CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MANCHE - MER DU NORD

CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MANCHE - MER DU NORD

JUIN 2012

ÉTAT BIOLOGIQUE

Caractéristiques biologiques - biocénoses

Biocénoses des fonds meubles du circalittoral

Céline Rolet
et Nicolas Desroy
(Ifremer, Dinard).
Avec la collaboration de
Louis Cabioch (CNRS, Roscoff),
Franck Gentil (UPMC, Roscoff),
Jean-Marie Dewarumez (CNRS, Wimereux),
Sandrine Vaz (Ifremer, Boulogne-sur-mer),
Aurélie Foveau
et Patrick Le Mao
(Ifremer, Dinard),
Estelle Baudinière
et Pascal Laffargue
(Ifremer, Nantes).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
Agence des aires marines protégées
Ifremer

1. CONTEXTE GÉNÉRAL

La Manche et son prolongement dans la partie sud de la mer du Nord est une mer épicontinentale peu profonde qui se caractérise par un trait de côte diversifié : estrans sableux ou rocheux, plages de sables ou de galets entrecoupées de baies, rias ou estuaires abritant des marais littoraux, des vasières ou autres prés salés.

Elle est sous forte influence Atlantique à l'ouest. Les conditions marégraphiques et hydrodynamiques y sont particulières : l'amplitude moyenne des marées de vives eaux varie de 5 à 12 m avec des vitesses de courants de marée très variables. L'étude des courants résiduels de marée permet de mettre en évidence des zones de rétention, de dispersion et d'advection très marquées.

Les gradients de courants de marée instantanés sont associés à une succession sédimentaire conduisant des fonds caillouteux dans les zones de très forts courants (Manche armoricaine, centrale et détroit du pas de Calais), vers des sédiments fins enclavés dans les baies et les estuaires [1]. Bien que la progression générale des eaux de l'Atlantique vers la mer du Nord soit en Manche déterminée par la marée, le régime des vents n'est pas à négliger. Ainsi, des vents d'est soufflant pendant plusieurs jours peuvent entraîner une inversion du sens de la circulation générale.

En été, à l'entrée de la Manche, la mise en place d'une thermocline sépare les eaux stratifiées à l'ouest des eaux brassées à l'est dans lesquelles se déversent, le long d'un « fleuve côtier », les apports d'eaux douces des rivières, Seine et Somme principalement. Il en résulte un gradient thermique marqué entre les eaux occidentales, sous influence Atlantique, et les eaux orientales, sous influence continentale. Le réchauffement thermique des eaux de la Manche traduit régionalement le signal de réchauffement observé à l'échelle de l'Atlantique Nord-est durant les dernières décennies.

Les biocénoses étudiées ici sont situées dans le domaine circalittoral. Cet étage correspond à la partie basse de la zone photique, presque totalement sombre. Il s'étend entre les profondeurs de raréfaction des algues photophiles (qui préfèrent les zones exposées à la lumière) et de disparition des algues sciaphiles (qui préfèrent les zones moins exposées à la lumière). La limite supérieure, qui varie en fonction de la turbidité, notamment en Manche orientale, fluctue entre 20 et 40 m en Manche occidentale et 10 à 20 m en Manche orientale.

2. CAMPAGNES D'EXPLORATION

2.1. CAMPAGNES HISTORIQUES

L'étude des fonds marins de la Manche a débuté à la fin du XIXe siècle par la réalisation de listes d'espèces récoltées aux alentours des stations marines de Roscoff, Plymouth et du Portel, et de cartes de leurs distributions dans ces secteurs. Au début des années 1960, Norman Holme [2] [3] entreprit les premières études de la faune benthique à l'échelle de la Manche (Annexe 2). La stratégie d'échantillonnage, basée sur des radiales transversales, laissa de vastes secteurs inexplorés. Elle permit toutefois déjà d'identifier les cinq peuplements benthiques majeurs de la Manche. Dix ans plus tard, Louis Cabioch étudia les peuplements benthiques au large de Roscoff, puis de la Manche occidentale [4], avant de s'associer avec d'autres chercheurs français au sein du RCP (Recherche Coopérative sur Programme) « Manche », puis du GRECO (Groupement de Recherches Coordonnées) « Manche » et enfin du GDR (Groupement de Recherche) « Manche » pour caractériser les peuplements de la Manche orientale [5] [6] [7] [8] [9]. La Manche fut donc intégralement couverte (Annexe 3) par un échantillonnage qualitatif réalisé à la drague Rallier du Baty.

2.2. CAMPAGNES RÉCENTES

Postérieurement aux travaux de Holme, de Cabioch et de leurs collaborateurs, peu d'études ont été conduites à une échelle spatiale régionale. Les peuplements benthiques du bassin oriental de la Manche ont fait l'objet d'une nouvelle prospection à la drague Rallier du Baty sur les fonds les plus durs et aux bennes Hamon et Van Veen dès lors que cela était possible, entre les années 2004 et 2007 (461 stations échantillonnées dont 318 traitées) lors de la thèse de doctorat de Foveau [10]. Quelques études locales, dont les résultats sont souvent

confidentiels et donc non-accessibles, ont également été réalisées par des laboratoires universitaires et des entreprises privées, notamment des extracteurs de granulats [11] (Annexe 4).

Le programme de recherche inter-régional franco-britannique « CHARM » (Channel Habitat Atlas for Marine Resource Management), dans ses phases I, II et III, a également permis de mieux définir la distribution spatiale d'abondance de quelques espèces benthiques caractéristiques ou d'intérêt commercial en Manche orientale ainsi que leur habitat potentiel et/ou favorable [12] [13]. Depuis 2006, les campagnes halieutiques réalisées par l'Ifremer (International Bottom Trawl Survey et Channel Ground Fish Survey) prélèvent la mégafaune épibenthique au chalut de fond GOV (à Grande Ouverture Verticale) et permettent d'obtenir des cartes de répartition de ces espèces.

Si les études actuelles de la macrofaune benthique s'appuient toujours sur l'utilisation de la drague Rallier du Baty sur les fonds durs et des bennes Hamon et Van Veen sur les fonds meubles, d'autres outils innovants tels que la vidéo sous-marine sont désormais intégrés au protocole d'acquisition de données.

3. ÉTAT DES CONNAISSANCES DES BIOCÉNOSES ET ESPÈCES BENTHIQUES DES FONDS MEUBLES DU CIRCALITTORAL

3.1. BIOCÉNOSES BENTHIQUES

3.1.1. Biocénose des cailloutis et galets circalittoraux et faciès associés

En domaine circalittoral, les peuplements benthiques se distribuent principalement sur des fonds meubles de type cailloutis et graviers. La **biocénose des cailloutis et galets circalittoraux à épibiose sessile** (A4.13_FR01 de la typologie EUNIS), présente dans les zones de plus fort hydrodynamisme – entrée de la Manche au golfe Normand-Breton, Manche centrale, Pays de Caux, détroit du pas de Calais – recouvre ainsi une grande partie de la Manche [4] [9] [10] [15] (figure 1). Cette biocénose présente la plus forte richesse spécifique moyenne.

Si sa faune est composée en majorité d'espèces fixées (spongiaires, cnidaires et bryozoaires), les espèces vagiles appartenant aux arthropodes crustacés décapodes et aux échinodermes sont également nombreuses et/ou abondantes. Une des espèces typiques de cette biocénose est l'échinoderme ophiuride *Ophiothrix fragilis*, qui peut recouvrir l'ensemble des fonds, comme le long des côtes du Pays de Caux, de la baie de Seine et du détroit du pas de Calais [9] [16].

Cette biocénose se décline sous différents faciès en réponse aux conditions hydrodynamiques ambiantes. Ainsi, dans le détroit du pas de Calais, c'est sous la forme du faciès des « **Bancs de *Modiolus modiolus* avec *Mimachlamys varia*, éponges, hydraires et bryozoaires sur substrat hétérogène circalittoral très abrité soumis à faible courant de marée** » (A5.624) que se présente cette biocénose (Annexe 5). Ce faciès à *Modiolus modiolus* (30 % des espèces récoltées) se développe dès lors que la profondeur excède 50 m et abrite une endofaune accompagnatrice importante [9]. Cette unité biosédimentaire, définie comme remarquable au titre de la convention OSPAR, a été bien identifiée par Cabioch et ses collaborateurs dans les années 1970, notamment dans le golfe Normand-Breton et le détroit du pas de Calais. Les prospections effectuées au début des années 2000 par Foveau et ses collaborateurs dans le détroit du pas de Calais n'ont pas permis de la retrouver [10] [17] (Annexe 7).

Dans la « fosse du Cotentin » située au nord de Cherbourg et en baie de Seine, apparaît le **faciès d'appauvrissement de la biocénose des cailloutis plus ou moins graveleux sous fort hydrodynamisme** (A4.13_FR03 de la typologie EUNIS). Présent à des profondeurs comprises entre 40 et 70 m, il est cerné par le faciès-type des cailloutis et galets circalittoraux à épibiose sessile (A4.13_FR01) et le faciès des cailloutis purs (Annexe 5). La richesse spécifique y est plus faible que dans les biocénoses limitrophes. Le groupe des annélides polychètes y est largement dominant devant celui des arthropodes crustacés et des mollusques. Cette unité se caractérise par un mélange d'espèces affines des cailloutis d'une part et des graviers d'autre part [18]. Au sein de cette biocénose sont également présentes des accumulations de sables grossiers, d'origine hydrodynamique, à faune appauvrie.

Cette biocénose abrite enfin les habitats particuliers que sont les moulières à *Mytilus edulis* sur roches et blocs circalittoraux côtiers (A4.241) et sur sédiment mixte (A5.625) le long de la côte est du Cotentin [19] (Annexe 7), ou à *Musculus discors* dans les zones balayées par de très forts courants (Cap de la Hague, nord de l'île Grande ou de l'île de Batz).

À proximité de la côte du Pays de Caux, l'augmentation de la turbidité et la légère dessalure sont à l'origine de la présence du **faciès subcôtier de la biocénose des cailloutis et graviers circalittoraux à épibiose sessile** (A4.13_FR04). Celle-ci présente les mêmes espèces caractéristiques que la biocénose des cailloutis et galets circalittoraux à épibiose sessile, mais une diversité spécifique réduite [7] [18].

Avant de réapparaître dans le détroit du pas de Calais, la biocénose des cailloutis et galets circalittoraux à épibiose sessile laisse progressivement place, à l'entrée du bassin oriental de la Manche à la **biocénose des graviers plus ou moins ensablés** (A4.13_FR02 de la typologie EUNIS) [18] [20]. Cette dernière unité, principalement distribuée en baie de Seine et au centre du bassin oriental de la Manche, apparaît également en enclaves le long de la côte d'Opale, entre les biocénoses des sédiments grossiers sablo-graveleux et des sédiments sableux [5] [18] (figure 1). Elle se caractérise par une faune diversifiée et abondante avec une dominance importante de l'échinoderme *Ophiothrix fragilis*. L'embranchement des arthropodes crustacés y domine en nombre d'espèces, devant celui des annélides polychètes et des mollusques lamellibranches (dont les principales espèces sont l'amande de mer *Glycymeris glycymeris* et la palourde rose *Tapes rhomboides*).

