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 durs du médiolittoral

Erwan Ar Gall,
Christian Hily,
Jacques Grall,
Michel Le Duff,
Christophe Redon,
Fanny Kerninon
(IUEM, Pouzané).

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

1. INTRODUCTION

Dans un premier temps, il paraît utile de rappeler que les limites bathymétriques (hypsométriques) de cet étage varient en fonction des auteurs et des experts, que ce soit en haut de l'estran – limite supra et/ou adlittoral / médiolittoral – ou en bas de l'estran – limite médiolittoral / infralittoral. Globalement, le médiolittoral se superpose plus ou moins exactement à l'estran ou zone de balancement des marées, qui se situe entre le niveau des hautes mers de vives-eaux exceptionnelles (coefficient 120 ou « marées d'équinoxe ») et le niveau des basses mers correspondant (niveau exceptionnel des basses mers de vive eau ou zéro des cartes marines / hydrographique). Toutefois, selon plusieurs approches (EUNIS, Cahiers d'Habitats, REBENT [1]), le médiolittoral s'achève en haut de l'estran au niveau moyen des pleines mers de vive eau (n.m.PMVE) et exclut les populations linéaires (ceintures) de lichens marins, y compris *Verrucaria maura*, qui se retrouvent dans la frange littorale du supralittoral. En bas, le médiolittoral ne prend pas en compte la ceinture à *Himanthalia elongata* - *Bifurcaria bifurcata* - Rhodophyceae, qui se retrouve dans la frange infralittorale supérieure – pourtant incluse dans le « lower eulittoral » d›EUNIS/MESH –, ni le haut du niveau à *Laminaria digitata*, qui se retrouve dans la frange infralittorale inférieure de REBENT. Compte tenu des études menées notamment dans le cadre de REBENT et de la DCE [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14], les résultats consignés dans ce rapport porteront sur l'ensemble de l'estran, qui correspond assez précisément au terme « intertidal », c'est-à-dire de la limite n.e.PMVE (*Pelvetia canaliculata* / *Verrucaria maura*) au haut de la ceinture à *L. digitata*, accessible aux grandes marées (coefficients > 95).

Dans cette étude, seuls les blocs relativement stables et les roches – roche-mère affleurante ou roche en place – seront pris en considération, à l'exclusion des sables, vases, graviers et cailloutis[1] (sédiments fins à grossiers, homogènes à hétérogènes).

2. ÉTUDE PAR BIOCÉNOSE

2.1. ROCHES ET BLOCS MÉDIOLITTORAUX À DOMINANCE ALGALE

2.1.1. Répartition géographique de l'habitat

Les estrans allant des côtes nord bretonnes jusqu'à la baie du Mont Saint-Michel incluent le plus grand ensemble français pour cet habitat, où des masses rocheuses très découpées dominent largement. Au-delà du Cotentin, cet habitat est par la suite très discontinu (secteurs de falaises) jusqu'à la frontière belge. L'abondance en biomasse des Fucales et des Laminariales sur ces estrans rocheux est liée notamment à la disponibilité du substrat dur. À cela s'ajoute, pour les Fucales, l'existence de secteurs côtiers semi-abrités à abrités et la largeur des estrans, qui dépend en partie des marnages importants en zone méso- (amplitudes variant de 2 à 6 m) à mégatidale (amplitude supérieure à 7 m).

Ainsi, les côtes bretonnes, qui réunissent largement ces conditions, présentent des peuplements macroalgaux exceptionnellement développés. Signalons qu'aucune Fucale n'y est en limite biogéographique de distribution. Dans certains secteurs côtiers, la canopée de Fucales peut occuper la quasi-totalité de l'estran rocheux, par exemple près de 90 % sur l'île de Molène ou sur la face abritée de l'île de Bréhat [15]. Lorsque les roches et blocs sont présents de haut en bas de l'estran, et que la nature de la roche et l'hydrodynamisme le permettent, on peut observer la zonation verticale suivante des ceintures de macroalgues dominantes (structurantes), de haut en bas : *Pelvetia canaliculata*, *Fucus spiralis*, *Ascophyllum nodosum* / *F. vesiculosus*, *F. serratus* / Rhodophyceae, *Himanthalia elongata* / *Bifurcaria bifurcata* / Rhodophyceae, *Laminaria digitata* [16] [17] [18] (Annexe I).

2.1.2. Diversité des espèces et structure des peuplements

Dans le Nord-Pas-de-Calais, sur la côte d'Opale, entre Boulogne-sur-Mer et le cap Gris-Nez (dans les 4 sites DCE de La Crèche, Ambleteuse, Audresselles et la Sirène), on note 5 ceintures algales pour le site caractéristique d'Audresselles. La ceinture à *Pelvetia canaliculata* est absente. La couverture algale des ceintures est moyenne. Les surfaces de la ceinture à *Fucus spiralis* sont plus importantes et leur recouvrement est de l'ordre de 20 %

1 Se référer à la contribution thématique « Biocénoses des fonds meubles du médiolittoral ».

supérieur à celle de *Fucus serratus*. Sur l'ensemble des sites, la ceinture à *Fucus serratus* se caractérise par des densités plus faibles, y compris en juvéniles, que celle à *Fucus spiralis*. En revanche, la biomasse diffère significativement entre le site de la Crèche et ceux d'Audresselles et de la Sirène. La structure des peuplements et le nombre d'espèces caractéristiques sont variables. Le recouvrement par les espèces opportunistes est assez faible de manière globale [19].

En Haute-Normandie, dans le pays de Caux (sites de Octeville-sur-Mer, Bénouville, Senneville-sur-Fécamp, Veulettes-sur-Mer et Hautot-sur-Mer), 4 ceintures sont présentes : à *Fucus spiralis*, à *Fucus vesiculosus*, à *Fucus serratus* et à *Laminaria digitata*. La couverture algale des ceintures est moyenne. Le nombre d'espèces caractéristiques est faible, voire quasi-nul à Octeville-sur-Mer et Hautot-sur-Mer. Les espèces opportunistes sont également peu abondantes, mise à part leur forte présence à Octeville-sur-Mer et Hautot-sur-Mer [20].

En Basse-Normandie, en baie de Seine dans le Calvados, sur les sites de Saint-Aubin (2 ceintures : *F. spiralis* et *F. serratus*) et de Grandcamp Maisy (3 ceintures : *F. spiralis*, *F. serratus* et *F. vesiculosus*), la couverture algale des ceintures est relativement importante. Le nombre d'espèces caractéristiques est moyen au niveau de *F. spiralis* et important au niveau de *F. serratus*. Pour la ceinture à *F. vesiculosus* (*Ascophyllum*) à Grandcamp, les espèces caractéristiques sont peu nombreuses. Les recouvrements d'espèces opportunistes sont beaucoup plus élevés dans la ceinture à *F. spiralis* que dans celle à *F. serratus*, à Grandcamp et plus encore à Saint-Aubin. Par ailleurs, la ceinture à *F. vesiculosus* (*Ascophyllum*) ne présente que peu d'opportunistes.

Dans la Manche, les côtes du Nord Cotentin sont les plus diversifiées. Le nombre de ceintures est de 4 pour les trois sites de Tatihou (Est Cotentin), du cap Lévi (Nord Cotentin), et de l'archipel de Chausey. La ceinture à *P. canaliculata* est absente à Tahitou, de même que celle de *F. spiralis* au cap Lévi. La ceinture à *A. nodosum* / *F. vesiculosus* est absente au cap Lévi, limitée à Tatihou, mais bien représentée à Chausey. La ceinture à *F. serratus* est importante à Chausey et au cap Lévi mais faible à Tahitou. *H. elongata* est absente à Chausey et à Tahitou mais bien représentée au cap Lévi, tandis que *B. bifurcata* et les Rhodophyceae associées sont abondantes sur les 3 sites. Enfin, la ceinture à *L. digitata* est importante au cap Lévi, mais absente ou peu représentée dans les autres sites. La couverture algale des ceintures varie donc en fonction des sites et des niveaux, mais est globalement plus faible au cap Lévi et plus encore à Tahitou qu'aux Chausey. Le nombre d'espèces caractéristiques est relativement faible, mis à part pour le cap Lévi. Les espèces opportunistes présentes sont plus généralement des Entéromorphes et des *Cladophora* que des ulves [21].

Les côtes atlantiques et de la Manche du Nord Bretagne présentent une diversité des espèces en lien avec la présence de 6 ceintures dans la zone de balancement des marées (sites de Saint-Briac, l'île de Malban (Sept-Iles), l'île Callot, Portsall, l'île de Molène et le Delleg). Lorsque seules 5 ceintures sont présentes, c'est le niveau à *L. digitata* qui manque (île de Bréhat et le Karo). Le recouvrement algal des ceintures est généralement important, sauf parfois pour *A. nodosum* / *F. vesiculosus* (Saint-Briac, le Delleg et le Karo), et croît du haut vers le bas de l'estran. En outre, il faut signaler la faible superficie de la ceinture à *H. elongata* / *B. bifurcata* à Bréhat et à Callot et de celle à *L. digitata* à Callot. Au contraire, les ceintures à *A. nodosum* / *F. vesiculosus* et à *F. serratus* sont particulièrement développées sur Portsall et Molène, de même que celle à *H. elongata* et *B. bifurcata* au Karo. La structure des peuplements est équilibrée et le nombre d'espèces caractéristiques est relativement élevé, notamment à Molène et Portsall (2 sites de référence pour l'élément de qualité « macroalgues intertidales » pour les masses d'eau côtières de la DCE). Les Rhodophycées sont bien représentées sur l'ensemble des sites.

