

Cartographie fonctionnelle comme outil de gestion d'un habitat patrimonial : cas du banc de maërl de Belle-Île-en-Mer

Julien Dubreuil¹, Jacques Grall² & Anne-Laure Barillé³

¹ Comité Régional des Pêches et des Élevages Marins de Bretagne,
1 square René Cassin, 35700 Rennes, France

² Université de Brest, CNRS, UMS 3113, Observatoire marin, Suivis habitats benthiques,
OSU-IUEM, Rue Dumont d'Urville, 29280 Plouzané, France

³ Bio-littoral, 2 rue du château de l'Eraudière, Immeuble le Nevada,
CS 80693, 44306 Nantes Cedex 3, France

Résumé

Une gestion optimale et proportionnée des activités pouvant affecter un habitat patrimonial passe par la connaissance du fonctionnement et de la dynamique de ce dernier. Dans le secteur de Belle-Île, comme dans d'autres zones Natura 2000 bretonnes, le socle d'informations disponible est apparu lacunaire, en particulier s'agissant d'habitats complexes à appréhender tels que les bancs de maërl. Dans l'objectif de combler ces lacunes, une représentation cartographique de la distribution des taux de recouvrement et de vitalité du maërl a été réalisée sur le banc de Belle-Île. Au-delà de l'amélioration de la connaissance du fonctionnement du banc, ces travaux ont permis d'appréhender la dynamique de sa partie vivante, assurant la production et l'exportation de matériel biogénique. Le maintien de la fonctionnalité de ces secteurs vivants conditionne le maintien de l'habitat dans sa superficie actuelle, et donc sa pérennité, et renforce la pertinence de mesures de gestion appliquées à ces zones. La méthode d'étude de l'habitat déployée dans le cadre de cette étude peut être étendue à la connaissance et à la gestion d'autres types d'habitats patrimoniaux bio-construits, en adaptant l'échelle et la fréquence d'acquisition à la dynamique propre de chaque espèce structurante.

Mots-clés : maërl ; Bretagne ; fonctionnalité ; cartographie ; Natura 2000

Auteur correspondant :

Julien Dubreuil (e-mail : jdubreuil@bretagne-peches.org)

Functional mapping as management tool of biogenic habitats: case study of the Belle-Île-en-Mer maerl bed (Southern Brittany, France)

Abstract

In-depth knowledge of habitat functioning of is a prerequisite when trying to set up the best possible conservation measures that are required by marine habitats under anthropogenic stress. Within many Natura 2000 sites such knowledge appears to be mainly patchy and obviously incomplete, in particular when dealing with complex habitats such as biogenic habitats. In such context we have mapped maerl density and maerl vitality within the natural protected area of Belle-Île-en-Mer island (Southern Brittany, France). The results show coastal areas of living coralline algae densities, places of high maerl production. These contrast with off shore areas constituted of dead maerl fragments, probably drifting northward and to higher depth under the influence of dominating currents. Beyond the increase of knowledge regarding this complex habitat functioning, our results allow to better understand maerl beds dynamics at various scales: from the algae itself through the vitality measurement, to the geolocation of biogenic material export areas, and maerl production levels. We believe that specific conservation actions need to focus on areas where maerl beds show the highest liveliness, which will allow the sustainability of the maerl bed on the integrity of its surface. The methodology used here could be adapted (in terms of scale and/or frequency) to the management of other complex/biogenic habitats.

Keywords: maerl; Brittany; functionality; mapping; Natura 2000

Introduction

La Directive Européenne dite « Habitats Faune Flore » (92/43/CE), adoptée par les états membres de l'Union Européenne le 21 mai 1992, a pour objectifs de maintenir ou restaurer les milieux naturels et les espèces végétales et animales d'intérêt communautaire dans un état de conservation favorable dans le respect des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales propres à chaque site. Ces objectifs visent à assurer la compatibilité entre conservation des habitats et des espèces et activités anthropiques sur des sites, au sein de sites identifiés par chacun des états membres, et désignés comme Zones Spéciales de Conservation (ZSC).

Le maërl désigne l'accumulation d'algues rouges calcaires (rhodolithes) se développant sous forme libre sur les fonds côtiers de faible profondeur. Sa distribution géographique, en fonction des espèces structurant les bancs, est mondiale et sa répartition bathymétrique peut localement s'étendre jusqu'à plus d'une centaine de mètres de profondeur. À l'échelle européenne, le maërl est distribué, depuis le Svalbard au nord jusqu'au Portugal au sud, ainsi que dans l'ensemble de la Méditerranée. Il est particulièrement abondant en Bretagne ainsi que dans les rias de Galice et en Irlande (Hall-Spencer *et al.*, 2008). Le maërl est considéré comme un habitat d'intérêt patrimonial, notamment du fait de sa forte biodiversité associée, de la limitation de sa distribution géographique et de la faible extension de l'habitat à l'échelle européenne. Au titre de la Directive 92/43/CE, le maërl est classé à l'annexe V, statut qui vise à assurer que les prélèvements réalisés sur l'habitat ne nuisent pas à un niveau satisfaisant de conservation. Au niveau national, les prélèvements de maërl (extraction industrielle ou artisanale) sont interdits depuis 2013.

La compatibilité entre la conservation des milieux naturels et la pratique des activités humaines est appréciée au sein des ZSC par une évaluation des incidences, dont les principes sont précisés au sein de la directive. Dans le cas des activités de pêche maritime professionnelle, l'évaluation de ces incidences doit être réalisée selon un dispositif réglementaire désigné sous le terme d'analyse de risques (circulaire du 30 avril 2013 ; Loi du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages). Cette analyse vise à évaluer à l'échelle de chaque site, les risques de dégradation des habitats d'intérêt communautaire par les activités de pêche professionnelle. Cette évaluation considère le degré de sensibilité de l'habitat et le niveau d'exposition de l'habitat à l'activité humaine. Dans le cadre de la mise en œuvre de ce dispositif dans le secteur de Belle-Île, une évaluation préalable des composantes environnementales a été réalisée par le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins de Bretagne, focalisée sur l'habitat maërl. Cette évaluation a montré, malgré les cartographies qui se sont succédées dans le temps, les lacunes dans la connaissance du fonctionnement du banc et en particulier de la dynamique de sa partie vivante.

