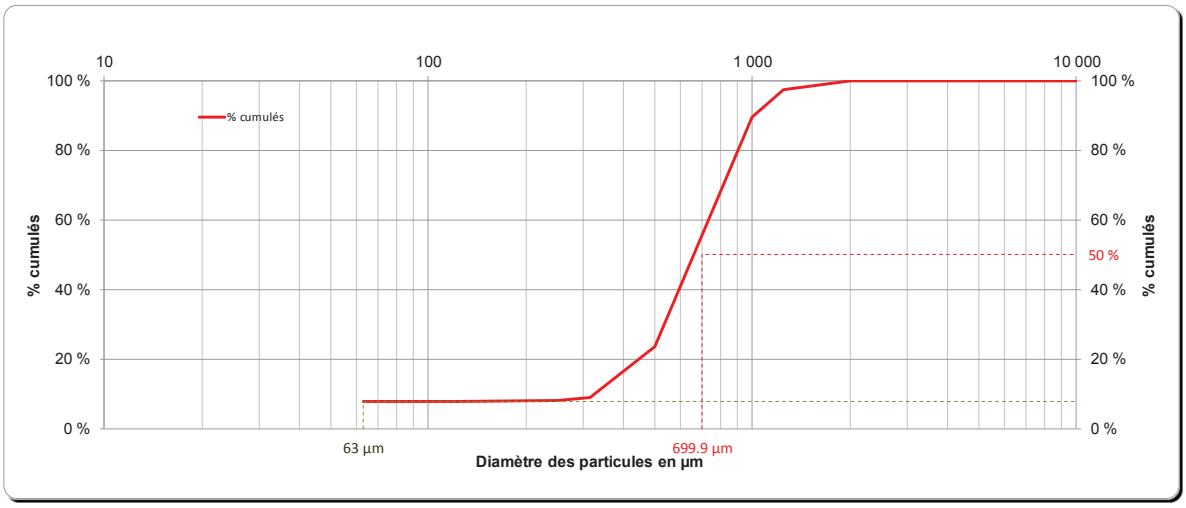
Résultats de l'analyse granulométrique pour l'Echantillon 3

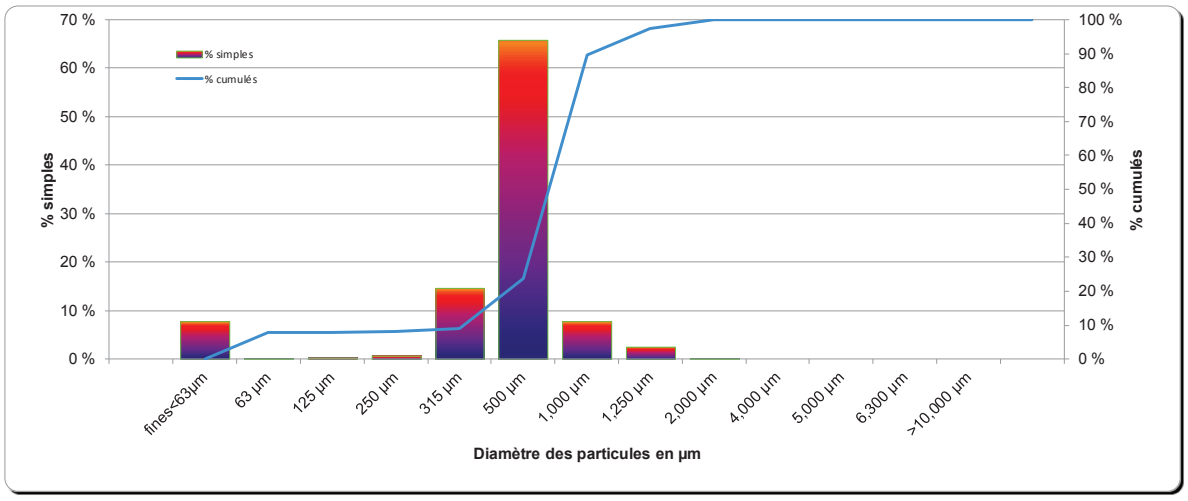
SUIVGX- PRELEVEMENT DU 11/07/14

Nom de l'échantillon : 3

Masse totale : 115.44 g

Ouverture du tamis (en µm)	Masses simples (en g)	Masses cumulées (en g)	Fréquence simple en %	Fréquence cumulée en %
fines<63µm	9.00 g	9.00 g	7.80 %	0.00 %
63 µm	0.04 g	9.04 g	0.04 %	7.80 %
125 µm	0.50 g	9.54 g	0.43 %	7.83 %
250 µm	0.80 g	10.34 g	0.69 %	8.27 %
315 µm	17.00 g	27.34 g	14.73 %	8.96 %
500 µm	76.00 g	103.34 g	65.83 %	23.69 %
1 000 µm	9.00 g	112.34 g	7.80 %	89.52 %
1 250 µm	3.00 g	115.34 g	2.60 %	97.31 %
2 000 µm	0.10 g	115.44 g	0.09 %	99.91 %
4 000 µm	0.00 g	115.44 g	0.00 %	100.00 %
5 000 µm	0.00 g	115.44 g	0.00 %	100.00 %
6 300 µm	0.00 g	115.44 g	0.00 %	100.00 %
>10 000 µm	0.00 g	115.44 g	0.00 %	100.00 %
				100.00 %





Mode (µm)	**500 µm**	**SABLES GROSSIERS**
D_{10} (µm)	328 µm	
D_{16} µm / ϕ	403 µm / 1.31 Phi	
D_{25} (µm)	510 µm	
Médiane D_{50} (µm)	**700 µm**	**SABLES GROSSIERS**
D_{75} (µm)	890 µm	
D_{84} µm / ϕ	958 µm / 0.06 Phi	
D_{90} (µm)	1 015 µm	
Diamètre moyen en ϕ	0.63 Phi	
Ecart-type en unité ϕ (sorting)	–	
Indice d'asymétrie (Skewness)	–	
Indice d'angulosité (Kurtosis)	–	
Teneur en fines (diamètre < 63 µm)	**7.80 %**	

Sources : IN VIVO Environnement – Juillet 2014

Photographies de l'échantillon 3

Fraction inexistante

4 mm

Fraction inexistante

5 mm

Fraction inexistante

6.3 mm

Fraction inexistante

10 mm

Nom : 3

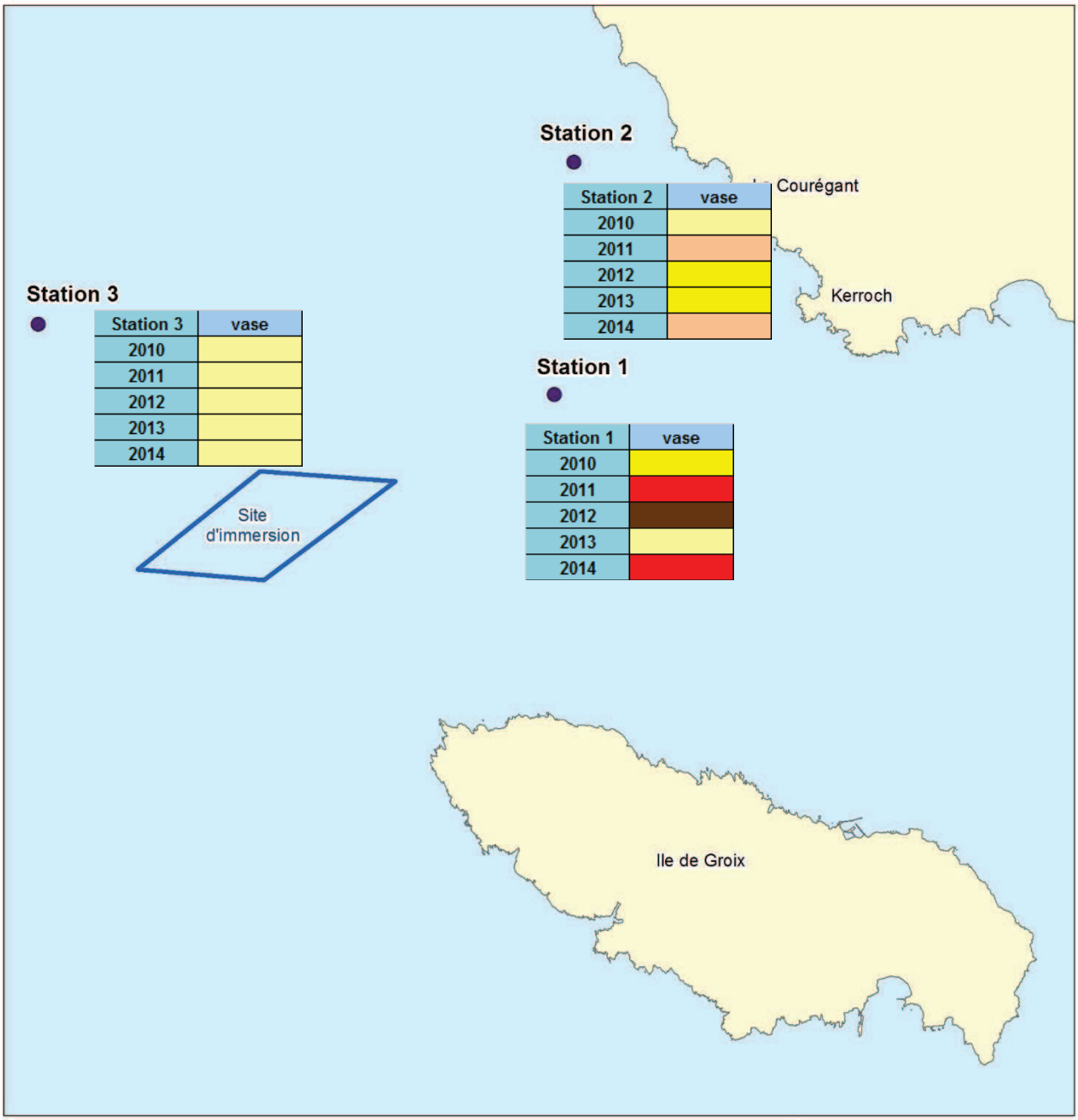
Mode : 500 µm

Médiane : 700 µm

Faciès : Sables grossiers

Sources : IN VIVO Environnement – Juillet 2014

Pourcentage de vase (fraction <63µm)



Station 2	vase
2010	
2011	
2012	
2013	
2014	

Station 3	vase
2010	
2011	
2012	
2013	
2014	

Station 1	vase
2010	
2011	
2012	
2013	
2014	

	[0-10% [
	[10-20% [
	[20-30% [
	[30-40% [
	[40-50% [
	[50-60% [
	[60-70% [
	[70-80% [
	[80-90% [
	[90-100% [

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

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 2014 et rappelle les seuils en vigueur.

Planche 8 : Analyses physicochimiques des sédiments 2014

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 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.

Analyses physico-chimiques des sédiments – Immersion Groix 2014

Paramètres	Ech 1	Ech 2	Ech 3	N1	N2
Phase 1: Propriétés physiques					
Matières sèches %	54,6	68,6	69		
Densité	1,5	1,71	1,7		
Teneur en Al g/kg	12,9	3,35	0,819		
COT g/kg	15,6	3,02	18,4		
Phase 2: Propriétés chimiques: substances polluantes					
As mg/kg	12,1	4,65	23,5	**25**	**50**
Cd mg/kg	0,13	< 0.1	< 0.1	**1,2**	**2,4**
Cr mg/kg	30,9	11,2	5,63	**90**	**180**
Cu mg/kg	10,1	< 5	< 5	**45**	**90**
Hg mg/kg	< 0.11	< 0.1	< 0.1	**0,4**	**0,8**
Ni mg/kg	15,2	4,19	1,97	**37**	**74**
Pb mg/kg	27	8,01	14,2	**100**	**200**
Zn mg/kg	77,2	26,3	6,02	**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	0,001	< 0,001	< 0,001	**0,01**	**0,02**
PCB 118 mg/kg	0,001	< 0,001	< 0,001	**0,01**	**0,02**
PCB 138 mg/kg	0,002	< 0,001	< 0,001	**0,02**	**0,04**
PCB 153 mg/kg	0,002	< 0,001	< 0,001	**0,02**	**0,04**
PCB 180 mg/kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	**0,01**	**0,02**
Somme des 7 PCB mg/kg	0.006<x<0.009	< 0.007	< 0.007		
Fluoranthène	0,19	0,006	< 0,002	**0,6**	**2,85**
Benzo(k)fluoranthène	0,057	< 0,002	< 0,002	**0,4**	**0,9**
Benzo(b)fluoranthène	0,13	0,006	< 0,002	**0,2**	**0,4**
Benzo(a)pyrène	0,1	0,004	< 0,002	**0,43**	**1,015**
Indéno(1,2,3-Cd)pyrène	0,096	0,004	< 0,002	**1,7**	**5,65**
Benzo(ghi)perylène	0,079	0,004	< 0,002	**1,7**	**5,65**
Naphtalène	0,015	< 0,005	< 0,005	**0,16**	**1,13**
Acénaphtylène	0,007	< 0,002	< 0,002	**0,04**	**0,34**
Acénaphtène	0,007	< 0,002	< 0,002	**0,015**	**0,26**
Fluorène	0,012	< 0,002	< 0,002	**0,02**	**0,28**
Phénanthrène	0,092	0,005	< 0,002	**0,24**	**0,87**
Anthracène	0,037	< 0,002	< 0,002	**0,085**	**0,59**
Pyrène	0,15	0,004	< 0,002	**0,5**	**1,5**
Benzo(a)anthracène	0,11	0,004	< 0,002	**0,26**	**0,93**
Chrysène	0,095	0,004	< 0,002	**0,38**	**1,59**
Dibenzo(a,h)anthracène	0,022	< 0,002	< 0,002	**0,06**	**0,16**
Somme des 16 HAP mg/kg	1,2	< 0,058	< 0,05		
TBT µg/kg	6,89	< 0,623	< 0,652	**100**	**400**
DBT µg/kg	3,07	< 0,623	< 0,652		
MBT µg/kg	1,93	0,879	< 0,652		
Phase 2: Propriétés chimiques: nutriments					
Azote Kjeldahl g/kg	1,9	0,5	0,6		
Phosphore total g/kg	0,539	0,369	0,324		
Phase 2: Propriétés chimiques: microbiologie					
Eschérichia coli/g	< 40	< 40	< 40		

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

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 tous inférieurs au niveau N1 pour les trois stations. La Planche 9 présente sur une carte ces résultats.

