

Forêts de laminaires à Molène : approches multi-échelles des fonds rocheux de l'archipel

Ehrhold¹ A., Bajjouk T., Cordier C., Le Niliot P., Hamdi A., Drussel B., Guérin C., Le Gall B. et Populus J.

¹ IFREMER, REM/GM/LES, ZI de la Pointe du Diable CS10070 - 29280 Plouzané – France
Axel.ehrhold@ifremer.fr

Mots clefs : Habitat, laminaires, systèmes acoustiques, lidar, géomorphologie, MNT

1. Contexte et objectif

L'archipel de Molène est situé à l'extrémité ouest de la pointe Finistère, en mer d'Iroise, balayé par les courants de la Manche et les vents du large (figure 1). La connaissance de la nature des fonds qui composent l'archipel, dont les fonds rocheux affleurants, était basée sur des prélèvements épars et l'extrapolation de la géologie terrestre locale aux contours bathymétriques. S'agissant de la végétation marine, plusieurs études se sont intéressées à la cartographie de la végétation submergée et notamment des laminaires avec parfois des cartes très détaillées mais dans les secteurs les moins profonds. Depuis 2010, l'archipel de Molène fait l'objet d'une étude visant à mieux connaître et prédire l'habitat des principales laminaires (*L. digitata*, *L. hyperborea*, *L. ochroleuca* et *Sacchoriza polyschides*) depuis les petits fonds jusqu'à plus de 30 m de profondeur (surface d'étude d'environ 260 km²). En effet, plusieurs dizaines de milliers de tonnes de laminaires sont récoltées chaque année par une flotte de goémoniers pour les besoins des industries chimique et alimentaire. Connaître le stock en place et sa distribution est donc une nécessité pour proposer des mesures de gestion adaptées. Or les stocks de laminaires de cet archipel ont déjà fait l'objet de plusieurs estimations peu cohérentes entre elles. Par ailleurs, ces champs de macro-algues brunes constituent des habitats dont la productivité et la diversité sont parmi les plus importants des côtes de France métropolitaine. A ce titre, ils doivent faire l'objet d'investigations permettant d'en évaluer la surface et l'état de conservation. Ces objectifs passent par une reconnaissance détaillée de la morphologie et de la nature des fonds marins de ce plateau, dont l'accessibilité est rendu complexe par le jeu des puissants courants et une topographie accidentée. Il implique des moyens techniques différents et une approche cartographique multi-échelles et multi-capteurs associés à des échantillonnages *in situ*.

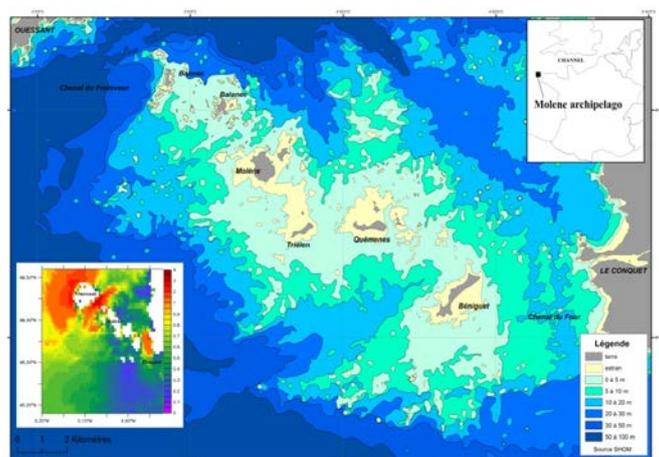


Figure 1 : Carte de situation et vitesse courant max (m/s) au fond en VE (Source P. Lazure)

Ce résumé présente le premier volet consacré à la stratégie d'acquisition et au traitement des données géologiques et biologiques dans cet environnement côtier très fragmenté. C'est une étape préalable à la phase de modélisation prédictive de la couverture en algues laminariales du plateau molénaï, qui permettra au Parc de disposer d'une distribution continue et étendue des principales espèces de laminaires comme en baie de Morlaix (Gorman et al., 2012).

3. Stratégie d'acquisition et traitement des données

L'exploration à l'échelle de l'archipel jusqu'au pied du plateau, profondeur limite de développement des laminaires, a nécessité de mettre en place une stratégie d'acquisition multi-approches (Ehrhold et al., 2011). Elle combine à la fois prospections continues HR sur l'ensemble de l'archipel, par optique et acoustique à différentes résolutions, et un ensemble de stations d'échantillonnages et d'observations, dans le but de mettre en place et de valider le modèle prédictif sur une connaissance précise des fonds durs sur la base de données biologiques (longueur, densité, biomasse des laminaires) mesurées *in situ*.