La présente étude vise donc à combler ces lacunes et propose une analyse fonctionnelle en terme de production potentielle de l'espèce structurante de l'habitat, le maërl. Cette analyse est basée sur la représentation cartographique de la distribution des taux de recouvrement et de vitalité du maërl, et vise *in fine* à engager une concertation avec les acteurs impliqués dans les usages du site Natura 2000 dans un objectif de gestion des activités.

Contexte environnemental du site de Belle-Île

Belle-Île est une île de 84 km², située au sud de la Bretagne, à 14 km au sud de Quiberon (Figure 1). Orientée selon un axe nord-ouest - sud-est, elle présente une longueur maximale d'environ 20 km pour une largeur de 9 km. La côte ouest, exposée à la houle, fait face à l'océan

Atlantique (secteur nord du golfe de Gascogne) et la côte est, plus abritée, fait face au Mor Braz.

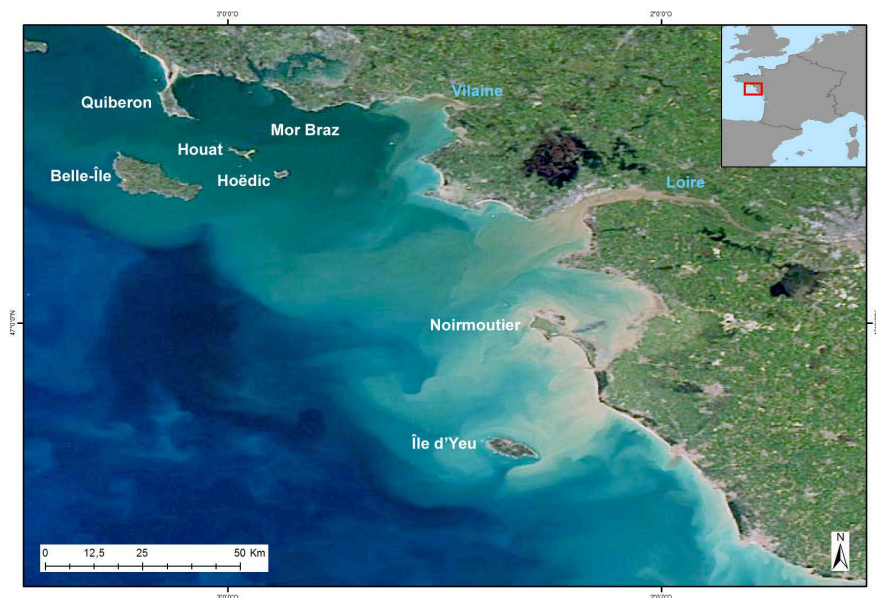


Figure 1 : Situation géographique de Belle-Île-en-Mer et incidence des panaches de la Vilaine et de la Loire sur la zone d'étude (février 2016).

Le long de la frange côtière de Bretagne sud, les panaches de la Loire (débit moyen = $890 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) et de la Vilaine (débit moyen = $80 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) génèrent un gradient est-ouest de conditions physico-chimiques (Figure 1), notamment en termes de salinité, de matières en suspension et de sels nutritifs, et induisent également des courants baroclines saisonniers (Loyer, 2001 ; Tessier, 2006). Les masses d'eau du secteur de Belle-Île sont donc sous l'influence de ces deux fleuves côtiers. Cela induit des apports continentaux significatifs ayant une influence sur les paramètres hydrologiques qui participent également à la structuration des communautés benthiques, notamment au sein du maërl (Dutertre *et al.*, 2015).

Les vents sont principalement de secteurs ouest et nord-ouest. Cependant les vents les plus forts sont de secteur sud-ouest (source Météo-France). Les fonds marins sont très majoritairement rocheux sur le secteur ouest de l'île. Les fonds de la côte est sont en revanche très majoritairement sédimentaires. Le maërl n'est présent qu'au droit de ce secteur. La grande majorité du banc de maërl est protégée des forts coups de vent de secteur ouest et sud (Tessier, 2006) ainsi que des houles océaniques.

Le marnage au port de référence de Le Palais est d'environ 5 mètres en marée de vive-eau. La vitesse des courants de marée est faible sur cette portion de l'île, de l'ordre de quelques dizaines de centimètres par seconde pour les plus forts coefficients de marée (Figure 2). La résiduelle des courants est orientée vers le sud-est (Lazure & Salomon, 1991). Son orientation se traduit également par un modelé des graviers de maërl en mégarides de faible asymétrie vers le sud-est avec une longueur d'onde inférieure à 2 mètres (Hamon *et al.*, 2010).

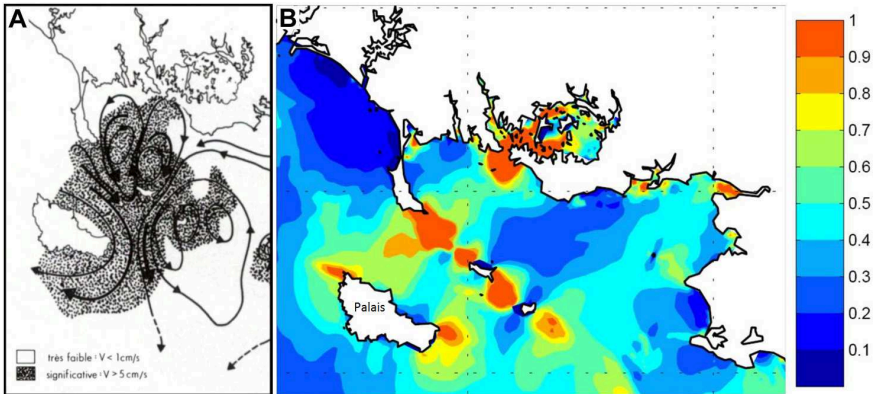


Figure 2 : Circulations résiduelles des courants de marée (Lazure & Salomon, 1991) (A); vitesse maximale (m s^{-1}) du courant, moyennée sur la verticale pour une marée de vive-eau de coefficient 100 (Tessier, 2006) (B).

