

MODELISATION DES HABITATS DU FOND DE LA MER

VASQUEZ M., HAMDI A., POPULUS J., LOARER R., LOUARIT A.

Ifremer, PLOUZANE, FRANCE

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

L'enjeu que représente la connaissance de nos fonds marins est vraiment apparu il y a quelques années. Cette connaissance est essentielle pour le développement raisonné d'activités de plus en plus nombreuses dont l'impact sur les habitats benthiques (du fond de la mer) va croissant. Les politiques et les actions de gestion, aujourd'hui regroupées dans l'expression « Planification stratégique marine » (Marine spatial planning en anglais) doivent s'appuyer sur les informations environnementales les plus fiables si on veut mettre en place un développement durable alliant exploitation et protection du milieu.

La réalisation des cartes d'habitats des fonds marins passe habituellement par des campagnes d'acquisition d'un ensemble de données tant biologiques qu'abiotiques (données physiques décrivant le milieu) qui sont interprétées pour produire les cartes. Le programme Natura 2000 (impulsé par la Directive européenne habitats), le réseau Rebenet, réseau de suivi des habitats benthiques coordonné par l'Ifremer, mais aussi d'autres initiatives réalisent couramment des cartographies issues d'observations et d'interprétation. Ces cartographies exhaustives seraient souhaitables en tout point de nos zones marines, malheureusement elles sont trop coûteuses.

L'obligation imposée par les directives européennes mais tout simplement aussi le besoin qu'a l'ensemble de la communauté nationale de mieux connaître les fonds marins - notamment côtiers - suggèrent de mettre en place une cartographie géographiquement exhaustive qui, en optimisant les connaissances disponibles, soit la plus robuste possible. Ce socle de cartographie, qui ne remplace en rien les cartes détaillées, présenterait l'avantage d'être disponible en tout point où les informations de base existent, d'être rattaché à une typologie européenne standard (EUNIS, 2004) et d'être facilement mis à jour et amélioré au fur et à mesure des acquisitions de données.

La Direction générale des affaires maritimes et de la pêche (DG MARE) de la Commission européenne a ainsi lancé un appel d'offres en 2008 pour la réalisation d'un prototype de carte des habitats marins à échelle globale. Le projet EUSeaMap a proposé une réalisation à une résolution de 250 mètres. Sous l'impulsion de l'Agence des aires marines protégées, cette résolution a été portée à 100 mètres pour les eaux françaises par l'emploi de données plus fines.

1.2. Objectifs

L'objectif de la présentation est de montrer comment, en utilisant les données existantes et en les structurant suivant des règles propres à la typologie EUNIS, on arrive à créer une couverture continue de cartes d'habitats des côtes de France à une échelle du 1/300 000. Après une rapide revue de l'historique de la modélisation d'habitats, seront présentés les éléments clés de ce travail : a) la méthodologie, b) la mise en œuvre du modèle et la présentation des cartes, c) les résultats obtenus, d) la dissémination et les perspectives futures.

2. HISTORIQUE DE LA MODÉLISATION DE CARTE D'HABITATS EN EUROPE

Le fond de la mer est un environnement complexe qui subit l'influence d'un grand nombre de facteurs physiques, chimiques et biologiques. Les paramètres physiques tels que la profondeur, la topographie, et la nature du fond influencent la biologie à des échelles très fines et en retour la biologie, par l'action des bio-constructions par exemple, influence les facteurs abiotiques au niveau du fond. Les communautés sont aussi influencées par les variables de la colonne d'eau que sont la température, la salinité et l'énergie ambiante due aux mouvements de l'eau.

