

CARAC

TERIS

TIQUES ET

MANCHE - MER DU NORD

ÉTAT

ÉCOLO

GIQUE

CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MANCHE - MER DU NORD

JUIN 2012

ÉTAT BIOLOGIQUE

Caractéristiques biologiques - biocénoses

Biocénoses des fonds meubles de l'infralittoral

Jacques Grall
et Ondine Cornubert
(IUEM, Brest).



1. INTRODUCTION

1.1. CATÉGORIES D'HABITATS

Les habitats de fonds meubles de l'infralittoral peuvent être répartis en deux principales catégories : les fonds meubles de milieu semi-fermé et les fonds meubles de milieu ouvert.

Les fonds meubles de milieu semi-fermé se caractérisent par le fait qu'ils se trouvent à l'abri des fortes influences hydrodynamiques grâce à la présence de zones rocheuses (pointes, îlots, îles), qui réduisent drastiquement les courants de marées. Il en résulte généralement une forte sédimentation des particules fines, surtout à proximité des estuaires.

Les fonds meubles de milieu ouvert sont sous l'influence d'un fort hydrodynamisme – courants de marée et houles du large –, dans un milieu dispersif où les dépôts de particules fines sont limités.

Les deux types d'habitats cités ci-dessus sont directement sous la menace de la pêche aux engins traînants dont les impacts sont multiples. En effet, ces engins déstructurent les sédiments, dégradent les communautés benthiques en faisant disparaître certaines espèces de grande taille (parfois structurantes elles aussi), entraînant baisse de la diversité, altération du fonctionnement écologique et des flux de matière entre le fond et la colonne d'eau.

Les biocénoses des fonds meubles traitées ici appartiennent au domaine infralittoral, qui se trouve dans le prolongement de l'étage médiolittoral, de la limite inférieure de basse mer jusqu'à la limite avec le circalittoral, définie par la disparition de 99 % de la lumière reçue en surface. Cette transition se caractérise par la disparition des organismes benthiques photosynthétiques tels que les macroalgues.

Les biocénoses auxquelles il sera fait référence ici concernent uniquement les sédiments infralittoraux. Si elles n'apparaissent que sous deux entrées dans les cahiers d'habitats côtiers (1110 Bacs de sable à faible couverture permanente d'eau marine et 1160 Grandes criques et baies peu profondes), l'emploi de la typologie EUNIS permet d'apporter des distinctions pratiques entre les communautés ayant fait l'objet d'étude sur les côtes Manche-Atlantique françaises.

| TYPES DE BIOCÉNOSES | TYPLOGIE EUNIS | ÉQUIVALENTS CAHIERS D'HABITATS |
|------------------------------|----------------|--------------------------------|
| Sables grossiers et graviers | A5.1 | 1110_3 & 1110_4 |
| Sables fins à moyens | A5.2 | 1110_1 & 1110_2 |
| Vases et vases sableuses | A5.3 & A5.7 | 1160_1 |
| Sédiments hétérogènes | A5.4 | 1160_2 |

Tableau 1: Grands types d'habitats de l'infralittoral meuble et équivalence dans les classifications cahiers d'habitats N2000 ou EUNIS 2004.

1.1.1. Sables grossiers et graviers

Cet habitat se caractérise par des sédiments grossiers – de 500 µm à 1mm – mobiles qui peuvent couvrir de grandes surfaces. La fraction de coquilles mortes peut parfois représenter une part importante du sédiment (plus de 20 %), typiquement dans les avant-plages de la Manche et de la mer du Nord. La structuration des peuplements dépend essentiellement de la taille des particules sédimentaires et de l'hydrodynamisme ambiant (instabilité sédimentaire). Pour l'essentiel, ce sont des milieux ouverts dans lequel peuvent circuler les particules en suspension qui serviront de nourriture aux premiers niveaux trophiques de la faune.

Les bivalves tels que la palourde du Pacifique *Clausinella fasciata* ou les vénus *Spisula* spp., ainsi que le céphalochordé *Branchiostoma lanceolata*, sont caractéristiques de cet habitat. Sa richesse spécifique est moyenne, mais il se caractérise également par des populations d'invertébrés abondantes. Il joue alors un rôle fonctionnel important dans les systèmes où il est présent, en tant que nourricerie de poissons plats (soles, plies, limande...) et comme abri pour les poissons fourrage.

Ce type d'habitat n'est que faiblement influencé par les apports de matière organique en excès et l'eutrophisation, du moins dans les conditions naturelles, hors apports directs sur le fond. Par contre, il fait l'objet d'extraction pour différents usages, activités qui peuvent avoir un fort impact sur les communautés présentes.

1.1.2. Sables fins à moyens

Il s'agit en fait d'avant-plages (prolongement sous-marin des plages intertidales) constituées par des sables fins – 100-200 µm – qui peuvent constituer un substrat très compact. Localement, en mer du Nord et Manche orientale, ces substrats peuvent être plus grossiers et mobiles (sables dunaires – 200-400 µm). La structuration des peuplements dépend essentiellement de la taille des particules sédimentaires et de l'hydrodynamisme ambiant (instabilité sédimentaire).

Les sables fins se caractérisent par les espèces de bivalves telles que les tellines *Donax* spp. et *Abra alba* ou la mactre coralline *Maetra stultorum*, ainsi que par les amphipodes Haustoridae et Ampeliscidae, tandis que les fractions plus grossières se caractérisent par une faune adaptée à l'instabilité sédimentaire (amande de mer, *Glycymeris glycymeris*, *Capsella variegata*, Haustoridae).

Cet habitat riche en espèces montre des populations d'amphipodes et de bivalves en forte abondance. Celles-ci sont exploitées par une riche faune de prédateurs tels que poissons plats (soles, turbots, plies), mullets et bars, ce qui souligne le rôle fonctionnel de nourricerie essentiel joué par cet habitat dans les systèmes côtiers. La principale menace qui pèse sur les sables fins est l'eutrophisation *via* la prolifération des algues vertes (marées vertes) engendrées par les apports terrigènes d'azote inorganique en excès. L'extraction sédimentaire, pour les fractions les plus grossières du sédiment, et la pêche aux engins traînants constituent également une menace pour cet habitat.

1.1.3. Vases et vases sableuses

Les secteurs les plus abrités de l'infralittoral peuvent abriter cet habitat caractérisé par la dominance des fractions sédimentaires les plus fines (< 63 µm). La structuration des peuplements est essentiellement contrôlée par la teneur en particules fines du sédiment ainsi que par la capacité de la faune présente à descendre en profondeur dans le sédiment (vase molle, vases indurées). L'activité bioturbatrice peut avoir une forte influence sur la structuration de la communauté elle-même. Ces vases se caractérisent par l'abondance des peuplements de polychètes maldanidés, ampharétidés, voire d'un amphipode ultra-dominant (*Haploops* spp.¹), par la présence d'épifaune vagile (turritella) ou fixée (cériantes, virgulaires) et par une grande richesse spécifique avec de nombreuses espèces peu communes. Ces vases sublittorales constituent des zones de nourricerie pour les crustacés et poissons (raies).

Cet habitat étant sous l'influence de la sédimentation de la matière organique et constituant un milieu dans lequel la production benthique peut être forte, il s'agit d'un habitat présentant naturellement des risques d'hypoxie du fait du faible renouvellement des eaux. En cas d'eutrophisation, ce type d'habitat peut donc être directement impacté et ses communautés s'en trouver dégradées (baisse de la diversité, dominance d'espèces opportunistes).