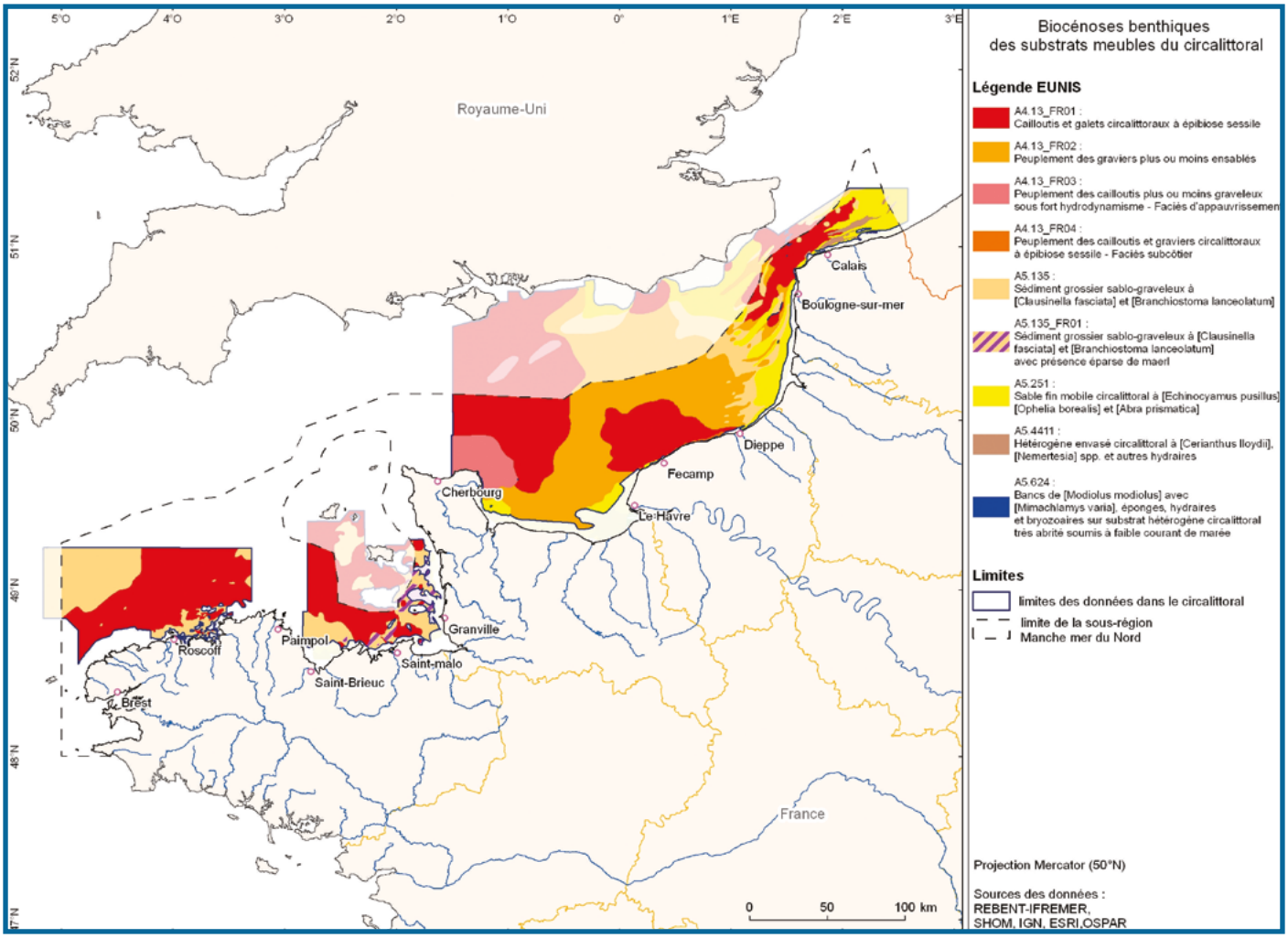


Figure 1 : Cartographie des biocénoses benthiques des fonds meubles du circalittoral en Manche et sud de la mer du Nord (Sources : SHOM, IGN, ESRI, OSPAR, REBENT, Ifremer, 2011).

3.1.2. Biocénose des fonds grossiers circalittoraux et faciès associés

La biocénose la plus représentée à l'échelle de la Manche, puisque présente dans les deux bassins, est celle des **sédiments grossiers sablo-graveleux à *Clausinella fasciata* et *Branchiostoma lanceolatum*** (A5.135 de la typologie EUNIS) (figure 1).

En Manche orientale, elle est rencontrée principalement au large des trois estuaires picards – Canche, Authie et Somme – où elle jouxte le faciès d'appauvrissement des cailloutis [5]. À l'approche de la côte, elle assure la transition avec la biocénose des sables fins mobiles circalittoraux (A5.251 de la typologie EUNIS). Cette biocénose est la plus oligospécifique puisque n'étant composée que d'une quinzaine d'espèces parmi lesquelles les plus représentatives sont le céphalochordé *Branchiostoma lanceolatum* et les mollusques lamellibranches *Spisula solida* et *Glycymeris glycymeris* [9].

En Manche occidentale, cette biocénose tapisse les intervalles entre les pointements rocheux, le long des côtes nord de la Bretagne, dès lors que les courants de marée sont assez forts pour empêcher la sédimentation fine. Elle est également signalée plus au large, à l'entrée de la Manche [4]. Au sein du golfe Normand-Breton (Annexe 5), elle se développe sur des graviers riches en débris coquilliers (valves ou fragments de coquilles des mollusques lamellibranches *Glycymeris glycymeris*, *Tapes rhomboides* et *Timoclea ovata*).

Cette biocénose est dominée par les annélides polychètes, les mollusques lamellibranches *Clausinella (Venus) fasciata, Venus casina, Gari tellinella* et les arthropodes crustacés décapodes et les échinodermes *Spatangus purpureus*. Cette biocénose peut se décliner en différents faciès selon les auteurs : faciès-type (décrit ici), faciès d'appauvrissement, faciès à *Abra prismatica* et *Glycymeris glycymeris* ou encore faciès d'épifaune à *Sabellaria spinulosa* [4] [15].

Au sein du golfe Normand-Breton (Annexe 5), cette biocénose, lorsqu'elle abrite du maërl (*Lithothamnium* sp.) devient alors la **biocénose des sédiments grossiers sablo-graveleux à *Clausinella fasciata* et *Branchiostoma lanceolatum* avec présence éparse de maërl** (A5.135_FR01 de la typologie EUNIS) (figure 1). Dite d'appauvrissement climatique, elle est recensée à la périphérie du golfe et soumise à des écarts thermiques importants [15]. Ce faciès se retrouve également de façon vestigiale sur le massif des Ridens, seul site de la Manche orientale où l'on note sa présence.

3.1.3. Biocénose des fonds sableux circalittoraux

La **biocénose des sables fins mobiles circalittoraux à *Echinocyamus pusillus*, *Ophelia borealis* et *Abra prismatica*** (A5.251 de la typologie EUNIS) n'est présente qu'en Manche orientale (figure 1). Elle se localise sur les bancs sableux se développant depuis les côtes de Haute-Normandie jusqu'à celles de la mer du Nord, dans des zones d'atténuation des courants [5] [7] [9]. Faisant suite aux fonds graveleux ensablés, cette biocénose est décrite sur des formations dunaires sableuses (bancs des Cardonnet et de la rade) en baie de Seine occidentale et au large du Havre en baie de Seine orientale [18] [20] (Annexe 5). Les espèces caractéristiques de cette biocénose sont les annélides polychètes *Nephtys cirrosa, Spiophanes bombyx, Ophelia borealis, Spio filicornis* et l'échinoderme *Echinocardium cordatum*.

3.1.4. Biocénose des sédiments hétérogènes envasés circalittoraux

La **biocénose de l'hétérogène envasé circalittoral à *Cerianthus lloydii*, *Nemertesia* spp. et autres hydraires** (A5.4411) est uniquement présente au sud de la mer du Nord où elle occupe les dépressions inter-bancs situées à des profondeurs de 20 à 30 m (Annexe 5). Si dans sa partie ouest, elle est comparable à la biocénose des cailloutis, dans sa partie est, elle se rapproche de la biocénose à *Abra alba* infralittorale et peut, à ce titre, être considérée comme un écotone (zone de transition entre deux écosystèmes) [21]. Elle présente un consortium d'espèces caractéristiques se retrouvant dans d'autres biocénoses : les cnidaires *Sagartia troglodytes* et *Cerianthus lloydii*, les polychètes *Owenia fusiformis* et *Sthenelais boa*, le bivalve *Abra alba*. L'épifaune sessile y est pauvre alors que l'épifaune vagile y est abondante [8] [9].

3.2. ESPÈCES REMARQUABLES

Une espèce de polychète, l'hermelle, *Sabellaria spinulosa,* forme des « placages » ou de véritables récifs (« récifs à hermelles ») au sein de cette biocénose, notamment en Manche occidentale. Elle présente ainsi un fort intérêt écologique permettant de considérer ses récifs (A5.611) comme un habitat particulier (Dubois, S., communication personnelle) (Annexe 7).

Parmi les espèces benthiques présentant un intérêt écologique, commercial et/ou culturel et présentes en Manche (Annexe 8), certaines sont listées par différentes directives ou conventions (conventions Oslo-Paris, de Berne et de Barcelone, Natura 2000) : le cnidaire *Alcyconium digitatum* ; les mollusques *Arctica islandica*, *Charonia lampas*, *Musculus discors*, *Nucula nucleus* et *Pholas dactylus* ; et l'arthropode crustacé *Homarus gammarus*.

À l'échelle de la Manche orientale, les phases I et II du programme CHARM [12] [13] ont permis de dresser des cartes d'abondances historiques (données de Cabioch et de ses collaborateurs) et/ou récentes et de probabilité de présence d'un certain nombre d'espèces d'intérêt écologique ou commercial (Annexe 9). Quelques-unes de ces cartes ont été retenues pour illustrer ce rapport.

L'amphioxus *Branchiostoma lanceolatum*, espèce caractéristique de la biocénose A5.135, est présent au cœur de cette biocénose, au large de la Haute-Normandie ainsi qu'au large sur les bancs des Flandres.

Si l'amande de mer *Glycymeris glycymeris* et la palourde rose *Tapes rhomboides*, espèces d'intérêt commercial, sont largement distribuées en Manche, elles sont préférentiellement présentes dans les biocénoses A5.135 et A4.13_FR02.

En Manche orientale, la coquille Saint-Jacques *Pecten maximus*, espèce à forte valeur commerciale, se rencontre également dans ces mêmes biocénoses (A5.135 et A4.13_FR02), en Baie de Seine, au large du Pays de Caux et dans la partie centrale de la Manche. En Manche occidentale, sa distribution, bien que mal cartographiée, s'étend tout le long des côtes de Bretagne avec deux gisements principaux que sont les baies de Saint-Brieuc et de Saint-Malo [22].

L'annélide polychète *Ophelia borealis*, qui caractérise la biocénose des sables fins mobiles circalittoraux (A5.251), est présent le long des côtes britanniques ainsi que sur les bancs sableux des côtes françaises de la Manche orientale. C'est une proie particulièrement recherchée par les poissons démersaux.