Planche 9 : 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 10 et Planche **11** présentent ces résultats sur des cartes en fonction des seuils en vigueur.

Planche 10 : Niveaux de contamination PCB d'après les niveaux de l'arrêté du 17 juillet 2014

Planche 11 : Niveaux de contamination PCB d'après les niveaux de l'arrêté du 14 juin 2000

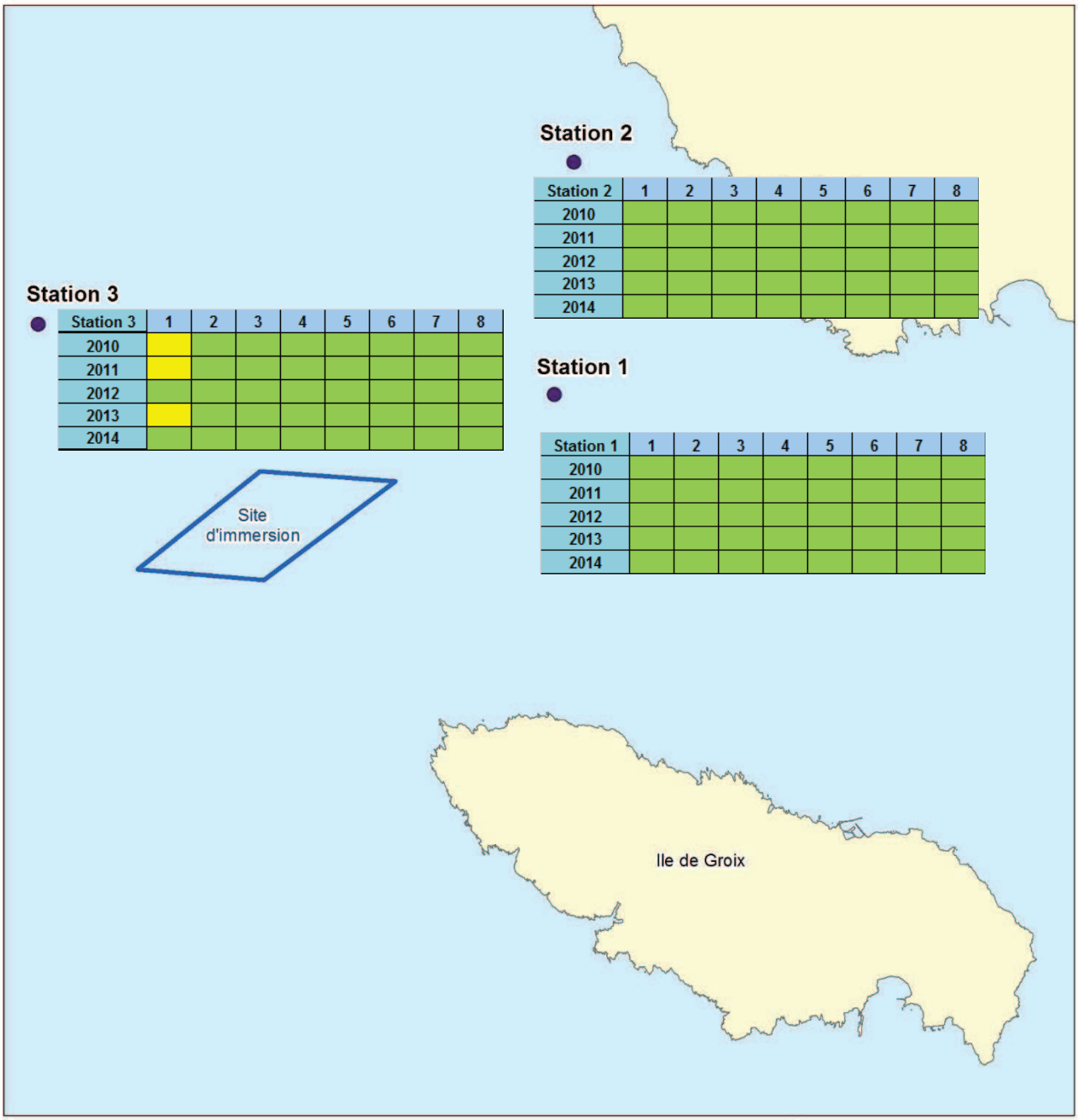
3.2.2 Tributylétain TBT

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 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.

Niveaux de contamination des métaux d'après les niveaux de l'arrêté du 14 juin 2000



Catégorie 1 : Pas ou très faiblement contaminés (<N1)

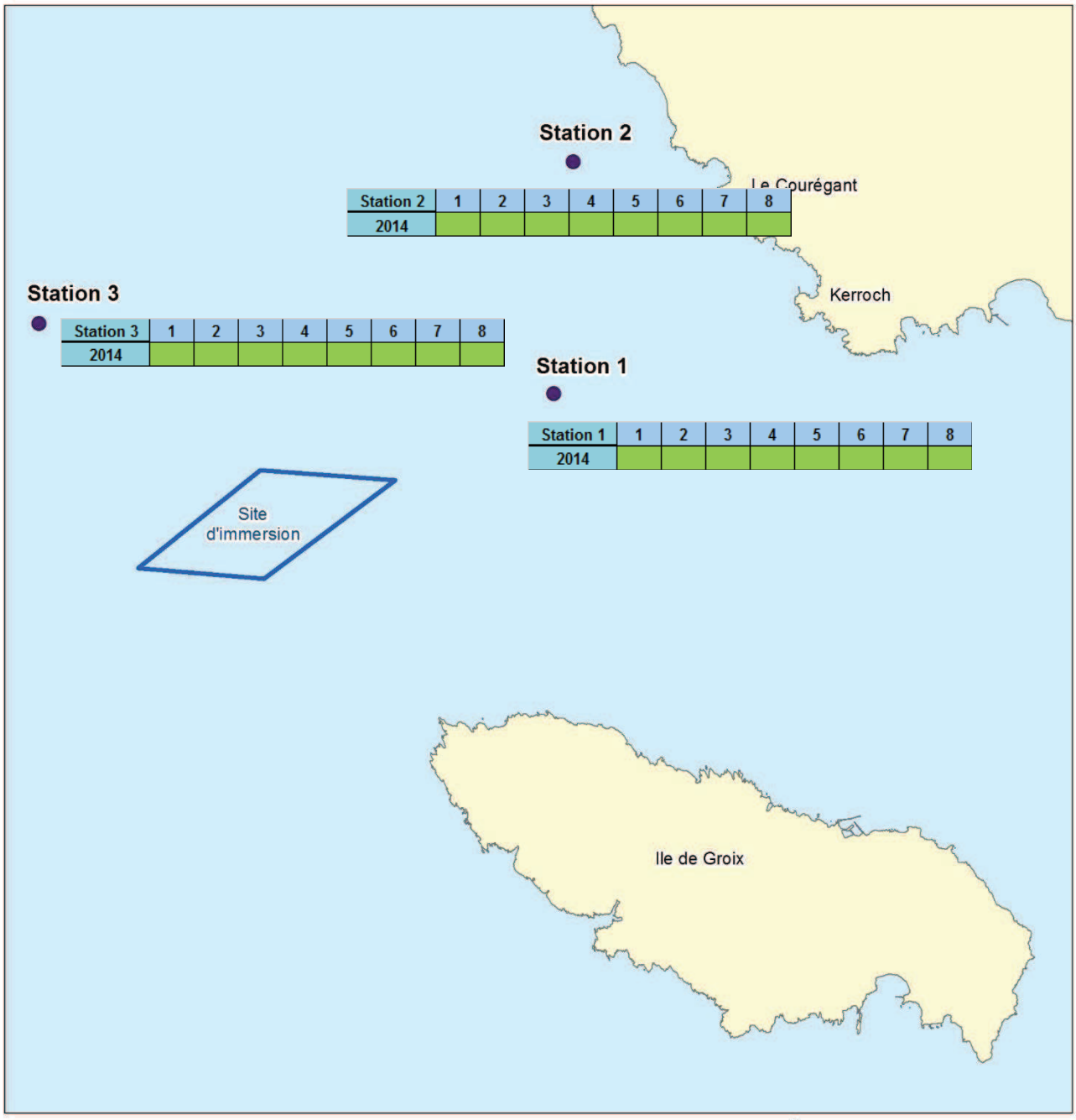
Catégorie 2 : Faiblement contaminés (N1-N2)

Catégorie 3 : Contaminés (>N2)

1 : Arsenic
2 : Cadmium
3 : Chrome
4 : Cuivre
5 : Mercure
6 : Nickel
7 : Plomb
8 : Zinc

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

Niveaux de contamination PCB d'après les niveaux de l'arrêté du 17 juillet 2014



Catégorie 1 : Pas ou très faiblement contaminés (<N1)

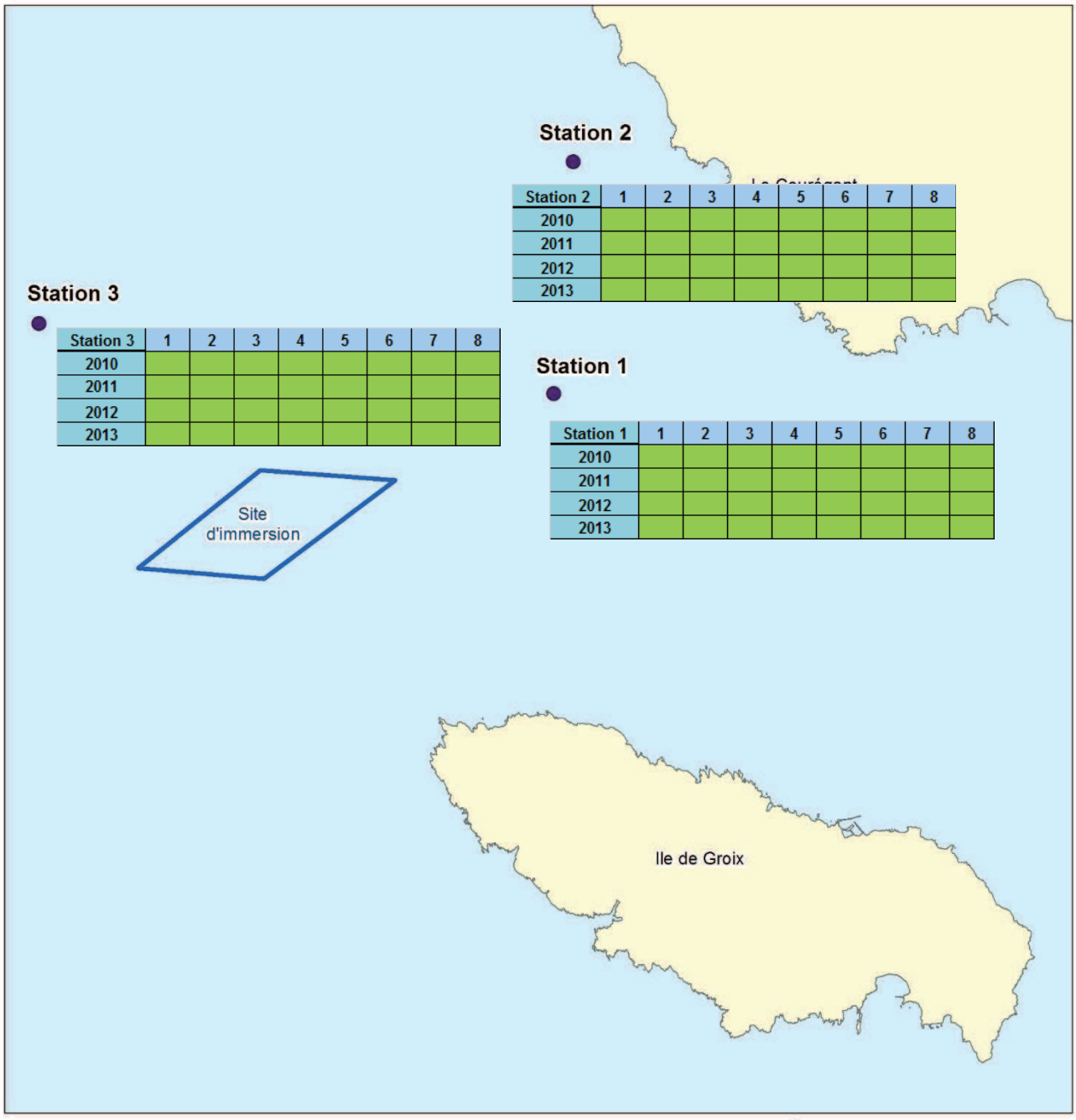
Catégorie 2 : Faiblement contaminés (N1-N2)

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 – Octobre 2014

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 – Octobre 2014

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 12 présente ces résultats sur des cartes en fonction des seuils en vigueur.