1.1.4. Sédiments hétérogènes

Cet habitat se caractérise par la coexistence de trois fractions sédimentaires en proportion significative : vase, sables et graviers. Il est structuré par des conditions hydrodynamiques contraires, ou qui s'alternent saisonnièrement. Quoiqu'il en soit, il est toujours sous l'influence d'apports significatifs en particules fines essentiellement en été, tandis que la fraction grossière provient essentiellement des coquilles mortes de mollusques. Les espèces caractéristiques de cet habitat sont les mollusques *Nucula nucleus*, la vénus ovale *Timoclea ovata* et les polychètes *Lanice conchylegia* et *Terrebellides stroemi*. La fraction grossière peut servir de support à la fixation d'algues rouges épiphytes qui participent à l'hétérogénéité du substrat en favorisant toute

1 Ce qui crée un habitat particulier qu'il aurait été nécessaire de traiter à part.

une faune d'amphipodes qui s'en nourrissent (Melitidae, Aoridae...). La richesse spécifique est très élevée et les biomasses sont fortes. Ces communautés constituent des sources alimentaires pour des crustacés et poissons (dorades, rougets, jeunes bars, etc.) ; mais il héberge aussi des populations importantes d'espèces de fort intérêt commercial telles que coquilles Saint-Jacques, praires, palourdes, etc. En outre, les oiseaux plongeurs hivernants – grèbes, cormorans, harles et plongeurs – y trouvent une grande partie de leur nourriture.

Cet habitat étant sous l'influence de la sédimentation, et étant en outre le lieu d'une forte production benthique (macroalgues), il est également très sensible à l'eutrophisation en période estivale, qui affecte fortement structure et fonction des communautés qui y vivent. En outre, la présence d'espèces de mollusques commerciales en fait une cible privilégiée de la pêche à la drague, qui dégrade sévèrement la structure sédimentaire de l'habitat et la biodiversité qui y est associée. Enfin, cet habitat est très propice à l'installation de la crépidule, qui peut ultérieurement y proliférer.

1.2. CONTEXTE GÉNÉRAL DE LA SOUS-RÉGION MARINE MANCHE-MER DU NORD

La sous-région marine Manche-mer du Nord, en raison de son étendue, de sa géomorphologie et de la topographie de ses fonds, présente une grande variété de conditions environnementales [1]. L'hydrodynamisme ambiant; est essentiellement créé par l'important marnage. Cette variété de conditions environnementales se traduit par une grande variété de types de fonds, des vases fines jusqu'aux graviers et cailloutis. Les biocénoses benthiques de milieu semi-abrité sont plutôt mal représentées en Manche et mer du Nord, où l'hydrodynamisme est partout fort. Par contre, les biocénoses de milieu ouvert sont largement majoritaires, la surface couverte par les zones rocheuses étant relativement faible.

2. CONNAISSANCES ET DONNÉES DISPONIBLES

Les données recueillies et classées dans ce document proviennent de différentes sources. La base de données RESOMAR [1] nous a permis d'avoir accès à la majorité des données traitées ici. Elles regroupent des données sur le benthos de tout le littoral français des membres du Réseau des Stations et Observatoires Marins. La base de données MABES (MACrobenthos Baie et Estuaire de Seine) nous a servi à alimenter les données relatives à l'estuaire de la Seine. Les documents en ligne du Réseau Benthique REBENT [2] nous ont permis quant à eux de regrouper les informations relatives aux travaux du REBENT et de la DCE. Les documents d'objectifs Natura 2000 fournis par l'Agence des aires marines protégées nous ont renseignés sur tous les travaux concernant le réseau Natura 2000. Les autres données proviennent soit d'informations personnellement transmises, soit d'un travail de recherche bibliographique. Une synthèse cartographique du benthos de la zone Manche orientale – Mer du Nord existe déjà, établie à partir de cartes ponctuelles et basée sur la typologie EUNIS, tout comme pour ce rapport [3]. La typologie EUNIS [4] ainsi que la correspondance établie pour les habitats français en 2008 [5] ont donc été utilisées ici pour classer les biocénoses à une échelle plus cohérente au niveau international.

2.1. DESCRIPTION ET LOCALISATION DES BIOCÉNOSES

Voir Annexe – Tableau 3.

2.2. INVENTAIRE DES DONNÉES EXISTANTES

Voir Annexe – Tableau 2.

2.2.1. Données anciennes (avant 2001)

Deux campagnes importantes ont été menées par la Station Marine de Wimereux en 1998 et en 2000. Il s'agit des campagnes AUTHIE (1998) et COPALE (2000) qui décrivent pour la première fois les communautés benthiques des sédiments meubles en infralittoral, de Dieppe à Boulogne-sur-Mer, et qui ont donné lieu à la thèse de Warenbourg [6] et aux travaux de Desroy et *al.* [7]. Les travaux de Desroy font le point sur les ressources macrobenthiques des sédiments meubles peu profonds dans l'est du Canal Anglais et au sud de la

mer du Nord. Ces deux travaux ont principalement mis en valeur des sables fins à moyens propres (146 stations sur 206 stations).

Ce type d'habitat se rapproche d'un peuplement déjà décrit par d'autres auteurs dans cette région depuis de nombreuses années. Il s'agit des sables fins à moyens propres à l'ophélie ou ver bleu, *Ophelia borealis* [8] [9] [10]. De plus, Desroy a identifié en 2000 des sables fins à moyens stables légèrement envasés (avec particules hétérogènes) le long du cap d'Ailly [7] qui correspondent au plus grand groupe de leur étude, avec 163 stations sur 227 au total. Les premiers travaux aux alentours de Dunkerque sont aussi extraits de cette même publication [7]. Ils y mettent en lumière des sables fins à moyens stables légèrement envasés (avec particules hétérogènes), retrouvés aussi près de la frontière belge. Des sables hétérogènes envasés sont aussi décrits dans cette région et au sud-est de la baie de Somme. On retrouve enfin, entre autres, des sables mobiles fins à moyens propres (avec particules hétérogènes) décrits au cap Blanc-Nez.

Les campagnes océanographiques TIOXIDE étudient annuellement les sédiments des alentours de Calais depuis 1997 sur 65 stations. Elles y suivent des sables fins à moyens plus ou moins envasés, des sables moyens à dominance propre et des sables moyens à grossiers propres, mais la plupart des sédiments ne sont pas décrits dans la base RESOMAR [1]. À Gravelines, la station est suivie plusieurs fois par an depuis 1976 dans le cadre de la campagne GRAVELINE, un programme financé par EDF. La campagne océanographique North Sea Benthos Project, réalisée en 2000 par la station marine de Wimereux, a permis d'échantillonner 6 types d'habitats en mer du Nord, à savoir des sables, des graviers sableux, des vases et graviers, des sables vaseux, des vases sableuses et des sables et graviers, sur un ensemble de 15 stations.

La baie de Seine est bien étudiée depuis les années 1970 avec les travaux de Louis Cabioch, Franck Gentil et Christian Retière [11] [12] [13] [14] qui ont mis à jour un peuplement de sables fins à tellines *Abra alba*. Ce peuplement a été décrit lors de la phase d'exploration biocénotique de la Manche dans le cadre des campagnes RCP 378 et Gréco 19, et le même peuplement à *A. alba* et *Pectinia koreni* a également été signalé à la même époque en baie de Morlaix [14] [15], en baie de Saint-Brieuc et au Mont-Saint-Michel [14] [16] et enfin dans la baie de Somme [8] [14]. Les travaux dans la baie de Seine se poursuivent avec la thèse de Gentil en 1976 [13] puis avec la publication de Cabioch *et al.* (1978) [17]. Depuis, au moins deux thèses ont permis de travailler sur les sédiments meubles de l'infralittoral de la baie de Seine entre 1997 et 1999 [18] [19]. En effet, la campagne océanographique LANICE, dont la thèse de Michel Roppert [19] fait partie, a permis d'étudier les sables fins plus ou moins envasés de la baie de Seine, données qui seront reprises dans une publication de Dauvin, en 2004 [20]. Concernant la seconde campagne avant 2000, il s'agit de la campagne BENTHOSEINE, dont les résultats ont été exposés dans la thèse de Konstantinos Ghertsos [18] et repris dans une publication en 2008 [21]. Le GIP Seine-Aval (GIPSA) a majoritairement participé aux travaux en baie de Seine que ce soit avant ou après les années 2000, avec tout d'abord les campagnes océanographiques SEAV93, SEAV95 et SEAV VEN 98 en 1993, 1995 et 1998 respectivement. En 1998 la campagne OCTEVILLE a débuté et se poursuit jusqu'en 2009.