En Manche orientale, l'échinoderme *Ophiothrix fragilis*, caractéristique de la biocénose des cailloutis et galets circalittoraux à épibiose sessile (A4.13_FR01) mais également présente au sein des autres biocénoses constituées de graviers (A4.13_FR02, A4.13_FR03), est rencontrée au centre de la Manche, en baie de Seine, au large du Pays de Caux et dans le détroit du pas de Calais où elle peut former des bancs avec des densités supérieures à 2300 ind·m^{-2} [9] [16].

En Manche occidentale, elle est largement distribuée sur les fonds de cailloutis et de galets mais sa distribution n'a pas fait l'objet d'une cartographie [4] [15].

4. DISCUSSION

Les études des peuplements benthiques à l'échelle de la Manche ont eu lieu principalement autour des années 1970. Ces données, toujours en cours de traitement, ne sont pas encore disponibles. La distribution spatiale des principales espèces recensées lors des campagnes d'exploration de la Manche par Cabioch et ses collaborateurs devrait prochainement faire l'objet de la publication d'un atlas. Cet ouvrage constituera l'unique vision à cette échelle spatiale. Suite aux travaux de Raffin [23] au début des années 2000, une cartographie des biocénoses benthiques de la mer d'Iroise a été réalisée par l'Ifremer de Brest (Département DYNamiques de l'Environnement CÔtier) et est en cours de validation. Elle sera prochainement disponible sur le site du

REBENT[1] et viendra compléter la couverture de la Manche. Le travail de laboratoire (tri, identification des espèces…) découlant des campagnes de prélèvements est en effet un travail long, rendant difficile, dans l'état actuel des moyens humains mis en œuvre, la perspective de suivis réguliers des biocénoses benthiques à grande échelle d'espace.

Peu de données récentes existent et parmi celles-ci, beaucoup ne sont pas accessibles (données privées, à caractère industriel ou en cours de traitement). À une échelle régionale, seule la Manche orientale a fait l'objet d'une prospection récente dont les données, en cours de valorisation, ne sont pas encore accessibles [10].

Malgré ce travail, il est impossible de dégager des tendances évolutives des biocénoses benthiques en Manche orientale depuis les années 1970, en raison de différences méthodologiques. Les prélèvements effectués par Cabioch et ses collaborateurs ont en effet été triés à bord, alors que ceux réalisés par Foveau et ses collaborateurs l'ont été au laboratoire. Il en résulte ainsi un doublement de la richesse spécifique (Annexe 10). En se basant sur les espèces de la mégafaune, il en résulte que les grands ensembles biosédimentaires sont toujours en place, malgré des changements pouvant survenir localement suite à des pressions naturelles et/ou anthropiques.

Des investigations devraient être prochainement programmées en Manche occidentale (2012 et 2013), et dont le but sera de juger, à l'aide de prélèvements effectués à la drague Rallier du Baty, de l'évolution des limites de distribution de la mégafaune benthique (mollusques, arthropodes crustacés décapodes et échinodermes) depuis les années 1970 en réponse à l'élévation des températures de l'eau de mer. Même si quelques dizaines de prélèvements quantitatifs seront également effectués, l'objectif de cette mission n'est pas de re-décrire les biocénoses benthiques.

1 http://www.rebent.org

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Larsonneur C., Bouysse P. et Auffret J-P., 1982. The superficial sediments of the English Channel and its western approache. *Sedimentology*, 29 : 851-864.

[2] Holme N-A., 1961. The bottom fauna of the English Channel. Part I. *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom*, 41 : 397-461.

[3] Holme N-A., 1966. The bottom fauna of the English Channel. Part II. *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom*, 46 : 401-493.

[4] Cabioch L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cahiers de Biologie Marine*, 9, Supplément 5 : 493-720.

[5] Cabioch L. et Glaçon R., 1975. Distribution des peuplements benthiques en Manche orientale, de la baie de Somme au Pas-de-Calais. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris, série D* 280 : 491-494.

[6] Cabioch L. et Gentil F., 1975. Distribution des peuplements benthiques dans la partie orientale de la baie de Seine. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris, série D* 280 : 571-574.

[7] Cabioch L. et Glaçon R., 1977. Distribution des peuplements benthiques en Manche orientale, du Cap d'Antifer à la baie de Somme. *Compte rendu de l'Académie des Sciences de Paris, série D* 280 : 209-212.

[8] Souplet A., Glaçon R., Dewarumez J.-M. et Smigielski F., 1980. Distribution des peuplements benthiques littoraux en mer du Nord, du cap Blanc-Nez à la frontière belge. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris, série D* 290 : 627-630.

[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 et notice explicative. Station marine de Wimereux :* 30 pp.

[10] Foveau A., 2009. Habitats et communautés benthiques du bassin oriental de la Manche : état des lieux au début du XXIème siècle. *Thèse de Doctorat de l'Université de Lille 1* : 308 pp.

[11] Lozach S., 2008. Communautés benthiques en Manche : typologie des habitats et variations biogéographiques de la communauté de graviers dans son bassin oriental. *Mémoire de DSR, Université des Sciences et Technologies de Lille*, 137 pp.

[12] Carpentier A., Vaz S., Martin C.S., Coppin F., Dauvin J.-C., Desroy N., Dewarumez J.-M., Eastwood P. D., Ernande B., Harrop S., Kemp Z., Koubbi P., Leader-Williams N., Lefèbvre A., Lemoine M., Meaden G. J., Ryan N., Walkey M., 2005. Eastern Channel Habitat Atlas for Marine Resource Management (CHARM), Atlas des Habitats des Ressources Marines de la Manche Orientale, INTERREG IIIA, 225 pp.

[13] Carpentier A., Martin C.S., Vaz S. (Eds), 2009. Channel Habitat Atlas for marine Resource Management, final report/ Atlas des habitats des ressources marines de la Manche orientale, rapport final (CHARM phase II). INTERREG 3a Programme, IFREMER, Boulogne-sur-mer, France. 626 pp. & CD-rom.

[14] *European Nature Information System (EUNIS)*, 2011. Available from : http://eunis.eea.europa.eu/

[15] Retière C., 1979. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du Golfe Normano-Breton. *Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes* : 431 pp.

[16] Davoult D., 1988. Étude du peuplement des cailloutis à épibiose sessile et de la population d'*Ophiothrix fragilis* (Abildgaard) du détroit du Pas-de-Calais (France). *Thèse de Doctorat de l'Université des Sciences et Technologies de Lille* : 213 pp.

[17] Foveau A., 2005. Évolution des fonds à *Modiolus modiolus* dans le détroit du Pas-de-Calais. *Master Recherche 2 EDEL, Université de La Rochelle, Station marine de Wimereux :* 39 pp.

[18] Gentil F. et Cabioch L., 1997a. Carte des peuplements macrobenthiques de la Baie de Seine et Manche centrale sud. 18 + carte.

[19] Cochard M.-L. et Morin J., 2010. Les gisements mouliers de l'est Cotentin. Compte-rendu de la prospection 2010, Ifremer, Département halieutique Manche - Mer du Nord, Laboratoire halieutique Port-en-Bessin, 25 pp.

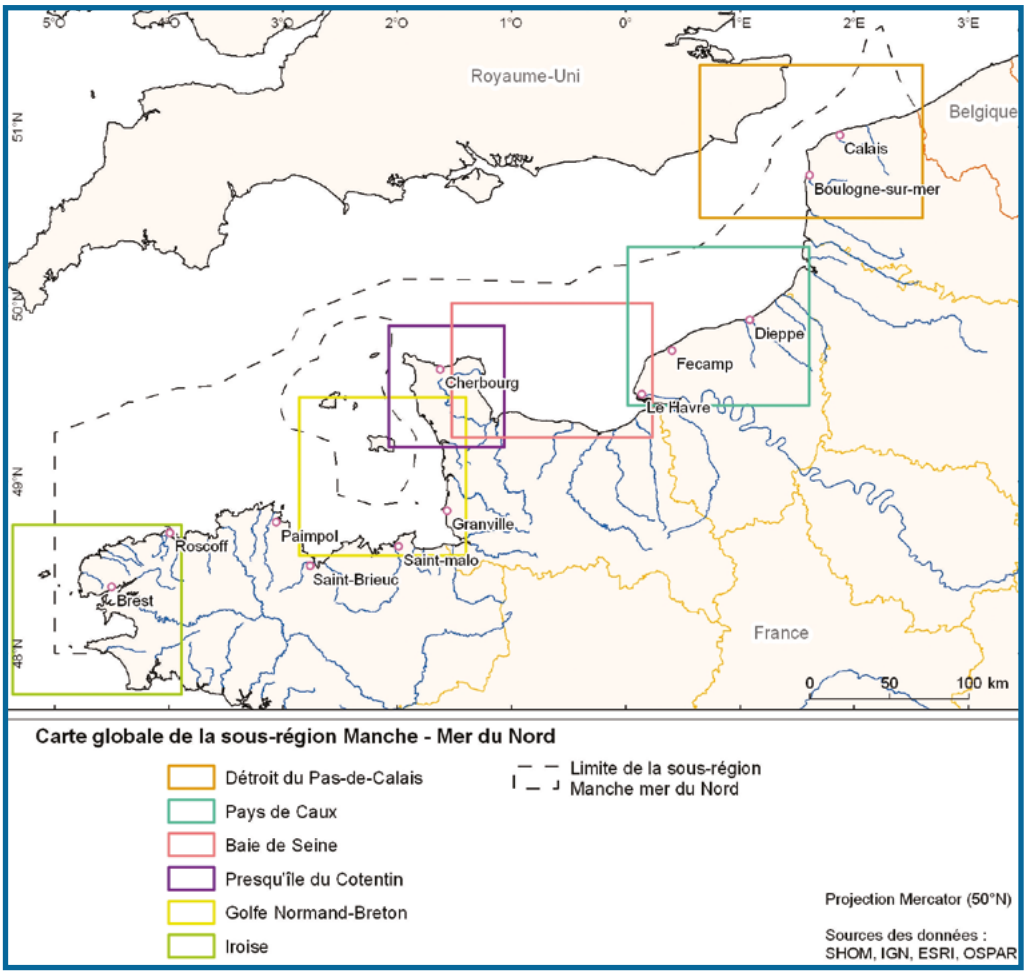
[20] Gentil F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en baie de Seine. *Thèse de 3ème cycle, Université Paris VI* : 70 pp.

[21] Dewarumez J-M., Davoult D., Sanvicente Anorve L.E. et Frontier S., 1992. Is the « muddy heterogeneous sediment assemblage » an ecotone between the pebbles community and the *Abra alba* community in the southern bight of the North Sea? *Netherlands Journal of Sea Research*, 30 : 229-238.

[22] Augris C., Hamon D. (coordinateurs) *et al.*, 1996. Atlas thématique de l'environnement marin en baie de Saint-Brieuc (Côtes d'Armor), 72 pages, 20 cartes. *Ed. IFREMER*.