Le maërl : cartographies successives dans le secteur de Belle-Île

Dans le secteur de Belle-Île, les connaissances sur la distribution du maërl et ses composantes écologiques sont relativement peu nombreuses. D'une manière générale, les bancs de maërl du Morbihan sont relativement mal connus et nécessitent cartographie et évaluation de l'état de santé (Hily & Kerninon, 2012), et en particulier celui de Belle-Île qui en dépit de son étendue a été assez peu étudié (Hamon *et al.*, 2010). La présence de maërl dans le secteur a été signalée lors des premières études sédimentologiques des fonds marins par Hinschberger *et al.* (1968) puis dans les premières cartographies bio-sédimentaires réalisées par Chassé et Glémarec dans les années 1970 (Chassé & Glémarec, 1976). Aucune donnée numérique de ces résultats n'est actuellement diffusée.

Les données cartographiques disponibles sur ce site sont issues des études réalisées dans le cadre du document d'objectifs de la zone Natura 2000 FR5300032 (Chauvaud, 2006) et pour l'étude sur la reconnaissance cartographique des bancs de maërl réalisée dans le cadre de la Directive Cadre Eau de la région Bretagne, dans le cadre du REBENT (Hamon *et al.*, 2010) (Figure 3).

Sur la base des éléments présentés, il apparaît que la connaissance est lacunaire sur le banc de maërl de Belle-Île car elle ne permet pas de disposer d'une image précise et actualisée de la répartition et de la structuration de l'ensemble de cet habitat. Dans l'optique de la réalisation des analyses de risques des activités de pêche professionnelle sur les habitats d'intérêt communautaire des sites Natura 2000, il est paru nécessaire de disposer d'une connaissance fine des habitats marins, à une échelle compatible avec les objectifs des sites. Afin d'appréhender la structuration et la distribution du banc de maërl, une cartographie, basée sur les critères de recouvrement et de vitalité du maërl, a été réalisée en mai 2016. Il a été choisi de déployer une méthode géostatistique pour modéliser la variabilité de la distribution de ces paramètres, puis de les discuter. Cette analyse globale vise à identifier les zones à enjeu et à les hiérarchiser à l'échelle du banc de maërl, afin d'apprécier ultérieurement les mesures les plus pertinentes pour assurer la compatibilité entre la conservation de l'habitat et le maintien des

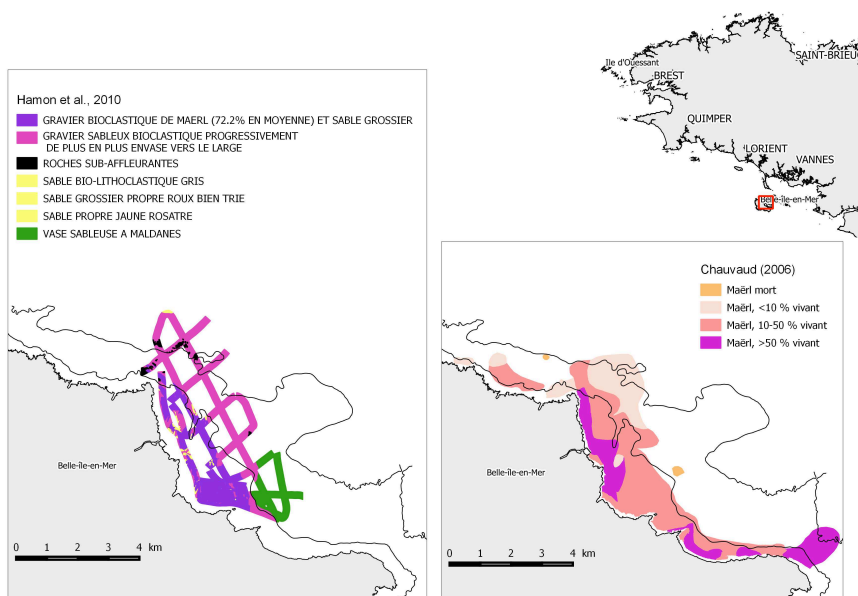


Figure 3 : Données cartographiques disponibles sur le secteur de Belle-Île (sources : Chauvaud, 2006; Hamon *et al.*, 2010).

activités socio-économiques selon les objectifs de la Directive Habitats Faune Flore. Enfin, il sera proposé des éléments de protocole afin d'établir des cartographies de bancs de maërl, prenant en compte leur structuration et permettant de répondre aux objectifs de conservation au sein des Zones Spéciales de Conservation.

Matériel et méthodes

Acquisition des données *in situ*

Les méthodes appliquées dans le cadre de cette étude sont basées sur des prélèvements à la benne (surface normée de $0,1 \text{ m}^2$) complétées par des observations par vidéo (points fixes et vidéo tractée) réalisées en mai 2016. Les méthodes employées sont stationnelles et réputées, dans le cas du maërl, complémentaires pour appréhender la nature de l'habitat (notamment en termes de recouvrement, de vitalité et de faciès morpho-sédimentaires). L'échantillonnage a consisté en la réalisation de 205 stations dont 102 stations de prélèvements à la benne et 193 stations d'acquisition vidéo. Les données issues des observations vidéo n'ont été utilisées que pour qualifier la présence ou l'absence de maërl. En cas de certitude d'absence de maërl sur la bande vidéo et sur les zooms photographiques, il est affecté une valeur nulle à la vitalité et au recouvrement. Les données issues des prélèvements et des observations sont intégrées à une base de données commune qui présente pour chaque station une valeur de vitalité et de recouvrement. Les 134 stations retenues pour la cartographie du banc de maërl sont présentées

dans la figure 4.