En baie de Veys, Cabioch *et al.*, (1978) [17] puis Gentil & Cabioch en 1997 [22], décrivent des peuplements benthiques mais aucune étude récente en infralittoral ne fait mention de ces peuplements dans cette région ni d'aucun peuplement de sédiments meubles infralittoraux. Au sein du golfe Normand-Breton, des travaux considérables ont été réalisés dans les années 1970 par Retière [16]. Il s'agit sans conteste encore à ce jour de la plus grande campagne océanographique menée dans le golfe en domaine subtidal. Au total, presque 900 stations ont été échantillonnées. Elles ont mis en avant quatre unités de peuplements majeures décrivant le golfe, et encore valables aujourd'hui : le peuplement des sédiments fins plus ou moins envasés et plus ou moins hétérogènes à bivalves *Abra alba* et *Corbula gibba*, le peuplement des sables fins à moyens propres à telline *Donax variegatus* et polychète *Armandia polyophthalma*, le peuplement des sables grossiers et des graviers à lancelet *Amphioxus lanceolatus* et amande de mer *Glycymeris glycymeris* et le peuplement des cailloutis à épibiose sessile.

Cabioch étudie la baie de Lannion entre 1977 et 1981 [23] et met en lumière 2 types de biocénoses. Ces travaux ont servis de base pour une étude à long terme menée par la station biologique de Roscoff de 1978 à 2009 (campagne océanographique AMOC) [24]. Les abers Wrac'h et Benoît ont aussi été très bien étudiés lors de

la campagne AMOC [23] [24] mais aussi par Glémarec et Hussenot en 1978 et 1979 [25] [26], travaux dans lesquels une pluralité de biocénoses a été décrite sur ces deux sites. La pointe de Primel a été étudiée par plusieurs auteurs [23] [24] [26], notamment les sables grossiers côtiers infralittoraux à venus *Venus fasciata* et lancelet *Amphioxus lanceolatus* et les sables fins, mais on ne trouve aucun suivi récent de ce site, de même que pour l'estuaire de la Penzé, étudié par Elkaim en 1981 [27].

En mer d'Iroise, et notamment en rade de Brest, les sédiments meubles sont bien étudiés depuis 1977 par les chercheurs de l'Université de Bretagne Occidentale (UBO) avec les travaux de Guillou et Hily [28] [29] qui ont étudié de 1977 à 1982 les vases sableuses à polychète *Melinna palmata*. Jacques Grall et Michel Glémarec publient en 1997 un article visant à identifier les perturbations sur les communautés benthiques en rade de Brest [30], pour lequel ils ont échantillonné 33 stations entre 1992 et 1993 et où ils identifient cinq types de biocénoses. 26 stations seront ensuite échantillonnées en 1994 où des vases et des sables fins seront identifiés [31] (campagne BASSIN_NORD_RADE). En 1993, 5 stations ont échantillonnées dans la rade dans le cadre de la campagne RADE_DUGUE, puis entre 1992 et 1996 se sont les travaux dans le cadre du Contrat Baie/Rade de Brest qui permettront d'y suivre les sédiments meubles [32] [33] [34] [35]. Les fonds à crépidules et les sables hétérogènes ont été bien étudiés dans le cadre du programme LITEAU et de la thèse de Laurent Guérin [36].

La campagne océanographique privée ELSAMER a permis d'échantillonner les biocénoses des fonds meubles sur 6 stations à Camaret en 1998. Les sables fins plus ou moins envasés subtidiaux de la mer d'Iroise sont étudiés dans le cadre de la DCE depuis 2007 [37]. Enfin, en baie de Douarnenez, les travaux précurseurs de J. Guillou de 1980 ont permis de suivre les peuplements de sables fins à tellines, *Donax trunculus* et *D. vittatus* à la plage de Kernel [38].

2.2.2. Données récentes (post-2001)

En 2006, lors de la Mission CAUXSOM [39], 6 types de biocénoses allant de cailloutis à épifaune sessile à des sables fins envasés à *Abra alba - Pectinia koreni* ont été mis en lumière, répartis entre Dieppe et Criel-sur-Mer et échantillonnés en 2004. Les rejets de la centrale DK6 aux abords de Dunkerque sont suivis depuis 2006 afin de vérifier l'absence d'impacts de ces rejets sur les peuplements benthiques installés dans le port de Dunkerque. Les sédiments sont suivis deux fois par an sur trois stations aux abords de la centrale [40]. Les Services Maritimes des ports de Boulogne-sur-Mer et Calais (SMBC) ont permis d'échantillonner à trois reprises (en 2000, 2005 et 2009) les abords de Calais et de Boulogne ainsi que le port de Boulogne. Mis à part la campagne SMBC, une seule étude ancienne fait état des sédiments meubles sublittoraux dans la région de Boulogne [7] et décrit des sables fins à moyens stables légèrement envasés (avec particules hétérogènes), qui appartiennent au même groupe que ceux décrits aux abords du port de Dunkerque ainsi que ceux décrits près de la frontière belge.

Les sables fins plus ou moins envasés de la baie de Seine sont suivis depuis 1986 et jusqu'à aujourd'hui dans le cadre de la campagne PECTOW dirigée par l'université Pierre et Marie Curie, l'université sciences et techniques de Lille et la station biologique de Roscoff. Cette campagne a donné lieu à au moins trois publications dont la thèse de Barnay en 2003 [41] [42] [43]. Le GIP Seine-Aval (GIPSA) a initié en 1998 la campagne OCTEVILLE qui se poursuit jusqu'en 2009. Un certain nombre de campagnes ont commencé après les années 2000, avec la campagne FOSSE NORD en 2001, la campagne PORT 2000 de 2000 à 2009, la campagne CHENAL ROUEN en 2006 et la campagne COLMATAGES de 2008 à 2010. La thèse d'Anne-Laure Janson [44] a permis d'étudier en 2002 les sédiments vaseux de l'estuaire. Enfin, les travaux du REBENT ont démarré en 2009 sur ce site et suivent les sables très fins plus ou moins envasés [45].

Depuis 2009, le CRESCO à Dinard suit une station de sables fins plus ou moins envasés dans la rade de Cherbourg [45] ainsi qu'une station depuis 2006 dans le cadre de la DCE et du REBENT [46] [47]. Il s'agit de sables fins légèrement graveleux devenus des sables très fins grossièrement vaseux en 2007 et des sables très fins en 2008. Le CRESCO a aussi effectué des échantillonnages en 2006 et 2007, dans le cadre des mêmes campagnes, à Dielette, Pirou et Granville [46] [47].

Dans le golfe Normand-Breton, Rima Jihane Trigui fait référence au peuplement de sables grossiers à amande de mer *G. glycymeris* [48] décrit dans les années 1970 par Christian Retière [16], qu'elle a échantillonné au cours de la campagne Benthomont I (2002-2004) dans le cadre de sa thèse sur l'influence des facteurs environnementaux et anthropiques sur la structure et le fonctionnement des peuplements benthiques du golfe Normand-Breton.

La campagne BENHTOMONT II réalisée en 2002 dans le cadre du chantier Programme National Environnement Côtier (PNEC) a permis d'échantillonner quatre types de biocénoses en baie du Mont-Saint-Michel dont des sables moyens à grossiers propres à amande de mer *Glycymeris glycymeris* [49] [50]. Dans la zone subtidale, les fonds sont envahis par les crépidules [51].

Laurent Godet a quant à lui initié les études autour de l'archipel de Chausey en 2005 [52] en y décrivant des sables grossiers de niveau bas à *G. glycymeris*. Les graviers moyens sableux de l'archipel sont depuis suivis dans le cadre de la DCE [46] [47].