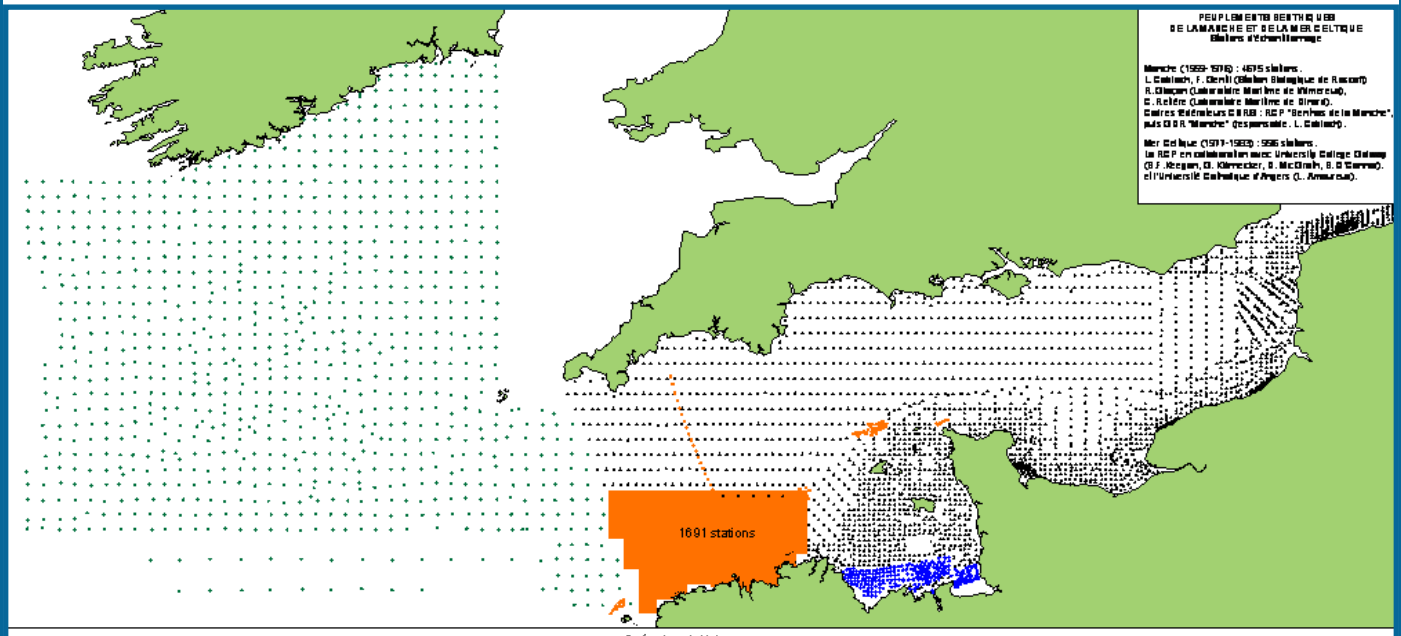
[23] Raffin C., 2003. Bases biologiques et écologiques de la conservation du milieu marin en mer d'Iroise. *Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne occidentale* : 423 pp + annexes.

Annexe 1 : Localisation des différents secteurs repris dans la synthèse.



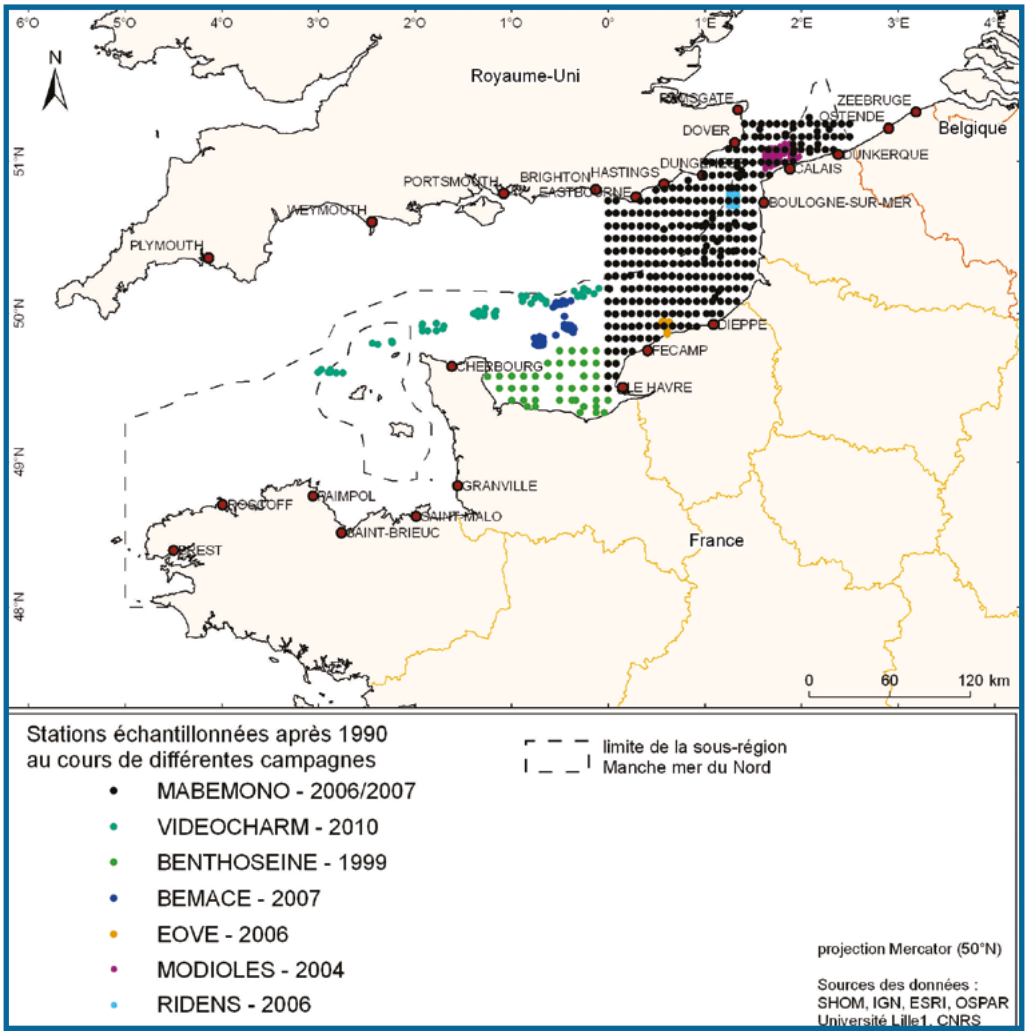
Annexe 2 : Localisation des stations d'échantillonnage de N.A Holme en Manche
(Sources : N.A Holme, 1966).

Annexe 3 : Localisation des stations échantillonnées par Louis Cabioch et ses collaborateurs en Manche et en mer Celtique.

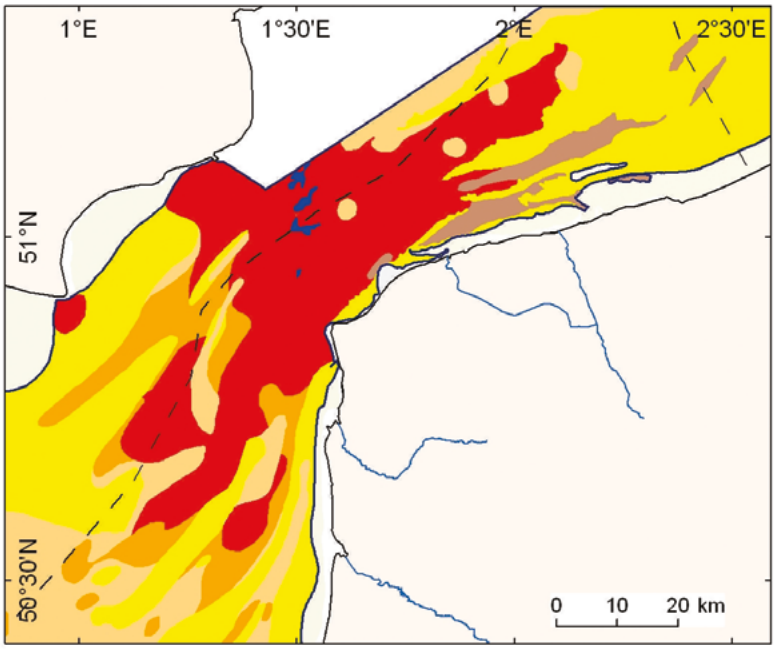


Opérations initiales
Zone orange (1691 stations) et points orange : L. Cabioch, 1959 -1968
Points bleus : C. Retière, 1970 - 1971

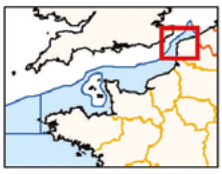
Annexe 4 : Localisation des stations d'échantillonnage de la macrofaune benthique issues de différentes campagnes.



Annexe 5 : Cartes locales des biocénoses benthiques des fonds meubles du circalittoral.



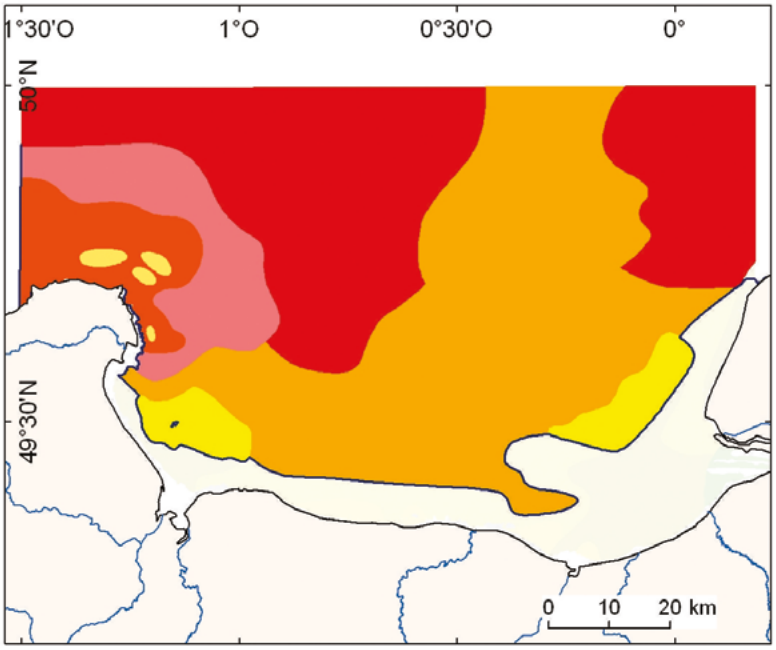
Détroit du Pas-de-Calais, échelle 1/1 400 000



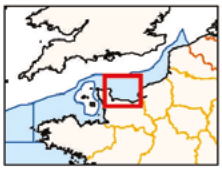
- A4.13_FR01 : Cailloutis et galets circalittoraux à épibiose sessile
- A4.13_FR02 : Peuplement des graviers plus ou moins ensablés
- A5.135 : Sédiment grossier sablo-graveleux à [Clausinella fasciata] et [Branchiostoma lanceolatum]
- A5.251 : Sable fin mobile circalittoral à [Echinocyamus pusillus], [Ophelia borealis] et [Abra prismatica]
- A5.4411 Hétérogène envasé circalittoral à [Cerianthus lloydii], [Nemertesia] spp. et autres hydraires
- A5.624 : Bancs de [Modiolus modiolus] avec [Mimachlamys varia], éponges, hydraires et bryozoaires sur substrat hétérogène circalittoral très abrité soumis à faible courant de marée

Projection Mercator (50°N)