Les espèces opportunistes sont peu présentes de manière générale et quasi-absentes de plusieurs ceintures sur certains sites, par exemple dans les ceintures à *A. nodosum* / *F. vesiculosus* et à *F. serratus* à Molène. Cependant, leur recouvrement peut être important en d'autres endroits, notamment au niveau de la ceinture à *P. canaliculata* (36,67%) à Saint-Briac, de celle à *H. elongata* / *B. bifurcata* (43 %) sur l'île de Bréhat, ainsi qu'à Molène et au Delleg, et au niveau de la ceinture à *F. spiralis* (> 20 %) au Delleg [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32] [33] [34].

2.1.3. Évolution et menaces potentielles

Dans le Nord Bretagne, on observe une régression moyenne de la surface végétalisée de 21 % depuis la fin des années 1980 pour la zone allant de Saint-Brieuc à l'aber Benoît inclus, et de 16 % depuis les années 2000 pour la zone allant de l'aber Benoît à la baie de Douarnenez [35]. Aucune étude cartographique complète de la variation du couvert des Fucales n'est disponible à l'heure actuelle à l'est de la Bretagne. Les principaux platiers rocheux de Basse-Normandie et la totalité de l'estran entre le cap d'Antifer et le Tréport en Haute-Normandie représentent une surface totale de 370 km². En Pays de Caux – Haute- Normandie, la proportion de substrat rocheux végétalisé est beaucoup plus forte dans l'ouest (>75 %) que dans l'est (<10 %), en partie parce que l'est du littoral haut normand est beaucoup plus ensablé (>50 %) que l'ouest (<5 %). Le couvert d'algues rouges dans l'ouest est important, tandis qu'au centre et à l'est le développement des algues brunes est limité par celui des algues vertes [36]. Une cartographie des peuplements macrobenthiques de la côte d'Opale y fait apparaître environ 20 km de linéaire côtier rocheux contre 30 km dans la baie de Seine [37].

En Manche-Est, le nombre d'espèces benthiques est globalement plus faible qu'en Manche-Ouest, notamment pour les algues [38]. Quelques inventaires plus ou moins exhaustifs ont mis en évidence des richesses spécifiques variant en fonction des protocoles suivis (par exemple de 109 à 188 dans les îles Chausey), mais avec des proportions relatives en Rhodophycées, Phéophycées et Ulvophycées sensiblement identiques [21] [39] [40].

La régression des Fucales est généralisée sur l'ensemble de la sous-région Manche-mer du Nord. Le phénomène a été observé entre 2006 et 2009 dans le Nord-Pas-de-Calais, notamment pour la ceinture à *F. serratus* à Audresselles. Cette ceinture est exploitée depuis peu sur certains secteurs, ce qui ne permet pas d'en inférer un impact significatif pour le moment [19] [41] [42].

Entre 2004 et 2008, sur le littoral cauchois, le phénomène a touché toutes les ceintures, notamment à Bénouville [43]. À l'inverse, les sites de Senneville-sur-Fécamp et de Veulettes-sur-Mer ont connu une progression du couvert des macroalgues et en particulier des Rhodophycées. Le site d'Octeville-sur-Mer subit quant à lui des ensablements récurrents. Les faibles niveaux observés en 2003 sont imputables à la canicule estivale qui aurait éliminé en partie les ceintures à *Fucus*. Les espèces opportunistes abondent entre Saint-Vaast-la-Hougue et Le Havre (baie de Seine), ainsi qu'au niveau de Dieppe. Il en est de même au niveau du pays de Caux, notamment au nord et au sud de cette bande côtière, qui a connu un développement industrialo-portuaire important (port du Havre-Antifer, centrales nucléaires de Paluel et Penly, port de Dieppe) [44] [45]. Pour le reste de la Normandie, l'évolution des ceintures d'algues intertidales est encore plus méconnue. Néanmoins, depuis les années 1980, les algues de l'Ouest Cotentin semblent avoir beaucoup régressé sans qu'aucune hypothèse de causalité n'ait été posée [21].

Au niveau stationnel, les côtes atlantiques et de la Manche du Nord Bretagne ont connu entre 2005 et 2009 une régression notable de la ceinture à *A. nodosum* / *F. vesiculosus* sur certains sites comme Saint-Briac et Malban, et modérée de la ceinture à *F. serratus*. Dans le cas de l'île Malban, l'impact des tempêtes sur ce phénomène a été très probablement déterminant. À Saint-Briac, les blooms d'algues opportunistes seraient impliqués. Sur le site du Karo, le couvert de *F. vesiculosus*, de quelques mètres de large, est remplacé vers l'ouest du site par des peuplements de balanes et de moules.

Portsall et Molène sont deux sites de référence DCE qui restent globalement stables sur la période étudiée, avec toutefois une légère diminution de la couverture algale dans les ceintures à *A. nodosum* / *F. vesiculosus* et à *F. serratus* à Molène, avec une diminution du couvert des Phéophycées, passant de 95 à 80 %. Sur le site du Delleg, une régression de la couverture des Phéophycées a été notée dans la ceinture à *F. serratus* dans le même laps de temps. Le recouvrement des algues brunes tend déjà à s'y trouver limité par le développement des Rhodophycées, surtout vers le bas de l'estran, plus exposé à l'hydrodynamisme fort de l'entrée de la rade de Brest. Sur le site du Karo, plus au fond de la rade de Brest, et comme à Molène et Malban, la principale évolution entre les échantillonnages (entre 2006-2007 et 2010 pour le site du Karo), est une légère augmentation de la couverture algale dans la ceinture à *P. canaliculata* par les Phéophycées. Pour les espèces opportunistes, une augmentation de leur couverture a été identifiée dans les 2 ceintures *H. elongata* / *B. bifurcata* et *F. vesiculosus*

/ *A. nodosum* à Malban et un doublement de leur recouvrement dans la ceinture à *H. elongata / B. bifurcata* (>21 %) en 3 ans à Molène et au Karo entre 2007 et 2010 (dépassant 6 %) [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32] [33].

Globalement, rares sont les travaux antérieurs sur la distribution et la diversité des organismes et notamment des algues qui permettent une comparaison, même partielle et localisée, sur des périodes d'une cinquantaine d'années à un siècle en Bretagne [46] [47] [48] [49] [50] [51] [52] [53] [54] [55] [56] [57] [58], dans l'est du massif Armoricain [59] [60] [61] et au-delà [62] [63], d'une vingtaine à une quarantaine d'années en Bretagne [64] [65] [66] et en Manche orientale [67]. Certaines de ces cartes ainsi que des cartes dites d'habitats ont été numérisées dans le cadre du REBENT Bretagne et peuvent être consultées sur son site internet[2], ainsi que les cartes de couverture en Fucales du CEVA (Finistère-Nord et Paimpol - Bréhat) [68].

2.1.4. Lacunes au niveau de l'évaluation initiale de la DCSMM

La cartographie des peuplements algaux est incomplète ou en cours, notamment en Manche Est ; les sites DCE pour l'élément de qualité macroalgues intertidales sont en nombre limité ; les études sur les biocénoses sont très parcellaires, notamment en ce qui concerne la faune et les interactions entre organismes, à part quelques études ponctuelles ou en cours sur les réseaux trophiques.

2.2. ROCHES ET BLOCS MÉDIOLITTORAUX À DOMINANCE ANIMALE

2.2.1. Description de l'habitat

Les roches et blocs médiolittoraux à dominance animale constituent un habitat de substrat dur se situant sur toute la zone médiolittorale, majoritairement dans des sites exposés et très exposés. Cet environnement favorise l'installation de communautés animales sur la roche dans les fissures et anfractuosités du milieu aux dépens des communautés de macroalgues dressées, moins adaptées aux conditions difficiles du fort hydrodynamisme. Néanmoins, des espèces végétales résistantes peuvent également être présentes, comme les fucales dans leur forme prostrée, et des algues rouges encroûtantes, souvent dans les fissures et des cavités qui créent des microhabitats plus protégés.

La base de la biocénose est constituée par les cirripèdes (*Semibalanus balanoides*, *Chthalamus stellatus* ou *C. montagui*...) accompagnés par des gastéropodes microbrouteurs (patelles, littorines et gibbules...). Les différentes espèces se distribuent selon le gradient hypsométrique en plusieurs biocénoses correspondant aux ceintures du haut médio-, milieu médio- et bas médiolittoral avec une richesse spécifique augmentant rapidement du haut au bas de l'estran [69].

Localement, des espèces grégaires suspensivores peuvent former de véritables bancs couvrant la totalité du substrat rocheux. Ce sont principalement les moules (*Mytilus edulis* et *M. galloprovincialis*), et plus récemment les huîtres du Pacifique (*Crassostrea gigas*), cette dernière étant une espèce exotique considérée comme invasive [70]. En fonction de l'intensité des actions hydrodynamiques, de l'orientation et de la pente rocheuse, la moulière peut être continue ou fragmentée. Elle est parfois remplacée par les pouces-pieds (*Pollicipes cornucopiae = pollicipes*) sur les parois verticales des milieux extrêmement battus. Dans ces bancs, si la diversité spécifique est faible, il peut en revanche se présenter de fortes biomasses et abondances. La moulière joue un rôle non négligeable dans les réseaux trophiques car les moules sont consommées par les crabes, les poissons et certains oiseaux : eiders, goélands, macreuses et mouettes...

Cet habitat, qui présente des conditions de vie difficiles en termes de contraintes hydrodynamiques, est par contre bien oxygéné et donc rarement dégradé par la mauvaise qualité des eaux liée aux apports terrigènes, mais il est soumis directement aux pollutions par les hydrocarbures venant du large. Les moulières sont souvent exploitées par les pêcheurs à pied amateurs, tandis que les pouces-pieds font l'objet d'une exploitation professionnelle très réglementée mais subissent un braconnage important.