En Bretagne Nord, les seules études répertoriées en baie de Saint-Brieuc sont les suivis REBENT [51] [53] [54], entre 2003 et 2009, concernant des sables fins plus ou moins envasés et des sables fins hétérogènes envasés. Les travaux de Cabioch en baie de Lannion [23] ont servi de base pour une étude à long terme menée par la Station Biologique de Roscoff de 1978 à 2009 (campagne océanographique AMOC) [24] en baie de Lannion mais aussi aux abers Wrac'h et Benoît [23] [24]. Les autres travaux récents en baie de Lannion sont effectués par le REBENT [51] [53] [54] qui étudient des sables fins plus ou moins envasés subtidaux. En baie de Morlaix, la station de la Pierre Noire (notamment les sables fins légèrement envasés à *Abra alba* et *Hyalinoecia bilineata*) a été bien étudiée depuis l'échouage de l'Amoco Cadiz (en mars 1978) à partir des études de Cabioch et Dauvin en 1977 lors de la campagne AMOC [23], campagne qui s'est prolongée jusqu'en 2011 [23] [24] [53] [54] [55] [56] [57] [58] [59] [60] [61] [62], avec notamment les travaux du REBENT depuis 2003 [54]. Les travaux de suivi en rade de Brest de la DCE et du REBENT ont pris le relais depuis 2003 pour l'étude des sables [37] [53] [54] et des vases [54]. Les sables fins plus ou moins envasés de la baie de Douarnenez sont depuis 2003 étudiés dans le cadre de la DCE et du REBENT ainsi que les sables propres du port de Douarnenez [37] [53] [54].

3. SYNTHÈSE PAR BIOCÉNOSE ET TENDANCES

3.1. SABLES GROSSIERS ET GRAVIERS

Les sables grossiers sont extrêmement bien représentés dans la sous-région marine Manche-mer du Nord. Ils ont fait l'objet de suivis essentiellement en Manche orientale (Dieppe, baie de Seine) et le golfe Normand-Breton. Il s'agit donc d'un habitat pour lequel il est possible de décrire les variabilités spatiales voire temporelles. Mais la dispersion des données et l'hétérogénéité des techniques employées empêchent aujourd'hui de tirer des conclusions sur d'éventuelles tendances évolutives. En tout état de cause, le développement des extractions en mer des sables grossiers souligne toutefois les besoins d'approfondissement des connaissances sur le rôle fonctionnel de cet habitat et la résilience de sa communauté.

3.2. SABLES FINS À MOYENS

Cet habitat est bien représenté sur les littoraux de la mer du Nord et de la Manche orientale, ainsi qu'à l'ouest de la Bretagne. Il a fait l'objet de nombreuses investigations sur l'ensemble de la sous-région, ce qui fait que cet habitat est probablement celui qui est le mieux maîtrisé dans la sous-région marine Manche-mer du Nord. Plus récemment, le développement de séries dédiées à la Directive Cadre sur l'Eau a permis d'y mener des observations pérennes.

Il faut souligner ici la qualité et l'intérêt de la série à long terme « Pierre Noire » menée par la station Biologique de Roscoff depuis 1978, qui permet de maîtriser la variabilité à long terme du peuplement de cet habitat. Les résultats montrent le caractère dynamique de ces peuplements qui ne semblent jamais réellement à l'équilibre et qui évoluent en permanence, ce qui remet en question la notion même d'état de référence qui pourrait être pris dans le temps. L'analyse de la variabilité spatiale de cet habitat dans le cadre du suivi des sables fins subtidaux

du REBENT montre la spécificité du peuplement rencontré en chaque site et l'absence de tendance évolutive semblable à moyen terme. Ceci montre qu'en l'état des connaissances, il est extrêmement délicat de tirer des conclusions pour un habitat à l'échelle d'une sous-région marine.

3.3. VASES ET VASES SABLEUSES

Cet habitat est relativement peu représenté dans la sous-région marine Manche-mer du Nord, hormis dans les grandes baies semi-abritées de l'ouest de la Bretagne (rade de Brest, baie de Morlaix) et en baie de Seine. La faiblesse des données disponibles en Bretagne ne permet pas pour l'instant de dégager de tendances évolutives. Les données de la baie de Seine ont potentiellement un grand intérêt dans le cadre de la DCSMM.

3.4. SÉDIMENTS HÉTÉROGÈNES

Cet habitat est très commun dans la sous-région marine Manche-mer du Nord, où il couvre des surfaces très importantes (rade de Brest, baie du Mont-Saint-Michel, mer du Nord). Il a largement été investigué sur l'ensemble de la sous-région marine. Néanmoins, l'essentiel des études y faisant référence datent du siècle dernier. Il est donc impossible de dégager des tendances évolutives le concernant. Étant donné l'importance de cet habitat en termes de biodiversité et de fonctionnement des écosystèmes, il semble impératif de lancer des programmes d'acquisition de données le concernant.

4. DISCUSSION, IDENTIFICATION DES LACUNES

Les études des biocénoses des fonds meubles sont relativement nombreuses et pour certaines sont anciennes. Elles permettent d'avoir une vision générale des espèces présentes, de la biodiversité et parfois de leur fonctionnement écologique. Bien que du point de vue régional, des études provenant de l'ensemble de la côte aient pu être identifiées, il semble néanmoins y avoir des lacunes dans la connaissance précise de la répartition des habitats et de la structure de leur communautés. Certains habitats sont clairement absents ou sous-représentés dans les études que nous avons recensées ici et nécessiteraient exploration et compréhension. Les zones géographiques sur lesquelles il n'y a aucune donnée quantitative récemment acquises sont nombreuses. L'hétérogénéité des techniques employées et la dispersion des données rend difficile une étude globale des biocénoses concernées. Néanmoins, la mise en place de bases de données (type base de données RESOMAR), rassemblant des données de tous types d'études des années 1950 jusqu'à nos jours, fournira des outils très utiles à une meilleure compréhension de l'écologie du benthos des eaux françaises.

Ces lacunes relevées soulignent également en creux tout l'intérêt de la mise en place de réseaux d'observation de type DCE ou REBENT, avec ses deux volets complémentaires sectoriel et stationnel, qui, bien qu'incomplets et parfois discontinus, apportent un minimum d'information sur les variabilités spatiales et temporelles de biocénoses d'importance. Sur le long terme, ils permettront de mieux comprendre la dynamique des biocénoses suivies ainsi que le fonctionnement général des écosystèmes côtiers. Il semble donc nécessaire de développer et pérenniser ces approches.

Ainsi, étant donné la dispersion des données et leur hétérogénéité dans le temps et l'espace, il paraît difficile d'établir un bilan de l'état général de ces biocénoses (ou de tendances évolutives) à l'échelle régionale.

Ces éléments montrent que malgré les connaissances acquises au cours des cinquante dernières années, le besoin d'acquisition de données et de compréhension de la dynamique des communautés benthiques reste fort. Les biocénoses benthiques constituent un maillon essentiel des écosystèmes marins, et la mise en œuvre de la DCSMM nécessitera une bonne maîtrise des réponses de ce compartiment face aux multiples agressions d'origine anthropique.

Pages suivantes :

Tableau 2 : Biocénoses de l'infralittoral des fonds meubles de la Manche Mer-du-Nord (Tableau récapitulatif). Un autre tableau beaucoup plus détaillé est disponible.