Pour remédier au manque général d'information structurée sur les fonds marins, les canadiens Roff et Taylor ont montré qu'à partir des données abiotiques qui contrôlent la distribution des habitats et des espèces faunistiques et floristiques, on est capable de prédire les habitats marins (Roff and Taylor, 2000). Cette approche a ensuite été testée en Europe par le Royaume-Uni dans le cadre du projet « Irish Sea Pilot » en faisant appel aux techniques SIG, puis appliquée à la totalité des eaux britanniques dans le cadre du projet « UKSeaMap ». Enfin les projets européens Mesh (Mesh, 2008) et Balance (Al-Hamdani and Reker, 2007) ont également mis en œuvre cette méthodologie.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1. Application de la typologie EUNIS

La typologie EUNIS (European Nature Information System), développée par l'Agence européenne de l'environnement, est au cours du temps devenue un standard de fait pour les praticiens de la protection de la nature, les agences régulant les activités industrielles et tous les acteurs impliqués dans les études de cartographie des habitats marins.

Le développement de la typologie au Royaume-Uni a conduit à la mise en place d'une première version de travail en 1997 basée sur l'analyse multivariée de quelque 30000 échantillons biologiques. Après une période d'utilisation probatoire intensive, l'acquisition de nouvelles données et des analyses complémentaires ont abouti à une révision majeure en 2004 (Connor *et al.*, 2004).

Dans la typologie (figure 1), les habitats sont classés selon une hiérarchie à six niveaux. Au niveau 1, les habitats sont répartis entre habitats marins (code A) et autres (terrestres et d'eau douce). Au niveau 2, EUNIS distingue des types d'habitat marin selon la profondeur, le type de substrat, le caractère permanent ou non de l'immersion, le couvert de glace et les caractéristiques de la colonne d'eau dans la zone pélagique (codes A1 à A8) (Davies *et al.*, 2004). Au niveau 3, les habitats sont classés selon des critères abiotiques tels que la nature du fond (p. ex. sédiments grossiers, sable, vase sableuse), l'énergie hydrodynamique (forte, modérée ou faible), la température, la quantité de lumière et la salinité. Les distinctions entre habitats sur la base de composantes de la biologie font leur apparition au niveau 4 dans les milieux rocheux (p. ex. A3.11 – Laminaires avec tapis faunistique et/ou algues rouges foliacées). Cependant, des éléments de biologie ne sont pas inclus au niveau 4 dans toute la typologie EUNIS. La figure 1 montre que, dans les milieux sédimentaires, on peut aller jusqu'au niveau 4 de la typologie avec uniquement des données physiques (p. ex. A5.35 – Vase sableuse circalittorale).



Figure 1 - Exemples tirés de la hiérarchie de la typologie EUNIS. L'exemple de gauche est celui d'un milieu sédimentaire et montre que l'on peut atteindre le niveau 4 de la typologie à partir de données

physiques uniquement. L'exemple de droite est celui d'un milieu rocheux et montre que pour ce type de milieu seul le niveau 3 peut être atteint à partir de données physiques.

Pour créer une carte modélisée aux niveaux 3 à 4 d'EUNIS, il convient d'abord de définir les paramètres physiques qui influencent les habitats du fond de la mer, découlant directement de ceux retenus par EUNIS, et surtout de définir leurs seuils d'impact. Cette réflexion a déjà été entamée il y a quelques années par l'Ifremer dans le cadre du projet Mesh pour la zone Manche-Atlantique. En Méditerranée une collaboration entre les biologistes de l'Ifremer et ceux de l'ISPRA italien a permis de définir ces paramètres dans le cadre du projet européen EUSeaMap et d'aboutir à une liste de classes EUNIS pertinentes.

Les principaux paramètres environnementaux à inclure dans le modèle sont les suivants :

- La nature du fond de la mer, qui a une influence tout à fait prépondérante sur la faune et la flore. Sans cette information la modélisation n'est pas possible. Les classes de nature du fond sont établies de manière à respecter EUNIS, c'est-à-dire une typologie basée sur la classification de Folk simplifiée à 7 classes, qui diffère souvent des typologies utilisées par les auteurs de cartes de nature des fonds.

les « zones biologiques » aussi appelées « zones de profondeur » - ou encore « étages » par Glémarec (1973) - ont été définies par les benthologues en fonction des communautés rencontrées. Par exemple la zone « infralittorale » est celle où la quantité de lumière permet l'établissement de la flore chlorophyllienne. La définition de ces limites nécessite tout d'abord un travail bibliographique. Si le consensus n'est pas suffisamment établi quant aux seuils les caractérisant, il doit si possible être complété par un travail de validation à l'aide des toutes les données de terrain historiques disponibles.