Sources des données : REBENT-IFREMER, SHOM, IGN, ESRI



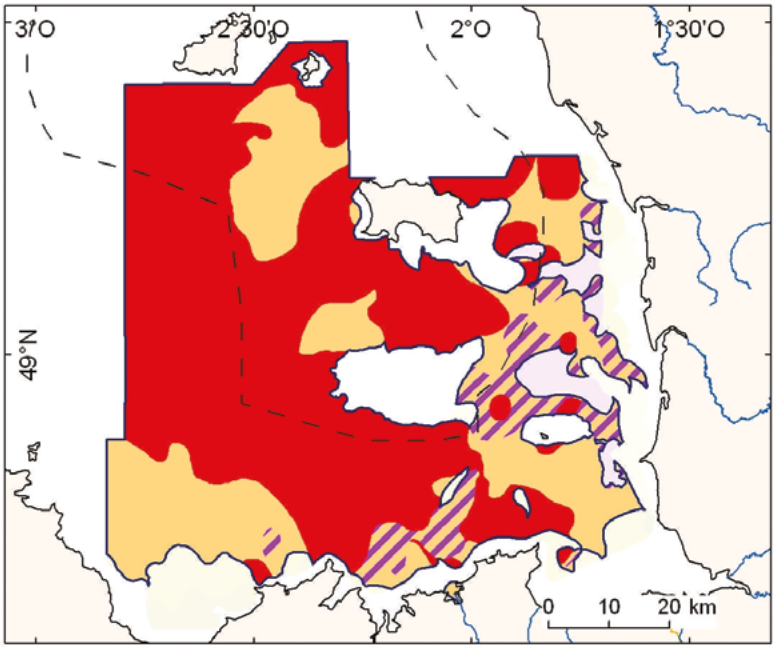
Baie de Seine, échelle 1/1 400 000



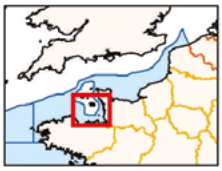
- A4.13_FR01 : Cailloutis et galets circalittoraux à épibiose sessile
- A4.13_FR02 : Peuplement des graviers plus ou moins ensablés
- A4.13_FR03 : Peuplement des cailloutis plus ou moins graveleux sous fort hydrodynamisme - Faciès d'appauvrissement
- A5.251 : Sable fin mobile circalittoral à [Echinocyamus pusillus], [Ophelia borealis] et [Abra prismatica]
- Bancs hydrodynamiques de sables grossiers à faune réduite
- Peuplement des cailloutis plus ou moins graveleux sous fort hydrodynamisme : faciès des cailloutis purs

Projection Mercator (50°N)

Sources des données : REBENT-IFREMER, SHOM, IGN, ESRI



Golfe Normand-Breton, échelle 1/1 400 000



- A4.13_FR01 : Cailloutis et galets circalittoraux à épibiose sessile;
- A5.135 : Sédiment grossier sablo-graveleux à [Clausinella fasciata] et [Branchiostoma lanceolatum]
- A5.135_FR01 : Sédiment grossier sablo-graveleux à [Clausinella fasciata] et [Branchiostoma lanceolatum] avec présence éparse de maerl

Projection Mercator (50°N)

Sources des données : REBENT-IFREMER, SHOM, IGN, ESRI

Annexe 6 : Liste des biocénoses benthiques circalittorales des fonds meubles de la Manche et du sud de la mer du Nord.

LES BIOCÉNOSES DU CIRCALITTORAL	LISTE D'HABITATS/ CONVENTION DE PROTECTION	RÉFÉRENTIEL EUNIS	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	SOURCES DONNÉES	LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE	COMMENTAIRES
Fonds meubles						
*Peuplements de fonds à graviers et cailloutis						
Cailloutis et galets circalittoraux à épifaune sessile – Faciès type		A4.13_FR01, A4.13x	Cabioch (1968), Cabioch et Glaçon (1975 ; 1977), Gentil (1976), Retière (1979), Davoult (1988), Dauvin *et al.* (1994), Gentil et Cabioch (1997), Foveau (2009)	Campagnes diverses, Carte REBENT	Large du Pays de Caux, Centre de la Manche dont baie de Seine, Détroit du Pas-de-Calais, Manche occidentale dont golfe Normano-Breton.	Faciès à Bryozoaires ou Spongiaires dominants dans l'encroûtement, présence d'*Ophiothrix fragilis*.
Cailloutis et graviers circalittoraux à épibiose sessile – Faciès subcôtier		A4.13_FR04, A4.13x	Cabioch et al. (1977)	Campagnes diverses, Carte REBENT	Au niveau du Pays de Caux	
Faciès des cailloutis purs			Gentil et Cabioch (1997)	Carte REBENT	Au niveau de la presqu'île du Cotentin	
Sédiments graviers +/- ensablés circalittoraux - Faciès type		A4.13_ FR02,A4.13x	Gentil et Cabioch (1997), Dauvin *et al.* (1997)	Campagnes diverses, Carte REBENT	Baie de Seine	Transition avec le peuplement des cailloutis à épibiose sessile en Baie de Seine, analogue à la gravelle à *Branchiostoma lanceolatum* (espèce peu récoltée en Baie de Seine)
Peuplement des cailloutis +/- graveleux sous fort hydrodynamisme - Faciès d'appauvrissement		A4.13_FR03, A4.13x	Gentil et Cabioch (1997)	Campagnes diverses	Fosse du Cotentin (entre -40 et -70 m)	
*Peuplements de fonds sableux						
Sédiment grossier sablo-graveleux à (*Clausinella fasciata*) et (*Branchiostoma lanceolatum*) - Faciès d'appauvrissement		A5.135,, A5.135x	Cabioch et Glaçon (1975, 1977), Retière (1979)	Campagnes diverses + Cartes REBENT	Manche orientale, Manche occidentale dont golfe Normano-Breton	
Sédiment grossier sablo-graveleux à (*Clausinella fasciata*) et (*Branchiostoma lanceolatum*) avec présence éparse de maërl		A5.135_FR01				
Sable fin mobile circalittoral à (*Echinocyamus pusillus*), (*Ophelia borealis*) et (*Abra prismatica*)		A5.251	Cabioch et Glaçon (1975, 1977), Gentil (1976), Gentil et Cabioch (1997)	Campagnes diverses, Cartes REBENT	Bancs sableux de la Manche orientale, Baie de Seine	
Sable hétérogène envasé circalittoral à (*Cerianthus lloydii*)		A5.4411	Davoult *et al.* (1988)	Campagnes diverses + carte REBENT	Sud de la mer du Nord	

Annexe 7 : Liste des habitats particuliers circalittoraux des fonds meubles de la Manche et du sud de la mer du Nord.

LES BIOCÉNOSES DU CIRCALITTORAL	LISTE D'HABITATS/ CONVENTION DE PROTECTION	RÉFÉRENTIEL EUNIS	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	SOURCES DONNÉES	LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE	COMMENTAIRES
Habitats particuliers						
Bancs de modioles (*Modiolus modiolus*) avec (*Mimachlamys varia*), éponges, hydraires, bryozoaires sur substrat hétérogène circalittoral très abrité soumis à faible courant de marée		A5.624	Davoult *et al.* (1988), Alizier (2005), Foveau (2005), Bajjouk *et al.* (2010), Martin (2011)	Données multisources (Bajjouk *et al.*, 2010), Campagnes halieutiques Ifremer	Détroit du Pas-de-Calais mais en forte régression, présence dans le Cotentin	Espèce vulnérable. Habitat non recensé à ce jour «en Bretagne» mais habitat Ospar à rechercher
Moulières (*M.edulis*) sur roches et blocs circalittoraux côtiers et sur sédiments mixtes		A4.241 A5.625	Bajjouk *et al.*(2010), Thiébaut & Gentil (com pers.), Cochard et Morin (2010)	Données multisources (Bajjouk *et al.*, 2010)	Large de Barfleur (Cotentin) et côte est du Cotentin	Espèce exploitée au large de Barfleur (Cotentin) (Thiébaut et Gentil, com pers)
Récifs à hermelles, *Sabellaria spinulosa*	Natura 2000 (ZPS)	A5.611	Cabioch (1968), Dubois (com pers.)	Campagnes diverses	Bretagne occidentale (Est de l'île de Batz), Manche dans les zones de cailloutis	Placages de *Sabellaria spinulosa* sur les cailloutis à épibiose sessile (A4.13x)

Annexe 8 : Liste des espèces patrimoniales et commerciales présentes sur les fonds meubles circalittoraux de la Manche et du sud de la mer du Nord.