2.1. Acquisition des données de terrain géologiques et biologiques

La planification des travaux très en amont des premières campagnes de terrain, en concertation avec le PNMI et le SHOM, a permis d'optimiser les limites d'utilisation des différents capteurs acoustiques et optiques, en fonction de la morphologie de l'archipel et de ses variations rapides de profondeur (figure 2). La première étape a donc consisté entre avril et mai 2010, à des levés lidar alti-bathymétrique (Haw Keye MK II) par avion dans la zone faiblement profonde (environ 170 km²) dans le cadre de Litto3D[®]. Un MNT à 5 m de cette région a été produit à partir du semis de sondes lidar. Les lacunes d'acquisitions lidar dans les petits fonds, ont été complétées Par 3 campagnes HALAMACOU entre septembre 2010 et septembre 2011 avec la vedette Haliotis. Les mosaïques de réflectivité et les MNT bathymétriques ont été réalisés avec un pixel terrain de 50 cm. Enfin la zone la plus profonde, en périphérie de l'archipel, soit environ 97 km², a été reconnue lors de la mission THALAMACOU en mai-juin 2011 à partir du N/O Thalia. Le sondeur multifaisceau (EM1000) du bord et un sonar latéral remorqué (klein 3000) ont fourni une donnée bathymétrique et d'imagerie des différents substrats avec une résolution respectivement de 2 m et 50 cm. L'imagerie sonar et les reliefs ont été qualifiés d'un point de vue géomorphologique et sédimentaire à partir de 111 prélèvements à la benne shipek pour le sédiment, 51 séquences de video HD sous-marine, et 47 échantillons de roche par carottage et plongeur (figure 2), répartis tout autour de l'archipel. Ce plan dense a nécessité également le concours du N/O Albert Lucas.

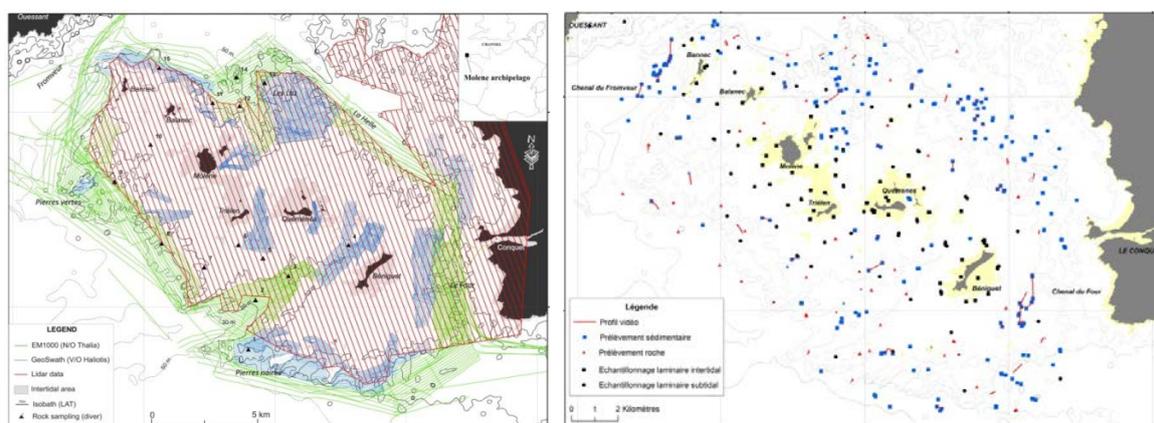


Figure 2 : Cartes de positionnement des mesures physiques et des échantillonnages géologiques et biologiques des fonds de l'archipel

Pour répondre au besoin d'évaluer le stock des principales espèces de laminaires en place (*Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca* et *Sacchoriza polyschides*),

un protocole d'échantillonnage a été établi afin de recueillir des données actualisées et représentatives sur leur répartition en fonction des gradients de paramètres environnementaux qui les conditionnent. Les données de vidéo permettent de fournir des éléments sur la présence des espèces. Les paramètres biologiques (longueur des stipes, densité, longueur totale et biomasse) ont été mesurés in situ sur des quadrats de 1m² en trois répliquats par station (68 stations au total) Ces mesures ont été effectuées par plongée sous-marine en zone subtidale et à marée basse de vives-eaux (figure 2). La stratégie d'échantillonnage pour l'acquisition de données terrain est basée sur un plan d'échantillonnage aléatoire stratifié (Gorman, 2011). Les sites ont été choisis afin de caractériser la zone d'étude de façon à : (a) tenir compte de la grande variabilité des variables environnementales prédictives qui influencent a priori la structure des laminaires ; (b) minimiser l'effort requis pour la collecte des données en termes de distance parcourue et les dangers de navigation pour les navires océanographiques de recherche.