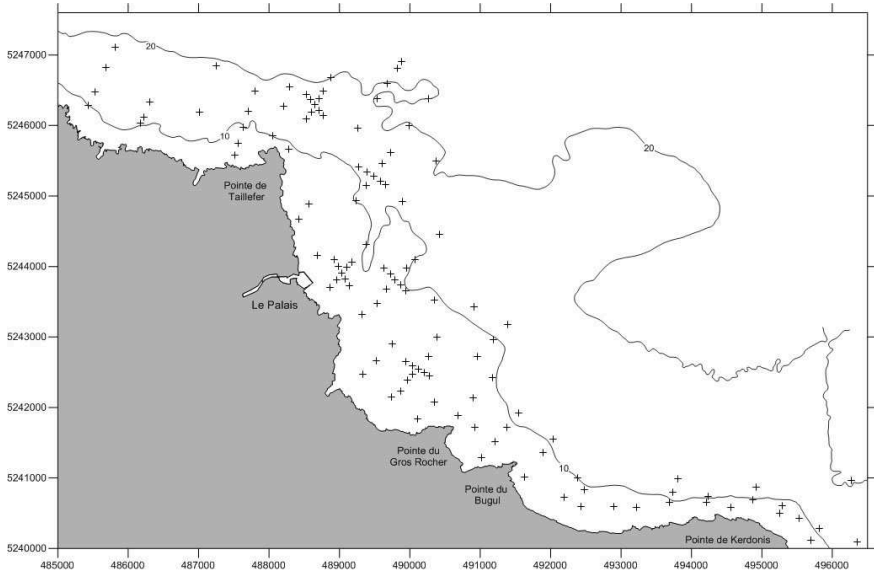


Figure 4 : Illustration de la stratégie d'échantillonnage retenue pour la cartographie du banc de maërl de Belle-Île. + : stations d'échantillonnage (coordonnées en WGS 84, UTM zone 30 – 1000 mètres en deux gradicules).

Traitement des données

Les échantillons récoltés à la benne ont fait l'objet d'un sous-échantillonnage par carotier de surface normée de 144 cm² après homogénéisation du prélèvement. Après tamisage sur maille carrée de 1 mm, le conditionnement est assuré dans les contenants rigides et opaques puis les échantillons sont immédiatement congelés pour éviter la dégradation du maërl vivant. Au laboratoire, les échantillons sont décongelés et rincés. Les brins de maërl morts et vivants sont séparés et leur surface est évaluée. Le pourcentage de vitalité et le pourcentage de recouvrement total ont ainsi été déterminés pour les 102 prélèvements.

Traitement statistique et production des cartographies

La cartographie de la structuration spatiale du recouvrement et de la vitalité du banc de maërl a été réalisée par interpolation des données stationnelles. Cette structuration a été modélisée par krigeage (Krige, 1951), méthode géostatistique qui permet l'estimation de valeurs dans des zones inconnues en tenant compte de la distance et du degré de variation entre les points géoréférencés, dont les valeurs sont, elles, mesurées et donc connues. Le modèle numérique a été mis en œuvre via le logiciel SURFER 9. Afin d'optimiser la robustesse de l'interpolation par krigeage, le plan d'échantillonnage présenté ci-avant inclut des zones où la densité de points est plus importante dans le but de tenir compte de la variabilité des valeurs

à petite échelle et ainsi permettre au modèle de mieux intégrer l'organisation spatiale des valeurs des métriques étudiées (vitalité et recouvrement) à toutes les échelles. Les coordonnées des cartes sont exprimées selon le système géodésique WGS84 et la projection UTM (zone 30 Nord).

Résultats

La distribution du taux de recouvrement en maërl (vivant + mort) obtenue par interpolation des données stationnelles (134 stations) est présentée dans la figure 5. Le terme « banc » de maërl s'applique à des accumulations d'algues corallinacées sous forme libre recouvrant plus de 30 % du substrat (BIOMAERL Team, 1999), c'est-à-dire présentant un tiers de recouvrement par du maërl mort ou vivant dans un prélèvement ou une observation ponctuelle. Le recouvrement supérieur à 30 % est figuré par la ligne en pointillés rouges (Figure 5).

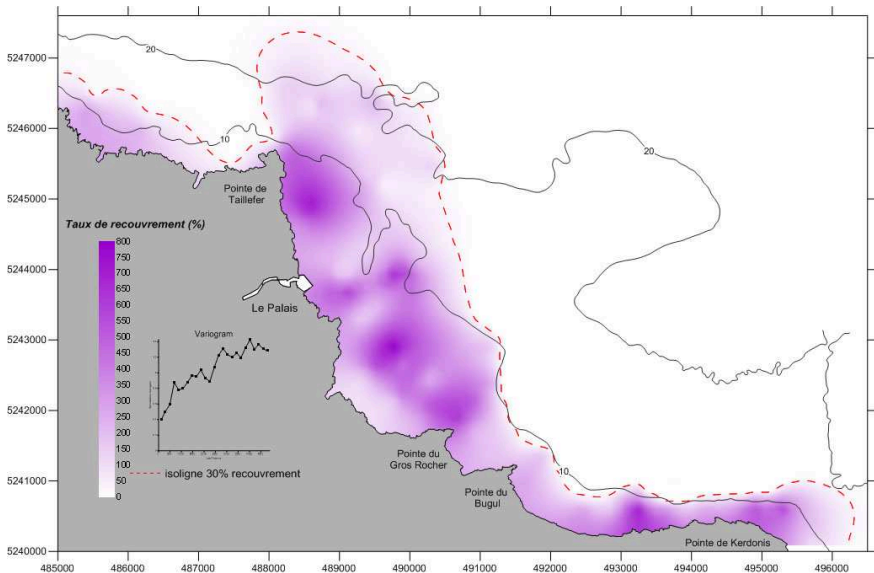


Figure 5 : Distribution du taux de recouvrement en maërl dans le secteur de Belle-Île (coordonnées en WGS 84, UTM zone 30 – 1000 mètres en deux graticules).

La distribution du banc de maërl de Belle-Île est cantonnée aux côtes nord et est de l'île. La quasi-totalité du banc s'étend en bordant la côte entre le large de la pointe de Taillefer, au nord, et la pointe de Kerdonis, au sud.