Planche 12 : 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 13, Planche 14 et Planche 15 récapitulent les résultats obtenus en 2013 et 2014 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 13 : Niveaux de contamination HAP selon l'arrêté du 8 février 2013

Planche 14 : Niveaux de contamination HAP d'après les niveaux GEODE provisoires

Planche 15 : 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 16 : 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	15,6	3,02	18,4
Matières sèches %	54,6	68,6	69

Tableau 11 : Résultats de la teneur matière organique pour chaque échantillon prélevés en 2014

Les teneurs en Carbone Organique Total (COT) mesurées sont comprises entre 3,02 et 18,4 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		

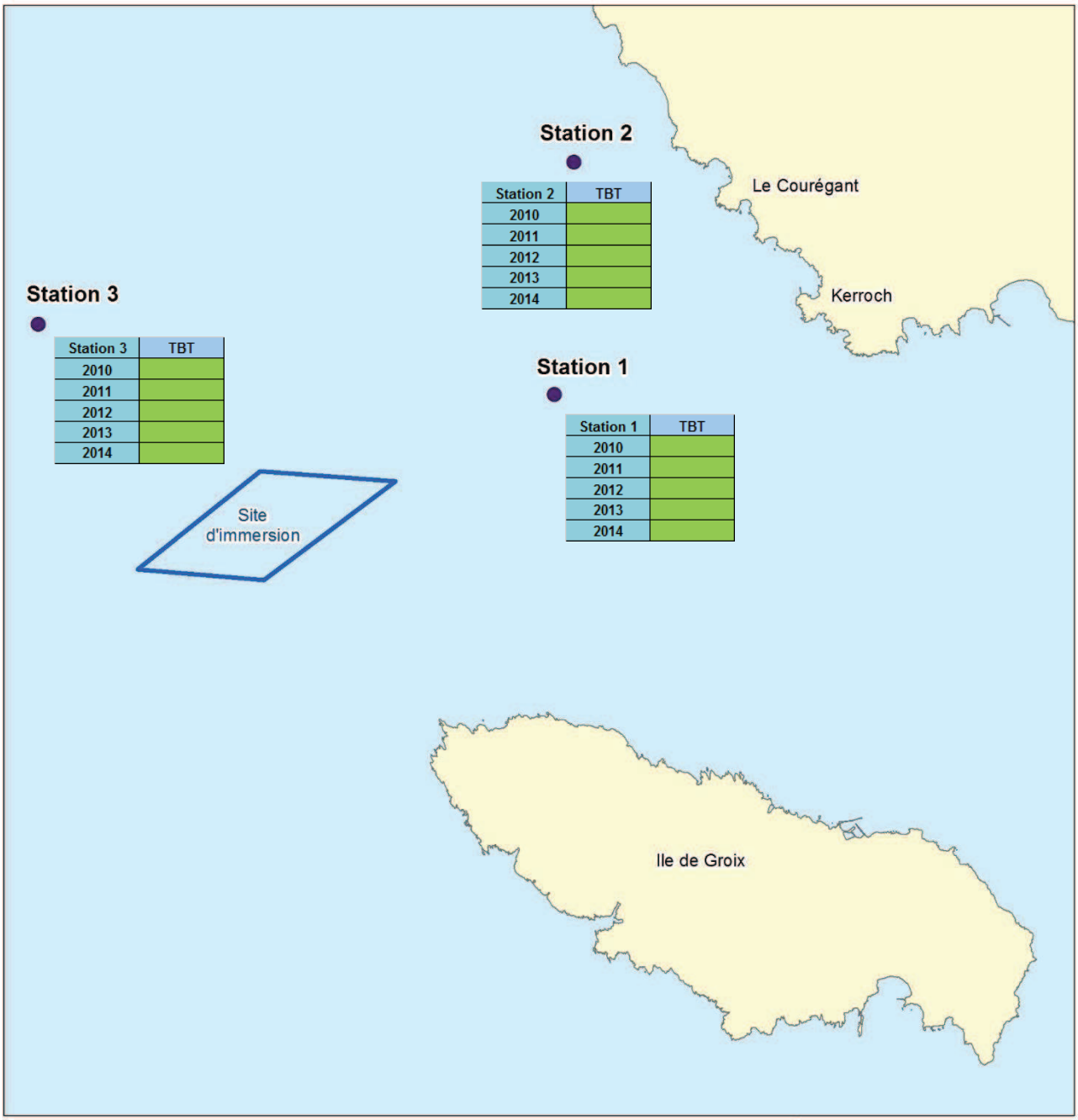
Tableau 12 : Définition des classes ou indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003) d'après TBM, 2013

L'indice de Pollution Organique est égal à la somme des trois indices.
Les indices de pollution organique sont en 2014 :
- Faibles sur la station 2 (égale à 2)
- Moyens sur les stations 1 et 3 (respectivement 7 et 5)

La Planche 17 présente ces indices sur une carte.

Planche 17 : Indices de Pollution organique

Niveaux de contamination tributylétain (TBT) d'après l'arrêté du 23 décembre 2009



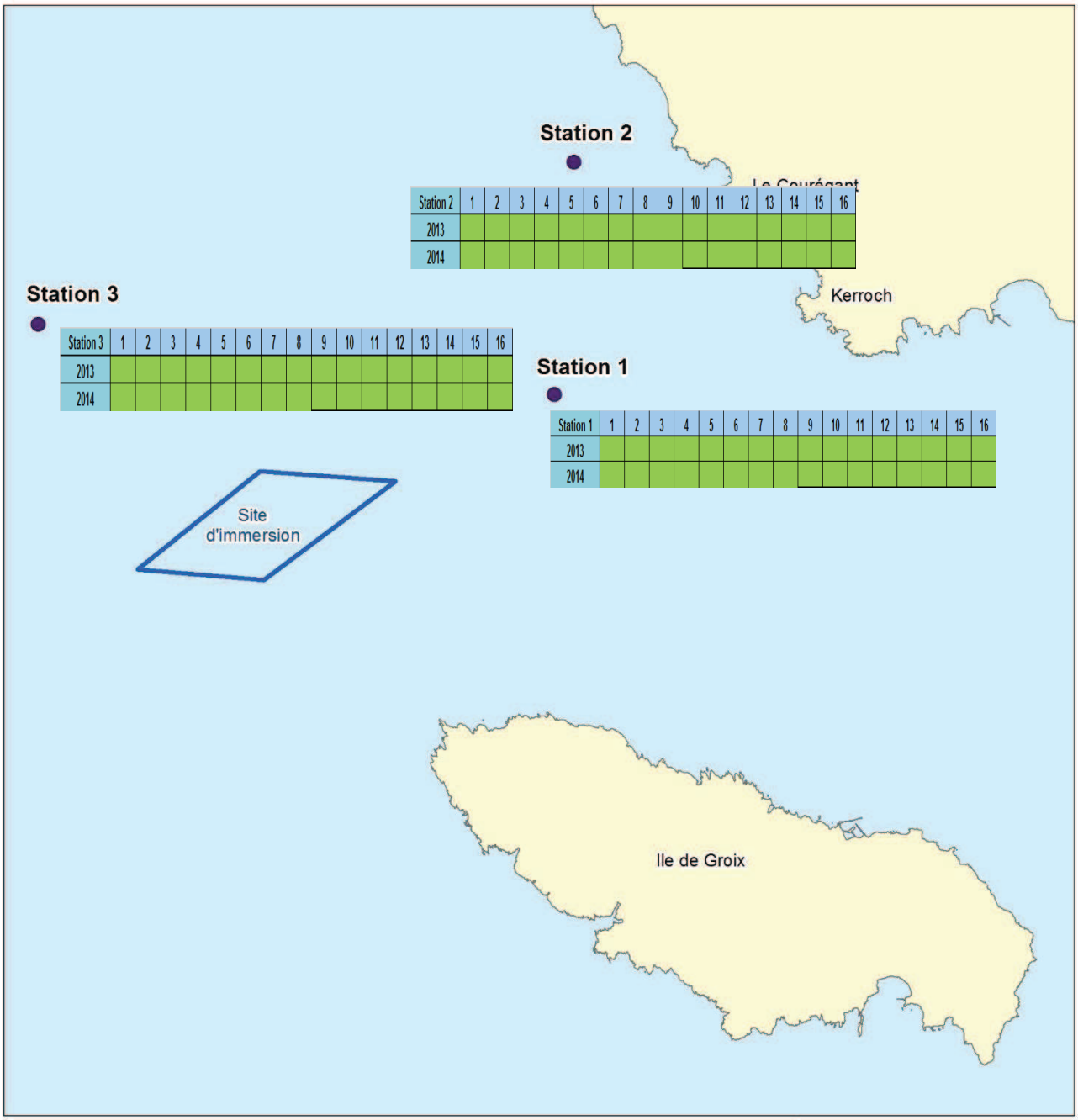
Catégorie 1 : (<0,1 mg/kg)

Catégorie 2 : (0,1-0,4 mg/kg)

Catégorie 3 : (>0,4 mg/kg)

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

Niveau de contamination HAP selon l'arrêté du 8 février 2013



Catégorie 1 : Pas ou très faiblement contaminés (<N1)

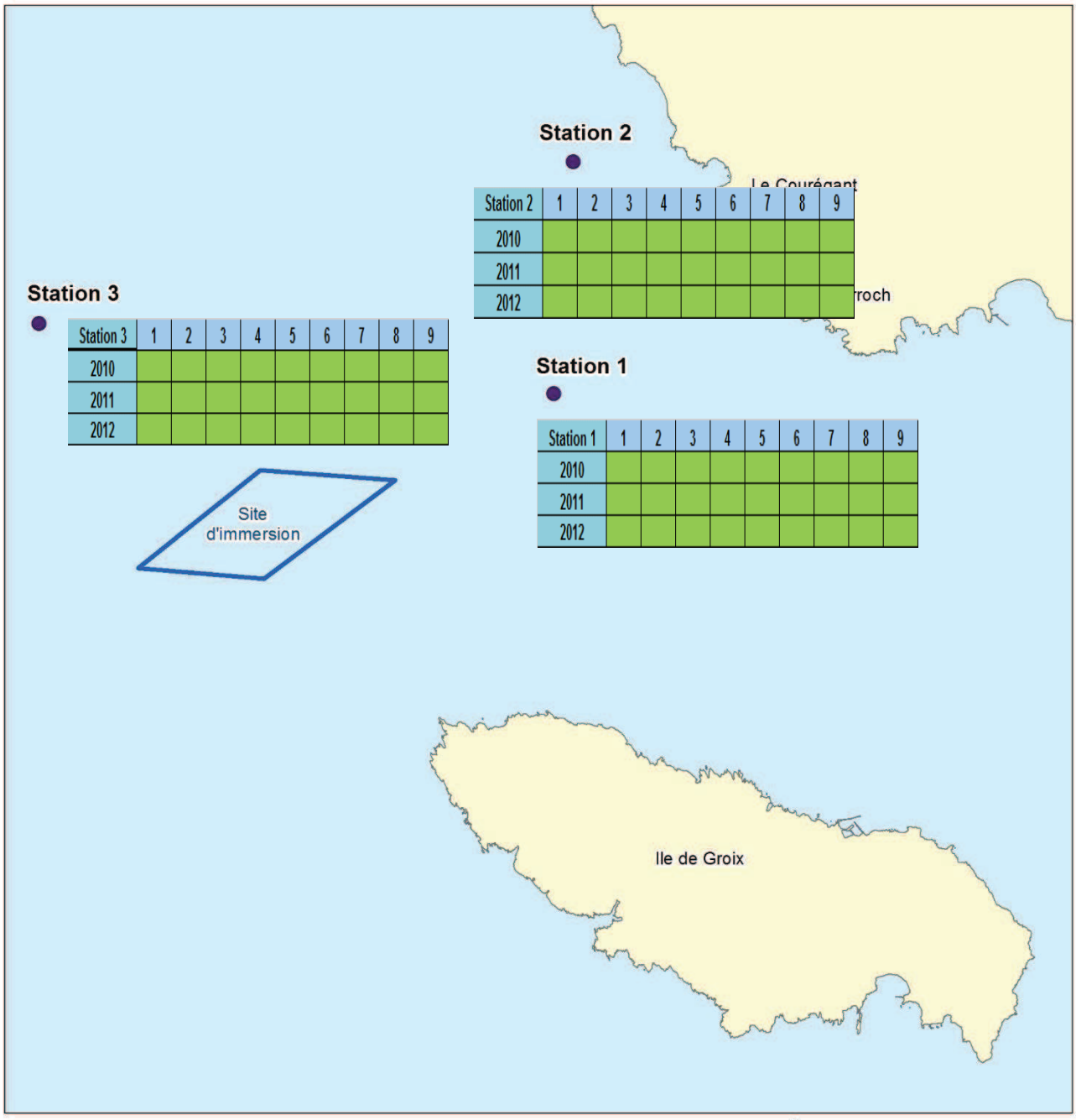
Catégorie 2 : Faiblement contaminés (N1-N2)