- l'énergie au fond de la mer : l'action hydrodynamique sur le fond influence fortement la faune et la flore qui s'y développent. La tension de cisaillement est le résultat de l'action commune des courants et des houles.

3.2. Définition de seuils caractérisant les habitats

Un élément crucial du processus de modélisation du fond de la mer dans le cadre du projet est la structure de la typologie EUNIS, qui oriente l'application de seuils pertinents sur le plan écologique à des variables environnementales. Ces seuils doivent permettre de classer les variables de manière à obtenir des unités prédictives, en l'occurrence des types d'habitat des niveaux 3 et 4 d'EUNIS. Dans certains cas, la définition d'un habitat benthique se prête naturellement à un seuil clairement défini, qui peut éventuellement être facilement quantifiable. Dans le cas du substrat, il est facile de concevoir des aires rocheuses ou sableuses. Par contre, le concept de « faible énergie hydrodynamique » n'est pas facile à bien définir pour les habitats benthiques. L'étude de ces seuils constitue une étape clé du processus de modélisation. Un seuil peut être déterminé de différentes manières : de façon arbitraire ou intuitive, à partir de l'avis d'experts ou à l'aide d'une variété d'outils analytiques plus complexes.

Par exemple, on peut différencier les classes A3 et A4 de la typologie EUNIS (« Roche infralittorale » et « Roche circalittorale ») par le type et le degré du couvert végétal observé dans les diverses biocénoses des zones infralittorale et circalittorale. La zone infralittorale est de fait caractérisée par des biocénoses dominées par des Phanérogames marines et des algues photophiles telles que les laminaires et des algues rouges, vertes et brunes, alors que la zone circalittorale est caractérisée par une intensité lumineuse réduite qui permet l'existence de communautés végétales clairsemées dominées par des algues brunes et rouges sciaphiles. Selon la littérature scientifique la frontière entre les zones infralittorale et circalittorale pourrait être définie par la fraction de 1 % de lumière atteignant le fond de la mer.

3.3. Nature du fond

Pour la Manche et l'Atlantique, le projet « Ifremer – AAMP » a retenu sept classes de la classification Folk permettant de respecter la description EUNIS du substrat au niveau 4. Ces classes sont les suivantes : sédiments grossiers, sédiments mixtes ou mixtes envasés, sable, sable vaseux, vase sableuse, vase, roche.

En Méditerranée on possède de manière générale des cartes à échelle fine des sédiments autour des côtes méditerranéennes. Aux endroits où des cartes détaillées n'étaient pas disponibles, on a utilisé les cartes de distribution des sédiments de la Carte bathymétrique internationale de la Méditerranée (IBCM) produite par la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO. Les cartes ont été converties selon la classification commune suivante : sédiments grossiers et mixtes envasés ; sable ; sable vaseux ; vase sableuse ; vase ; roche. En outre en Méditerranée les herbiers à *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* sont souvent considérés comme des types de substrat dans les cartes géologiques. Plutôt que de perdre cette information biologique utile (au profit d'une nature sédimentaire des fonds moins pertinente), on a intégré les classes *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa* dans la carte finale de substrats de la Méditerranée.

3.4. Zones biologiques

Les zones biologiques résultent d'une zonation des communautés depuis le rivage jusqu'aux abysses. Cette zonation n'est pas directement fonction de la profondeur mais reflète une combinaison de facteurs. Par exemple en zone subtidale (toujours immergée), la profondeur de la zone photique varie du tout au tout avec la turbidité. Pour les grandes profondeurs, la stabilité thermique augmente plus on descend. Il y a des différences entre les manières de définir les seuils entre zones entre les différents bassins maritimes comme par exemple entre Atlantique et Méditerranée, qui résultent de consensus entre biologistes reflétés par la littérature.