Le taux de recouvrement est supérieur à 100 % dans une très grande majorité du banc. Il atteint des valeurs maximales de l'ordre de 800 %, lorsque le maërl est présent sur une épaisseur importante. Les parties du banc présentant ces forts taux de recouvrement sont situées dans les secteurs les plus côtiers, dans des profondeurs inférieures à 10 m Carte Marine (CM), au droit de la pointe de Taillefer, entre Le Palais et la pointe du Gros Rocher, ainsi qu'au nord de la pointe de Kerdonis.

L'habitat présente une extension en profondeur plus marquée dans la partie nord, localement supérieure à 20 m CM, notamment au large de la pointe de Taillefer (c.-à-d. 24 m CM). La limite de distribution du banc se situe alors à environ 2200 m de la côte. L'extension en profondeur est en revanche, cantonnée à l'isobathe des 10 m CM au droit de l'infléchissement du banc selon un axe est-ouest (large de la pointe du Gros Rocher). La limite de distribution au large se situe de l'ordre de 500 m des lignes de base.

Certains secteurs présentent des taux de vitalité (surface de maërl vivant) importants pouvant atteindre localement des valeurs supérieures à 100 % (Figure 6). C'est notamment le cas au droit du port de Le Palais où une station de prélèvement présente un taux de vitalité de 113 %. De manière générale, 3 zones de plus fortes valeurs de vitalité sont observées dans les secteurs très côtiers au droit du port de Le Palais, entre les pointes du Gros Rocher et du Bugul, et au nord-ouest de la pointe de Kerdonis. Ces zones sont cantonnées à des profondeurs inférieures à 10 m CM. Le secteur au large de la pointe de Taillefer présente des taux de vitalité importants pour des bancs plus en profondeur, entre 10 et 20 m CM. Le secteur central du banc, au large du port de Le Palais et au nord de la pointe du Gros Rocher, présente des taux de recouvrement importants mais de faibles valeurs de vitalité, localement nulles. Cette vaste zone est caractérisée par un modelé du fond en mégarides de faible longueur d'onde. Les observations réalisées à la vidéo montrent que le peu de maërl vivant présent dans ce secteur est cantonné aux dépressions des mégarides. Cette structuration est connue pour les bancs de maërl façonnés par la houle (Hall-Spencer in Grall, 2002). Les faibles taux de pérites observés dans ces prélèvements témoignent également du fort régime hydrodynamique (courants de marée) à laquelle cette partie du banc est soumise. Cette structuration n'est pas observée sur le reste du banc, le maërl y repose sur un sédiment plat sablo-vaseux, présentant un gradient croissant de particules fines selon un profil côte-large, sauf localement dans le cas particulier du secteur des Grands Sables (est de la pointe du Bugul) où les sédiments présentent une part de particules fines importante à la côte.

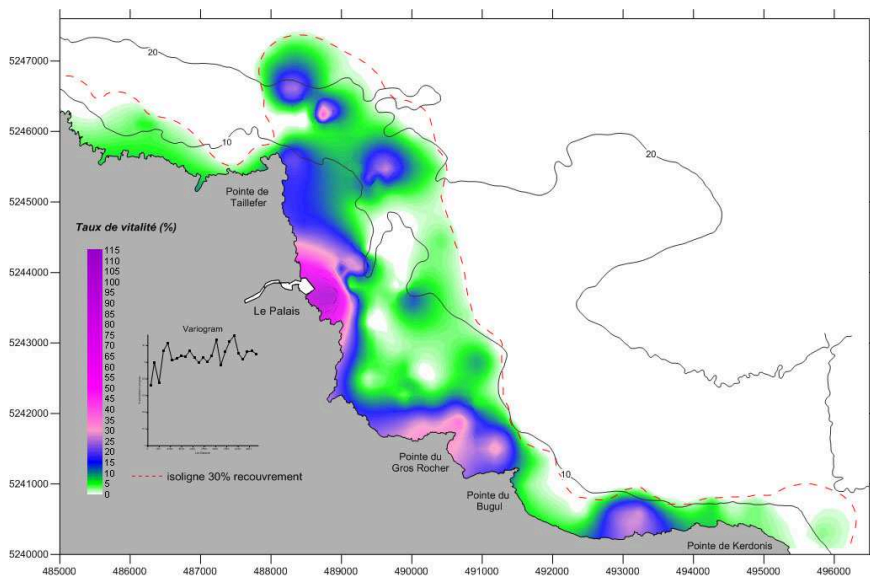


Figure 6 : Distribution de la vitalité du maërl dans le secteur de Belle-Île (coordonnées en WGS 84, UTM zone 30 – 1000 mètres en deux graticules).

Discussion

La synthèse cartographique et les données acquises en 2016 nous conduisent à faire une analyse critique des données plus anciennes relatives au maërl. Un rappel du contexte de cette connaissance et de son évolution à l'échelle régionale permet d'illustrer la disparité dans la disponibilité de ces données et les implications pour la gestion future de cet habitat en Bretagne.

De l'étude du maërl et de sa distribution en Bretagne

C'est en Bretagne que la communauté scientifique mène les premières études sur cet habitat particulier. En 1867, l'espèce *Lithothamnion corallioides* est décrite en rade de Brest par Crouan & Crouan et la première tentative de cartographie est menée en Baie de Morlaix par Pruvot en 1897 puis Joubin en 1909. Lemoine (1910) réalise les premiers travaux sur l'écologie du maërl aux Glénan en 1910. Les études dédiées restent toutefois peu nombreuses et une définition plus précise du biotope se dessine à partir des années 1960. Les cartographies sédimentaires et les études bio-sédimentaires menées à large échelle en Manche et dans le golfe de Gascogne précisent la distribution des bancs de maërl et évaluent sommairement leur diversité (Cabioch, 1968; Chassé & Glémarec, 1976; Retière, 1979). Dans les années 1990, sous l'impulsion du programme BIOMAERL (BIOMAERL Team, 1999), les études quantitatives sur la biodiversité des bancs de maërl ré-émergent. Dans les années 2000, des études du programme REBENT relatives à la distribution spatiale et à l'extension des bancs sont menées dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive 92/43/CE. Une synthèse car-