5. ANNEXES

| RÉGION | SITES | INSTITUTIONS | DATE | | TYPES DE BIOCÉNOSES | RÉFÉRENCES |
|--------------------|---|---|-------------|-------------|---|--|
| | | | Avant 2001 | Après 2001 | | |
| Nord Pas-de-Calais | Port de Dunkerque Mer du Nord Calais Cap Blanc-Nez Gravelines Baie de Somme | IFREMER- Département DYNECO, laboratoire d'écologie benthique Station Marine Wimereux Tioxide Europe SAS Services Maritimes des Ports de Boulogne-sur-mer et Calais (SMBC) EDF | 1970 - 2009 | | Sables fins à moyens stables légèrement envasés (avec particules hétérogènes) Sables hétérogènes envasés Graviers sableux Vases et graviers Sables vaseux Vases sableuses Sables fins à moyens mobile propre (avec particules hétérogènes) Sables fins à moyens propres Sables fins à grossiers Sables fins à moyens plus ou moins envasés Sables fins à <i>Abra alba</i> - <i>Pectinia koreni</i> Sables moyens à grossiers propres Sédiments meubles indéterminés | (7) (8) (14) |
| Nord Pas-de-Calais | Dunkerque Port de Boulogne Boulogne | ECOTOX Services Maritimes des Ports de Boulogne-sur-mer et Calais (SMBC) | | 2001 - 2008 | Sédiments meubles indéterminés | (40) |
| Normandie | Dieppe - Boulogne- sur-Mer Cap d'Ailly Baie de Veys Mont-Saint- Michel | ECOTOX CNRS Université Lille Station Marine de Wimereux IFREMER- Département DYNECO, laboratoire d'écologie benthique | 1970 - 2000 | | Sables fins plus ou moins envasés Sables fins à moyens propres Sables grossiers Sables hétérogènes Sédiments hétérogènes vaseux Sables fins à moyens stables légèrement envasés (avec particules hétérogènes) Sables fins envasés à <i>Abra alba</i> - <i>Macoma balthica</i> Sables fins à moyens à <i>Ophelia borealis</i> Sables fins envasés à <i>Abra alba</i> - <i>Pectinaria koreni</i> | (6) (7) (8) (9) (10) (14) (16) (17) (22) |
| Normandie | Entre Dieppe et Criel-sur- Mer Rade de Cherbourg Dielette - Cap de Careteret - Cap de la Hague Granville Pirou Baie du Mont-Saint- Michel Archipel de Chausey | Natura 2000 MNHN, Ifremer, Station Marine de Dinard EDF | | 2002 - 2009 | Sables fins à <i>Nephtys cirrosa</i> - <i>Tellina fabula</i> Sables fins à moyens Cailloutis à épifaune sessile Sables grossiers et graveleux plus ou moins envasés à <i>Branchiostoma lanceolatum</i> Sables moyens à grossiers à <i>Goniadella bobretzkii</i> - <i>Tellina donacina</i> Sables fins légèrement graveleux Sables fins plus ou moins envasés Sables moyens Sables moyens légèrement graveleux Sédiments envasés à <i>Ampharete acutifrons</i> Sédiments fins mobiles propres à <i>Nephtys cirrosa</i> Sables moyens à grossiers propres à <i>Glycymeris glycymeris</i> Sédiments hétérogènes envasés à <i>Sthenelais boa</i> Graviers moyens sableux | (39) (45) (46) (47) (49) (50) (52) |
| Baie de Seine | | Université Sciences et Techniques de Lille Station Marine de Wimereux GIPSA | 1970 - 1999 | | Sables fins à <i>Abra alba</i> Sables fins envasés à <i>Abra alba</i> - <i>Macoma balthica</i> Sables fins envasés à <i>Spisula subtruncata</i> - <i>Nephtys hombergii</i> Sables fins plus ou moins envasés Sédiments meubles indéterminés | (11) (12) (13) (14) (17) (18) (19) (20) (21) |

| | | | | | | |
|------------------|---|--|-------------|--|---|--|
| Baie de Seine | | GIPSA Université Sciences et Techniques de Lille Université Pierre et Marie Curie MNHN Station biologique de Roscoff Cellule de Suivi du Littoral Normand Grand Port Maritime de Rouen | 1986 - 2011 | | Sables fins envasés à <i>Abra alba</i> - <i>Pectinia koreni</i> Sables fins plus ou moins envasés plus ou moins hétérogène Vases estuariennes à <i>Macoma balthica</i> Sédiments meubles indéterminés | (41) (42) (43) (44) (45) |
| Bretagne Nord | Baie de Saint-Brieuc Estuaire de la Penzé Baie de Morlaix Aber Wrac'h / Aber Benoit Rade de Brest Camaret Baie de Douarnenez | IUEM / UBO LEMAT CNEXO MECV Station Biologique de Roscoff | 1977 - 2000 | | Sables grossiers Sables grossiers côtier infralittoraux à <i>Tellina pygmaea</i> - <i>Echinocyanus pusillus</i> Sables fins Sables fins et légèrement envasés à <i>Hyalinocia grubii</i> Sables fins à <i>Abra alba</i> - <i>Pectinia koreni</i> Sables fins à <i>Donax trunculus</i> - <i>D.</i> <i>vittatus</i> Sables à <i>Urothoe grimaldii</i> ou <i>Bathyporeia pilosa</i> Sables dunaires fins à moyens à <i>Spio</i> <i>martinensis</i> - <i>Scoloplus armingier</i> Sables fins envasés Sables plus ou moins envasés à <i>Lanice</i> <i>conchilega</i> Sables vaseux ou vases à <i>Audouinia</i> <i>tentaculata</i> Sables vaseux ou vases à <i>Melinna</i> <i>palmata</i> Sables vaseux fins Sables conquilliers infralittoraux à envasement progressif à <i>Abra alba</i> - <i>Nucula nucleu</i> Vases Vases sableuses Vases hétérogènes Sables hétérogènes Fonds à crépidules Sédiments mixtes Sédiments meubles indéterminés | (14) (15) (16) (25) (26) (27) (28) (29) (30) (31) (32) (33) (34) (35) (36) (38) |
| Bretagne Nord | Saint-Brieuc Baie de Lannion Baie de Morlaix Aber Wrac'h Rade de Brest Mer d'Iroise Baie de Douarnenez Douarnenez port Rivière de Morlaix | Station biologique de Roscoff (Université Pierre et Marie Curie - CNRS) | 1977 - 2011 | | Sables caillouteux hétérogènes Sables grossiers côtiers infralittoraux à <i>Venus fasciata</i> - <i>Amphioxus lanceolatus</i> Sables hétérogènes envasés à <i>Venerupis pullastra</i> - <i>Branchiomma</i> <i>vesiculosum</i> Sables hétérogènes propres Sables propres Sables fins plus ou moins envasés Sables fins hétérogènes envasés Sables fins légèrement envasés à <i>Abra</i> <i>alba</i> - <i>Hyalinoecia bilineata</i> Sables très fins peu vaseux à <i>Abra alba</i> - <i>Tellina fabula</i> Sables fins légèrement envasés à <i>Abra</i> <i>alba</i> - <i>Hyalinoecia bilineata</i> Vases noires putrides Vases sableuses noires Vases sableuses Vases sableuses à <i>Abra alba</i> - <i>Melinna</i> <i>palmata</i> | (23) (24) (25) (26) (37) (53) (54) (55) (56) (57) (58) (59) (60) (61) (62) |

Page Suivante :

Tableau 3 : Types de biocénoses présentes et étudiées par sous-région. La classification s'appuie sur la Typologie d'Habitats Benthiques éditée par Guillaumont *et al.* 2008 (5) et sur la classification Eunis 2004 (4).