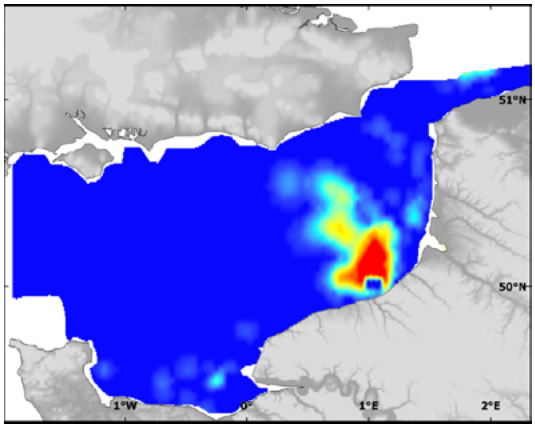
LES BIOCÉNOSES DU CIRCALITTORAL	LISTE D'HABITATS/ CONVENTION DE PROTECTION	RÉFÉRENTIEL EUNIS OU TYPE SÉDIMENTAIRE	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	SOURCES DONNÉES	LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE	COMMENTAIRES
Espèces/groupes						
Aequipecten opercularis (pétoncle blanc)		Sable grossier ou gravelle	Raffin (2003), Carpentier *et al.* (2009), Foveau (2009), Trigui (2009), Martin (2011)	Campagnes diverses, Campagnes halieutiques Ifremer	Manche et sud mer du Nord, mer d'Iroise	Espèce commerciale et vulnérable
Alcyonium digitatum (Alcyon jaune)	NATURA 2000 (1170)	Cailloutis et graviers	Foveau (2009), Martin (2011)	Campagnes diverses, Campagnes halieutiques Ifremer	Manche (principalement dans les cailloutis à épibiose sessile)	Espèce vulnérable
Arctica islandica	IOS5	Fonds rocheux, sableux et sablo-vaseux	Muller (2004), Martin (2011)	Campagnes diverses, Campagnes halieutiques Ifremer	Mer du Nord, Manche dont détroit du Pas-de-Calais	Espèce commerciale, vulnérable et patrimoniale
Atrina fragilis	Espèce patrimoniale en Grande-Bretagne	Fonds vaseux, sablo-vaseux et graveleux	Martin (2011), (Thiébaut et Gentil, com pers.)	Campagnes halieutiques Ifremer	Manche occidentale dont baie de Morlaix	Espèce vulnérable
Buccinum undatum (bulot)		Fonds sableux à graveleux	Retière (1979), Raffin (2003), Carpentier *et al.* (2009), Martin (2011)	Campagnes halieutiques diverses et Ifremer	Détroit du Pas-de-Calais, Baie de Seine, golfe Normand-Breton, mer d'Iroise	Espèce commerciale
Cancer pagurus (touteau)		Fonds rocheux, caillouteux, sableux et sablo-vaseux (jusqu'à 100 m)	Dauvin *et al.* (1997), Raffin (2003), Martin (2011)	Campagnes halieutiques diverses et Ifremer	Manche orientale (Pas-de-Calais et Normandie), Manche occidentale et mer d'Iroise	Espèce commerciale et vulnérable
Charonia lampas (triton noueux)	IBA2	Fonds rocheux entrecoupés de fonds sableux (jusqu'à 80 m)	Müller (2004), Noël *et al.* (2010)	Campagnes diverses, SPN	Manche orientale (Pas-de-Calais), Manche occidentale	Espèce vulnérable et patrimoniale
Glycymeris glycymeris amande de mer)		Fonds de graviers, sablo-vaseux et coquillers type gravelle *B. lanceolatum*	Retière (1979), Augris *et al.* (1996), Raffin (2003), Foveau (2009), Trigui (2009), Martin (2011)	Campagnes halieutiques diverses et Ifremer	Principalement en Manche centrale et golfe Normand-Breton	Espèce commerciale
Homarus gammarus (homard breton)	IBA3, IBE3	Fonds rocheux et meubles (jusqu'à 200 m) et épaves	Raffin (2003), Carpentier *et al.* (2009), Martin (2011)	Campagnes halieutiques diverses et Ifremer	Détroit du Pas-de-Calais, Manche occidentale (golfe Normand-Breton) + mer d'Iroise	Espèce commerciale, vulnérable et patrimoniale
Maja brachydactyla (araignée de mer)		Fonds rocheux ou meubles (jusqu'à 50 m)	Augris *et al.* (1996), Carpentier *et al.* (2009), Martin (2011)	Campagnes halieutiques diverses et Ifremer	Détroit du Pas-de-Calais, Baie de Seine, Manche occidentale dont golfe Normand-Breton, mer d'Iroise	Espèce commerciale
Modiolus modiolus (modiole)	OSPAR	A5.624	Davoult *et al.*(1988), Alizier (2005), Foveau (2005), Bajjouk (2010), Martin (2011)	Campagnes diverses		Espèce vulnérable
Musculus discors	NATURA 2000 (1170)	A4.242	Cabioch (1968), Martin (2011)	Campagnes halieutiques diverses et Ifremer, WorMS		Espèce vulnérable
Nucula nucleus	NATURA 2000 (1170)		Blanchard *et al.* (2008), Martin (2011)	Campagnes halieutiques diverses et Ifremer		Espèce vulnérable
Pecten maximus (coquille Saint-Jacques)		Fonds graveleux, sablo-vaseux et coquilliers (entre 10 et 50 m)	Raffin (2003), Delpech *et al.* (2007), Carpentier *et al.* (2009), Martin (2011)	Campagnes halieutiques diverses et Ifremer	Pays de Caux, Baie de Seine, Manche centrale, golfe Normand-Breton, mer d'Iroise	Espèce commerciale
Pholas dactylus (pholade)	IBA2		Müller (2004), Noël *et al.* (2010)	Campagnes diverses		Espèce vulnérable et patrimoniale
Spisula ovalis		A5.231	Retière (1979), Blanchard *et al.* (2008), Trigui (2009)		Golfe Normand-Breton	Espèce commerciale
Spisula solida		Sables fins coquilliers et/ou dunaires (jusqu'à 50 m)	Retière (1979), Blanchard *et al.* (2008), Trigui (2009)	Campagne halieutiques diverses et Ifremer	Manche orientale, Manche occidentale dont golfe Normand-Breton	Espèce commerciale
Tapes rhomboides (palourde rose)		Sables grossiers et graviers + sables fins vaseux (jusqu'à 180 m)	Retière (1979), Raffin (2003), Savina (2004), Foveau (2009), Trigui (2009)		Sud mer du Nord, Manche orientale, Manche occidentale dont golfe Normand-Breton, mer d'Iroise	Espèce commerciale
Venus verrucosa (praire)		Sables grossiers et graviers, propres ou envasés (jusqu'à 50 m)	Noël *et al.* (1995), Augris *et al.* (1996), Blanchard *et al.* (2008), Trigui (2009), Martin (2011)	Campagne halieutiques diverses et Ifremer	Manche dont golfe Normand-Breton	Espèce commerciale

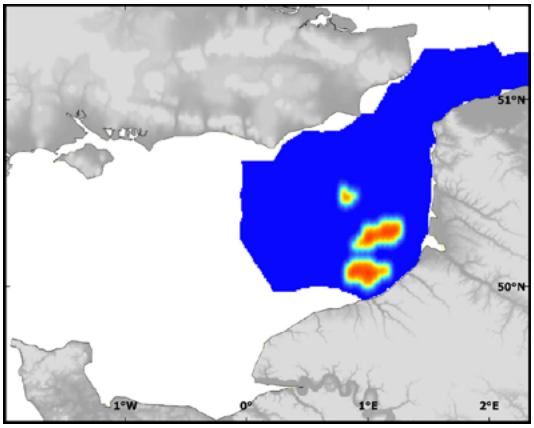
Glossaire

IBA2 : Convention de Barcelone, annexe II (espèces en danger ou menacées)
IBA3 : Convention de Barcelone, annexe III (espèces réglementées)
IBE3 : Convention de Berne, annexe III
ISO5 : OSPAR, liste des espèces menacées et/ou en déclin
NATURA 2000 (1170) : Récifs

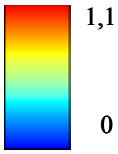
Annexe 9: Cartes d'abondance et/ou de probabilité de présence de certaines espèces benthiques en Manche orientale issues du programme CHARM II (Sources : Carpentier *et al.*, 2009).

1. Le lancelet : *Branchiostoma lanceolatum*





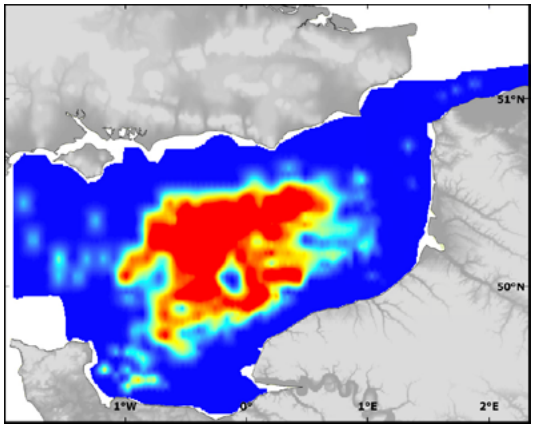
Abondance (RCP Manche, 1971-1976)

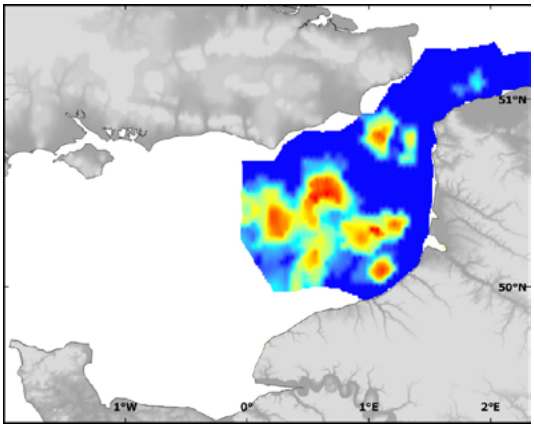


Abondance campagnes diverses (1998-2007)

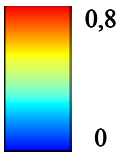
Log (x+1), x = nbr.ind/30 L sed.

2. L'amande de mer : *Glycymeris glycymeris*





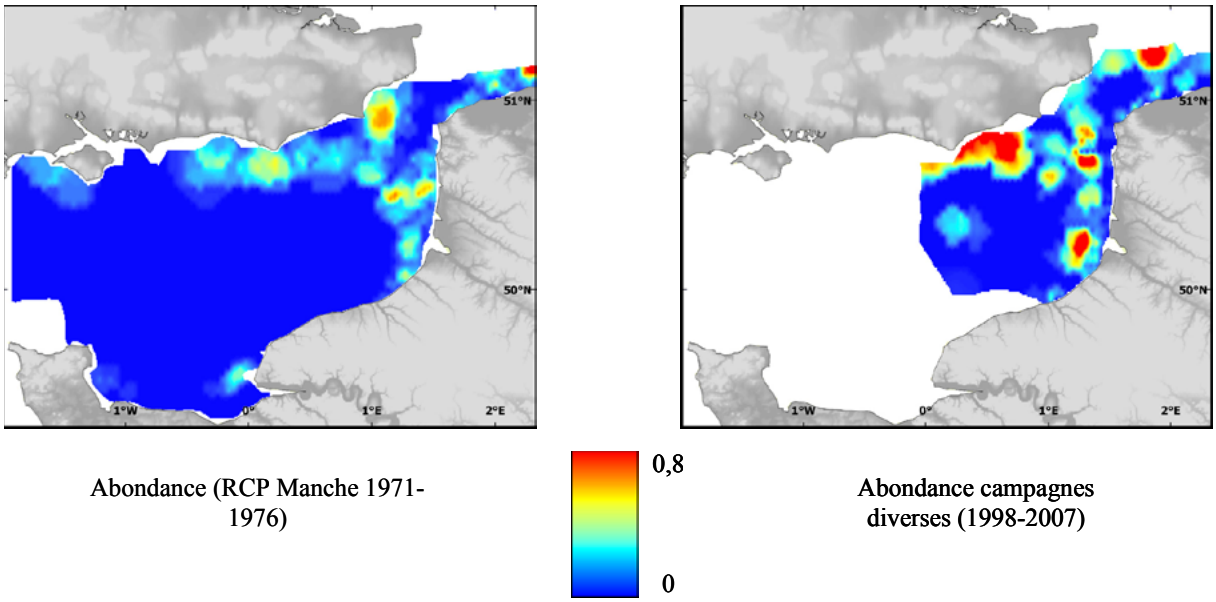
Abondance (RCP Manche 1971-1976)



Abondance campagnes diverses (1998-2007)

Log (x+1), x = nbr.ind/30 L sed.