2 http://www.rebent.org/cartographie/index.php

Cet habitat est noté depuis quelques années dans les secteurs semi-abrités et abrités, une situation *a priori* atypique. Ce processus d'extension est directement lié à la régression des ceintures de fucales, c'est à dire la régression avérée des surfaces occupées par l'habitat « roches et blocs du médiolittoral à dominance végétale » dans les secteurs de l'ouest et du nord Bretagne. Cet habitat ne fait pas l'objet de mesures de protection particulières, mais mériterait des mesures spécifiques du fait des forts enjeux écologiques et économiques qu'il présente et des menaces qui pèsent sur sa biodiversité et son fonctionnement.

2.2.2. État des connaissances en Manche-mer du Nord

Dans la sous-région marine Manche-mer du Nord, l'habitat « roches et blocs médiolittoraux à dominance animale » est très commun des côtes de Bretagne au cap Gris-Nez [71]. Mais, il n'existe pas à ce jour d'analyse précise sur les surfaces relatives d'estrans rocheux/estrans meubles, ni d'estimations des surfaces de roche à dominance végétale/roche à dominance animale à l'échelle de la sous-région. L'habitat est noté dans la plupart des documents d'objectifs des sites Natura sous l'item « Récif » 1170, accompagnés parfois de données de superficies mais regroupant les roches à dominance végétale. Sur les côtes ouest ouvertes au large de la Basse-Normandie, l'habitat est très présent, en particulier entre Carteret et Saint-Vaast-la-Hougue où des secteurs ont fait l'objet d'inventaires faunistique et floristique dans le cadre des ZNIEFF. Cet habitat est également présent dans l'estuaire de la Seine, où il correspond au platier rocheux s'étendant depuis les « Perques de Villerville » où son étendue est maximale, jusqu'à l'ouest d'Hennequeville. À l'est, les estrans sont majoritairement sableux mais peu d'éléments sont disponibles pour localiser l'habitat jusqu'à la frontière belge.

Depuis la mise en place de la nouvelle typologie REBENT qui identifie et définit cet habitat, seules deux cartographies sont disponibles : le secteur sud de la rade de Brest (site Natura 2000) et le site Natura 2000 de la baie de Morlaix (figure 1) où les roches et blocs médiolittoraux à dominance animale sont présents sur 185 ha [72].

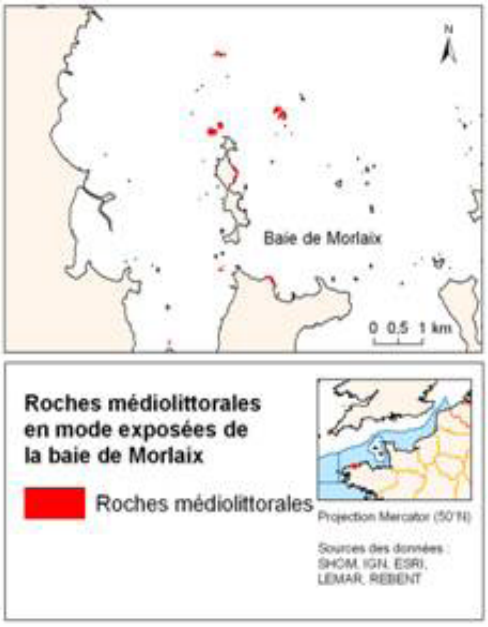


Figure 1 : Cartographie des roches médiolittorales en mode exposé en baie de Morlaix (Sources : SHOM, IGN, ESRI, Ifremer, REBENT, 2011).

Sur la façade Bretagne comprise dans la sous-région, il existe 7 points de suivi stationnel de l'estran rocheux effectué par le REBENT : l'Ile de l'Aber (en baie de Douarnenez), la rade de Brest, l'île de Molène, Sainte-Marguerite (région des abers), l'île de Callot (en baie de Morlaix), la pointe de l'Arcouest (Trégor) et Saint-Briac, sur la base d'un protocole de quadrats permanents dans les niveaux du haut et moyen médiolittoral.

Des travaux de recherche sont menés par le LEMAR (IUEM) sur le rôle de cet habitat dans le cycle du CO_2 par les organismes animaux biocalcificateurs qui produisent des quantités importantes de calcaire pour construire leurs coquilles. Un suivi de l'évolution des peuplements de *Semibalanus balanoides* et *Chthalamus montagui* comme indicateur des changements climatiques est effectué par la réserve naturelle nationale de la

baie de Saint-Brieuc sur le site de la réserve. Il serait particulièrement intéressant de développer une approche biogéographique sur cet habitat à l'échelle de la sous-région dans le contexte du changement global.

2.3. CUVETTES OU MARES PERMANENTES

2.3.1. État des connaissances

Les cuvettes sont de tailles et de profondeurs très diverses, ce qui rend les limites de leur étude particulièrement difficiles à définir.

Par ailleurs, les conditions environnementales y sont très variables, en fonction de leur volume à l'émersion et de leur niveau sur l'estran, qui conditionne leur durée moyenne d'émersion. En fonction de ces caractéristiques, les paramètres environnementaux (physico-chimiques puis interactions biotiques) vont influer sur la colonisation du substrat des cuvettes par les bactéries, les cyanobactéries, le microphytobenthos, puis les macroalgues et la faune associée. Il est à noter que l'étude des cuvettes n'est pertinente qu'en mode exposé (battu) sur roches métamorphiques. Sur platiers calcaires, l'effet du mode d'exposition à l'hydrodynamisme sur le développement des cuvettes est moins marqué.

Cet habitat peut parfois apparaître comme une enclave écologique de l'infralittoral. Toutefois, cela ne peut fonctionner que pour les cuvettes de grande taille du bas du médiolittoral, dans lesquelles l'exondation est de courte durée ou nulle, en fonction des coefficients de marée. Ceci se traduit par des variations réduites du volume de la cuvette et donc de la hauteur d'eau, de la salinité, du pH, de la température, de la qualité de la lumière et de son intensité. En somme, les organismes se retrouvent dans un milieu presque aussi « tamponné » que la masse d'eau environnante. De plus, l'hydrodynamisme est plus faible que dans les niveaux supérieurs, ce qui n'est pas sans conséquence sur les pointes rocheuses battues. Les variations de l'ensemble des paramètres deviennent de plus en plus importantes en remontant sur l'estran, aboutissant à un gradient de micro-habitats particuliers, différant de la roche médiolittorale environnante hors eau à marée basse, par le maintien d'une couche d'eau à salinité variable pouvant s'assécher complètement dans les hauts niveaux en constituant alors un milieu hyperhalin.

Les peuplements algaux observés et les biocénoses associées seront donc en relation avec ces éléments. On a ainsi pu distinguer trois grands types théoriques pour les cuvettes présentes sur le littoral Manche-Atlantique : les cuvettes profondes de bas niveau, les cuvettes intermédiaires du milieu de l'estran et celles de faible taille des hauts niveaux [73]. Il est à noter que l'ombrage de surplombs et la présence de sable ou de galets peuvent modifier la composition algologique des peuplements.

Les cuvettes constituent en mode exposé des zones refuges pour la végétation et la faune, et la persistance d'eau de mer y autorise la remontée de diverses espèces à des niveaux plus élevés que celui de leur biotope (algues rouges sciaphiles, Corallinaceae, *Bifurcaria*, Laminariales). Elles sont souvent tapissées de Corallinaceae encroûtantes (*Lithophyllum* spp. ou *Mesophyllum lichenoides*), y compris au-dessus du niveau de la mi-marée, tandis que les thalles dressés des Corallines investissent plutôt les fissures et les cassures, accompagnées en cela par d'autres Rhodophyceae et divers Mollusques (*Littorina*, *Gibbula*, *Osilinus*, *Nucella*). Dans les hauts niveaux prospèrent des algues vertes euryèces[3] (*Enteromorpha* spp.), du microphytobenthos (Diatomées épilithes et épiphytes) et des cyanobactéries. Dans les niveaux intermédiaires, les Chlorophyceae et d'autres macroalgues (*Scytosiphon* par exemple) se retrouvent couramment sur les coquilles de patelles plus ou moins inféodées aux cuvettes. On y rencontre aussi des anémones de mer, des isopodes, des amphipodes et, en allant vers les bas niveaux, des poissons (*Blennius* par exemple). Les cuvettes les plus basses et les plus profondes présentent un étagement (zonation verticale) de Laminariales (*L. digitata*, *L. hyperborea*, *Saccharina latissima*, *Saccorhiza polyschides*, *Alaria esculenta* en mode battu) et de Dictyotales sur le fond, puis des Fucales (*Himanthalia*, Fucaceae, Sargassaceae) en haut et sur leur pourtour [73] [74] [75].

3 Organismes qui supportent des variations importantes des paramètres de l'environnement (euryhalines, eurythermes…).

2.2.2. Tendances évolutives et menaces potentielles

Ces milieux relativement fermés à basse mer n'échappent pas au phénomène d'eutrophisation, et il est possible d'assister à la prolifération d'algues vertes et d'Ectocarpales[4]. Par endroits, la prolifération d'espèces introduites anciennement (comme la forme *Falkenbergia* d'*Asparagopsis armata*) ou plus récemment (*Sargassum muticum* et *Grateloupia turuturu*, [76] [77]) peut induire par compétition une baisse de la diversité des Rhodophycées. Il n'existe par ailleurs que quelques travaux parcellaires anciens sur la diversité et la répartition des espèces animales et végétales à des niveaux géographiques locaux (marées botaniques, inventaires [75] [76] [77] [78], sectoriels [79] ou à plus grande échelle [80].

2.3.3. Lacunes au niveau de l'évaluation initiale de la DCSMM

Il n'existe aucune étude à l'échelle de la sous-région marine sur les biocénoses des cuvettes, la diversité des espèces animales et végétales, ou la structuration des peuplements macroalgaux.