Le tableau 1 détaille les différentes variables qui ont été utilisées, ainsi que les seuils qui leur ont été appliqués pour différencier les étages.

Pour la lumière, qui permet de différencier les deux étages circalittoraux, des images à 250 m de résolution du capteur MERIS du satellite Envisat ont été traitées sur l'intervalle 2003-2008 pour la zone délimitée par les méridiens 13W et 18E, ainsi que les parallèles 36N et 60N (Saulquin *et al.*, à paraître).

Concernant la bathymétrie un MNT de résolution 100 m établi conjointement par le SHOM et l'Ifremer a été utilisé. La bathymétrie permet de délimiter les zones bathyales et abyssales, puisque les limites supérieures et inférieures de la zone bathyale sont définies par des cassures de pente, respectivement le rebord et le pied du plateau. En Manche-Atlantique, on a considéré que des isocontours suffisaient à les délimiter. En Méditerranée les cassures bathymétriques sont plus marquées, et on a procédé à une contourage manuel.

Tableau 1 - Limites des zones subtidales en Manche-Atlantique et Méditerranéenne.

Zone biologique	Limite haute	Limite basse
Infralittoral (Atlantique & Méditerranée)	Plus basses mers	Niveau 1% de lumière atteignant le fond
Circalittoral côtier (Méditerranée & Méditerranée)	Niveau 1% de lumière atteignant le fond	Niveau 0.01% de lumière atteignant le fond
Circalittoral du large (Atlantique)	Niveau 0.01% de lumière atteignant le fond	Profondeur de 200m
Circalittoral du large (Méditerranée)	Niveau 0.01% de lumière atteignant le fond	Rebord du plateau défini par cassure bathymétrique (contourage manuel)
Bathyal (Atlantique)	Profondeur de 200m	Profondeur de 2700m
Bathyal (Méditerranée)	Rebord du plateau défini par cassure bathymétrique (contourage manuel)	Pied du talus défini par cassure bathymétrique (contourage manuel)
Abyssal (Atlantique)	Profondeur de 2700m	n/a
Abyssal (Méditerranée)	Pied du talus défini par cassure bathymétrique (contourage manuel)	n/a

3.5. Agitation au niveau du fond

L'énergie exercée par les forces hydrodynamiques sur le fond de la mer conditionne pour une large part la faune et la flore qui s'y développent. Dans la typologie EUNIS, l'énergie hydrodynamique figure au niveau 3 dans le cas des habitats rocheux (voir figure 1).

Les couches de données sur l'énergie hydrodynamique à résolution 1 km ont été produites pour la mer du Nord et la mer Celtique, et dans la partie Nord de la Méditerranée occidentale. Si les couches données sur l'énergie hydrodynamique ont été utilisées avec succès en Manche-Atlantique, malheureusement en

Méditerranée elles n'ont pas été utilisées dans le modèle, car une analyse des seuils a montré que les modèles employés étaient trop grossiers et que trop peu de données de terrain biologiques y étaient disponibles pour pouvoir classer les régimes d'énergie hydrodynamique.

4. MODÉLISATION

Les modèles ont été construits à l'aide de l'application *ModelBuilder* de l'environnement logiciel ArcGIS^{MC} 9.3 de la société ESRI^{MD} avec le module d'extension Spatial Analyst^{MC}. Le module Spatial Analyst^{MC} est une extension d'ArcGIS^{MC}, dans laquelle des couches de données matricielles peuvent être combinées au moyen de l'« algèbre cartographique ». *ModelBuilder* permet de construire des modèles en combinant de manière graphique des outils d'ArcGIS^{MC}, le résultat d'un outil servant à alimenter un autre outil. Les modèles construits à l'aide de *ModelBuilder* peuvent être enregistrés et exécutés plusieurs fois. Cela assure de pouvoir répéter le processus de modélisation, de sorte que lorsque des jeux de données nouveaux ou plus détaillés seront disponibles dans l'avenir, ils pourront facilement être incorporés dans le modèle pour produire de nouvelles versions des cartes prédictives d'habitats benthiques.