| TYPES DE BIOCÉNOSES | RÉFÉRENTIELS | | LOCALISATION | RÉFÉRENCES |
|--|--------------|--------------------|---|--|
| | EUNIS | CAHIERS D'HABITATS | | |
| Vases estuariennes à <i>Macoma balthica</i> | A2.32 | | Face au Port de Dunkerque (1998 - 2000) Mer du Nord (2000) Cap Blanc-Nez (1998 - 2000) Dieppe - Boulogne S/ mer (1998 - 2000) Baie de Somme (1998 - 2000) St Brieuc (2003 - 2009) Estuaire de la Penzé (1976 - 1978) Aber Wrac'h (1978 - 2009) Rade de Brest (2003 - 2009) Baie du Mont Saint Michel (2002) | (44) |
| Sables grossiers avec débris coquilliers (à <i>Branchiostoma lanceolatum</i>) | A5.135 | 1110_3 | Aber Wrac'h / Aber Benoît (1978 - 2009) Rade de Brest (1977 - 2009) Camaret (1998) Rivière de Morlaix (1977 - 2011) | (6) (7) (16) (23) (24) (25) (26) (39) (46) (47) (49) (50) (52) |
| Sables fins envasés à <i>Spisula subtruncata</i> - <i>Nephtys hombergii</i> | A5.22_FR01 | 1110_1 | Cap Blanc-Nez (1998 - 2000) Calais (1997 - 2009) Sud-Est de la Baie de Somme (1998 - 2000) | (13) |
| Sables fins infralittoraux | A5.23 | 1110_1 1110_2 | Port de Dunkerque (1998 - 2000) Calais (1997 - 2008) Port de Boulogne (2001) St Brieuc (2003 - 2009) Baie de Lannion (1978 - 2009) Estuaire de la Penzé (1976 - 1978) Pierre Noire (1977 - 2011) Aber Wrac'h (1978 - 2009) Rade de Brest (1992 - 2007) Camaret (1998) Mer d'Iroise (2007) Baie de Douarnenez (2003 - 2009) Baie du Mont Saint Michel - Baie de Cancale (2002) Rade de Cherbourg (2009) Baie de Veys (1978) Cap d'Ailly (1998 - 2000) Dieppe - Boulogne S/ mer (1998 - 2000) Baie de Seine (1970 - 2011) Golfe Normano-Breton (1979) | (7) (8) (14) (16) (18) (21) (39) (40) (46) (47) (49) (50) (53) (54) |
| Sables propres mobiles infralittoraux avec faune éparsée | A5.231 | 1110_1 1110_2 | Baie de Seine (1978) Du Havre jusqu'à Boulogne (1978) | (6) (7) (8) (9) (10) (22) (25) (26) (39) (46) (47) (48) |
| Semi-Permanent Amphipodes et Polychètes tubicoles dans les sables sublittoraux | A5.234 | 1110_1 | Baie de Saint Brieuc (1970) Estuaire de la Penzé (1976 - 1978) Baie de Morlaix (1970) Aber Wrac'h (1978 - 1979) Rade de Brest (1994) Baie de Douarnenez - plage de Kernel (1980) Baie de Veys (1997) | (14) (15) (16) (22) (25) (26) (27) (30) (31) (38) |
| Sables vaseux infralittoraux | A5.24 | 1110_1 | Baie de Morlaix - Pointe de Primel (1977 - 1979) Aber Wrac'h / Aber Benoît (1978 - 1979) Granville (2006 - 2007) Pirou (2006 - 2007) Dielette (2006 - 2007) Baie de Veys (1997) Entre Dieppe et Boulogne S/ mer (1998 - 2004) Golfe Normano-Breton (2002 - 2004) | (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (14) (16) (17) (20) (23) (24) (27) (30) (31) (32) (33) (34) (35) (37) (41) (42) (43) (44) (45) (49) (50) (53) (54) (55) (56) (57) (58) (59) (60) (61) (62) |
| Sables fins envasés à <i>Abra alba</i> et <i>Macoma balthica</i> | A5.244 | 1110_1 | Dunkerque (2006) Mer du Nord (2000) Cap Blanc-Nez (1998 - 2000) Gravelines (1976 - 2008) Calais (1997 - 2008) Boulogne (2005 - 2008) Baie de Somme (1970) Douarnenez port (2003 - 2009) Baie du Mont Saint Michel (2002) Golfe Normano-Breton (1979) Rade de Cherbourg (2006 - 2007) Entre Dieppe et Criel-sur-Mer (2004) Baie de Seine (1993 - 2010) | (17) |
| Sable fin circalittoral | A5.25 | 1110_2 | Baie de Seine (1976) | (7) |
| Vases sableuses infralittorales | A5.33 | 1160_1 | Entre Boulogne S/ mer et Criel-sur-Mer (2004) Calais (1997 - 2008) Mer du Nord (2000) Baie de Morlaix - Pointe de Primel (1978 - 2009) Golfe Normano-Breton (1979) Aber Wrac'h / Aber Benoît (1978 - 1979) Camaret (1998) Archipel de Chausey (2005 - 2008) Baie du Mont Saint Michel (2002) | (23) (24) (25) (26) (28) (29) (30) (31) (53) (54) (55) (56) (59) (60) (61) (62) |
| Sédiments mixtes infralittoraux | A5.43 | 1160_1 1160_2 | Baie de Seine, zone des fosses (2002) | (6) (7) (24) (25) (26) (36) (49) (50) (53) (54) |
| Fonds à Crépîdules | A5.431 | 1160_2 | Rade de Brest (1999 - 2000) | (36) |

| N° DU LOT | NOM DE LOT | OPÉRATEUR | ENCADRANT SCIENTIFIQUE | CAMPAGNE | DATE | RÉSULTATS | SOURCE |
|-----------|--|---------------------------|------------------------|---|-----------------------------|--------------|-----------|
| 1 | Manche Mer du Nord et PNM des 3 estuaires | In Vivo / Florian Labadie | | La moitié à été réalisée (du sud de la zone jusqu'à Boulogne) | | Non diffusés | (63) |
| 2 | Baie de Seine | In Vivo / Florian Labadie | | Terminée (Juin 2011) | | Non diffusés | (64) (65) |
| 3 | Golfe Normand-Breton | EcoSub / Astérie | | Substrat Durs | | | (66) (67) |
| 4 | Atlantique Bretagne Nord | TBM / Hocer | J. Grall | CALIBRI 03 (Cartographique du Littoral BReton N°3) | 31-05-2010 AU 2-06-2010 | En cours | (68) |
| 5 | Atlantique Bretagne Sud | TBM / Hocer | J. Grall | CALIBRI 07 (Cartographique du Littoral BReton N°7) | 23-08-2010 au 31-08-2010 | En cours | (69) (70) |
| 6 | Pertuis Charentais et Estuaire de la Gironde | Créocéan | | | | | (71) |
| 7 | Aquitaine | Créocéan | | | | | (72) (73) |
| 8 | Bassin d'Arcachon | Créocéan | | | | | (74) |