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 – Octobre 2014

Niveaux de contamination HAP d'après les niveaux GEODE provisoires



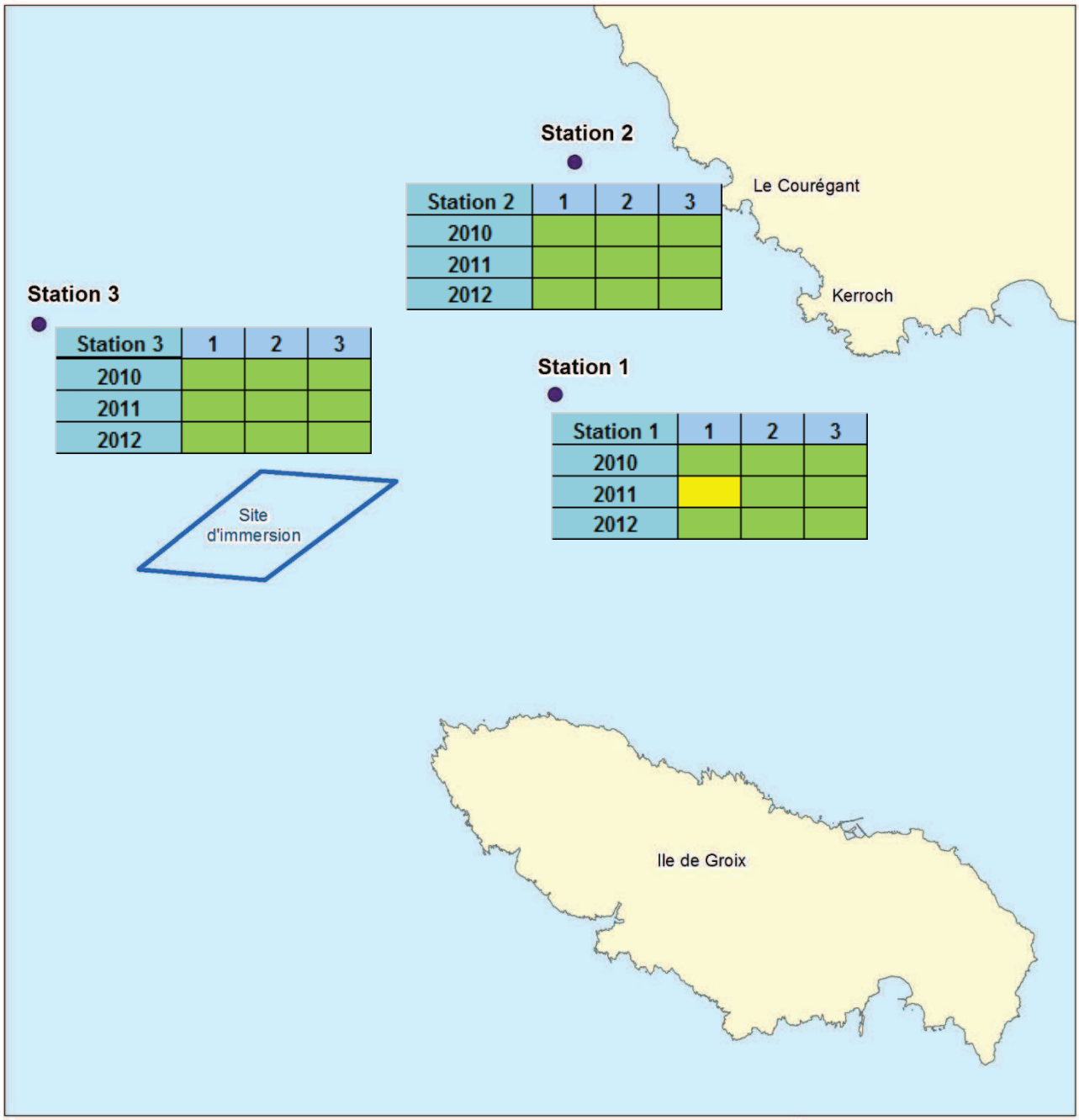
Catégorie 1 : Pas ou très faiblement contaminés (<N1)

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 – Octobre 2014

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)

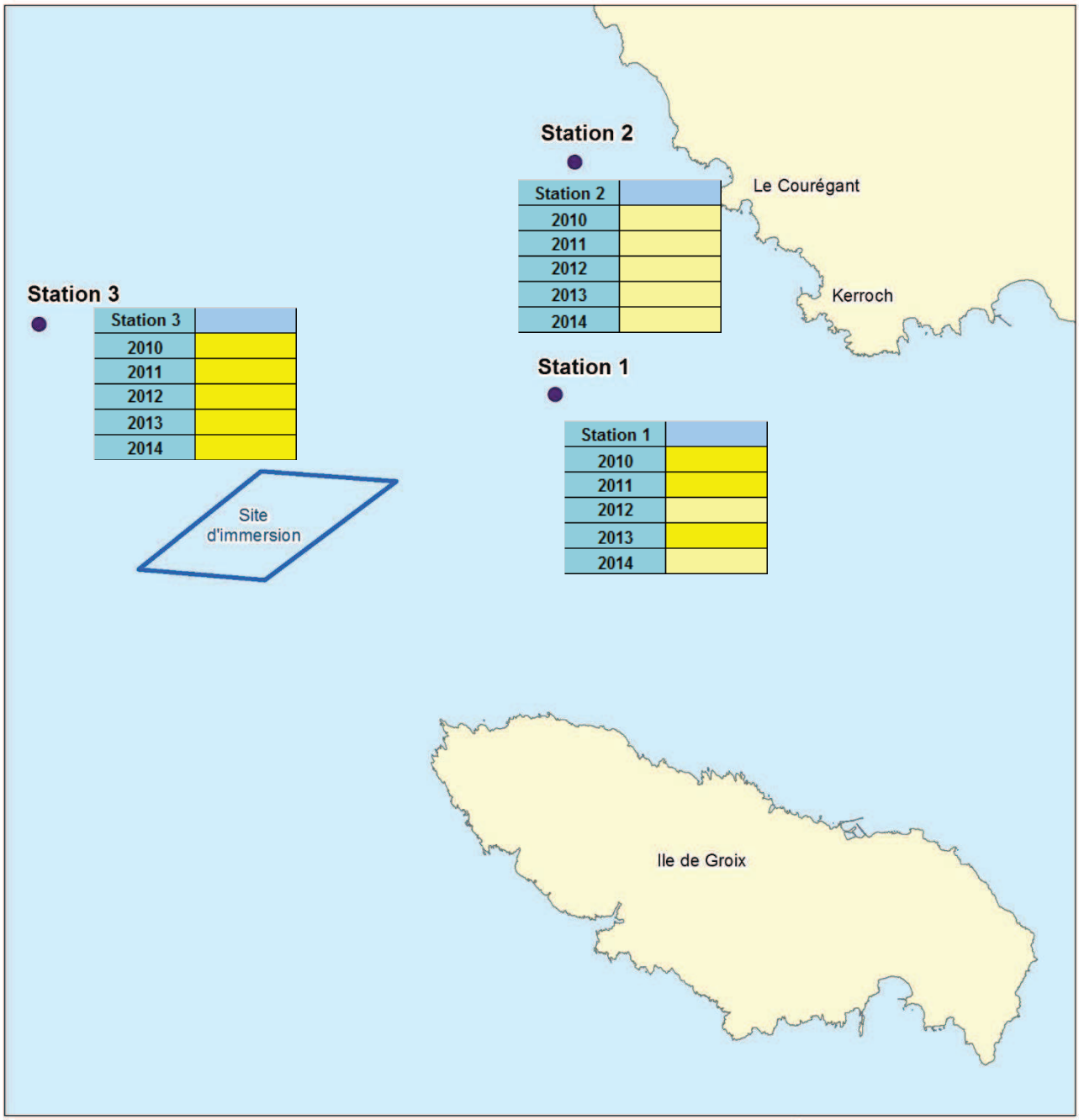
1 : Fluoranthène

2 : Benzo(b)fluoranthène

3 : Benzo(k)fluoranthène

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

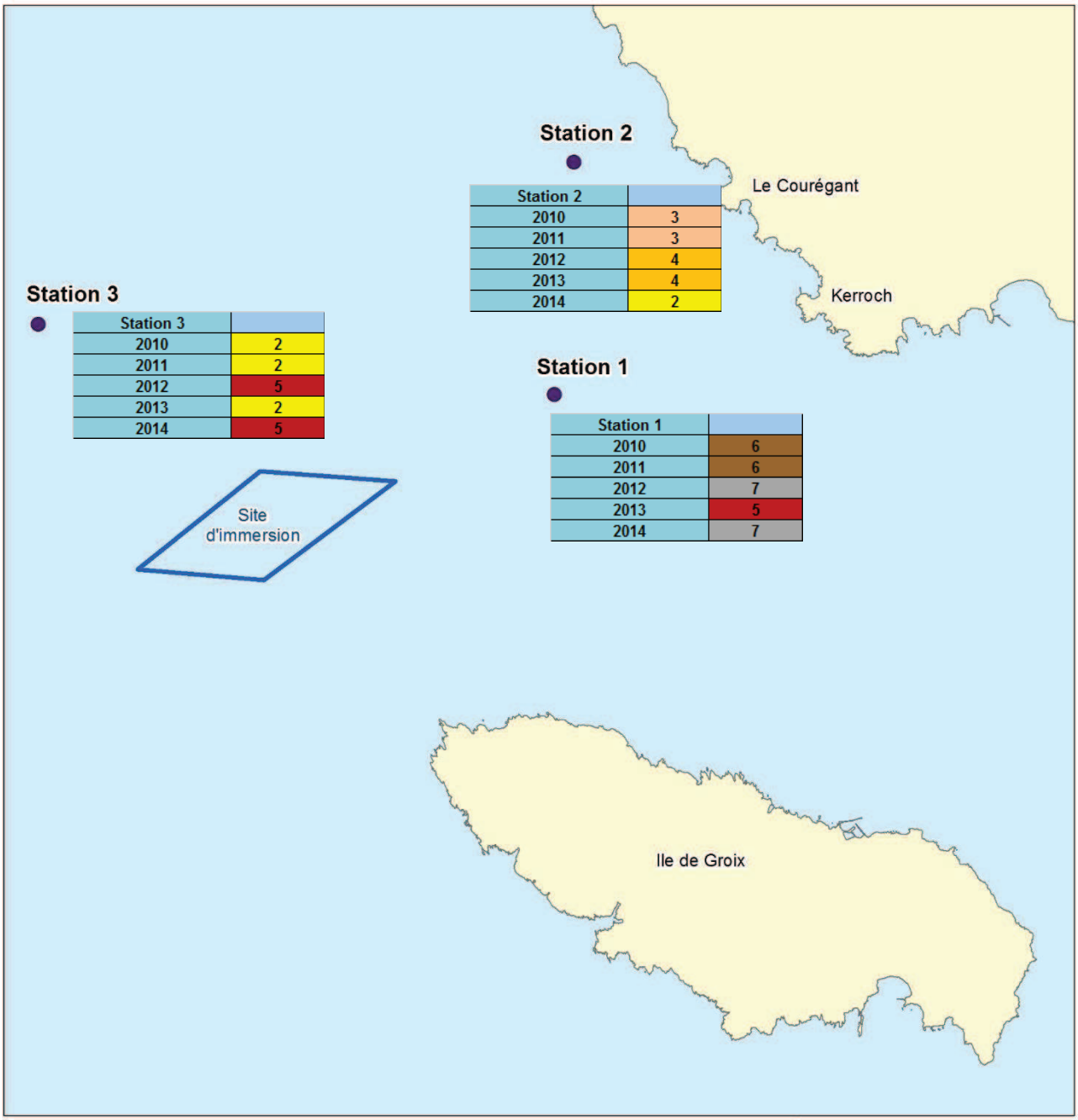
Score de risque



	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

Pollution organique



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 – Octobre 2014

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	48	65
Abondance	667	514	355
Densité (ind/m²)	1334	1028	710

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 112 espèces appartenant à 5 groupes zoologiques principaux et de recenser 1536 individus. La répartition de l'abondance des espèces sur les stations est présentée sur la Planche 18.

Planche 18 : Répartition de l'abondance des espèces sur les stations

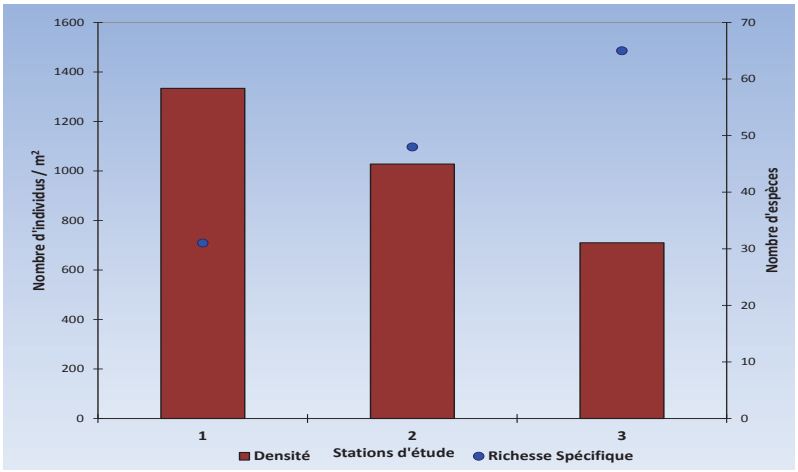


Figure 7 : Abondance et richesse spécifique sur les stations d'études

La richesse spécifique est comprise entre 31 (Station 1) et 65 espèces (Station 3). La richesse spécifique moyenne est de 48 (±17) espèces pour le site d'étude.
Les densités sur les stations varient entre 710 (Station 3) et 1334 individus/m² (Station 1). L'abondance moyenne est de 1024 (±312) individus/m².

Planche 19 : Récapitulatif des richesses spécifiques et des densités entre 2010 et 2014

Planche 20 : Illustration des espèces récoltées dans les prélèvements

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 21.