Le projet a été totalement mené en système de coordonnées projeté Mercator utilisant le système géodésique WGS 84. Ce choix a été dicté par la présence comme couche de base de plusieurs MNT bathymétriques exprimés dans ce système de coordonnées, et a eu pour avantage de limiter au maximum les ré-échantillonnages de données qui se produisent en mode maillé chaque fois que l'on change de système.

L'outil *Raster Calculator* d'ArcGIS^{MC} n'exige pas que toutes les couches de données soient exprimées selon la même projection. Il est en effet capable d'exécuter des fonctions à partir de couches de données d'entrée exprimées dans des systèmes de coordonnées différents en faisant les conversions nécessaires au fur et à mesure. Le logiciel calcule la carte de sortie selon n'importe quelle résolution spécifiée, en ré-échantillonnant les couches de données en fonction des dimensions finales des cellules.

5. RÉSULTATS

5.1. Cartes d'habitats résultant du modèle

La figure 2 montre le résultat obtenu en Bretagne à l'échelle du 1 / 300 000. Une différence d'environnement majeure saute aux yeux entre le nord et le sud. Au nord, le fond de la Manche, espace macrotidal très dynamique, est occupé par des sédiments grossiers (tons bruns à beiges). Dans sa partie ouest, d'Ouessant à Bréhat, la zone infralittorale à dominante très rocheuse (tons violets et roses) est d'extension réduite. À l'est, les baies de Saint-Brieuc et de Saint-Malo présentent de vastes espaces infralittoraux, toujours à fraction grossière, tandis que les sédiments fins occupent les estuaires et fonds de baie.

En Bretagne sud, la forte exposition aux houles n'autorise pas les dépôts très fins sauf dans la baie de Vilaine plus protégée où l'on trouve des dépôts de vase (habitats EUNIS « vase infra- et circalittorale », vert foncé). Ces dépôts peuvent se produire en revanche en zone circalittorale du large, protégée de l'action des houles par la grande hauteur d'eau, avec notamment la célèbre « Grande vasière » qui atteint des fonds de 100 mètres (habitats EUNIS « Vase du circalittoral du large », vert clair). Les affleurements rocheux (tons violets et roses) sont très fréquents à diverses profondeurs au vent des îles de Groix, Belle-Ile et de la presqu'île de Quiberon, comme c'est aussi le cas en mer d'Iroise.

A noter que d'Ouessant à la Loire, le modèle utilise des cartes de nature des fonds au 1/50 000 du SHOM (dites « Cartes G »), dont la grande richesse de détail apparaît très clairement par endroits (baies de Douarnenez, de Concarneau, de Quiberon). Au nord seule la carte des sédiments superficiels de la Manche (BRGM/CNEXO au 1/500 000) était disponible, ce qui résulte dans des unités d'habitats plus lissées.