2.2. Elaboration de la couche relief sous-marin et délimitation du substrat rocheux

La combinaison des données bathymétriques optique (LIDAR) et acoustique (SMF) demeure une approche encore originale, permettant de fournir à la côte un modèle d'élévation numérique continue de grande précision depuis la plage jusqu'au domaine circalittoral (+27 m à -97 m dans cette étude). La hauteur Z mesurée par les différents capteurs a été ramenée au zéro hydrographique des cartes marines (niveau des plus basses mers), en utilisant : soit (1) la correction au Z_{GPS} (effective pour le mode RTK d'Haliotis et du lidar) à partir du modèle de géoïde RAF98 et de l'écart entre l'IGN69 et le 0 SHOM, soit (2) pour la donnée du sondeur multifaisceau EM1000, la correction au Z marégraphique (marégraphe mouillé sur zone et MNC du Conquet) avec application du modèle de constantes harmoniques. Un MNT global à 5 m (grid ascii) a été généré en utilisant la méthode d'interpolation par Krigeage (figure 3). Plusieurs traitements sous Spatial Analyst permettent de traduire la donnée d'élévation selon des indices de forme (ombrage, pente, rugosité, BPI) aidant l'analyse géomorphologique (Gorman et al., 2012).

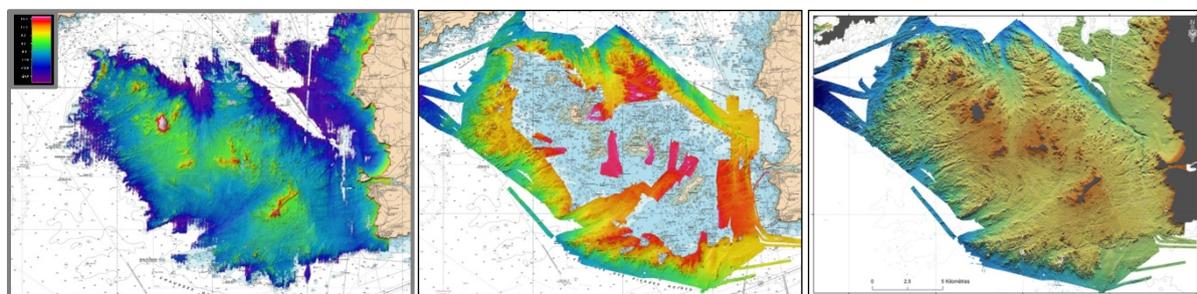


Figure 3 : De gauche à droite ; MNT lidar, MNT acoustique et fusion finale à 5m

L'objectif est de délimiter de façon précise le substrat rocheux, habitat préférentiel pour le développement des laminaires. La méthode utilisée est basée sur l'analyse de données d'imagerie, de la donnée bathymétrique et géomorphologique. Il s'agit d'une numérisation manuelle au 2000^{ème}. En zone intertidale et de faible profondeur, près du trait de côte, l'image hyperspectrale est utilisée pour en extraire le substrat rocheux lorsque sa qualité le permet. Elle a été préalablement drapée sur le MNT sous 3D Analyst. Certaines roches sous l'eau ou dans l'ombre ne peuvent pas être identifiées à partir de l'imagerie seule. La numérisation est ainsi réalisée par l'analyse des signatures présentes dans les produits dérivés du MNT. Ces signatures permettent de différencier les formes géomorphologiques complexes du fond meuble qui n'ont pas été décelées par le modèle de prédiction du substrat rocheux. Elles permettent aussi d'affiner les limites des contours des polygones. Le raster de pente nous permet de repérer les ruptures de pente que nous assimilons aux limites des roches massives. Afin de contrôler la qualité de la numérisation à partir des informations géomorphologiques, une comparaison avec le résultat d'interprétation de

l'imagerie acoustique est réalisée à posteriori sur quelques zones de chevauchement. Ce travail a permis de construire une image de la répartition des fonds rocheux et meubles de l'ensemble du secteur d'étude (figure 4).