Planche 21 : Classification des espèces en présence et niveaux trophiques associés

3.3.1.1.2. Espèces dominantes sur les stations

Les huit espèces dominantes pour les trois stations sont indiquées dans le tableau ci-dessous. La station 1 est fortement dominée par deux espèces de mollusques : *Abra alba* et *Nucula nitidosa*, ainsi que par l'anémone *Halcampa chrysanthellum* et l'ophiure *Amphiura filiformis*. L'espèce très présente sur la station 2, est le petit annélide polychète *Magelona mirabilis*. On note également de fortes abondances de petits vers Némertes, des de vers polychètes tels qu'*Owenia fusiformis*, *Magelona johnstoni* ou encore *Goniada maculata*. La station 3 est quant à elle dominée par la petite holothurie *Thyone fusus* et par le polychète la famille des Capitellidae *Mediomastus fragilis*.

station	1	station	2	station	3
Abra alba	221	*Magelona mirabilis*	220	*Thyone fusus*	51
Nucula nitidosa	141	*Nemertea*	35	*Mediomastus fragilis*	50
Halcampa chrysanthellum	106	*Owenia fusiformis*	33	*Echinocardium (juvéniles)*	27
Amphiura filiformis	83	*Magelona johnstoni*	30	*Polygordius sp.*	25
Sthenelais boa	19	*Goniada maculata*	18	*Diastylis sp.*	25
Nemertea	12	*Lagis koreni*	16	*Lumbrinerides amoureuxi*	19
Maldane glebifex	11	*Nephtys kersivalensis*	14	*Syllis cornuta*	11
Malmgreniella arenicolae	11	*Sthenelais boa*	11	*Goniadella gracilis*	10

Tableau 14 : Abondances totales des huit espèces dominantes sur les stations (nb d'individus dans 0,5 m²)

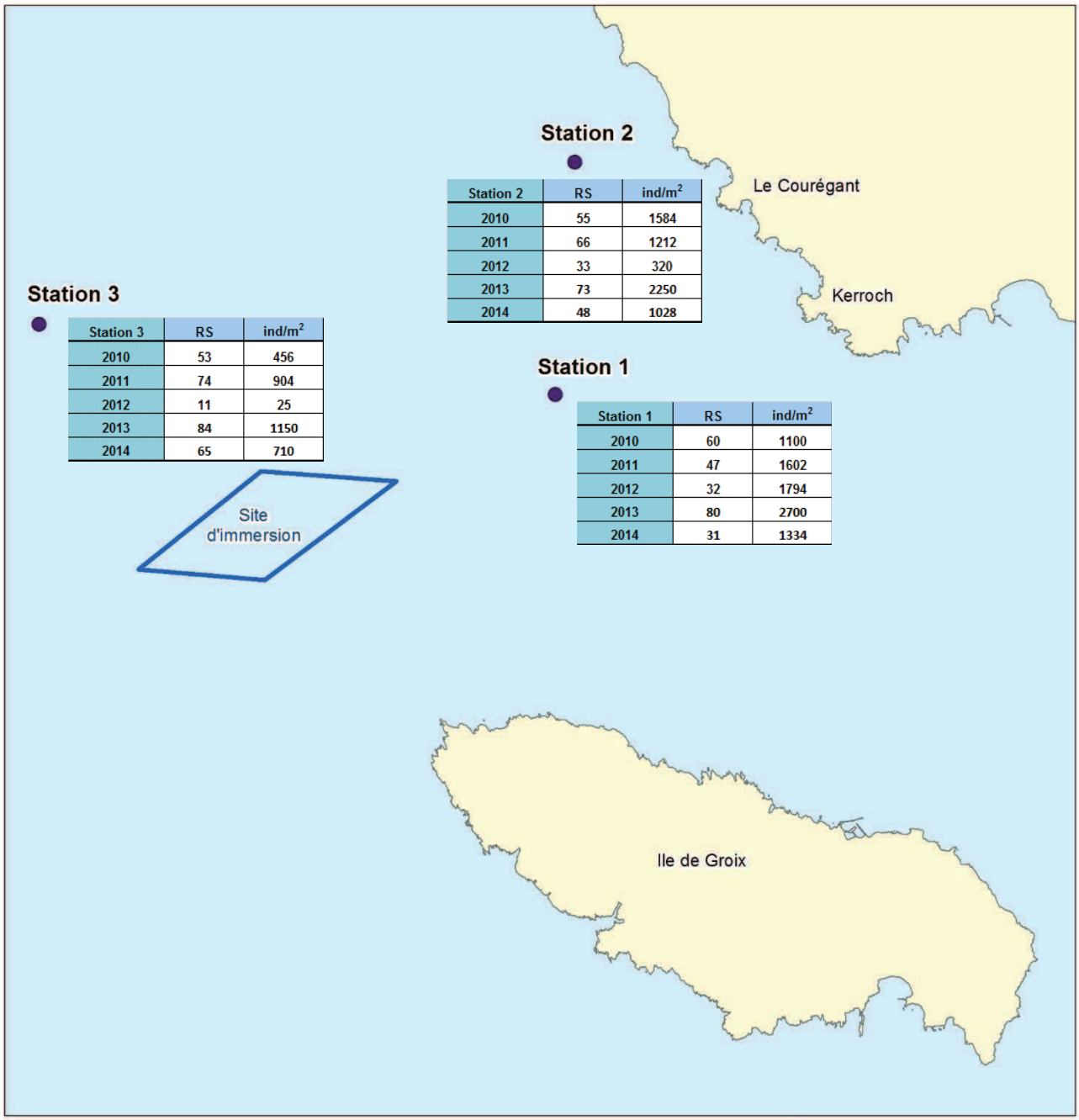
Répartition de l'abondance des espèces sur les stations

Stations	1	2	3
ANNELIDES POLYCHETES			
Aglaophamus agilis			5
Ampharetidae		1	
Aonides paucibranchiata			2
Aphelochaeta sp.		2	
Aponuphis bilineata		4	
Arelicola sp.	4		
Aricidea (Acmira) assimilis			1
Caulleriella alata			6
Caulleriella bioculata			3
Chaetozone sp.			1
Diplocirrus glaucus		10	
Euchone sp.			1
Glycera lapidum			3
Glycera oxycephala			6
Glycera tridactyla		5	6
Goniada maculata		18	2
Goniadella gracilis			10
Harmothoe sp.	1		2
Lagis koreni	4	16	2
Lumbrinerides amoureuxi			19
Lumbrineris futilis			7
Lumbrineris latreilli	1	2	3
Magelona johnstoni		30	
Magelona mirabilis		220	
Maldane glebifex	11		
Malmgrenia sp.			2
Malmgreniella arenicolae	11	5	1
Marphysa bellii			1
Mediomastus fragilis			50
Mysta picta		1	
Nephtys assimilis		5	
Nephtys cirrosa			5
Nephtys hombergii		3	
Nephtys kersivalensis		14	1
Nephtys sp.			1
Oligochaeta			3
Owenia fusiformis	1	33	
Oxydromus pallidus		1	
Paradoneis armata		1	
Parexogone hebes			3
Pholoe inornata	4		
Phyllochaetopterus sp.	2		
Phyllodoce mucosa		2	1
Pisione remota			6
Poecilochaetus serpens			1
Polygordius sp.			25
Protodorvillea kefersteini			4
Pseudomystides limbata			6
Scalibregma inflatum			2
Sigalion mathildae		3	
Spio decoratus		1	
Sternaspis scutata	5		
Sthenelais boa	19	11	1
Syllidae			7
Syllis cornuta			11
ECHINODERMES			
Amphipholis squamata		11	
Amphiura filiformis	83		
Echinocardium (juvéniles)			27
Echinocyamus pusillus			1
Leptosynapta inhaerens	4		
Oestergrenia digitata	3	6	
Ophiura sp.			3
Thyone fusus			51

Stations	1	2	3
MOLLUSQUES			
Abra alba	221	1	2
Abra prismatica	6	11	
Acanthocardia tuberculata		1	
Antalis entalis			1
Chamelea striatula		2	
Cylichna cylindracea	1	2	
Dosinia exoleta			1
Eulima glabra	6		
Euspira pulchella			1
Gari tellinella			1
Kurtiella bidentata	3		1
Lucinella divaricata		1	
Nassarius incrassatus			1
Nassarius reticulatus	1		
Nucula hanleyi		2	1
Nucula nitidosa	141	5	
Pharus legumen		2	
Phaxas pellucidus		2	
Spisula elliptica			3
Tellina donacina			1
Tellina fabula		9	
Thyasira flexuosa	1		
Turitella communis	2		
CRUSTACES			
Ampelisca brevicornis		9	1
Ampelisca diadema		2	
Ampelisca sp.			2
Ampelisca spinipes	4	4	
Asthenognathus atlanticus	1		
Cirolana cranchii			2
Corystes cassivelaunus		1	
Diastylis rugosa	2	5	3
Diastylis sp.	5	1	25
Eurydice pulchra			1
Gastrosaccus lobatus		2	
Gastrosaccus sp.			1
Hippomedon denticulatus			3
Leptocheirus pectinatus			3
Leucothoe sp.		1	
Liocarcinus pusillus			1
Nebalia bipes		3	
Pagurus bernhardus		2	
Pontocrates arenarius			1
Tryphosella sarsi			1
BRANCHIOSTOMES			
Branchiostoma lanceolatum			1
DIVERS			
Actiniaria		1	
Aspidosiphon muelleri	1		
Halcampa chrysanthellum	106		
Nemertea	12	35	4
Plathelminthes	1	5	1

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

Récapitulatif des richesses spécifiques et des densités entre 2010 et 2014



Station 2	RS	ind/m²
2010	55	1584
2011	66	1212
2012	33	320
2013	73	2250
2014	48	1028

Station 3	RS	ind/m²
2010	53	456
2011	74	904
2012	11	25
2013	84	1150
2014	65	710

Station 1	RS	ind/m²
2010	60	1100
2011	47	1602
2012	32	1794
2013	80	2700
2014	31	1334

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

Glycera oxycephala

Lumbrineris futilis

Marphysa bellii

Lumbrinerides amoureuxi

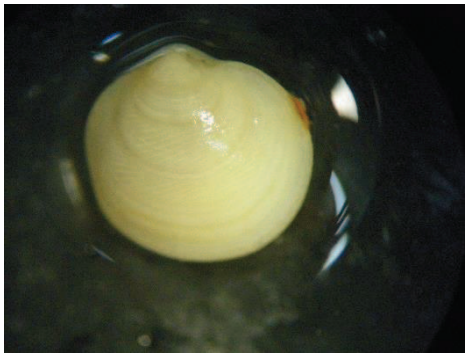
Aglaophamus agilis

Poecilochaetus serpens

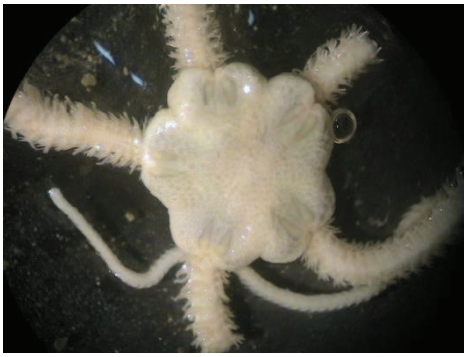
Diastylis sp.