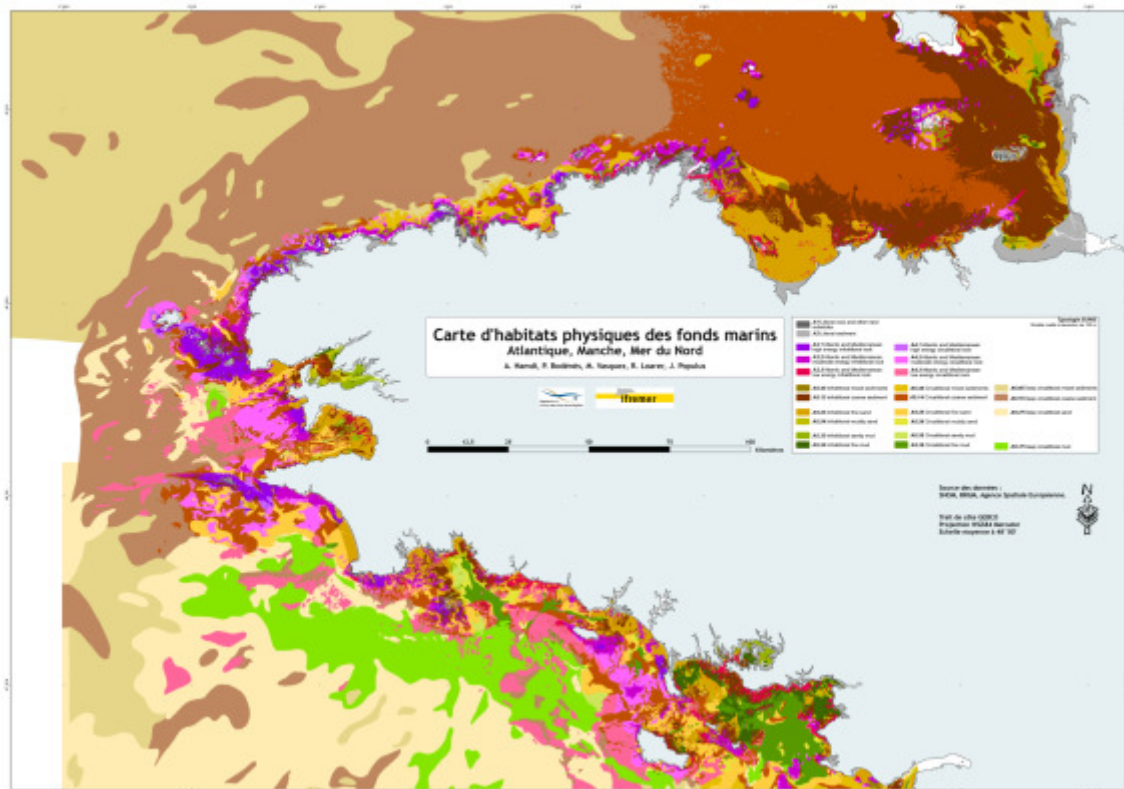


Figure 2 – Exemple de carte au 1/300 000. Les habitats à dominante rocheuse sont dans les tons violets à roses, ceux à sédiments grossiers sont dans les tons bruns à orange et ceux à vase dominante sont dans les tons verts.

5.2. Évaluation de la fiabilité des cartes résultant du modèle

La modélisation étant une approximation de la réalité, il est fondamental d'en établir la qualité afin d'avertir l'utilisateur de ses limites. On admet que cette approximation puisse être grossière pourvu que des limites d'utilisation soient fournies.

Une représentation spatiale de la fiabilité des habitats résultant du modèle est considérée comme un livrable du projet au même titre que les cartes d'habitats elles-mêmes. Il est en effet important que la carte finale de fiabilité puisse montrer quels jeux de données doivent être améliorés dans l'avenir et à quels endroits. Pour ce faire, on a simplement évalué la fiabilité de deux couches de données clés, à savoir la nature du fond et la bathymétrie, puis calculé une somme pondérée des deux scores obtenus. Ne retenir que ces deux couches est significatif car elles portent une large partie de la variance de la carte finale. En effet la profondeur conditionne tous les calculs hydrodynamiques et contribue notamment à la détermination de toutes les zones biologiques. Un exemple de carte de fiabilité obtenue est illustré en figure 3.