2.4. COMMUNAUTÉS DES CALCAIRES DU LITTORAL

2.4.1. État des connaissances

L'érosion de la craie exposée sur le littoral a abouti à la formation de falaises verticales et de plates-formes intertidales à pente douce, avec toute une série de micro-habitats importants sur le plan biologique. Les falaises de craie et les grottes marines littorales permettent le développement de diverses communautés microalgales caractéristiques, comprenant plusieurs espèces d'Haptophyceae, éventuellement accompagnées de Chrysophyceae et de Prasinophyceae. La marge littorale basse est parfois couverte par un tapis dense d'algues vertes (*Enteromorpha* / *Ulva*). On note également que le caractère généralement tendre de la craie aboutit à la présence d'une faune caractéristique, formée notamment d'invertébrés térébrants tels que des pholades souvent recouverts par des communautés de macroalgues de taille réduite (Fucales et Rhodophyceae) [81].

Cette craie exposée sur la côte est rare en Europe, celle présente sur les côtes sud et est de l'Angleterre en constituant la majorité (57 %) [82]. Cet habitat est également présent au Danemark et en Allemagne [83]. Cet habitat se distribue côté français sur un linéaire côtier d'environ 120 km en Haute-Normandie et en Picardie, plus particulièrement sur les affleurements rocheux entre Le Havre et Dieppe, ainsi qu'à l'est d'Ault (Somme). Sa présence a par ailleurs été signalée au cap Blanc-Nez, mais ce site de petite taille est souvent recouvert de dépôts sableux. [84].

Les communautés des calcaires du littoral sont généralement peu diversifiées. Elles tolèrent le plus souvent de fortes turbidités, les espèces les plus sensibles étant les algues des niveaux supérieurs. En l'absence de mesures de protection adaptées à cet habitat, la présence de contaminants chimiques et le recul du trait de côte sont les menaces couramment identifiées, pouvant provoquer un remplacement des Fucales dominantes par des moules [85] [86] [87] [88] [89]. Ainsi que signalé au Royaume-Uni, certaines espèces potentiellement proliférantes peuvent par ailleurs coloniser cet habitat, comme les algues vertes (*Enteromorpha* spp.) ou des macroalgues introduites (*Sargassum muticum*, *Undaria pinnatifida, Grateloupia turuturu*). Ces menaces sont d'autant plus importantes que cet habitat est faiblement représenté et l'érosion naturelle du trait de côte peut en réduire transitoirement la distribution, comme par exemple à Ault (Somme) et à Le Tilleul (Seine-Maritime) en 1998. Les débris générés peuvent représenter des volumes importants, comme à Puys en 2000 [90].Une augmentation sensible du niveau de la mer due au changement climatique serait donc à court ou moyen terme préjudiciable à ces communautés [91].

Sur la côte française, la zone la plus riche en termes de biodiversité se situe entre le cap d'Antifer et le cap Fagnet à Fécamp (25 km). L'habitat au nord et au sud de ce secteur est fortement détérioré. Les ceintures algales y sont pauvres et réduites, ce qui induit un appauvrissement de la faune associée. Le recul du trait de côte serait plus rapide en France que dans le Kent, avec une moyenne de 21 cm par an (8 à 13 cm autour d'Étretat et du cap d'Antifer, et 28 cm à l'est, au niveau de Dieppe).

4 Ordre appartenant à la Classe des Phaeophycées se présentant sous forme de filaments fins de petite taille, généralement épiphytes.

L'impact dû aux activités anthropiques peut être non négligeable dans certaines zones, (en particulier au nord de la Seine-Maritime), par le piétinement et les perturbations liées à la pêche à pied, notamment la collecte intensive de moules. Les filets fixes le long des plates-formes du Pays de Caux tendent également à se développer. D'autre part, l'eutrophisation des eaux côtières peut se traduire par des proliférations d'algues vertes (*Ulva* spp.), qui se retrouvent à tous les niveaux de l'estran. L'algue brune introduite *Sargassum muticum* a été signalée aux alentours de Dieppe, d'Étretat et du Havre, sans conséquence majeure pour la flore caractéristique. Signalons de plus l'introduction (sans doute par ballastage à partir du Havre) du crabe *Hemigrapsus sanguineus* qui est de plus en plus commun dans le médiolittoral et le supralittoral [91] [92] [93] [94] [95] [96] [97].

Des mesures et actions de protection ont été préconisées par la commission environnement du conseil régional de Haute-Normandie, en lien avec l'Agence de l'eau Seine-Normandie. En prenant en compte l'annexe I de la Directive Habitats, cet habitat de type « récifs » est intégré au réseau Natura 2000.

2.4.2. Lacunes au niveau de l'évaluation initiale de la DCSMM

Les études sur les biocénoses sont très parcellaires, que ce soit au niveau de la faune, de la flore ou des interactions entre organismes.

2.5. GROTTES EN MER À MARÉE

2.5.1. Description de l'habitat

Les grottes marines médiolittorales sont présentes dans les anfractuosités de grande taille des falaises rocheuses de toute nature (calcaire, granit, grès, etc). L'ouverture des grottes émerge à basse mer plus ou moins haut sur l'estran. Le fond de la grotte est constitué de grandes cuvettes ou de roche émergée. La quasi-absence de lumière conjuguée à l'atténuation des conditions hydrodynamiques et à la relative stabilité de la température permettent la remontée de tout un cortège d'espèces sciaphiles des étages inférieurs. En général, on peut observer un gradient d'atténuation de la variabilité des facteurs écologiques cités ci-dessus de l'ouverture vers le fond. La zonation caractéristique des milieux rocheux s'en trouve alors fortement atténuée. Il faut noter qu'on regroupe souvent sous cet habitat générique les surplombs rocheux (dessous de blocs de grande taille) à l'abri de la lumière directe (ce type d'habitat est particulièrement présent à la sortie de la Manche).

Les espèces indicatrices de cet habitat sont essentiellement les algues rouges *Catenella caespitosa* et *Hildenbrandia rubra* à l'ouverture. Les surplombs et les parties inférieures des grottes sont richement colonisés par une faune et une flore très originales en intertidal car composées d'espèces de niveaux inférieurs. Les plus remarquables sont principalement :

- des algues rouges sciaphiles : *Lomentaria articulata*, *Plumaria plumosa*, *Membranoptera alata, etc.*
- des cnidaires : *Actinothoe sphyrodeta*, *Balanophyllia regia*, *Caryophyllia smithii*, *Corynactis viridis*, *Sagartia troglodytes*...
- des éponges : *Aplysilla rosea*, *Aplysilla aurea*, *Hymeniacidon sanguinea*, *Leucosolenia variabilis*, *Pachymatisma johnstonia.*

À ces espèces caractéristiques peuvent venir se rajouter toute espèce de l'infralittoral proche (mollusques, poissons, annélides, etc.).

2.5.2. État des connaissances et suivi

Malgré sa fragilité et son intérêt patrimonial majeur, la dynamique et le fonctionnement écologique de cet habitat sont extrêmement peu étudiés. Les enseignants en écologie marine savent les utiliser pour leur valeur pédagogique dans la formation des étudiants. Néanmoins, nous n'avons pu trouver de travaux décrivant précisément l'écologie des grottes marines intertidales.

En Manche-mer du Nord, les seules publications qui font référence à l'habitat sont les inventaires de la faune de Roscoff, qui recensent tout un cortège d'espèces ayant été identifiées soit dans des grottes, soit dans des

surplombs rocheux, et le travail d'inventaire de Le Hir [98] sur la mer d'Iroise, qui a listé et tenté de donner une esquisse de typologie des quelque 440 grottes de la presqu'île de Crozon. Il faut cependant noter que Le Hir évoque un relatif bon état de conservation pour la totalité des grottes recensées. Néanmoins il est nécessaire d'acquérir des données objectives pour pouvoir l'affirmer plus en avant et pouvoir étendre cette constatation à l'ensemble des grottes intertidales du littoral français.

2.6. CHAMPS DE BLOCS

2.6.1. Caractéristiques de l'habitat

La récente redéfinition de la typologie des habitats côtiers par le REBENT [99] a permis de situer l'habitat champs de blocs dans l'item des « habitats particuliers ». Il faut souligner que le terme « champs de blocs » se trouve précisé et couvre désormais les zones de blocs des plus bas niveaux de l'estran découvrant aux basses mers. Ils ne font pas partie véritablement du médiolittoral mais de ce que l'on définit désormais comme la frange émergée (ou émergente ou encore partie supérieure) de l'infralittoral. De ce fait, il est important de souligner que les cartographies antérieures à 2008 dans la sous-région marine Manche-mer du Nord peuvent contenir des informations obsolètes quant à cet habitat jusqu'alors représenté à différents niveaux hypsométriques de l'estran. C'est l'habitat intertidal le plus diversifié.

Du haut en bas de l'estran, le champ de blocs commence par la partie basse de la ceinture à *Fucus serratus*, puis se poursuit un peu plus bas par le niveau à *Bifurcaria bifurcata* et *Himanthalia elongata* et un ensemble d'algues rouges en mélange souvent dominé par le genre *Mastocarpus*. Encore plus bas, cet habitat peut présenter les premières laminaires (*Laminaria digitata*), espèces qui se développent principalement dans l'infralittoral médian et inférieur.

De manière plus générale, les champs de blocs, constitués par la fragmentation des roches en place, sont situés au pied de falaises rocheuses ou entre les pointes rocheuses et les platiers. Ils ne sont accessibles à pied que lors de coefficients de marée supérieurs ou égaux à 95. Comparativement au médiolittoral, les champs de blocs abritent naturellement une biodiversité élevée du fait de leur situation en bas d'estran, mais leur richesse faunistique et floristique dépend aussi beaucoup du type architectural de l'habitat. Trois grandes catégories de champs de blocs sont distinguées : les blocs sur sédiments, les blocs sur roche en place et les blocs sur blocs [100].