Ampelisca spinipes

Nebalia bipes



Lucinella divaricata



Amphiura filiformis

Thyone fusus

Sources : IN VIVO Environnement – Janvier 2010

Classification des espèces en présence et niveaux trophiques associés

Stations	Phylum	Class	Order	Family	Feeding Type
ANNELIDES POLYCHETES					
Aglaophamus agilis	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	carnivore, predator
Ampharetidae	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Ampharetidae	deposit feeder: surface, detritus feeder
Aonides paucibranchiata	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
Arenicola sp.	Annelida	Polychaeta	Capitellida	Arenicolidae	unknown
Aricidea (Acmira) assimilis	Annelida	Polychaeta	-	Paraonidae	deposit feeder: subsurface
Caulleriella alata	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Cirratulidae	deposit feeder: surface, interface grazer
Caulleriella bioculata	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Cirratulidae	deposit feeder: surface, interface grazer
Chaetozone sp.	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Cirratulidae	deposit feeder:surface, interface grazer
Diplocirrus glaucus	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Flabelligeridae	deposit feeder: surface
Euchone sp.	Annelida	Polychaeta	Sabellida	Sabellidae	unknown
Glycera lapidum	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Glyceridae	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
Harmothoe sp.	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Polynoidae	carnivore
Lagis koreni	Annelida	Polychaeta	Terebellida	Pectinariidae	unknown
Lumbrinerides amoureuxi	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Lumbrineridae	omnivore, predator, scavenger
Lumbrineris futilis	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Lumbrineridae	unknown
Lumbrineris latreilli	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Eunicidae	carnivore
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
Marphysa bellii	Annelida	Polychaeta	Eunicida	Eunicidae	unknown
Mediomastus fragilis	Annelida	Polychaeta	Capitellida	Capitellidae	unknown
Mysta picta	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	Predator
Nephtys assimilis	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	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
Nephtys sp.	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nephtyidae	carnivore, predator
Oligochaeta	Annelida	Clitellata	--	--	unknown
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
Parexogone hebes	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Syllidae	unknown
Pholoe inornata	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Pholoididae	unknown
Phyllochaetopterus sp.	Annelida	Polychaeta	-	Chaetopteridae	unknown
Phyllodoce mucosa	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Phyllodocidae	unknown
Pisione remota	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Pisionidae	deposit feeder:subsurface
Poecilochaetus serpens	Annelida	Polychaeta	Spionida	Poecilochaetidae	unknown
Polygordius sp.	Annelida	Polychaeta	Polychaeta incertae sedis	Polygordiidae	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
Sternaspis scutata	Annelida	Polychaeta	Sternaspida	Sternaspidae	deposit feeder: subsurface, grazer
Sthenelais boa	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Sigalionidae	omnivore, predator, scavenger
Syllidae	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Syllidae	unknowm
Syllis cornuta	Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Syllidae	unknowm
ECHINODERMES					
Amphipholis squamata	Echinodermata	Stelleroidea	Ophiurida	Amphiuridae	detritus feeder
Amphiura filiformis	Echinodermata	Stelleroidea	Ophiurida	Amphiuridae	suspension feeder
Echinocardium (juvéniles)	Echinodermata	Echinozoa	Spatangoida	Loveniidae	unknown
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 sp.	Echinodermata	Stelleroidea	Ophiurida	Ophiuridae	omnivore, predator, scavenger
Thyone fusus	Echinodermata	Holothuridea	Dendrochirotida	Cucumariidae	suspension feeder
MOLLUSQUES					
Abra alba	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Semelidae	deposit feeder
Abra prismatica	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Semelidae	unknown
Acanthocardia tuberculata	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Cardiidae	unknown
Antalis entalis	Mollusca	Scaphopoda	Dentaliida	Dentaliidae	unknown
Chamelea striatula	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Veneridae	suspension feeder
Cylichna cylindracea	Mollusca	Gastropoda	Cephalaspidea	Cylichnidae	omnivore,predator,scavenger
Dosinia exoleta	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Veneridae	unknown
Eulima glabra	Mollusca	Gastropoda	nassigned] Caenogastropod	Eulimidae	parasite
Euspira pulchella	Mollusca	Gastropoda	Sorbeoconcha	Naticidae	omnivore, predator, scavenger
Gari tellinella	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Psammobiidae	suspension feeder
Kurtiella bidentata	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Montacutidae	unknown
Lucinella divaricata	Mollusca	Bivalvia	Lucinoidea	Lucinidae	unknown
Nassarius incrassatus	Mollusca	Gastropoda	Sorbeoconcha	Nassariidae	unknown
Nassarius reticulatus	Mollusca	Gastropoda	Sorbeoconcha	Nassariidae	unknown
Nucula hanleyi	Mollusca	Bivalvia	Nuculoida	Nuculidae	unknown
Nucula nitidosa	Mollusca	Bivalvia	Nuculoida	Nuculidae	unknown
Pharus legumen	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Pharidae	unknown
Phaxas pellucidus	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Pharidae	unknown
Spisula elliptica	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Mactridae	unknown
Tellina donacina	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Tellinidae	deposit feeder
Tellina fabula	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Tellinidae	unknown
Thyasira flexuosa	Mollusca	Bivalvia	Veneroida	Thyasiridae	deposit feeder: surface, filter feeder
Turitella communis	Mollusca	Gastropoda	Cerithioidea	Turitellidae	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
Ampelisca spinipes	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Ampeliscidae	unknowm
Asthenognathus atlanticus	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Varunidae	omnivore, predator, scavenger
Cirolana cranchii	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Cirolanidae	omnivore, predator, scavenger
Corystes cassivelaunus	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Corystidae	unknown
Diastylis rugosa	Arthropoda	Malacostraca	Cumacea	Diastylidae	unknown
Diastylis sp.	Arthropoda	Malacostraca	Cumacea	Diastylidae	unknown
Eurydice pulchra	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Cirolanidae	omnivore, predator, scavenger
Gastrosaccus lobatus	Arthropoda	Malacostraca	Mysida	Mysidae	unknown
Gastrosaccus sp.	Arthropoda	Malacostraca	Mysida	Mysidae	deposit feeder
Hippomedon denticulatus	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Lysianassidae	unknown
Leptocheirus pectinatus	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Aoridae	suspension feeder
Leucothoe sp.	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Leucothoidae	unknown
Liocarcinus pusillus	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Portunidae	omnivore, predator, scavenger
Nebalia bipes	Arthropoda	Malacostraca	Leptostraca	Nebaliidae	suspension feeder
Pagurus bernhardus	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Paguridae	omnivore, predator, scavenger
Pontocrates arenarius	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Oedicerotidae	deposit feeder, suspension feeder
Tryphosella sarsi	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Lysianassidae	unknown
BRANCHIOSTOMES					
Branchiostoma lanceolatum	Chordata	Leptocardii	0	Leptocardii	unknowm
DIVERS					
Actiniaria	Cnidaria	0	0	Actiniaria	unknown
Aspidosiphon muelleri	Sipuncula	Phascolosomatidea	Aspidosiphonida	Aspidosiphonidae	unknown
Halcampa chrysanthellum	Cnidaria	Anthozoa	Leptothecata	Halcampidae	omnivor, predator, scavenger
Nemertea	Nemertea	0	0	--	unknown
Plathelminthes	0	0	0	0	unknown

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

3.3.1.1.3. Groupes taxonomiques

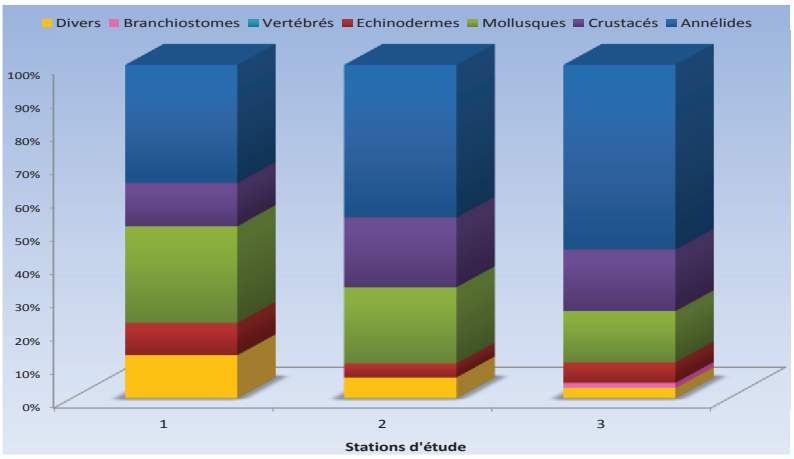


Figure 8 : Répartition de la richesse spécifique selon le groupe zoologique

Les groupes taxonomiques dominant les stations 1 et 2 d'un point de vue de la richesse spécifique sont les groupes des vers annélides polychètes et les mollusques. La station 3 est plus dominée par les vers polychètes. On note une diversité assez grande des crustacés sur les trois stations.

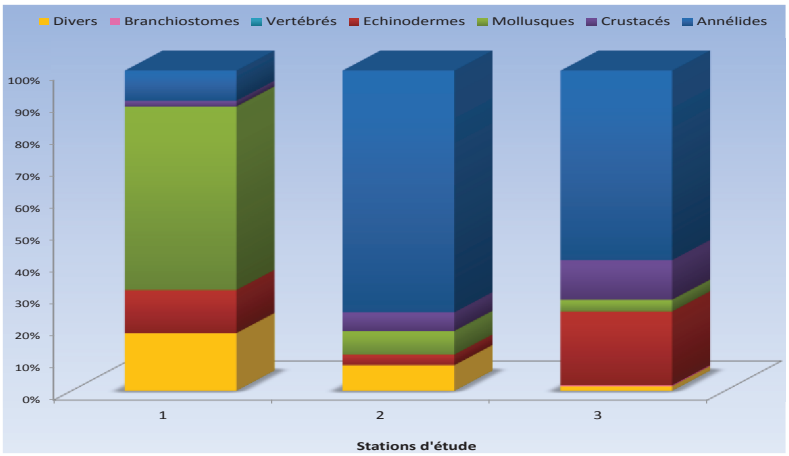


Figure 9 : Répartition de l'abondance selon le groupe zoologique

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 largement majoritaire sur la station 1, celui des vers annélides domine sur les stations 2 et 3.

La Planche 22 montre la répartition de l'abondance des groupes taxonomiques sur les stations.

Planche 22 : Répartition de l'abondance des différents groupes taxonomiques

3.3.1.2 Indices de diversité

❖ **Indice de Shannon et d'Equitabilité :**

Stations	1	2	3
Indice de Shannon	2,97	3,68	4,79
Equitabilité	0,60	0,66	0,80

Tableau 15 : Valeurs de l'indice de Shannon et de l'Equitabilité

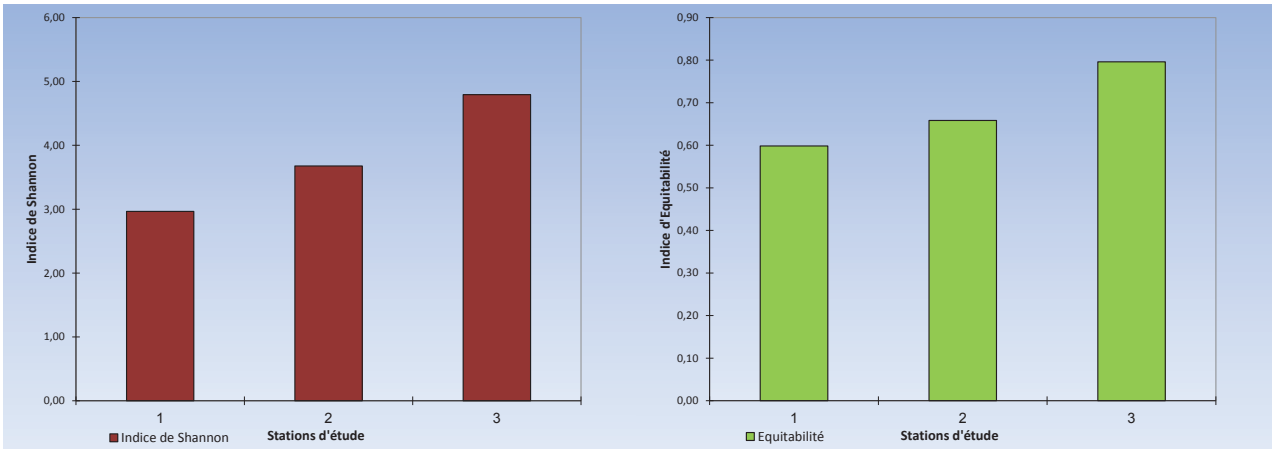
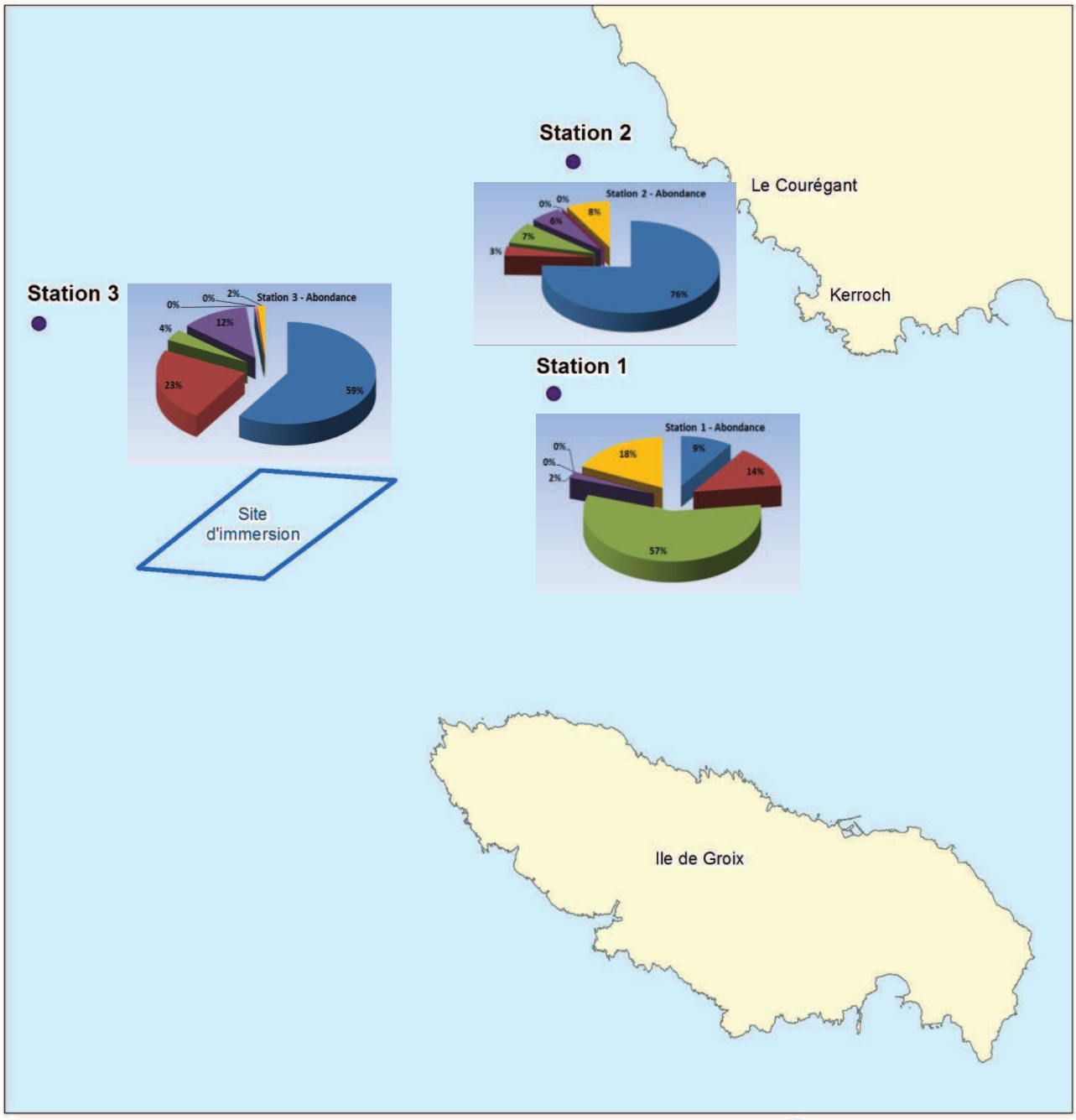


Figure 10 : Indice de diversité de Shannon (gauche) et d'Equitabilité (droite) sur les stations d'étude

Les indices de Shannon observés sont compris entre 2,97 (station 1) et 4,79 (station 3).