tographique compilant les données produites entre 1968 et 2007 est éditée par l'Ifremer en 2008 (REBENT, 2008). Cette synthèse permet de préciser la répartition régionale du maërl mais présente de nombreuses incertitudes sur l'extension de ces derniers du fait de l'hétérogénéité des méthodes et des périodes d'acquisition. L'évolution temporelle des bancs peut également se trouver diluée au sein de cette production cartographique. Sur la base de ce constat, la stratégie de surveillance des bancs de maërl a été complétée par une approche cartographique mettant en œuvre des moyens uniformes et adaptés à la cartographie de l'habitat. Cette approche avait fait l'objet d'une recommandation dans le cadre de la réflexion pour un programme de surveillance benthique adapté aux objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Il a donc été entrepris en 2008–2009 de cartographier et de caractériser les principaux bancs de maërl distribués dans 9 masses d'eaux côtières autour de la Bretagne (Hamon *et al.*, 2010) et faisant l'objet pour la plupart d'un suivi annuel de leur biodiversité dans le cadre du REBENT. Ce suivi stationnel de biodiversité est réalisé par l'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) depuis 2004 sur 9 sites à l'échelle régionale.

Dans le cadre du REBENT ou de la production d'Atlas thématique de l'environnement marin (Ifremer), de nombreuses études sectorielles ont également été réalisées en Bretagne. Ces études mettent en œuvre des moyens adaptés, comparables à ceux déployés par Hamon *et al.* (2010) et proposent une description précise de la nature des fonds marins sur ces espaces, permettant de préciser la distribution de certains bancs de maërl et notamment dans les secteurs de Douarnenez (Augris, 2005), Concarneau (Ehrhold *et al.*, 2007), Les Glénan (Ehrhold *et al.*, 2006) ou Morlaix (Ehrhold, 2015). Ces études ne concernent que certains sites bretons où le maërl est présent. Elles sont relativement récentes et les méthodes déployées permettent une spatialisation précise des bancs de maërl étudiés. Enfin, le programme CARTHAM, coordonné par l'Agence des Aires Marines Protégées entre 2010 et 2012, a permis de cartographier les habitats marins de 70 sites Natura 2000 en mer et 5 projets de Parc Naturel Marin. Les méthodes d'acquisition de données et de restitution cartographique employées lors de cet exercice se sont avérées très hétérogènes entre les sites étudiés. C'est pourquoi, les aboutissements de ce programme de grande ampleur pour la cartographie des habitats d'intérêt communautaire à large échelle a toutefois une portée limitée en ce qui concerne la spatialisation fine et la caractérisation d'un habitat aussi complexe et difficile à appréhender que les bancs de maërl.

Apport aux cartographies passées sur le site de Belle-Île

Les données historiques relatives à la distribution du maërl dans le secteur de Belle-Île (Chassé & Glémarec, 1976 ; Chauvaud, 2006 ; Hamon *et al.*, 2010), bien que peu nombreuses au regard de l'importance spatiale du banc à l'échelle nationale, ont permis de préciser sa localisation et de le qualifier partiellement. Ces études restent néanmoins hétérogènes en termes de périodes d'acquisition, de méthodes et de couverture du banc. L'étude de Chassé & Glémarec (1976) a permis de décrire pour la première fois la présence d'un banc de maërl dans la littérature. Celle de Chauvaud (2006), réalisée dans le cadre de l'élaboration du Document d'Objectifs de la ZSC, est basée sur l'acquisition de données stationnelles par vidéo sous-marine selon un carroyage régulier. Les observations ont été réalisées sur 193 stations, couvrant l'emprise du banc de maërl. La cartographie a été produite par une interpolation simple des données stationnelles. Les résultats cartographiques sont présentés sous forme de carte de répartition du maërl selon le critère de vitalité, issu d'une estimation visuelle. Cette estimation visuelle

semble clairement surestimer la proportion de maërl vivant en comparaison à une évaluation de la vitalité par prélèvement (Obs. pers.).

L'étude de Hamon *et al.* (2010) a consisté en la mise en œuvre de moyens complémentaires, adaptés à une description précise de la distribution du maërl. Les prospections ont consisté en la réalisation de levés au sonar à balayage latéral, et de validation des sonogrammes par la réalisation de profils en vidéo sous-marine (2088 m) et de prélèvements à la benne (23 stations). La cartographie produite est orientée sur la nature sédimentologique des fonds et ne précise pas la structuration du banc en termes de densité ou de vitalité du maërl. Les cartes produites dans le cadre de cette étude sont cohérentes avec les cartes historiques (Figure 5). Elles confirment en partie les données sur la distribution du banc et permettent de préciser la répartition de la densité en maërl et de sa vitalité. Il est ainsi possible d'identifier des zones à enjeux écologiques et de les hiérarchiser à l'échelle du banc. Le fait de disposer de cartographies illustrant les différences d'état du maërl constitue un outil approprié pour évaluer les possibilités de mise en œuvre de mesures de gestion avec les acteurs d'un site. Il n'en demeure pas moins que les cartes produites ici ne reflètent pas un état de conservation ou un état écologique du banc de maërl.

Ces zones représentent une importance fonctionnelle pour l'habitat notamment compte tenu de leur productivité. Les secteurs de maërl présentant une vitalité de 100 % sont à même de générer une production nette annuelle de l'ordre de $800 \text{ gCaCO}_3 \text{ m}^{-2} \text{ an}^{-1}$ (Potin *et al.*, 1990) et assurant ainsi le renouvellement du banc. Ces zones sont principalement situées dans les petits fonds côtiers inférieurs à 10 m CM. Le maërl vivant produit dans ces zones est susceptible d'être exporté dans des zones plus ou moins productives, et parfois plus profondes. Il assure intégralement le renouvellement du banc. Ces zones présentent donc une fonctionnalité particulièrement essentielle au maintien du banc de maërl dans sa superficie actuelle.