Tableau 5 : État d'avancement des travaux dans le cadre de Natura 2000 en Mer.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] RESOMAR. <http://resomar-benthos.epoc.u-bordeaux1.fr/>
- [2] REBENT, REseau BENThique. <http://www.REBENT.org/>
- [3] Blanchard M., Hein M., Rozec X., et Caisey X., 2008. 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 « Inventaire en matériaux marins sur les façades maritimes de 11 départements côtiers » Ifremer, Département Dyneco, Laboratoire d'écologie benthique 111 pp., Brest, BP 70, 29280 Plouzané.
- [4] Davies C.E., Moss D. et Hill M.O., 2004. EUNIS Habitat Classification revised 2004 European Environment Agency, European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity 310 pp.
- [5] Guillaumont B., Bajjouk T., Rollet C., Hily C. et Gentil F., 2008. Typologie d'habitats marins benthiques. Analyse de l'existant et propositions pour la cartographie « Habitats côtiers de la Région Bretagne ». Note de synthèse RST/IFREMER/DYNECO/AG/08-06/REBENT Projets REBENT - Bretagne et Nature-Bretagne 16 p. + Annexes.
- [6] Warenbourg C., 2000. Distribution des peuplements macrobenthiques de la frange côtière en Manche Orientale (zone de Dieppe - Boulogne sur mer). Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille 1, 59 p. + Annexes.
- [7] Desroy N., Warenbourg C., Dewarumez J.M. et Dauvin J.C., 2002. Macrobenthic resources of the shallow soft-bottom sediments in the eastern English Channel and southern North Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 60 : 120-131 pp.
- [8] Cabioch L. et Glaçon R., 1975. Distribution des peuplements benthiques en Manche Orientale, de la Baie de Somme au Pas-de-Calais. *C. R. Acad. Sc. Paris, t.280, Série D,*)491-494 pp.
- [9] Davoult D., Dewarumez J.M., Prygiel J. et Richard A., 1988. Carte des peuplements benthiques de la partie française de la Mer du Nord Carte Ifremer, Station marine de Wimereux et Région Nord Pas-de-Calais.
- [10] Prygiel J., Davoult D., Dewarumez J.-M., Glaçon R. et Richard A., 1988. Description et richesse des peuplements benthiques de la partie française de la Mer du Nord. *C. R. Acad. Sc. Paris, t 306(Série III) : 5-10 pp.*
- [11] Cabioch L. et Gentil F., 1975. Distribution des peuplements benthiques dans la partie orientale de la baie de Seine. *C.R. Ac. Sci., Paris, 280 : 571-574 pp.*
- [12] Gentil F., 1980. In C.r. 105ème congrès nat. soc. sav., caen, sci., 397-461 pp.
- [13] Gentil F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en baie de Seine. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, 70 pp.
- [14] Cabioch L. et Retière C., 1986. La baie de Seine : Peuplements et espèces benthiques en régime perturbé IFREMER - Actes de Colloques Université de Caen 371-382.
- [15] Cabioch L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cahiers de Biologie Marine*, 9(5) : 493-720 pp.
- [16] Retière C., 1979. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du Golfe Normano-Breton. Thèse de Doctorat, Université de Rennes.
- [17] Cabioch L., Gentil F. Glaçon R., Retière C., 1978. Le bassin oriental de la Manche, modèle de distribution de peuplements benthiques dans une mer à fortes marées. *Journal de Recherche Océanographique*, 3(1) : 24 pp.
- [18] Ghertsov K., 2002. Structure spatio-temporelle des peuplements macrobenthiques de la baie de Seine à plusieurs échelles d'observation. Thèse de Doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille 1, 129 p. + Annexes.
- [19] Roppert M., 1999. Caractérisation et déterminisme du développement d'une population de l'annélide tubicole *Lanice conchilega* (Pallas, 1766) (Polychète terebellide) associé à la conchyliculture en Baie des Veys (Baie de Seine occidentale). Thèse de Doctorat, Museum National d'Histoire Naturelle.
- [20] Dauvin J.C., Thiébaud E., Gomez J.L., Gesteira, Ghertsov K., Gentil F., Ropert M. et Sylvand B., 2004. Spatial structure of a subtidal macrobenthic community in the Bay of Veys (western Bay of Seine, English Channel). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 307 : 217-235 pp.
- [21] Dauvin J.C. et Ruellet T., 2008. Macrozoobenthic biomass in the Bay of Seine (eastern English Channel). *Journal of Sea Research*, 59 : 320-326 pp.
- [22] Gentil F. et Cabioch L., 1997. Carte des peuplements macrobenthiques de la Baie de Seine et Manche cnetrale sud. Carte et notice explicative de la carte. Edition de la station biologique de Roscoff, France.
- [23] Cabioch L. et Dauvin J.C., 1982. Les effets des hydrocarbures de l'Amoco Cadiz des baies de Morlaix et de Lannion d'avril 1978 à Mars 1981. *Dans Ecological studies of the Amoco Cadiz oil spill, report of the NOAA-CNEXO, 1982.*
- [24] Dauvin J.C. et Gentil F., 1990. Conditions of the Peracarid Populations of Subtidal Communities in Northern Brittany Ten Years After the Amoco Cadiz Oil Spill. *Marine Pollution Bulletin*, 21(3) : 123-130 pp.
- [25] Glémarec M. et Hussenot E., 1981. In CNEXO, editors, Amoco cadiz, conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures pp.
- [26] Glémarec M. et Hussenot E., 1982. A three-year ecological survey in benoit and wrac'h abers following the Amoco Cadiz oil spill. *Netherlands Journal of Sea Research*, 16 : 483-490 pp.
- [27] Elkaim B., 1981. In CNEXO, editors, Amoco cadiz, conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures.

- [28] Guillou M. et Hily C., 1983. Dynamics and biological Cycle of a *Melinna palmata* (Ampharetidae) population during the recolonisation of a dredged area in the vicinity of the Harbour of Brest (France). *Marine Biology*, 73 : 43-50 pp.
- [29] Hily C., 1983. Modifications de la structure écologique d'un peuplement de *Melinna palmata* (annélide polychaete) soumis aux effets urbains et industriels en Rade de Brest. *Annales de l'Institut Océanographique*, 59 (1).
- [30] Grall J. et Glemarec M., 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44(Suppl. A) : 43-53 pp.
- [31] Grall J. et Glemarec M., 1997. Assessment of benthic structure in the Bay of Brest. *Annales de l'Institut Océanographique*, 73(1) : 7-16 pp.
- [32] Grall J., Chauvaud L., Thouzeau G., Fifas S., Glemarec M. et Paulet Y., 1996. Distribution of *Pecten maximus* (L) and its main potential competitors and predators in the Bay of Brest. *Comptes rendu de l'académie des sciences série III - Sciences de la Vie - Life Sciences*, 319(10) : 931-937 pp.
- [33] Chauvaud L., 1998. La coquille Saint-Jacques en Rade de Brest : un modèle biologique d'étude des réponses de la faune benthique aux fluctuations de l'environnement. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale.
- [34] Thouzeau G., Chauvaud L., Grall J. et Guérin L., 2000. Rôle des interactions biotiques sur le devenir du pré-recrutement et la croissance de *Pecten maximus* (L.) en rade de Brest. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie*, 323(9) : 815-825 pp.
- [35] Chauvaud L., Donval A., Thouzeau G., Paulet Y.M. et Nézan E., 2001. Variations in food intake of *Pecten maximus* (L.) from the Bay of Brest (France) : Influence of environmental factors and phytoplankton species composition. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie*, 324(8) : 743 - 755 pp.
- [36] Guérin L., 2004. La crépidule en Rade de Brest : Un modèle biologique d'espèce introduite proliférante en réponse aux fluctuations de l'environnement. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 323 p. + Annexes.
- [37] Desroy N., Soudant D., Auby I., Barillé A.L., Blanchet H., Gentil F., Hily C., Oger-Jeanneret H., Sauriau P.G., 2010. Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : Etat écologique des masses d'eau - Année 2007 - Façade Atlantique Rapport REBENT - RST.LER/FBN-10-011-DN REBENT.
- [38] Guillou J., 1982. Variability of *Donax trunculus* and *Donax vittatus* populations in Douarnenez Bay. *Netherlands Journal of Sea Research*, 16 : 88-95 pp.
- [39] Drèves L., Clabaut P., Chevalier C., Abernot-Le Gac C., 2006. Étude biomorphosédimentaire du domaine marin entre Dieppe et Criel sur mer (Seine maritime, France) - Mission Cauxsom Rapport Ifremer DOP/ LER/06.04 108 pp.+ annexes + 2 cartes 1/10000.
- [40] Dewarumez J.M. et Ghillebaert F., 2007. Suivi de la Biodiversité du Bassin Maritime au niveau du site de la Centrale de DK6.
- [41] Dauvin J.C., Ruellet T., Thiébaud E., Gentil F., Desroy N., Janson A. L., Duhamel S., Jourde J., et Simon S., 2007. The Presence of *Melinna palmata* (Annelid Polychaete) and *Ensis directus* (Mollusc Bivalve) as indicators of environmental changes in the Bay of Seine. *Cahiers de Biologie Marine*, 48 : 391-401 pp.
- [42] Barnay A.S., 2003. Structure des peuplements de sables fins plus ou moins envasés en Manche : échelles spatiales et biodiversité. Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie.
- [43] Thiébaud E., Cabioch L., Dauvin J.-C., Retière C., et Gentil F., 1997. Spatio-temporal persistence of the *Abra alba*-*Pectinaria koreni* muddy-fine sand community of the eastern Bay of Sein. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 77(1165-1185).
- [44] Janson A.-L., 2007. Évolution de la biodiversité benthique des vasières subtidales de l'estuaire de la Seine en réponse à la dynamique sédimentaire. De l'approche descriptive à l'approche fonctionnelle. Thèse de Doctorat, Université de Rouen, 282 p. + Annexes.
- [45] Nebout T., Desroy N. et Le Mao P., 2010. District Seine-Normandie. Coordination de l'étude des peuplements benthiques du district Seine-Normandie dans le cadre du contrôle de surveillance REBENT-DCE-Manche IFREMER/LERFBN/SD/CRESCO/REBENT Réseau de Surveillance benthique (REBENT).
- [46] Nebout T., Olivier F. et Fournier J., 2008. Étude des peuplements benthiques Ouest et Nord Cotentin dans le cadre du contrôle de surveillance REBENT DCE Manche Contrat n07/2.210088 REBENT DCE Manche 42 pp.
- [47] Olivier F. et Fournier J., 2006. Acquisition des données biologiques (Invertébrés de substrat meuble) complémentaires à la définition du réseau de surveillance, en application de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) Rapport final de l'action 1 des campagnes 2006 de l'Archipel de Chausey au Cap Lévy (Masses d'eau HCO1 à HC06) Directive Cadre sur l'Eau.
- [48] Trigui R. J., 2009. Influence des facteurs environnementaux et anthropiques sur la structure et le fonctionnement des peuplements benthiques du Golfe Normano-Breton. Thèse de Doctorat, Museum National d'Histoire Naturelle, 200 p. + Annexes.
- [49] Le Mao P. et Retière C., 2005. Bilan du chantier PNEC Bai du Mont-Saint-Michel Programme national Environnement Côtier, Fondation Total 93 pp.
- [50] Mary M. et Vial R., 2009. Document d'Objectifs Natura 2000 - Baie du Mont-Saint- Michel, Tome 1 : Etat des lieux DocOb (Natura 2000) Conservatoire du littoral, DIREN Bretagne, DIREN Basse-Normandie 273 pp.
- [51] Guillaumont B., Barnay A.S., Croguennec C., et Oger-Jeanneret H., 2006. Contrôle de surveillance benthique