Pour l'indice d'équitabilité, les stations d'étude présentent des valeurs assez similaires pour les stations 1 et 2, avec des valeurs respectives de 0,60 et 0,66. Ces stations présentent un indice légèrement inférieur au seuil de 0,70. Cela témoigne d'une structure de peuplement légèrement déséquilibrée qui s'explique par une dominance d'une ou plusieurs espèces dans le peuplement (*Abra alba* et *Nucula nitidosa* sur la station 1 et *Magelona mirabilis* sur la station 2).
La valeur de l'équitabilité de 0,80 de la station 3 témoigne d'une structure de peuplement plus équilibrée qui s'explique par un nombre assez important d'espèces équitablement réparties.

Proportions des densités des groupes taxonomiques



- Annélides
- Echinodermes
- Mollusques
- Crustacés
- Vertébrés
- Branchiostomes
- Divers

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

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 :

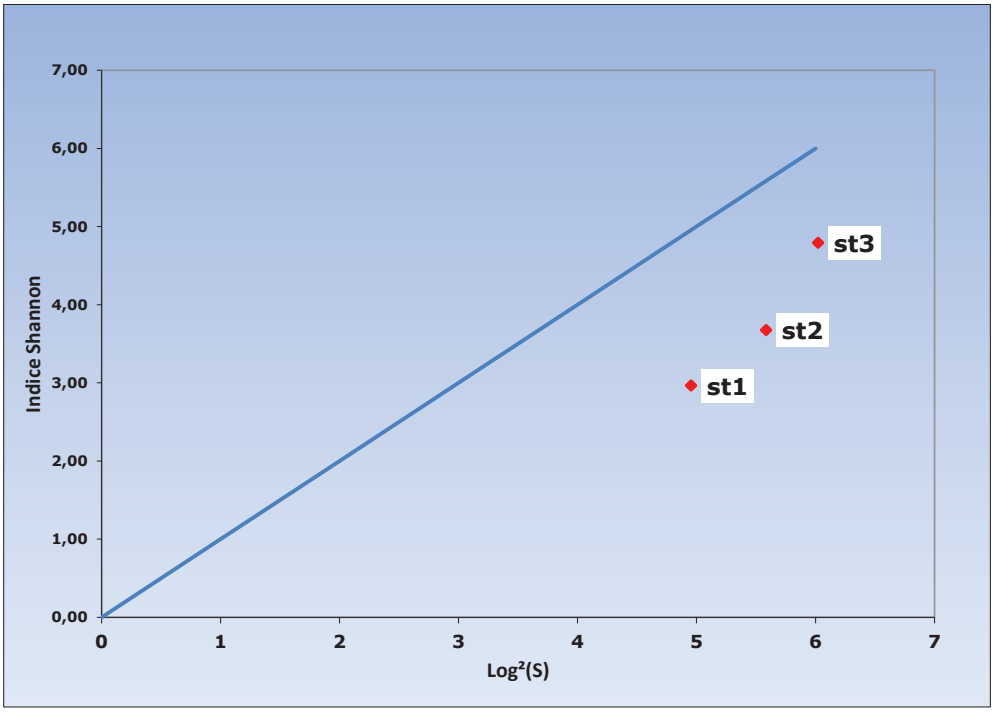


Figure 11 : Modèle DIMO appliqué aux stations

La distribution spatiale montre que les peuplements présentent des richesses spécifiques et une répartition des espèces très hétérogènes. L'ensemble des stations présentent une richesse spécifique plutôt élevée mais diffèrent du point de vue de l'indice de Shannon et 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.

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 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 à plus de 40 % par des espèces des groupes écologique I (sensibles à l'hypertrophisation). Le groupe II (espèces indifférentes à l'hypertrophisation) est le deuxième groupe écologique le plus présent au sein des stations 2 et 3.
Les espèces du groupe écologique III (tolérantes à l'hypertrophisation) représentent 37 % du peuplement au sein de la station 1. Elles sont moins observées dans les stations 2 et 3. Les espèces opportunistes de second ordre (groupe IV) sont présentes sur l'ensemble des stations mais en faibles pourcentages (entre 1 et 3,4 %). Très peu d'espèces opportunistes de premier ordre du groupe V ont été identifiées : seules les stations 2 et 3 présentent des proportions non significatives (<1%). Il s'agit des espèces *Nebalia bipes* et des vers oligochètes.

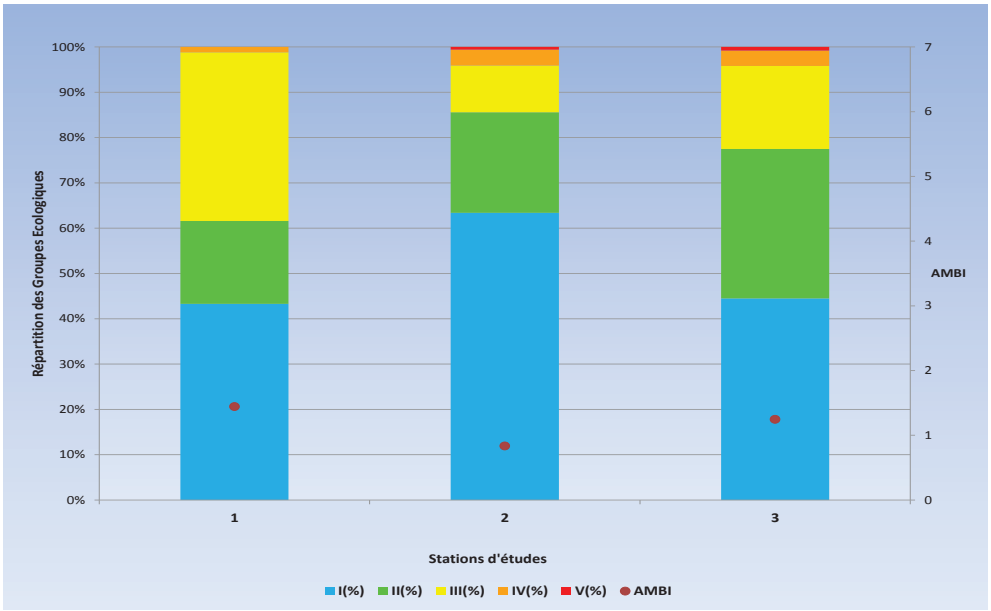
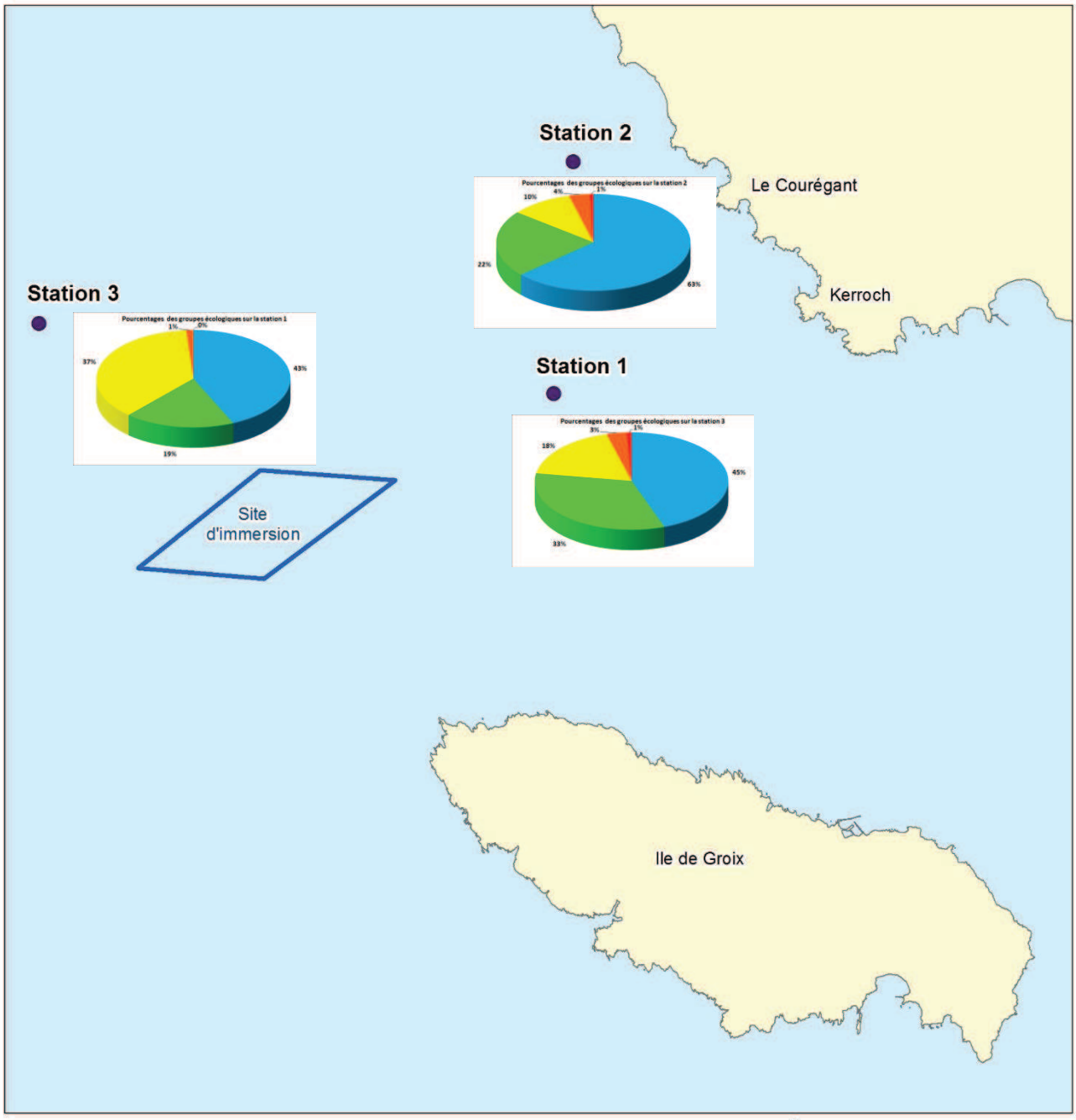


Figure 12 : Répartition des groupes écologiques selon les stations d'étude et valeur moyenne de l'AMBI

Planche 23 : Pourcentages des groupes écologiques

Au vu de la forte proportion du groupe I (sensibles à l'hypertrophisation) et II (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.

Pourcentages des groupes écologiques



Groupes écologiques :

- I(%)
- II(%)
- III(%)
- IV(%)
- V(%)

Sources : IN VIVO Environnement – Octobre 2014

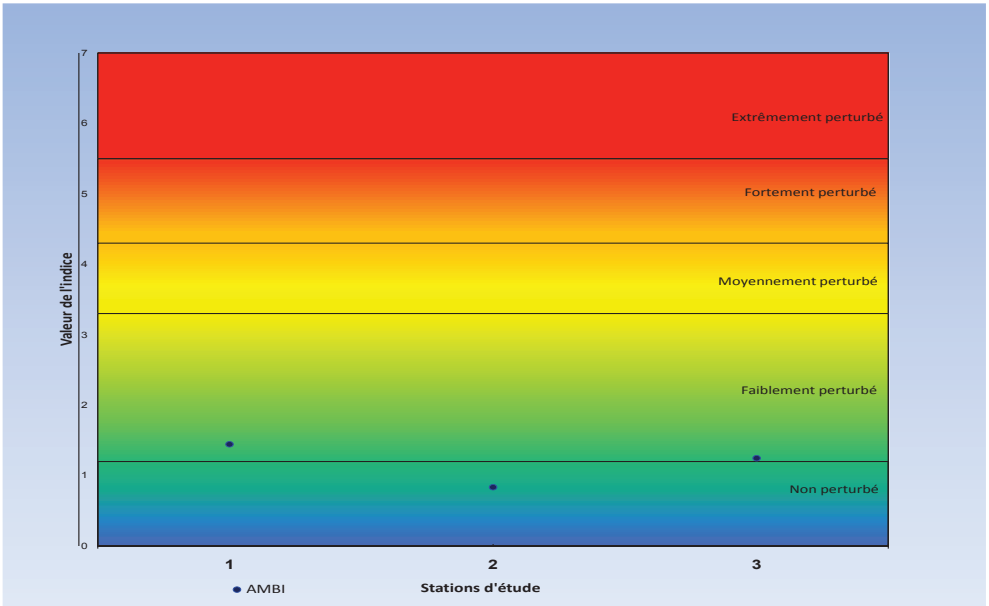


Figure 13 : Synthèse des niveaux de perturbation selon les stations d'étude

Les résultats de l'indice AMBI sur les stations révèlent que celles-ci présentent une légère perturbation sur les stations 1 et 3 et aucune sur la station 2. La dominance d'espèces sensibles 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 2 stations et comme « bonne » sur la station 8 (critères DCE).

Stations	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	EcoQ
1	43,3	18,3	37,2	1,2	0	1,444	GOOD
2	63,4	22,2	10,3	3,5	0,6	0,835	HIGH
3	44,5	33	18,3	3,4	0,8	1,246	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 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	1,44	2,97	31	0,73	Bon
	2	0,83	3,68	48	0,93	Très bon
	3*	1,25	4,79	65	1,09	

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)*

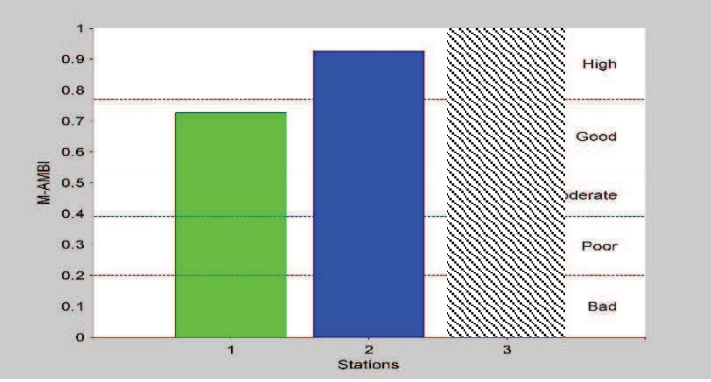


Figure 14: Représentations du M-AMBI sur les stations d'étude 1 et 2

Le graphique ci-dessus montre que la prise en compte des trois paramètres cités révèle des peuplements dont l'état général est jugé comme « bon » pour la station comme « excellent » pour la station 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	48	65
Densité (ind/m²)	1334	1028	710

Tableau 19: Synthèse des paramètres écologiques

Pour les toutes les stations, 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. Sur toutes ces stations, le groupe I est largement dominant avec groupe I>groupe III>groupe II. Dans ce cas, l'I2EC = 0.