La biodiversité maximale est atteinte avec la catégorie blocs sur blocs (plusieurs couches de blocs les uns sur les autres) en raison du nombre élevé de microhabitats présents (cavités, surplombs…) qui offrent des conditions environnementales très favorables à l'installation d'une faune très diversifiée, parfois inhabituelle pour le niveau auquel se trouve cet habitat, en particulier liée à la grande diversité de faune fixée sur les faces inférieures des blocs (spongiaires, ascidies, bryozoaires, actiniaires). Cet habitat offre ainsi un abri et une protection contre les grands prédateurs comme les oiseaux, les grands poissons et les crustacés, et contre les facteurs contraignants tels que les variations d'hygrométrie, température, salinité, etc. En constituant un microhabitat supplémentaire, le substrat sous-jacent participe à la diversité remarquable de cet habitat. En revanche, la présence de sable grossier ou de graviers-cailloutis à proximité ou entre les blocs est susceptible d'induire un fort décapage des peuplements de surface.

Il s'agit d'un milieu sensible et naturellement dynamique. Les blocs les plus petits (quelques décimètres cubes) seront parfois retournés et déplacés par les fortes houles et courants, particulièrement en milieu exposé. Mais seuls des évènements tempétueux exceptionnels et plus encore l'activité de pêche à pied récréative pourront entraîner le retournement des blocs de taille moyenne susceptibles d'abriter une faune intéressante pour la consommation (étrilles, crabes dormeurs, ormeaux, loches). Ce retournement induit la mortalité de la faune et de la flore fixées sur le dessus et le dessous des blocs, associée au développement d'espèces opportunistes telles que les algues vertes (entéromorphes, ulves...).

2.6.2. État des connaissances en Manche-mer du Nord

Dans la sous-région marine Manche-mer du Nord, les champs de blocs constituent un habitat fréquemment représenté le long des côtes de Bretagne jusqu'au cap Gris-Nez [101]. Il n'existe en revanche pas d'informations précises (cartographie et estimation de surfaces) sur leur distribution pour l'ensemble de la sous-région. Cependant, trois documents ont considéré cet habitat sur la base de la typologie REBENT [99] : les travaux de cartographie et caractérisation des champs de blocs du parc naturel marin d'Iroise [102], la cartographie des habitats côtiers de la rade de Brest [103] et celle de la baie de Morlaix [104]. Par ailleurs, quelques documents d'objectifs disponibles et les cartographies Natura 2000 antérieures à 2008 apportent des informations supplémentaires sur la répartition de l'habitat [105] [106] [107].

La thèse de Le Hir (2002) [108] a été le premier travail de recherche sur la biodiversité et la complexité de cet habitat. Deux sites de la sous-région marine ont été particulièrement inventoriés dans ce travail, l'un à Trielen dans l'archipel de Molène et l'autre à l'île Brusq dans le Trégor. Les biocénoses des champs de blocs intertidaux font depuis quelques années l'objet d'une attention particulière et d'un certain nombre de mesures en termes d'évaluation de l'impact de la pêche à pied récréative. En effet, un ensemble d'initiatives locales à l'échelle de la Bretagne s'est penché sur cette question : depuis le programme national sur la diversité biologique [109], qui a permis d'élaborer un premier indice de qualité des champs de blocs, le Contrat Nature mené par l'association VivArmor Nature [110] a engagé des études de fréquentation et des suivis écologiques sur ces biotopes. Un travail de thèse en cours au LEMAR (IUEM), cherche à définir des indicateurs d'impact de la pêche à pied [111]. Dans la sous-région Manche-mer du Nord, une évaluation du retournement des blocs est réalisée annuellement par le LEMAR dans le cadre du REBENT, à Saint-Briac, à la pointe de l'Arcouest, sur l'île de Callot, à Sainte-Marguerite (région des Abers), sur l'île de Molène et en rade de Brest. À titre d'exemple, la surface totale des champs de blocs du parc naturel marin d'Iroise représente 185 hectares [102] (figure 2). Environ 90 % de ces biotopes sont caractérisés par un bon état de conservation. Les 6 plus grands champs de blocs du parc se situent sur les îles de Molène (figure 2A), Trielen, Quéménes et Sein (figure 2B). L'habitat est également présent dans la zone de Plouarzel ainsi que sur les côtes de la presqu'île de Crozon.

Un gros travail de connaissance, sur la répartition géographique, l'estimation des surfaces et la variabilité des biocénoses associées sur le gradient biogéographique reste encore à mener. De même l'intérêt patrimonial relatif des différents champs de blocs reste à préciser.

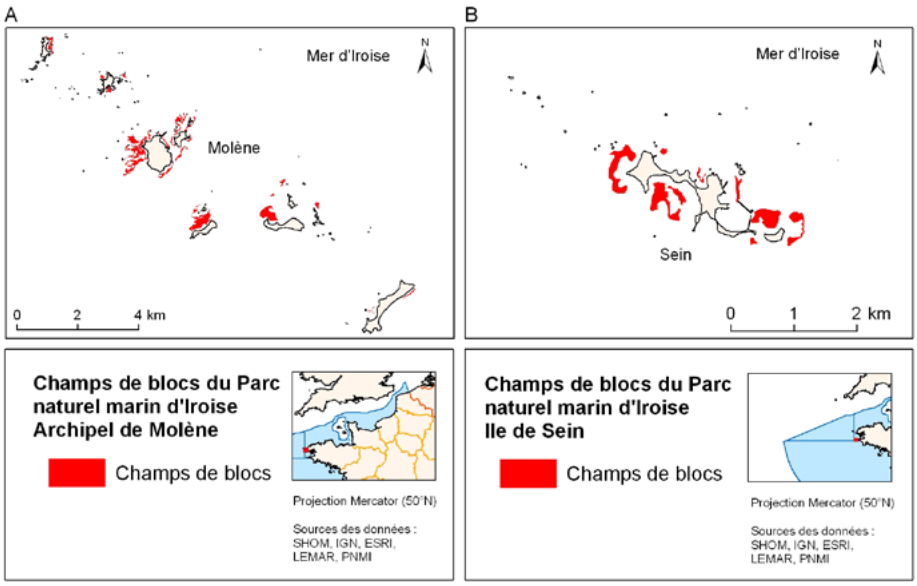


Figure 2 : Cartographie des champs de blocs. A. Archipel de Molène. B. Sein
(Sources : SHOM, IGN, ESRI, LEMAR, PNMI, 2011).

3. CONCLUSION

Un certain nombre de lacunes est à signaler au niveau des connaissances des biocénoses de la sous-région marine Manche-mer du Nord. Ainsi, la cartographie des peuplements algaux reste incomplète ou en cours de réalisation, notamment en Manche-Est, au niveau des roches et blocs à dominance algale. Les sites DCE y sont en nombre limité pour l'élément de qualité « macroalgues intertidales » et, hormis quelques études ponctuelles ou en cours sur les réseaux trophiques, les études sur les biocénoses sont très parcellaires, qu'il s'agisse de l'étude de la faune ou des interactions entre organismes. Le même constat peut être fait au niveau des communautés des calcaires du littoral. Les connaissances sur la diversité des espèces animales et végétales et la structuration des peuplements macroalgaux et des biocénoses associées aux des cuvettes et des grottes à marées demeurent très faibles sur l'ensemble de la sous-région marine.

Un gros travail reste encore à mener sur la répartition géographique des champs de blocs, l'estimation des surfaces correspondantes et la variabilité des biocénoses associées sur le gradient biogéographique. De même, l'intérêt patrimonial relatif des différents champs de blocs reste à préciser. Il serait par ailleurs particulièrement intéressant de développer une approche biogéographique sur l'habitat des roches et blocs à dominance animale à l'échelle de la sous-région dans le contexte du changement global.

Enfin, il faut signaler la disparité des protocoles d'échantillonnage et la rareté des approches globales, floristiques et faunistiques, des biocénoses.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Introduction

[1] 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, Projets REBENT-Bretagne et Natura-Bretagne. RST/IFREMER/DYNECO/ AG/08-06/REBENT. 16pp. + Annexes.

[2] Ar Gall E. et Le Duff M., 2005. IUEM –UBO, Résultats de la surveillance du Benthos - Suivi stationnel des roches intertidales (Flore) – Sites de Bréhat, Portsall, l'Ile de l'Aber et Trégunc - RST/IFREMER/DYNECO/ VIGIES/06-34/REBENT - Edition 2005 (REBENT Bretagne 2004-2005).

[3] Ar Gall E. et Le Duff M., 2007a. Contribution au REBENT Bretagne 2005-2006 - rapport final au 31/01/2007 St Briac, Roscoff, Delleg, Quiberon.

[4] Ar Gall E. et Le Duff M., 2007b. Contribution au REBENT Bretagne 2006-2007 - rapport final au 31/12/2007 Malban (Sept-Iles), Molène, Caro/Karo, Saint-Goustan (Le Croisic).

[5] Ar Gall E. et Le Duff M., 2007c. UBO, Ifremer, Contrôle de surveillance DCE 2007 Suivi de la flore benthique Masses d'eau côtières, Radiale macroalgues intertidales de Malban, Molène, Caro/Karo, Saint-Goustan 15/12/2007.

[6] Ar Gall E. et Le Duff M., 2007d. LEBHAM - IUEM – UBO, Protocole d'observation in situ et proposition de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans rocheux dans le cadre DCE – Décembre 2007.

[7] Ar Gall E. et Le Duff M., 2008a. Contribution au REBENT BRETAGNE 2008 - rapport final au 31/12/2008. Bréhat, Portsall, Trégunc, Berchis (Golfe du Morbihan).

[8] Ar Gall E., Le Duff M., 2008b. UBO, Ifremer, Contrôle de surveillance DCE 2008 Suivi de la flore benthique Masses d'eau côtières : FRFC07 - FRGC13-28-39, Radiale macroalgues intertidales de l'île de Bréhat, Portsall, Trégunc, Berchis. 10/12/2008.