La partie centrale du banc est composée de maërl principalement mort et modelé en mégarides sous l'influence des courants de marée. Il est rapporté par certains auteurs que le maërl mort semble plus mobile sous l'hypothèse que les algues épiphytes, qui jouent un rôle stabilisateur, y sont plus rares (Blunden *et al.*, 1981). Ce maërl mort s'érode au cours du temps et alimente les sables calcaires (Berthois & Auffret, 1968). Il participe également au budget sédimentaire des estrans sableux par apport de matériaux bioclastiques (Hénaff & Bodéré, 2001).

Les cartographies produites dans le cadre de cette étude permettent de disposer d'une image de la répartition du maërl à un instant donné. Une certaine stabilité sédimentaire est rapportée dans la zone mais ne renseigne pas de manière totalement satisfaisante sur la variabilité temporelle de la vitalité du banc. En revanche, la ré-acquisition de données selon le même mode opératoire à moyen terme paraît nécessaire pour mesurer et quantifier cette variabilité. Il n'en demeure pas moins que les connaissances empiriques locales sont en adéquation avec les données présentées ici, ce qui suggère que cette variabilité de la vitalité est probablement limitée. Cela renforce la pertinence de l'application de mesures de gestion appropriées sur ces secteurs.

Propositions méthodologiques

Dans un premier temps, il est évidemment nécessaire de procéder à une synthèse des cartographies existantes et d'un point de vue général de l'ensemble des connaissances relatives à l'habitat accumulées sur la zone. Cette synthèse est alors analysée avec un regard

critique, en particulier quant aux objectifs précis des études ainsi que des méthodes d'acquisition déployées. Il est alors possible d'identifier les lacunes en termes de connaissance puis de délimiter les contours de l'étude à venir et notamment en termes d'objectifs et de périmètre de prospection. Par la suite, une stratégie d'échantillonnage est élaborée en définissant les méthodes d'étude (observations visuelles ou échantillons à ramener au laboratoire) pour qu'elle soit compatible avec les analyses géostatistiques à venir, en veillant à couvrir toutes les échelles spatiales et en particulier les plus fines. Leur distribution est modélisée à l'échelle du banc par une méthode d'interpolation statistique de type krigeage. Les représentations spatiales des paramètres permettent alors de hiérarchiser les zones à enjeux. Les cartographies ainsi obtenues permettent de disposer d'un outil d'aide à la décision pour engager une concertation avec les acteurs impliqués dans les usages du site. Il peut s'agir de la prise de mesures de conservation mais également de surveiller l'état de santé de l'habitat dans le temps ou le cas échéant de mesurer l'impact de mesures de gestion.

Cette méthodologie d'étude nous semble applicable à différents types d'habitats patrimoniaux biogéniques, en considérant pour chaque habitat les paramètres à analyser (c.-à-d. taux de recouvrement ou de vitalité dans le cas du maërl, densité foliaire dans le cas des herbiers de zostères, densité d'individus dans le cas des récifs à *Sabellaria alveolata*, etc.).

La proposition méthodologique présentée ici ne vise pas à se substituer à des méthodes d'étude de ces habitats mettant en œuvre d'autres techniques (imagerie acoustique, télédétection, etc.). Elle aspire à proposer une approche basée sur la fonctionnalité de l'habitat et présente l'intérêt d'être aisément répliquable dans le temps tout en nécessitant des moyens mis en œuvre et des coûts associés relativement modestes. Elle permet également de n'orienter l'étude que sur un nombre réduit de paramètres d'analyse, ce qui évite la dispersion et permet de répondre à des problématiques précises liées à la gestion de des habitats patrimoniaux.

Conclusion

Les apports de la présente étude se situent en premier lieu au niveau des nombreuses données acquises et de la synthèse des connaissances préalables sur le site de Belle-Île qui permettent de mieux comprendre la distribution du banc du maërl, de préciser sa structure en termes de vitalité et d'appréhender son fonctionnement. Trois secteurs fonctionnels du banc, situés majoritairement dans les petits fonds côtiers, ont été mis en évidence. Le maintien de la fonctionnalité de ces secteurs conditionne la pérennité de l'habitat et renforce la pertinence de mesures de gestion appliquées à ces zones.

L'approche employée permet de disposer d'un outil d'aide à la discussion sur des mesures de gestion spatialisées de l'habitat en lien avec différentes catégories d'acteurs. Elle permet notamment d'orienter la gestion de l'habitat sur des secteurs fonctionnels essentiels pour assurer son maintien. La répliquabilité de la méthode et ses coûts de réalisation relativement modestes permettent d'envisager sa généralisation dans d'autres sites protégés et sa pérennisation dans le temps, notamment en vue de l'évaluation de l'efficacité des mesures de gestion déployées et de l'évolution naturelle de l'habitat. Cette approche peut être étendue à la connaissance et à la gestion d'autres types d'habitats patrimoniaux bio-construits, en adaptant l'échelle et la fréquence d'acquisition à la dynamique propre de chaque espèce structurante.

Remerciements

La présente étude a été réalisée dans le cadre du projet DECIDER, portée par l'Association du Grand Littoral Atlantique (AGLIA) et financée par France Filière Pêche et les régions Bretagne, Pays-de-la-Loire et Aquitaine/Limousin/Poitou-Charentes. Les auteurs tiennent également à remercier les relecteurs pour leurs remarques constructives.