Stations	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	I2EC
1	43,3	18,3	37,2	1,2	0	1,444	0
2	63,4	22,2	10,3	3,5	0,6	0,835	0
3	44,5	33	18,3	3,4	0,8	1,246	0

Tableau 20 : Répartition des groupes écologiques et valeur d'I2EC par station

Les espèces du groupe écologique I (sensibles à l'hypertrophisation) sont mieux représentées que celles du groupe II et III (espèces indifférentes et tolérantes à l'hypertrophisation) sur la totalité des stations. De plus, les espèces du groupe IV et V sont en proportion très faible voire nulle.

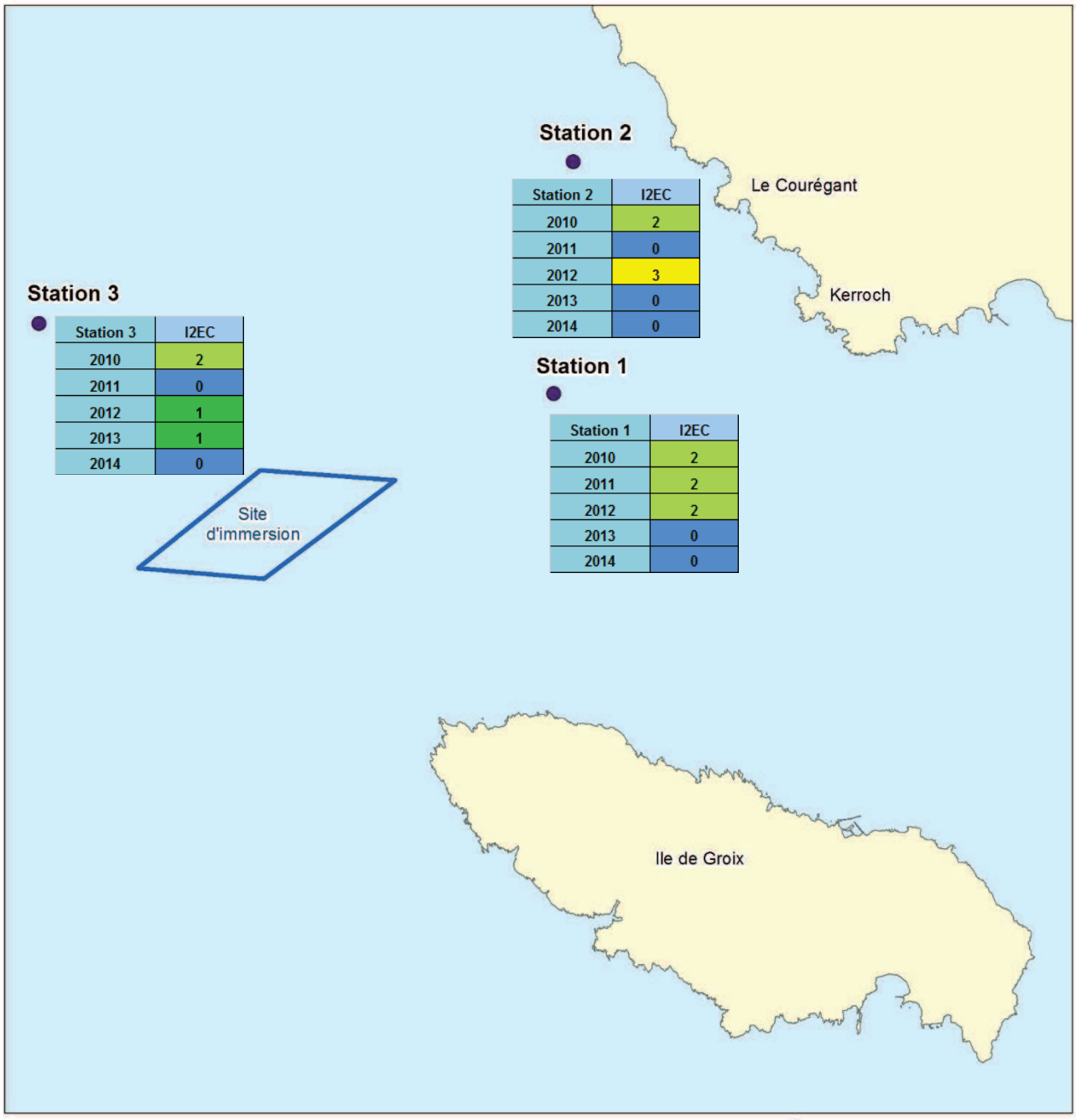
Selon la clé de détermination, pour l'ensemble de ces paramètres, l'I2EC est égal à 0 pour l'ensemble des stations d'étude, correspondant à un **état normal**. Selon l'I2EC, aucune dégradation environnementale n'est recensée sur les stations d'études.

Planche 24 : 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)

Indice d'évaluation de l'endofaune côtière (I2EC)



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 – Octobre 2014

3.3.2 Description des espèces déterminantes

Station 1

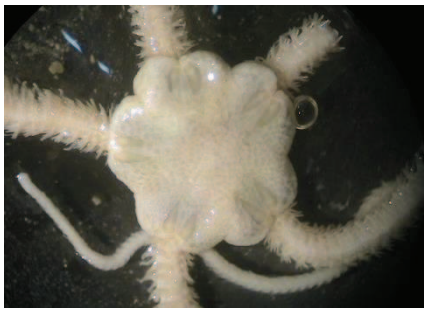
Abra alba

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 leurs 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.

Mysella (Kurtellia) bidentata

Mollusque bivalve de très petite taille (3 à 4 mm) dont la coquille est ovalaire avec une sculpture concentrique. Sa couleur est plutôt blanche, avec un périostracum (fine couche sur la coquille) verdâdre ou jaunâtre. Cette espèce vit sur le milieu infralittoral et souvent en association avec des invertébrés dans des sédiments hétérogènes.

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.

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 i lresemble à une petite chouette. Il vit sur les fonds vaseux plutôt moux jusqu'à une assez grande profondeur.

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.

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 pour 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 postérieur 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.

Station 3

Polygordius appendiculatus

Ce ver annélide appartien 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* ressemble beaucoup aux lombrics, leur corps est plutôt long et grêle, leur tête est conique et leur parapodes simples. 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'autre Magelonidés qui peuvent présenter de fortes abondances). On y retrouve également des amphipodes tel 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 caractérisés 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 2014

Les divers résultats et indices trouvés aux cours des suivis de 2010 à 2014 sont récapitulés pour chaque station ci-dessous :

Stations	Station 1						
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2010-2014	2013-2014
Richesse spécifique	60	47	32	80	31	↘	↘
Densité (nb d'individus/m^2)	1100	1602	1794	2700	1334	↗	↘
Diversité : Indice de Shannon	3,05	2,75	0,87	4,02	2,97	→	↘
Equitabilité	0,68	0,62	0,58	0,79	0,60	↘	↘
AMBI	2,13	1,56	0,90	1,40	1,44	↘	→
M-AMBI	0,88	0,83	2,02	0,96	0,73	↘	↘
I2EC	2	2	2	0	0	↘	→

Tableau 24 : Récapitulatif 2010-2014 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 mais les abondances d'individus est du même ordre de grandeur entre 2010 et 2014. L'indice d'équitabilité est légèrement en baisse mais reste équivalent au cours des années. Les indices tels que l'AMBI et l'I2EC sont eux en nette amélioration. Le milieu est faiblement perturbé d'un point de vue d'un apport en matière organique et il est composé essentiellement (60 %) 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 *Abra alba* et *Nucula nitidosa*, de l'ophiure *Amphiura filiformis* et le l'anémone de substrats meubles *Halcampa chrysanthellum*.

Stations	Station 2						
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2010-2014	2013-2014
Richesse spécifique	55	66	33	73	48	↘	↘
Densité (nb d'individus/m^2)	1584	1212	320	2250	1028	↘	↘
Diversité : Indice de Shannon	3,01	4,42	1,26	3,53	3,68	↗	↗
Equitabilité	0,67	0,87	0,83	0,72	0,66	→	↘
AMBI	1,96	0,91	1,69	0,92	0,83	↘	↘
M-AMBI	0,83	1,12	1,68	0,91	0,93	↗	→
I2EC	2	0	3	0	0	↘	→

Tableau 25 : Récapitulatif 2010-2014 pour la station 2

(* Attention, pour l'indice AMBI, plus celui-ci est faible, plus la qualité est bonne)

La station 2 présente de légères baisses de la richesse spécifique et de la densité entre 2010 et 2014 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.
L'indice de diversité est meilleur lors de l'étude de 2014 que lors de celle de 2010 et les peuplements sont tout aussi équilibrés en 2010 et en 2014. Les indices tels que l'AMBI et l'I2EC sont eux en très nette amélioration. Le milieu est faiblement perturbé d'un point de vue d'un apport en matière organique et il est composé essentiellement (85 %) 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.* et *Owenia fusiformis*.

Stations	Station 3						
Année	2010	2011	2012	2013	2014	2010-2014	2013-2014
Richesse spécifique	53	74	11	84	65	↗	↘
Densité (nb d'individus/m^2)	456	904	25	1150	710	↗	↘
Diversité : Indice de Shannon	3,94	422	1,02	4,32	4,79	↗	↗
Equitabilité	0,91	0,85	0,98	0,82	0,80	↘	→
AMBI	1,64	1,16	1,07	1,84	1,25	↘	↘
M-AMBI *	0,98	1,15	1,07	0,96	1,09		
I2EC	2	0	1	1	0	↘	↘
	* pas de conditions d'application de l'indice pour les sables grossiers						

Tableau 26 : Récapitulatif 2010-2014 pour la station 3

(** Attention, pour l'indice AMBI, plus celui-ci est faible, plus la qualité est bonne)

La station 3 présente une augmentation de la richesse spécifique et de la densité entre 2010 et 2014 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 2014 qu'en 2010 et les peuplements sont légèrement moins équilibrés en 2010 et en 2014. Cependant les peuplements présentent une valeur d'équitabilité très bonne. Les indices tels que l'AMBI et l'I2EC sont eux en très nette amélioration. Le milieu est faiblement perturbé d'un point de vue d'un apport en matière organique et il est composé essentiellement (près de 80 %) 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 3 (granulométrie composée essentiellement de sables dits grossiers) sont dominés par les vers annélides *Mediomastus fragilis*, *Polygordius sp.* et *Lumbrinerides amoureuxi*, par les échinodermes *Thyone fusus* (holothuries, de petite taille dans les prélèvements) et d'une forme juvénile d'*Echinocardium sp.* ainsi que par des crustacés de la famille des Cumacés.

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
2010 vs 2014	*Il existe une évolution du peuplement concernant les espèces dont les densités dominent mais l'habitat est le même (mêmes espèces déterminantes)*	2010 vs 2014	*Il existe une légère évolution entre 2010 et 2014. 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 "vase sableuse du circalittoral côtier à Amphiura filiformis, Mysella bidentata et Abra spp." (code A5.351)*	2010 vs 2014	*Il existe une évolution du peuplement concernant les espèces dont les densités dominent mais l'habitat est le même (mêmes espèces déterminantes du peuplement)*
2013 vs 2014	*Peu d'évolution d'une année sur l'autre, densité d'Abra alba bien supérieure en 2014*	2013 vs 2014	*Peu d'évolution d'une année sur l'autre, densité de Magelona spp. bien supérieure en 2014*	2013 vs 2014	*Peu d'évolution d'une année sur l'autre, densité de Mediomastus fragilis bien supérieure en 2013, peuplement plus équilibré en 2014*

Tableau 27 : Récapitulatif de l'évolution des peuplements au sein des trois stations sur les 5 années

(Bureau d'études TBM 2010-2011-2013 ; Bureau d'études IDRA Environnement 2012 ; IN VIVO 2014)

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, des 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 3.02 (station 2) et 18.4 (station 3) g/kg de matière sèche.

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 : 112 espèces ont été recensées avec une moyenne de 48 espèces, un minimum de 31 (station 1) et un maximum de 65 (station 3).
On observe des densités assez importante des peuplements sur l'ensemble des stations avec une moyenne de 1024 individus/m^2 (+/- 312), un minimum de 710 individus/m^2 (station 3) et un maximum de 1334 individus/m^2 (station 1).

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 très diversifiée et le peuplement y est bien équilibré.

Les peuplements des stations de 2014 présentent donc une richesse spécifique et une diversité moins importantes sur les stations 1 et 2 en 2014 qu'en 2010, et meilleure sur la station 3.

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 bon sur la station 1et de très bon sur la station 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 2008 et 2014 révèle une faible modification des peuplements aux polluants organiques et métalliques. En effet, on note une diminution de la valeur de l'I2EC, 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.

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

ANNEXES

Annexes

DVD 1 : Vidéo des six points côtiers

DVD 2 : Vidéo de la zone d'immersion

CD 3 : Documents annexes
Analyses de laboratoires
Chimie et peuplement benthique
Surveillance des clapages