[9] Ar Gall E. et Le Duff M., 2009a. Contribution au REBENT BRETAGNE 2009 - rapport final au 10/12/2009. Saint-Briac, Ile Callot (Carantec), Le Delleg, Quiberon.

[10] Ar Gall E., Le Duff M., 2009b. UBO, Ifremer, Contrôle de surveillance DCE 2009 Suivi de la flore benthique Masses d'eau côtières : FRFC03 - FRGC11-16-36, Radiale macroalgues intertidales Saint-Briac, Ile Callot, Le Delleg, Quiberon. 10/12/2009.

[11] Ar Gall E. et Le Duff M., 2009c. IUEM –UBO, Résultats de la surveillance du Benthos - Région Bretagne - Suivi stationnel des roches intertidales (Flore) 2006-2009 - RST/IFREMER/DYNECO/AG/10-20/REBENT, 45p - Edition 2009.

[12] Ar Gall E. et Le Duff M., 2010a. Contribution au REBENT BRETAGNE 2010 - rapport final au 15/12/2010 Malban, L'île Molène, Caro/Karo, Saint-Goustan.
[13] Ar Gall E., Le Duff M., 2010b. UBO, Ifremer, Contribution à la DCE 2010 - rapport final au 15/12/2010 Lettre-contrat n°10/5 210 577- Malban, L'île Molène, Caro/Karo, Saint-Goustan.
[14] Ar Gall E. et Le Duff M., 2010c. UBO, Intercalibration de l'indicateur « macroalgues intertidales » dans le cadre de l'application de la Directive Cadre sur l'eau. http://archimer.ifremer.fr/doc/00026/13728/
1. Roches et blocs médiolittoraux à dominance algale
[15] Dion P., 2009. Fiche de synthèse d'habitat « Fucales intertidales » - Avril 2009.
[16] Lüning K., 1990. Seaweeds. Their environment, biogeography, and ecophysiology. Wiley-Interscience, New York. 527 pp.
[17] Cabioc'h J., Floc'h J-Y., Le Toquin A., Boudouresque C-F., Meinesz A. et Verlaque M., 2006. Guide des algues des mers d'Europe. 2ème édition. Delachaux et Niestlé, Paris.272 pp.
[18] 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, Projets REBENT-Bretagne et Natura-Bretagne. RST/IFREMER/DYNECO/ AG/08-06/REBENT. 16pp. + Annexes.
[19] Gevaert F., 2008. Étude des peuplements benthiques de substrats durs du secteur Artois-Picardie, dans le cadre du contrôle de surveillance Rebent-DCE-Manche - Actions 2008 – LOG – Station marine de Wimereux- Octobre 2008.
[20] Simon S. et Le Thoer D., 2010. CSLN, Suivi Faune Flore de la zone intertidale de trois sites du littoral cauchois, protocole DCE REBENT et suivi des limites des Laminaires - année 2009 - Juin 2010.
[21] Rusig A-M., Mussio I., Hacquebart P., Timsit O., Cazin J-B. et Sylvand B., 2006. GEMEL Normandie - Inventaires floristiques et faunistiques d'espaces naturels du littoral bas normand. Caractérisation de l'état écologique des habitats naturels et côtiers en relation avec les « ZNIEFF-MER » et la Directive Cadre Européenne Eau (3 zones d'inventaire : Chausey, Cap Levi et Tatihou). Étude des macroalgues intertidales - janvier 2006.
[22] Ar Gall E. et Le Duff M., 2005. IUEM – UBO, Résultats de la surveillance du Benthos - Suivi stationnel des roches intertidales (Flore) – Sites de Bréhat, Portsall, l'Ile de l'Aber et Trégunc - RST/IFREMER/DYNECO/ VIGIES/06-34/REBENT - Edition 2005 (REBENT Bretagne 2004-2005).
[23] Ar Gall E. et Le Duff M., 2007a. Contribution au REBENT Bretagne 2005-2006 - rapport final au 31/01/2007 St Briac, Roscoff, Delleg, Quiberon.
[24] Ar Gall E. et Le Duff M. (2007b). Contribution au REBENT Bretagne 2006-2007 - rapport final au 31/12/2007 Malban (Sept-Iles), Molène, Caro/Karo, Saint-Goustan (Le Croisic).
[25] Ar Gall E. et Le Duff M., 2007c. UBO, Ifremer, Contrôle de surveillance DCE 2007 Suivi de la flore benthique Masses d'eau côtières, Radiale macroalgues intertidales de Malban, Molène, Caro/Karo, Saint-Goustan 15/12/2007.
[26] Ar Gall E. et Le Duff M., 2007d. LEBHAM - IUEM – UBO, Protocole d'observation in situ et proposition de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans rocheux dans le cadre DCE – Décembre 2007.
[27] Ar Gall E. et Le Duff M., 2008a. Contribution au REBENT BRETAGNE 2008 - rapport final au 31/12/2008. Bréhat, Portsall, Trégunc, Berchis (Golfe du Morbihan).
[28] Ar Gall E., Le Duff M., 2008b. UBO, Ifremer, Contrôle de surveillance DCE 2008 Suivi de la flore benthique Masses d'eau côtières : FRFC07 - FRGC13-28-39, Radiale macroalgues intertidales de l'île de Bréhat, Portsall, Trégunc, Berchis. 10/12/2008.
[29] Ar Gall E. et Le Duff M., 2009a. Contribution au REBENT BRETAGNE 2009 - rapport final au 10/12/2009. Saint-Briac, Ile Callot (Carantec), Le Delleg, Quiberon.
[30] Ar Gall E., Le Duff M., 2009b. UBO, Ifremer, Contrôle de surveillance DCE 2009 Suivi de la flore benthique Masses d'eau côtières : FRFC03 - FRGC11-16-36, Radiale macroalgues intertidales Saint-Briac, Ile Callot, Le Delleg, Quiberon. 10/12/2009.
[31] Ar Gall E. et Le Duff M., 2009c. IUEM – UBO, Résultats de la surveillance du Benthos - Région Bretagne - Suivi stationnel des roches intertidales (Flore) 2006-2009 - RST/IFREMER/DYNECO/AG/10-20/REBENT, 45p - Edition 2009.
[32] Ar Gall E. et Le Duff M., 2010a. Contribution au REBENT BRETAGNE 2010 - rapport final au 15/12/2010 Malban, L'île Molène, Caro/Karo, Saint-Goustan.
[33] Ar Gall E., Le Duff M., 2010b. UBO, Ifremer, Contribution à la DCE 2010 - rapport final au 15/12/2010 Lettre-contrat n°10/5 210 577- Malban, L'île Molène, Caro/Karo, Saint-Goustan.
[34] Ar Gall E. et Le Duff M., 2010c. UBO, Intercalibration de l'indicateur « macroalgues intertidales » dans le cadre de l'application de la Directive Cadre sur l'eau. http://archimer.ifremer.fr/doc/00026/13728/
[35] Bajjouk T., 2010. Projet REBENT-Bilan des actions sur la région Bretagne, année 2009 - RST/IFREMER/ DYNECO/AG/10-12/TB - Edition 2010.
[36] Mouquet P. *et al.,* 2009. Cartographie des estrans rocheux de Normandie par télédétection hyperspectrale. CEVA 04-02-2009.
[37] Blanchard M., Heim M., Rozec X. et Caisey X., 2008. Ifremer, Cartographie synthétique et analyse des peuplements benthiques sur deux secteurs du littoral français « Manche-Est» et «Loire-Gironde » - Novembre 2008.