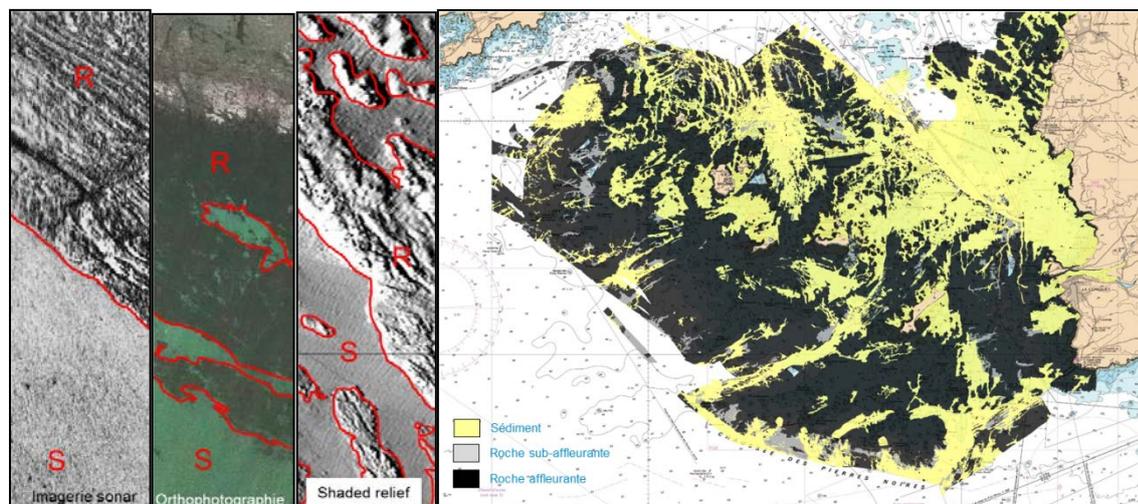


Figure 4 : Exemples d'extraction de la roche à partir des données de réflectivité (sonar), de photographie aérienne et de relief (shade relief) (R : Roche ; S : Sédiment)

4. Résultats préliminaires et perspectives

Le socle rocheux affleurant ou sub-affeurant, permettant un développement théorique des pieds de laminaires, occupe 60% des fonds de l'archipel. Sa répartition est plus importante dans la moitié ouest de l'archipel. Dans le détail cinq fabriques géologiques ont pu être reconnues sur la base de l'analyse géomorphologique du MNT global. Elles s'expriment par des systèmes très réguliers linéaires, sigmoïdes ou sans orientation particulière, probablement contrôlés par l'hétérogénéité lithologique des matériaux en place. Les échantillons permettront de préciser la nature pétrographique de ces formations rocheuses. Ces fonds durs sont intimement imbriqués avec les sédiments meubles, limités aux dépôts dans les failles ou localement sous forme de constructions dunaires. L'intensité des courants est responsable d'une grande mobilité du matériel sédimentaire le plus fin (sable et coquille) avec des vitesses de déplacement mesurées jusqu'à 40m/an (cas des dunes de Bannec). Les échanges sédimentaires entre le nord et le sud de l'archipel à travers la barrière rocheuse ont été observés. Ces données vont permettre de développer des modèles de distribution spatiale des principales espèces de laminaires pour prédire leur présence/absence ainsi que leur biomasse dans des endroits où les données sont actuellement non disponibles. Pour cela les données de paramètres biologiques mesurés *in situ* sont intégrées aux données physiques et environnementales pour élaborer des modèles additifs généralisés pouvant prédire avec exactitude la structure des forêts de laminaires dans le plateau de Molène. En plus des variables prédictives couramment utilisées (la profondeur, la lumière et la hauteur significative des vagues), il est important de considérer d'autres variables telles que la proximité du sédiment et la topographie du fond qui généralement influencent les communautés à des échelles spatiales plus fines.

Références sur la zone d'étude

- Ehrhold A., Bajjouk T., Populus J., Cordier C., Gorman D., Gaffet J.D., Caisey X., 2011. Cartographie prédictive du champ de Laminaires du plateau Molénais sur la base des données physiques et biologiques. Recueil des données acoustiques, biologiques et sédimentaires nouvellement acquises depuis septembre 2010. Rapport d'avancement Ifremer, R.INT.DYNECO/EB/11-04/AE, 29 pages + 3 annexes.
- Gorman Daniel, Bajjouk Touria, Populus Jacques, Vasquez Mickael, Ehrhold Axel (2013).

Modeling kelp forest distribution and biomass along temperate rocky coastlines. *Marine Biology*, 160(2), 309-325. <http://dx.doi.org/10.1007/s00227-012-2089-0>