3. L'ophélie boréale : *Ophelia borealis*

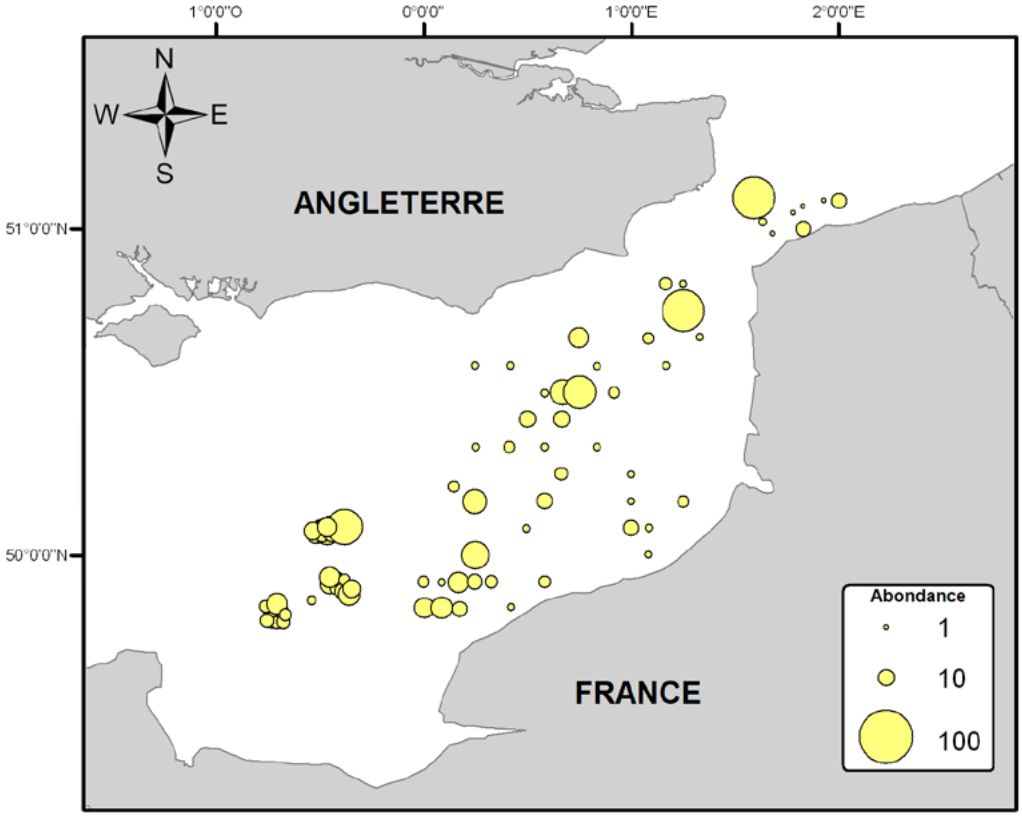


Abondance (RCP Manche 1971-1976)

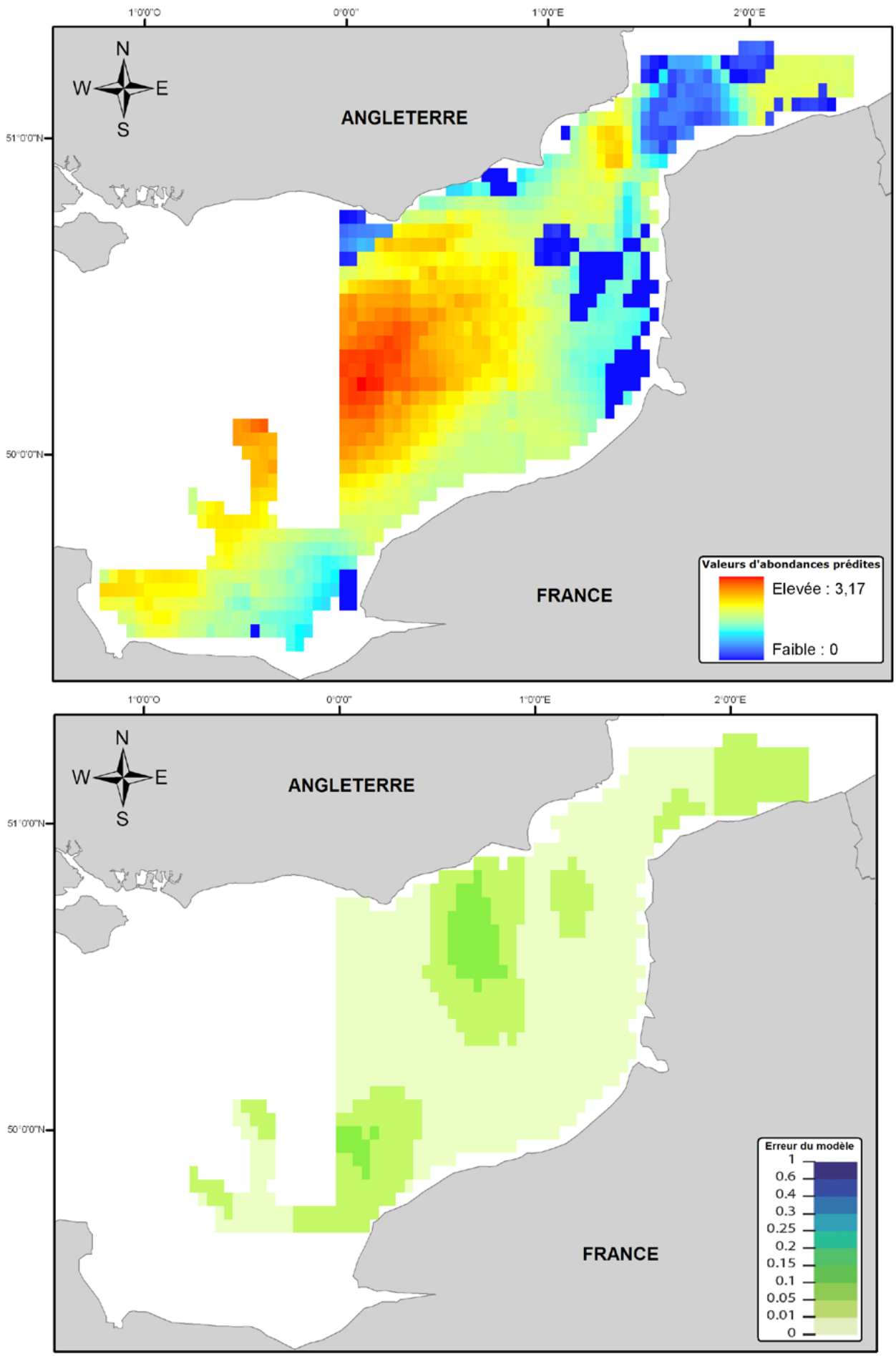
Abondance campagnes diverses (1998-2007)

Log (x+1), x = nbr.ind/30 L sed.

4. La palourde rose : *Tapes rhomboides*

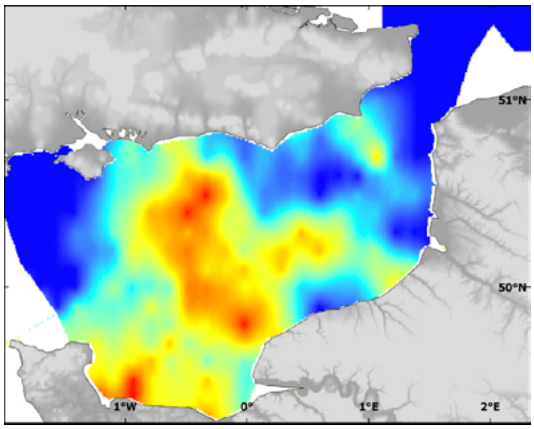


Répartition des abondances de *Tapes rhomboides* dans le bassin oriental de la Manche (Sources : Foveau, 2009).

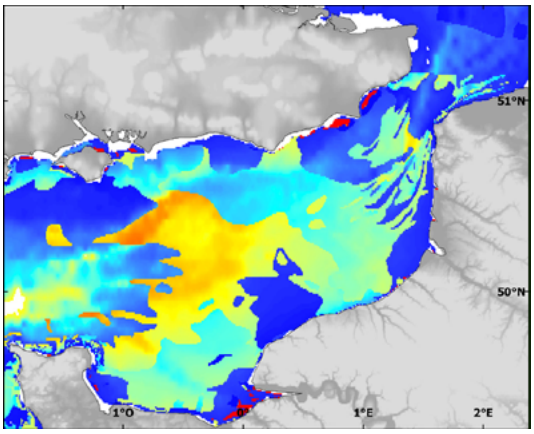


Modèle d'habitat potentiel de *Tapes rhomboides* dans le bassin oriental de la Manche (Sources : Foveau, 2009).

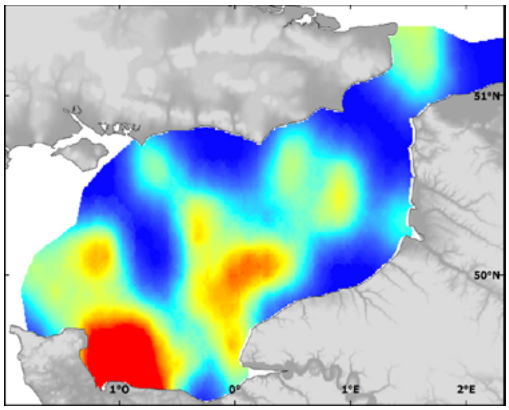
5. La coquille Saint – Jacques : *Pecten maximus*



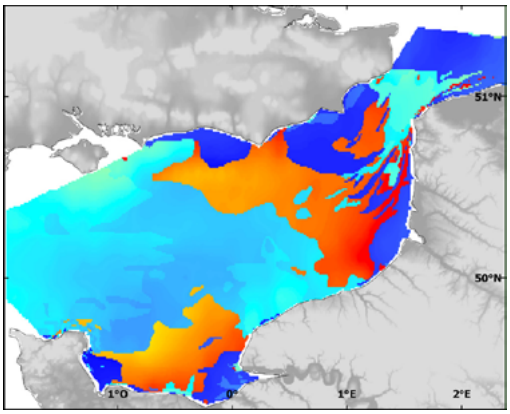
Probabilité de présence en juillet
(campagne BTS, 2005-2006)



Habitat probable en juillet (GLM)

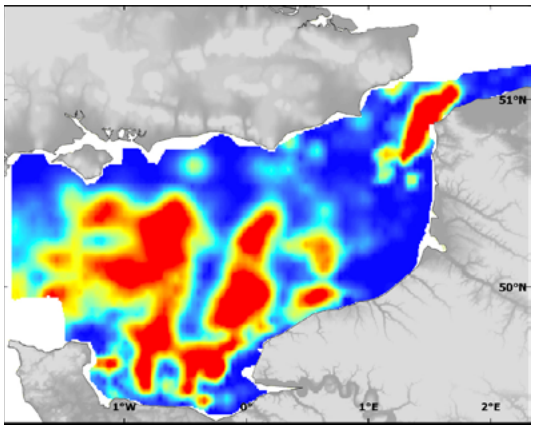


Probabilité de présence en octobre
(CGFS, 1998-2006)

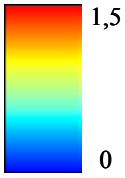


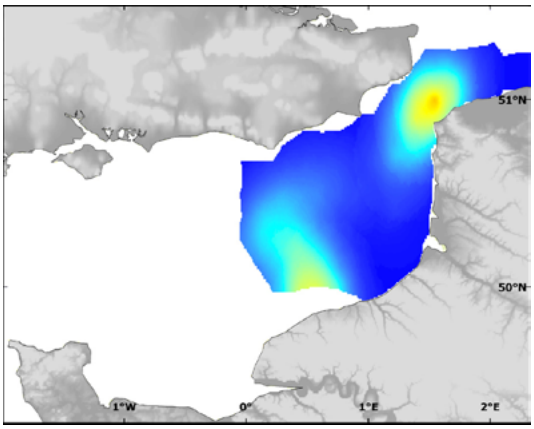
Habitat probable en octobre (GLM)

6. L'ophiure fragile : *Ophiothrix fragilis*



Abondance (RCP Manche 1971-1976)