[38] Dizerbo A. et Herpe E., 2007. Liste et répartition des algues marines des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique, îles anglo-normandes incluses. LEBHAM- IUEM - UBO. Ed. Anaximandre. 315 pp.
[39] Davy de Virville A., 1938. La flore marine des iles Chausey. Liste des algues recueillies en Septembre 1937 aux îles Chausey. Laval, imprimerie-librairie Goupil. 32 pp.
[40] Cosson J. et Billard C., 1978. Flore algale des Iles Chausey (1). Bull. Soc. Linn. Normandie 106 : 63-72.
[41] Guérin L., Le Mao P. et Desroy N., 2007. Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : état des lieux et propositions. District Seine Normandie Rapport Ifremer LER FBN 2007-002, 79 pp.
[42] Nebout T., Desroy N. et Le Mao P., 2010. Coordination de l'étude des peuplements benthiques du district Artois-Picardie dans le cadre du contrôle de surveillance Rebent-DCE-Manche - Année 2009. RST.DOP-LER/FBN-09-010 – décembre 2010.
[43] Simon S. et Le Thoer D., 2010. CSLN, Suivi Faune Flore de la zone intertidale de trois sites du littoral cauchois, protocole DCE REBENT et suivi des limites des Laminaires - année 2009 - Juin 2010.
[44] Dauvin J-C. et Lozachmeur O., 2006. Mer côtière à forte pression anthropique propice au développement d'une gestion intégrée : exemple du bassin oriental de la Manche (Atlantique Nord-Est). *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* 7 (3). DOI : 10.4000/vertigo.1914.
[45] Simon S. et Friboulet R., 2007. Suivi de la flore algale de la zone intertidale à proximité du CPN Paluel. Rapport 2007-Campagne d'août et d'octobre 2007. Cellule de Suivi du Littoral Normand / EDF R&D CHATOU .14 pages et annexe.
[46] Joubin L. et Richard J., 1909. Recherches sur la distribution océanographique des végétaux marins dans la région de Roscoff. Ann. Inst. Oceanogr. 1 : 1-17.
[47] Hamel G., 1928. La répartition des algues à St-Malo et dans La Rance. Bull. Lab. Mar.St-Servan 3 : 159-210.
[48] Lami R., 1931. Complément à la liste préliminaire des Algues récoltées dans la région de Saint-Servan. Bull. Lab. Mar. St-Servan 7 : 25-28.
[49] Prenant M., 1931. Étude de bionimie intercotidale. La baie de Douarnenez et ses abords. Bull. Biol. France et Belgique 73 : 451-476.
[50] Fischer-Piette E., 1932. Faune et flore de Saint-Servan en 1932. Bull. Lab. Marit. MHN Saint-Servan 10 : 25-31.
[51] Dizerbo A.H., 1946. La végétation marine de la presqu'île de Crozon. Bull. Lab. Mar. Dinard 27 : 18-22.
[52] Feldmann J., 1954. Inventaire de la flore marine de Roscoff. Trav. Stat. Biol. Roscoff, suppl. VI. 152 pp.
[53] Magne F., 1959. In : Rullier F. Etude bionimique de l'Aber de Roscoff (botanique). Trav. Sta. Biol. Roscoff l0, 337-34l.
[54] Lami R., 1959. Observations algologiques à la pointe de Cancaval (Rance maritime). Bull. Lab. Marit. Dinard 45 : 71.
[55] Floc'h J-Y., 1965. Répartition des Phéophycées dans l'Archipel de Molène (Finistère). I. Cartes de Molène et de Quéménès. Phycologia. 4 : 135-140.
[56] Floc'h J-Y., 1967. Cartographie de la végétation marine et observations écologiques dans l'archipel de Molène (Finistère). Thèse de Doctorat, Université de Rennes. 135 pp.
[57] Floc'h J-Y., 1970. Cartographie de la végétation marine dans l'archipel de Molène (Finistère). Rev. Trav. Inst. Pêches Marit. 34 : 89-120.
[58] Dizerbo A.H. et Floc'h J-Y., 1971. Excursion de Bretagne (Brest 17-22 août 1970). Soc. Phycol. France 16 : 82-88.
[59] Dixon P.S., 1961. List of marine algae collected in the Channel Islands during the joint meeting of the British Phycological Society and the Société Phycologique de France, September 1960. British Phycol. Bull. 2 : 71-79.
[60] Dizerbo A.H., 1971. Les limites géographiques de quelques algues de la Manche occidentale entre l'île de Bréhat et Saint-Vaast-la-Hougue. Soc. Phycol. France 16 : 21-24.
[61] Davy de Virville A., 1960. Excursion de la Société Phycologique de France aux îles de la Manche, en collaboration avec la British Physiological Society. Soc. Phycol. France 6 : 19-20.
[62] Mail F.R. et Senay P., 1957. Catalogue des Algues marines du littoral compris entre Fécamp et l'estuaire de la Seine. Bull. Lab. Marit. Dinard 43 : 94-110.
[63] Géhu J.M., 1964. L'algologie marine dans le Nord de la France. Soc. Bot. Fr. 111 : 357-379.
[64] Perez R., Vallet J.-L., Kaas R., 1980. Cartographie des champs d'algues des Sept Iles à Bréhat. Rapport Comité d'Expansion Economique des Côtes-du-Nord. ISTPM. 16 pp.
[65] Perez R., Vallet J.-L. et Kaas R., 2009. Cartographie des champs d'algues de Kerlouan à l'Ile de Siec. Source : Perez R., Vallet J.-L., Kaas R., 1981-1982 ; cartes non publiées. Produit numérique Rebent - Ifremer.
[66] Piriou J-Y., 2004. Carte de la végétation marine côtière, Secteur Aber Wrac'h - Aber Benoît (Source Piriou J.-Y., 1987). Produit numérique Rebent Ifremer.
[67] Duglet A., 1977. Première contribution à l'étude des phytocénoses de la Manche orientale (du cap Levy à la baie des Veys). Soc. Phycol. de France 22 : 206-217.
[68] Croguennec C., Lamirault-Gall M-O. et Rollet C., 2010. RST/IFREMER/DYNECO/AG/10-11/CC Recueil récapitulatif des cartes présentées sur le site Web REBENT-Réseau Benthique-Edition octobre 2010.
2. Roches et blocs médiolittoraux à dominance animale
[69] Hily C. et Jean F., 1997. Macrobenthic biodiversity in intertidal habitats of the Iroise biosphere reserve (Brittany, France). J. mar. Biol. Ass. U.K., 77, pp. 311-323.

[70] Lejart M.et Hily C., 2011. Differential response of benthic macrofauna to the formation of novel oyster reefs (*Crassostrea gigas*, Thunberg) on soft and rocky substrate in the intertidal of the Bay of Brest, France. *Journal of Sea Research*, Volume 65, Pages 84-93.
[71] Cahier d'habitats. Tome 2. Habitats côtiers. Fiche 1170-3.
[72] Hily C. et Lamarche S., 2010. Cartographie des habitats benthiques du site Natura 2000 de la baie de Morlaix. Rapport LEMAR – UBO- IUEM.

Bibliographie complémentaire

Gourmelon F., Bioret F., Brigand L., Cuq F., Hily C., Jean F., Le Berre I. et Le Démézet M., 1995. Atlas de la Réserve de Biosphère de la Mer d'Iroise: Exploitation cartographique de la base d'information géographique SIG-Ouessant. Conseil Général du Finistère, 104 pp.
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. Rapport REBENT.
Hily C., Larzillière A. et Grall J., 2008. Contribution du LEMAR à l'étude des habitats marins pour Natura 2000 en Bretagne. Première partie : Cartographie des habitats intertidaux du site Natura 2000 « Rade de Brest – Estuaire de l'Aulne » p 5-71.
Hily C. et Lamarche S., 2010. Cartographie des habitats benthiques du site Natura 2000 de la baie de Morlaix. Rapport LEMAR – UBO- IUEM.
Hily C., 2005. Lieux de surveillance du benthos. Suivi stationnel des roches intertidales (faune) 2004-2009. Edition 2009.
Lejart M., 2009. Etude du processus invasif de Crassostrea gigas en Bretagne : Etat des lieux, dynamique et conséquences écologiques. Thèse de Doctorat, Ecole Doctorale des Sciences de la Mer, Spécialité : Océanologie Biologique, Institut Universitaire Européen de la Mer, UBO.

3. Cuvettes ou mares permanentes

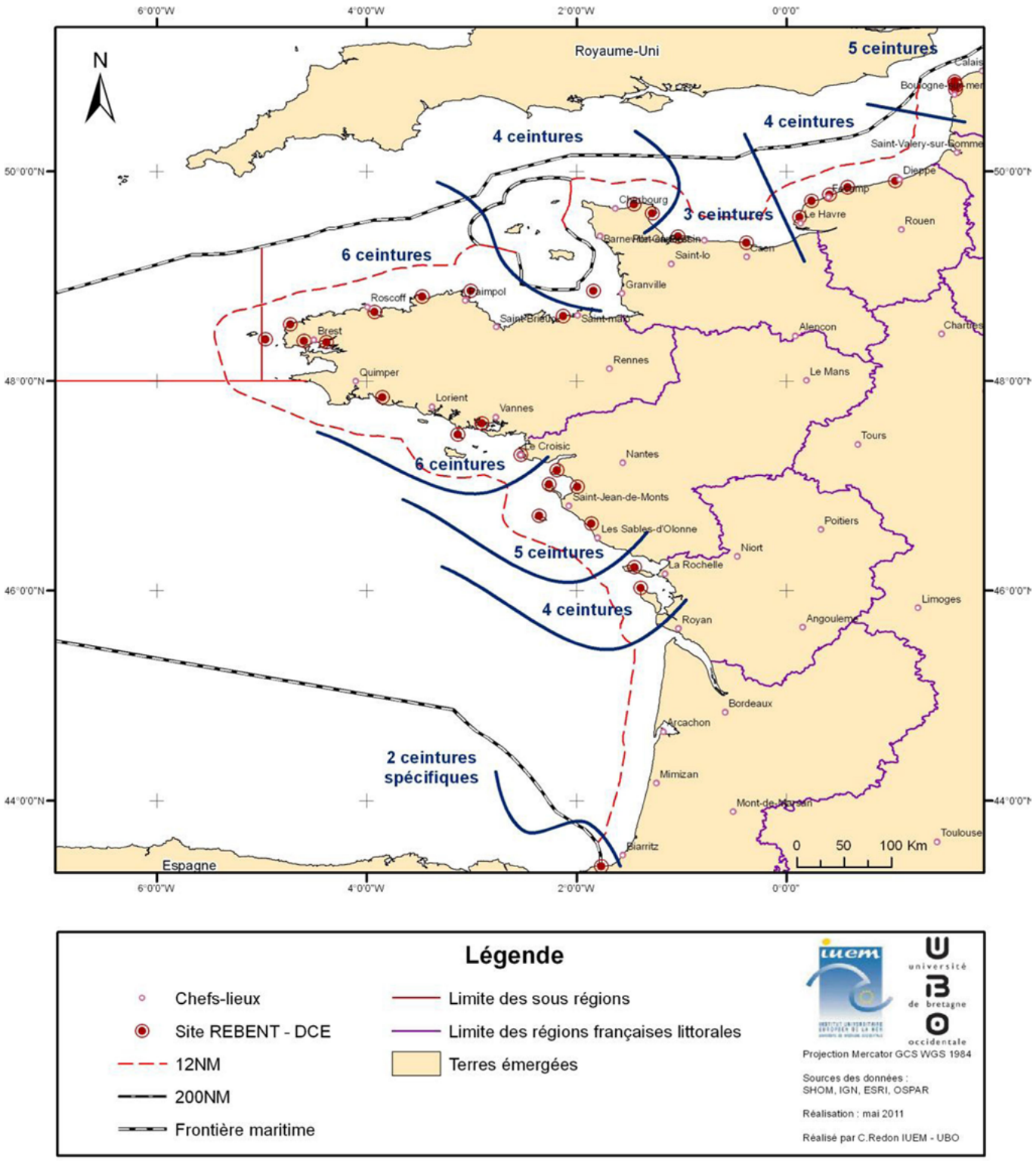
[73] Cabioc'h J., Floc'h J-Y., Le Toquin A., Boudouresque C-F., Meinesz A. et Verlaque M., 2006. Guide des algues des mers d'Europe. 2ème édition. Delachaux et Niestlé, Paris.272 pp.
[74] Kooistra W.H.C.F., Joosten A.M.T. et van den Hoek C., 1989. Zonation patterns in intertidal pools and their possible causes : a multivariate approach. Bot. Mar. 32 : 9-26.
[75] Bensettiti F., Bioret F., Roland J. et Lacoste J.-P. (coord.), 2004. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 399 p. + cédérom. [ISBN 2-11-005192-2].
[76] Simon C., Ar Gall E. et Deslandes E., 2001. Expansion of the red alga *Grateloupia doryphora* along the coasts of Brittany (France). *Hydrobiologia* 443 : 23–29.
[77] Plouguerné E., Le Lann K., Connan S., Jechoux G., Deslandes E. & Stiger-Pouvreau V., (2006). Spatial and seasonal variation in density, reproductive status, length and phenolic content of the invasive brown macroalga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt along the coast of Western Brittany (France). Aquatic Bot 85 : 337-344.
[78] Lami R., 1941. Sur la flore de certaines cuvettes ombreuses de la zone intercotidale supérieure. Bull. Lab. Mar. Dinard 23 : 53-69.
[79] Le Mao P., 2009. Inventaire de la biodiversité marine dans le golfe normano-breton. Echinodermes. Rapport Ifremer, RST.LER/FBN-09-08. 39 pp.
[80] Dizerbo A. et Herpe E., 2007. Liste et répartition des algues marines des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique, îles anglo-normandes incluses. LEBHAM-IUEM-UBO. Ed. Anaximandre. 315 pp.