Bibliographie

- Augris, C., 2005. Atlas thématique de l'environnement marin de la baie de Douarnenez (Finistère). Ifremer, Versailles. 136 p.
- Berthois, L. & Auffret, G., 1968. Contribution à l'étude des conditions de sédimentation dans la rade de Brest. Chapitre 1er : minéralogie et granulométrie sédimentaire. *Cahiers Océanographiques*, **20** (10), pp. 893–920.
- BIOMAERL Team, 1999. Final Report (in 2 vols), BIOMAERL project. Co-ordinator: P.G. Moore, University Marine Biological Station Millport, Scotland. EC Contract No. MAS3-CT95-0020. Volume I, pp. 1–541; Volume II, pp. 542–973 + Appendix.
- Blunden, G., Farnham, W. F., Jephson, N., Barwell, C. J., Fenn, R. H. & Plunkett, B. A., 1981. The composition of maerl beds of economic interest in northern Brittany, Cornwall and Ireland. *Proceedings of the Xth International Seaweed Symposium*, pp. 651–656.
- Cabioch, L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cahiers de Biologie Marine*, **9** (5 - Supplément), pp. 1–720.
- Chassé, C. & Glémarec, M., 1976. Atlas du littoral français : atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne. Cartes biosédimentaires.
- Chauvaud, S., 2006. Cartographie des Habitats Marins - Site de Belle-Île-en-Mer - Natura 2000. TBM / Communauté de communes Belle-Île-en-Mer / DIREN. Rapport, 37 p.; Notice, 46 p.
- Crouan, P. L. & Crouan, H. M., 1867. Florule du Finistère (éds. Lefournier, J. B & Lefournier, A.) Klincksieck, F., Paris. 262 p.
- Dutertre, M., Grall, J., Ehrhold, A. & Hamon, D., 2015. Environmental factors affecting maerl bed structure in Brittany (France). *European Journal of Phycology*, **50** (4), pp. 371–383. doi:[10.1080/09670262.2015.1063698](https://doi.org/10.1080/09670262.2015.1063698).
- Ehrhold, A., 2015. Cartes sédimentologiques et morpho-bathymétriques de la baie de Morlaix et de sa région. Éditions Quae, Versailles.
- Ehrhold, A., Blanchet, A. & Hamon, D., 2006. Réseau de surveillance benthique (REBENT) – Région Bretagne. Approche sectorielle subtidale : identification et caractérisation des habitats benthiques du secteur Glénan. Ifremer. RST / IFREMER / DYNECO / Ecologie benthique / 06-03 / REBENT. 62 p.
- Ehrhold, A., Blanchet, A., Hamon, D., Chevalier, C., Gaffet, J. D. & Alix, A. S., 2007. Réseau de surveillance benthique (REBENT) – Région Bretagne. Approche sectorielle subtidale : identification et caractérisation des habitats benthiques du secteur Concarneau. Ifremer. RST / IFREMER / DYNECO / Ecologie benthique / 07-01 / REBENT. 78 p.

- Grall, J., 2002. Biodiversité spécifique et fonctionnelle du maërl : réponses à la variabilité de l'environnement côtier. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest. 342 p.
- Hall-Spencer, J. M., Kelly, J. & Maggs, C. A., 2008. Assessment of maerl beds in the OSPAR area and the development of a monitoring program. Department of the Environment, Heritage & Local Government (DEHLG), Ireland. 34 p.
- Hamon, D., Ehrhold, A. & Houlgatte, E., 2010. Directive Cadre Eau – Région Bretagne : Reconnaissance cartographique de bancs de maërl distribués dans les masses d'eaux côtières de référence. Convention Ifremer – Agence de l'Eau Loire-Bretagne. RST / IFREMER / DYNECO / Ecologie benthique / 10-01, Volume 1 : Rapport de synthèse, 89 p., 7 annexes ; Volume 2 : Résultats analytiques, 394 p.
- Hénaff, A. & Bodéré, J.-C., 2001. Modifications récentes des apports biodétritiques littoraux : conséquences sur le budget sédimentaire des estrans sableux de l'ouest du Massif Armoricain. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, **7** (1), pp. 17–30.
- Hily, C. & Kerninon, F., 2012. État biologique. Caractéristiques biologiques - biocénoses. Habitats particuliers de l'infralittoral. Sous-région marine golfe de Gascogne. Rapport état écologique initial DCSMM. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Consulté à : https://www.ifremer.fr/sextant_doc/dcsmm/documents/Evaluation_initiale/GDG/EE/GDG_EE_24_Biocenoses_habitats_particuliers_infralittoral_le02/06/2017. 15 p.
- Hinschberger, F., Guilcher, A., Pruleau, M. & Moign, Y., 1968. Carte sédimentologique sous-marine des côtes de France au 1/100 000. Feuille A-9 : Brest.
- Joubin, L., 1909. Recherche sur la distribution océanographique des végétaux marins de la région de Roscoff. *Annales de l'Institut Océanographique*, **1**, pp. 1–17.
- Krige, D. G., 1951. A statistical approach to some mine valuation and allied problems on the Witwatersrand. M. Sc. Thesis, University of the Witwatersrand. 136 p.
- Lazure, P. & Salomon, J.-C., 1991. Étude par modèles mathématiques de la circulation marine entre Quiberon et Noirmoutier. Actes du colloque international sur l'environnement des mers épicontinentales, Lille, 20–22 mars 1990. *Oceanologica Acta*, vol. sp. **11**, pp. 93–99.
- Lemoine, P., 1910. Répartition et mode de vie du maërl (*Lithothamnium calcareum*) aux environs de Concarneau (Finistère). *Annales de l'Institut Océanographique, Monaco*, **1** (3), pp. 1–29.
- Loyer, S., 2001. Modélisation de la production phytoplanctonique dans la zone côtière atlantique enrichie par les apports fluviaux. Thèse de doctorat, Université de Paris VI. 232 p.
- Potin, P., Floc'h, J.-Y., Augris, C. & Cabioch, J., 1990. Annual growth rate of the calcareous red alga *Lithothamnium corallioides* (Corallinales, Rhodophyta) in the Bay of Brest, France. *Hydrobiologia*, **204** (1), pp. 263–267.
doi:10.1007/978-94-009-2049-1_37.
- Pruvot, G., 1897. Essai sur les fonds et la faune de la Manche occidentale (côtes de Bretagne) comparés à ceux du Golfe du Lion. *Archives de Zoologie expérimentale et générale, 3ème série*, **5**, pp. 511–617.
- REBENT, 2008. Les bancs de maerl en Bretagne – Mise à jour de l'inventaire (1968 à 2007) à une échelle comprise entre le 1/2000 et le 1/250 000. Carte numérique, version 2.

- Retière, C., 1979. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du golfe normano-breton. Thèse de doctorat, Université de Rennes. 431 p.
- Tessier, C., 2006. Caractérisation et dynamique des turbidités en zone côtière : l'exemple de la région marine de Bretagne Sud. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I. 400 p.