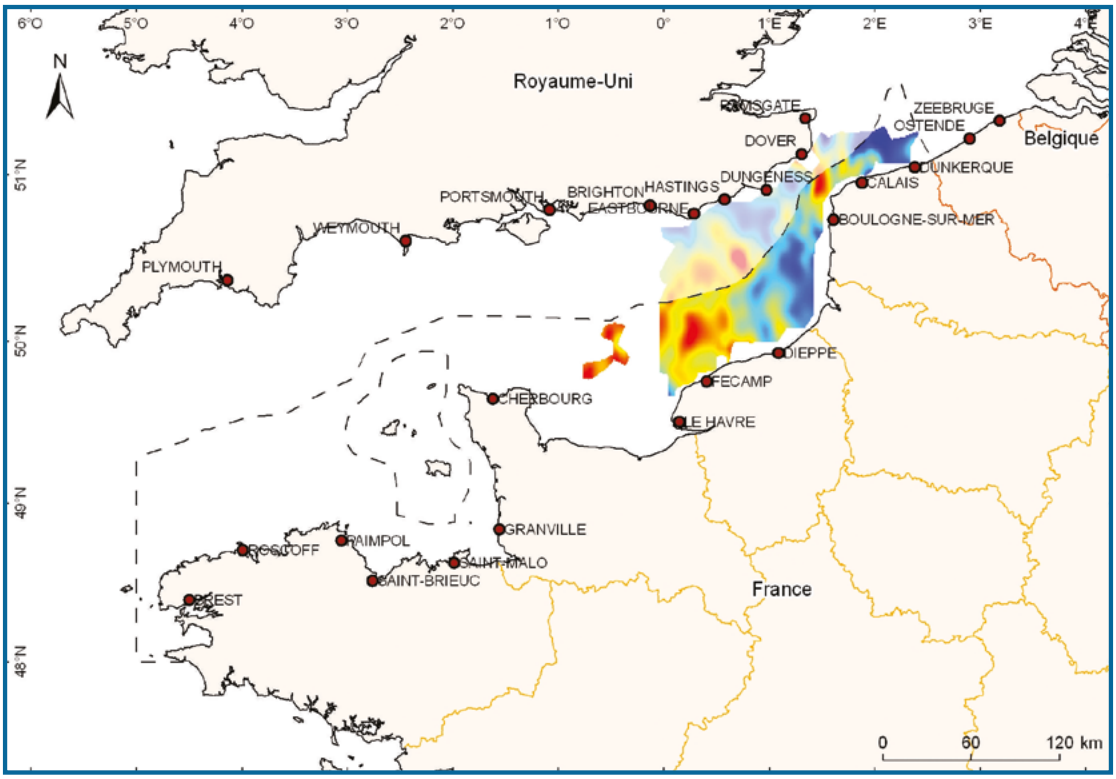


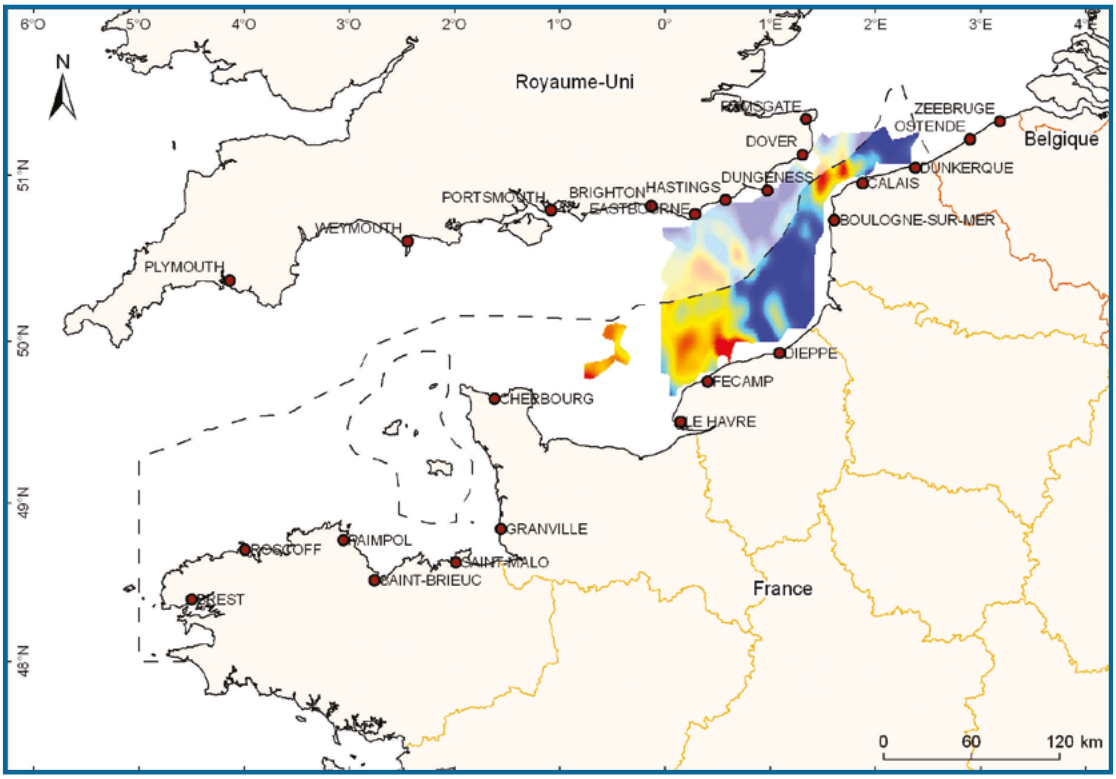


Abondance campagnes diverses (1998-2007)

À noter que les prélèvements sont réalisés à la drague Rallier du Baty lors des campagnes RCP Manche (1971-1976) et au chalut lors des campagnes diverses (1998-2007) et des campagnes BTS et CGFS.

Annexe 10 : Répartition de la richesse spécifique totale et des espèces non dénombrables dans le bassin oriental de la Manche (Sources : Foveau, 2009).





Répartition de la richesse spécifique totale et des espèces non dénombrables dans le bassin oriental de la Manche (D'après Foveau, A., 2009)

limite de la sous-région Manche mer du Nord

Elevée

Faible

projection Mercator (50°N)

Sources des données : SHOM, IGN, ESRI, OSPAR Université Lille1, CNRS

RÉFÉRENCES DES ANNEXES

Alizier S., 2005. Étude de l'épifaune vagile et de l'endofaune des fonds à *Modiolus modiolus* **dans le détroit du Pas-de-Calais.** *Mémoire de DSR de l'Université de Lille 1, Station marine de Wimereux* **: 75 pp.**

Augris C., Hamon D. (coordinateurs) *et al.*, **1996. Atlas thématique de l'environnement marin en baie de Saint-Brieuc (Côtes d'Armor), 72 pages, 20 cartes.** *Ed. IFREMER.*

Bajjouk T., Derrien S., Gentil F., Hily C., et Grall J., 2011. Typologie d'habitats marins benthiques. Analyse de l'existant et propositions pour la cartographie. Habitats côtiers de la région Bretagne. *Note de synthèse n°2.* **Habitats du circalittoral.**

Blanchard M., Heim 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 ».*

Cabioch L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cahiers de Biologie Marine*, **9, Supplément 5 : 493-720.**

Cabioch L. et Gentil F., 1975. Distribution des peuplements benthiques dans la partie orientale de la baie de Seine. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris, série D* **280 : 571-574.**

Cabioch L. et Glaçon R., 1975. Distribution des peuplements benthiques en Manche orientale, de la baie de Somme au Pas-de-Calais. *Compte Rendu de l'Académie des Sciences de Paris, série D* **280 : 491-494.**

Cabioch L. et Glaçon R., 1977. Distribution des peuplements benthiques en Manche orientale, du Cap d'Antifer à la baie de Somme. *Compte rendu de l'Académie des Sciences de Paris, série D* **280 : 209-212.**

Cabioch L., Gentil F., Glaçon R. et Retière C., 1977. Le macrobenthos des fonds meubles de la Manche : distribution générale et écologie. *In Keegan, O'Ceidigh, Boaden (eds) Biology of Benthic Organisms, Pergamon Press* **: 115-128.**

Carpentier A., Martin C.S., Vaz S. (Eds), 2009. Channel Habitat Atlas for marine Resource Management, final report/ Atlas des habitats des ressources marines de la Manche orientale, rapport final (CHARM phase II). INTERREG 3a Programme, IFREMER, Boulogne-sur-mer, France. 626 pp. & CD-rom.

Cochard M.-L. et Morin J., 2010. Les gisements mouliers de l'est Cotentin. *Compte-rendu de la prospection 2010, Ifremer, Département halieutique Manche - Mer du Nord, Laboratoire halieutique Port-en-Bessin*, **25 pp.**

Dauvin, J-C. (édit), 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 / IEGB / MNHN, Paris :* **376 pp.**

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 et notice explicative. Station marine de Wimereux :* **30 pp.**

Delpech J.-P., Mehault S., Rostiaux E., Leaute J.-P., Leblond E., Demaneche S., Coppin F., Mahé K., Vaz S., 2007. Activité et production des navires français Façade « Manche est » et Façade « Loire-Gironde ».

Foveau A., 2009. Habitats et communautés benthiques du bassin oriental de la Manche : état des lieux au début du XXIème siècle. *Thèse de Doctorat de l'Université de Lille 1* **: 308 pp.**

Foveau A., 2005. Evolution des fonds à *Modiolus modiolus* **dans le détroit du Pas-de-Calais.** *Master Recherche 2 EDEL, Université de La Rochelle, Station marine de Wimereux :* **39 pp.**

Gentil F. et Cabioch L., 1997a. « Carte des peuplements macrobenthiques de la Baie de Seine et Manche centrale sud ». 18 pp + carte.

Gentil F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en baie de Seine. *Thèse de 3ème cycle, Université Paris VI* **: 70 pp.**

Martin J., 2011. Les invertébrés marins du golfe de Gascogne à la Manche orientale. *Editions Quae*, **300 pp.**

Müller Y., 2004. Faune et flore du littoral du Nord, du Pas-de-Calais et de la Belgique : inventaire/ Coastal fauna and flora of the Nord, Pas-de-Calais and Belgium : inventory. *Commission Régionale de Biologie Région Nord Pas-de-Calais : France.* **307 pp.**

Noel P., Séret B. et Doré A., 2010. Fiches descriptives des espèces marines de France métropolitaine (invertébrés et poissons) dont la protection est envisagée. *Service du Patrimoine Naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle*, **95 pp.**

Noel P. *et al.*, **1995. Cartographie et évaluation des principaux mollusques filtreurs du Golfe Normano-Breton.** *Rapport Interne DEL/95.11 et Rapport du laboratoire côtier DRV/RH Brest*, **31 pp + annexes.**

Raffin C., 2003. Bases biologiques et écologiques de la conservation du milieu marin en mer d'Iroise. *Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne occidentale* **: 423 pp + annexes.**

Retière C., 1979. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du Golfe Normano-Breton. *Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes* **: 431 pp.**

Savina M., 2004. Modélisation écologique des populations de palourdes roses (*Paphia rhomboides***) et d'amandes de mer (***Glycymeris glycymeris***) en Manche.** *Thèse de Doctorat de l'Université d'Aix-Marseille II* **: 185 pp + annexes.**

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 du Muséum d'Histoire Naturelle* **: 199 pp.**