4. Communautés des calcaires du littoral

[81] Gubbay S., 2002. Offshore Directory : Review of a selection of habitats, communties and species of the North-East Atlantic. WWF-UK : North-East Atlantic Programme.
[82] ICES/CIEM, 2003. Environmental status of the European Seas. A quality status report prepared by the International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen.
[83] OSPAR, 2008. *Description des habitats inscrits sur la liste OSPAR des espèces et des habitats menacés et/ou en déclin*. OSPAR Commission, numéro de référence 2008-07F, 10 p.
[84] Tittley I. et Price J., 1978. The marine benthic algae of the eastern English Channel : a preliminary floristic and ecological account. Bot. Mar. 20 : 499-512.
[85] Anonyme, 2000. UK Biodiversity Group Tranche 2 Action Plans. Volume V – maritime species and habitats. English Nature, Northminster House PE1 1UA. ISBN 1 85716 467 9. 242 pp.
[86] Fletcher, R.L., 1974. *Ulva* problem in Kent. Mar.Poll.Bull. 5 : 21.
[87] Wood E.M. et Wood C.M., 1986. Channel Tunnel sublittoral survey. Report to the Nature Conservancy Council. Marine Conservation Society, Ross-on-Wye.
[88] Fowler S.L. et Tittley I., 1993. The marine nature conservation importance of British coastal chalk cliff habitats. English Nature Research Report No.32. English Nature, Peterborough.
[89] Tittley I., Gilliland P. et Pound D., 1999. The marine flora of the Thanet coast marine SAC : A conservation

management perspective. In: Changes in the Marine Flora of the North Sea. Scott GW, Tittley I (eds) Centre for Environmental Research into Coastal Issues, Scarborough. pp. 65-74.
[90] Duperret A., Genter A., Mortimore R.N., Lawrence J.A. et Martinez A., 2001 A classification of chalk cliff failures, based on recent cliff collapses along the Channel coasts of England and France. Abstract. International Conference on coastal rock slope instability – geohazard and risk analysis. Le Havre, 30-31 May, 2001.
[91] OSPAR, 2009. OSPAR background document on littoral chalk communities. OSPAR Commission, London, 2009. ISBN 978-1-906840-64-8. Publication 424/2009.
[92] Simon S., 1999. Étude de la faune et de la flore de la zone de balancement des marées du littoral cauchois. Cellule de Suivi du Littoral Haut - Normand CSLHN/DIREN de Haute-Normandie. 102 pages et annexes.
[93] Simon S., Potel B., Jourde J. et Delamarche F., 2003. Inventaire et suivi de la faune et de la flore de la zone du littoral cauchois. Cellule de Suivi du Littoral Haut - Normand CSLHN/DIREN de Haute-Normandie. 52 pages et annexes.
[94] Delamarche F., 2003. Littoral cauchois. Natura 2000 site FR 2300139 – Habitat et état de conservation. Rapport CSLHN / DIREN de Haute-Normandie : 7pp., 11 cartes.
[95] Simon S. et Delamarche F., 2006. Suivi de la faune et de la flore de la zone intertidale de trois sites du littoral cauchois. Cellule de Suivi du Littoral Haut - Normand CSLHN/AESN - DEPEE - Délégation Littoral et Mer. 22 pages et annexes.
[96] Simon S., Berno A. et Castel L., 2007. Suivi de la faune et de la flore de la zone intertidale de trois sites du littoral cauchois. Cellule de Suivi du Littoral Normand / AESN DEPEE-Délégation Littoral et Mer .24 pages et annexes.
[97] Simon S., Berno A., Friboulet R. et Lefrançois T., 2008. Inventaire et suivi de la faune et de la flore de la zone intertidale du littoral cauchois. Campagnes 2007-Rapport final. Cellule de Suivi du Littoral Normand / AESN -DEPEE-Délégation Littoral et Mer. 33 pages et annexes.
5. Grottes en mer à marées
[98] Le Hir M., 2007. Les grottes intertidales du site Natura 2000 de la presqu'ile de Crozon. Rapport Mission Parc Marin d'Iroise. 79 pp.
Inventaires de la Faune de Roscoff. Accessibles à l'adresse : http://www.sb-roscoff.fr/fr/observatoire/especes/inventaires/macrofaune-flore
6. Champs de blocs
[99] 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. Rapport REBENT.
[100] Le Hir M. et Hily C., 2005. Macrofaunal diversity and habitat structure in intertidal boulder fields. Biodiversity and Conservation 14 : 233–250.
[101] Cahier d'habitats. Tome 2. Habitats côtiers. Fiche 1170-9.
[102] Lejart M., Larzillière A. et Hily C., 2010. Étude des herbiers et des champs de blocs du Parc naturel marin d'Iroise : cartographie et caractérisation de l'état de conservation. 184pp.
[103] Hily C. et Larzillière A., 2008. Contribution du LEMAR à l'étude des habitats marins pour Natura 2000 en Bretagne. Première partie : Cartographie des habitats intertidaux du site Natura 2000 « Rade de Brest – Estuaire de l'Aulne » p 5-71.
[104] Lamarche S. et Hily C., 2010. Cartographie des habitats benthiques du site Natura 2000 de la baie de Morlaix. Rapport LEMAR – UBO-IUEM.
[105] Document d'objectifs Site Natura 2000 « Le massif dunaire de Tréompan » (2002).
[106] Document d'objectifs. Tome I. Etat des lieux et objectifs. Site Natura 2000 FR 5300009 ZSC. Côte de Granit Rose des îles Milliau à Tomé, Archipel des Sept Iles FR 5310011 Ile de Goulmédec. FR 5310051 Archipel des Sept-Iles.
[107] Documents d'objectifs des sites Natura 2000 Baie d'Yffiniac, anse de Morieux : zscFR5300066, Baie de Saint Brieuc : zpsFR5310050, Iles du Grand Pourrier et du Verdelet : zpsFR5310053 (2009).
[108] Le Hir M., 2002. Les champs de bloc à la pointe de Bretagne (France). Biodiversité, structure et dynamique de la macrofaune. Thèse, Université de Bretagne Occidentale (UBO) Brest, 236 p.
[109] Hily C. et Le Hir M., 2004. Impact de la pêche à pied sur les peuplements et les habitats de l'estran : cas champs de blocs. Contribution à la gestion et à la conservation des espaces marins insulaires protégés (Manche - Atlantique) : les activités de pêche à pied et de plongée ; impacts sur la biodiversité et mise au point d'outils d'évaluation (coord. C. Hily). Programme de recherche Espaces protégés (Minist. Env.). Rapport Univ. Bret. Occ. Brest.
[110] VivarmorNature, 2010. Rapport annuel 2010 du Contrat Nature « Gestion durable de l'activité récréative de pêche à pied et préservation de la biodiversité littorale ».
[111] Bernard M., 2008-2011. *Thèse Cifre en cours*. Hiérarchisation intégrée des valeurs de conservation des estrans rocheux du littoral breton : application méthodologique à la problématique Natura 2000.
Bibliographie complémentaire
Gourmelon F., Bioret F., Brigand L., Cuq F., Hily C., Jean F., Le Berre I. et Le Démézet M., 1995. Atlas de la Réserve de Biosphère de la Mer d'Iroise : Exploitation cartographique de la base d'information géographique SIG-Ouessant. Conseil Général du Finistère, 104 p.

Nombre de ceintures algales des sites échantillonnés



Légende

- Chefs-lieux
- Site REBENT - DCE
- 12NM
- 200NM
- Frontière maritime
- Limite des sous régions
- Limite des régions françaises littorales
- Terres émergées

Projection Mercator GCS WGS 1984

Sources des données :
SHOM, IGN, ESRI, OSPAR

Réalisation : mai 2011

Réalisé par C.Redon IUEM - UBO