- de la Directive Cadre Eau: Etat des lieux et propositions - District Loire-Bretagne Ifremer - REBENT.
- [52] Godet L., 2008. L'évaluation des besoins de conservation d'un patrimoine naturel littoral marin - L'exemple des estrans meubles de l'archipel de Chausey. Thèse de Doctorat, Museum National d'Histoire Naturelle, 366 p. + Annexes.
- [53] Gentil F., 2005. Suivi stationnel des sables sublittoraux pour l'année 2005 Résultats de la surveillance du Benthos Région Bretagne Rapport REBENT - Station Biologique de Roscoff.
- [54] Gentil F., 2009. Suivi stationnel des sables sublittoraux pour l'année 2009. Résultats de la surveillance du Benthos - Région Bretagne Rapport REBENT Station Biologique de Roscoff.
- [55] Dauvin J. C., 1984. Dynamique d'écosystèmes macrobenthiques des fonds sédimentaires de la baie de Morlaix et leur perturbation par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI.
- [56] Dauvin J. C., 1991. Effets à long terme de la pollution de l'Amoco Cadiz sur la production de deux peuplements subtidiaux de sédiments fins de la Baie de Morlaix (Manche Occidentale). In *Estuaries and Coasts : Spatial and Temporal Intercomparisons, Proceedings of the ECSA 19 Symposium*, eds. M. Elliot and J. P. Ducrotoy, pp. 349- 358. Olsen and Olsen, Fredensborg, Denmark.
- [57] Dauvin J. C., 1998. The Fine Sand *Abra alba* Community of the Bay of Morlaix Twenty Years after the Amoco Cadiz Oil Spill. *Marine Pollution Bulletin*, 36(9) : 669-676 pp.
- [58] Dauvin J. C., Dewarumez J.-M., Elkaim B., Bernardo D., Fromentin J.M. et Ibanez F., 1993. Cinétique de *Abra alba* (mollusque bivalve) de 1977 à 1991 en Manche-Mer du Nord, relation avec les facteurs climatiques. *Oceanologica Acta*, 16 : 413-422 pp.
- [59] Dauvin J. C. et Gentil F., 1989. Long-term changes in populations of subtidal bivalves (*Abra alba* and *A. prismatica*) from the Bay of Morlaix (Western English Channel). *Marine Biology*, 103 : 63-73 pp.
- [60] Fromentin J.M., Dauvin J.C., Ibanez F., Dewarumez J.M. et Elkaim B., 1997. Long-term variations of four macrobenthic community structures. *Oceanologica Acta*, 20 : 43-53 pp.
- [61] Fromentin J.M., Ibanez F., Dauvin J.C., Dewarumez J.M. et Elkaim B., 1997. Long-term changes of four macrobenthic assemblages from 1978 to 1992. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 77 : 287-310 pp.
- [62] Ibanez F., Dauvin J.-C. et Etienne M., 1993. Comparaison des évolutions à long terme (1977-1990) de deux peuplements macrobenthiques de la baie de Morlaix (Manche occidentale) : relations avec les facteurs hydroclimatiques. *J. Mar. Biol. Ecol.*, 169 : 181-214 pp.
- [63] InVivoEnvironnement, 2011. Rapport d'avancement pour le Lot Natura 2000 en Mer « Parc Naturel Marin des 3 Estuaires » Rapport provisoire Version 3 21 pp.
- [64] InVivoEnvironnement, 2010. Justification du plan d'échantillonnage pour le lot Natura 2000 en Mer « Baie de Seine Occidentale ». Rapport provisoire Agence des Aires Marines Protégées 28 pp.
- [65] InVivoEnvironnement, 2010. Justification du plan d'échantillonnage pour le Lot Natura 2000 en Mer « Récifs du Cap Levi » Agence des Aires Marines Protégées 26 pp.
- [66] Astérie et Ecosub, 2010. Natura 2000 en Mer - Inventaires biologiques et analyse écologique de l'existant. Lot 3 : Golfe Normand-Breton. Rapport intermédiaire Agence des Aires Marines Protégées 171 pp.
- [67] Astérie et Ecosub, 2011. Natura 2000 en Mer - Démarche Parc Naturel Marin. Synthèse de l'existant dans le Golfe Normand-Breton. Tome 0 : Document provisoire Agence des Aires Marines Protégées 199 pp.
- [68] TBM/Chauvaud et Hocer, 2010. Avancement du marché « Inventaires biologiques et analyse écologique de l'existant - Natura 2000 en mer - Lot n4 Sites DFF Atlantique Bretagne Nord » Agence des Aires Marines Protégées - Natura 2000 - Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer 5 pp.
- [69] Inventaires biologiques et analyse de l'existant - Lot n°5 Sites DFF Atlantique Bretagne Sud Natura 2000 en mer.
- [70] 2011. Inventaire cartographique des habitats marins du site Natura 2000 Plateau du Four FR5202010, 2011 - Inventaires biologiques et analyse écologique de l'existant Lot 5 Sites DFF Atlantique Bretagne Sud Natura 2000 en mer.
- [71] Créocéan, IMA, EPOC et LIENS/CNRS, 2010. Natura 2000 en Mer - Lot 2 Pertuis Charentais et Estuaire de la Gironde : Cartographie et Évaluation des habitats marins. Phase 1 : Synthèse bibliographique des connaissances sur les habitats marins de la zone d'étude du futur PNM Dossier 1-10007R Agence des Aires Marines Protégées - Natura 2000 - Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer 175 pp., La Rochelle.
- [72] Créocéan et IMA, 2010. Natura 2000 en Mer - Lot 4 Aquitaine - Côte Basque : Cartographie et Évaluation des habitats marins. Phase 1 : Synthèse bibliographique des connaissances sur les habitats marins de la zone d'étude Dossier 10007-S Agence des Aires Marines Protégées - Natura 2000 - Ministère de l'écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer 234 pp., La Rochelle.
- [73] Créocéan, EPOC et IMA, 2010. Natura 2000 en Mer - Lot 4 Aquitaine - Hourtin : Cartographie et Évaluation des habitats marins. Phase 1 : Synthèse bibliographique des connaissances sur les habitats marins de la zone d'étude Dossier 10007-S Agence des Aires Marines Protégées - Natura 2000 - Ministère de l'écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer 70 pp., La Rochelle.
- [74] Créocéan, EPOC, G.E.O. Transfert et IMA, 2010. Natura 2000 en Mer - Lot 3 Bassin d'Arcachon : Cartographie et évaluation des habitats marins. Phase 1 : Synthèse bibliographique des connaissances sur les habitats marins de la zone d'étude du futur PNM. Dossier 1-10007-T Agence des Aires Marines Protégées - Natura 2000 - Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer 113 pp., La Rochelle.