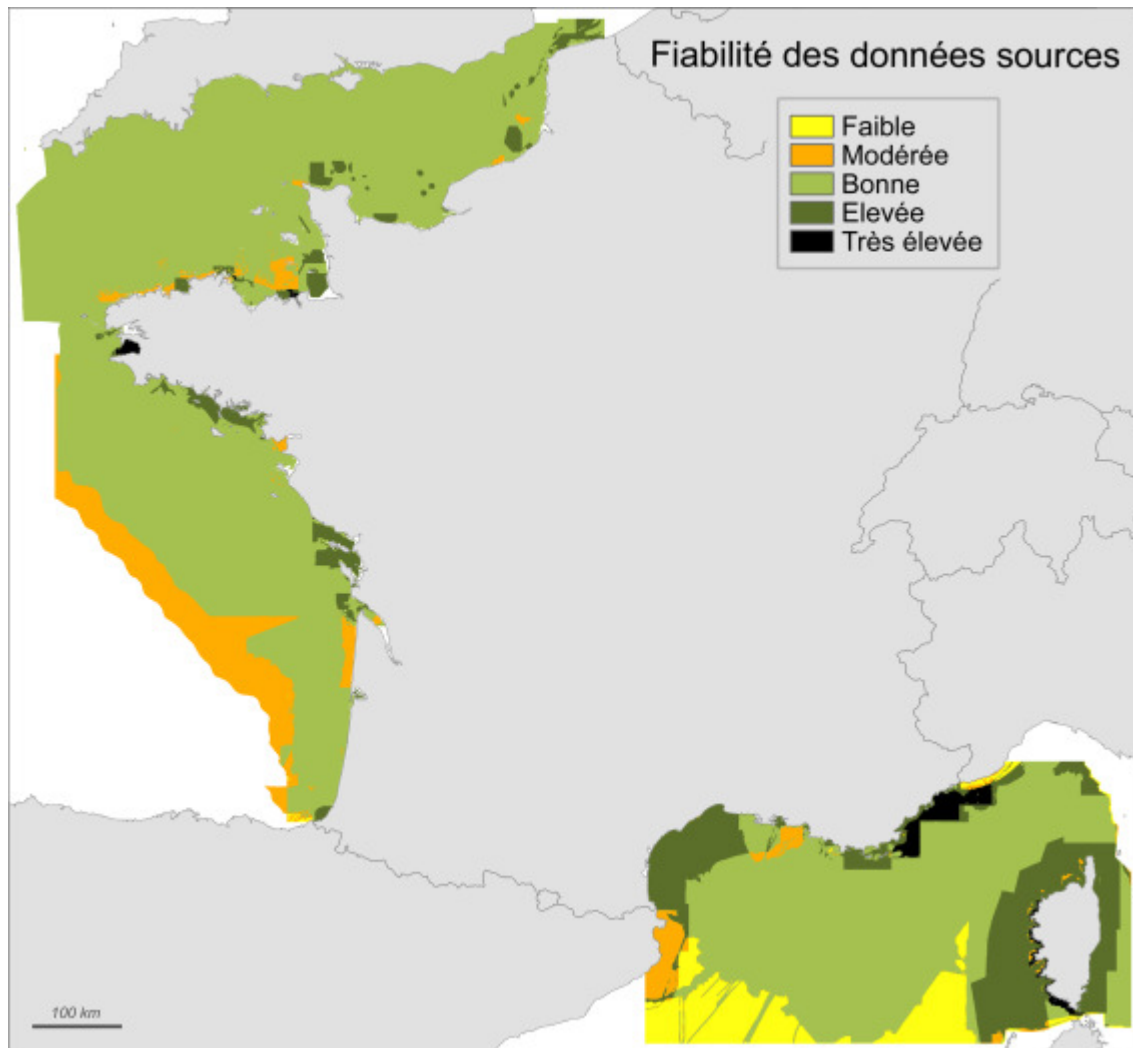


Figure 3 – Fiabilité des cartes résultant de l’association du score de la couche de substrat et de celui de la couche de bathymétrie.

6. RENDU CAROGRAPHIQUE

6.1. Production de cartes sur papier

Outre la mise à disposition de couches numériques et d’une cartographie interactive, il a été jugé opportun d’offrir une version papier des cartes, qui donne une signature plus forte au projet et permet un niveau d’utilisation complémentaire au numérique, notamment lors de délibérations d’experts ou de gestionnaires.

Huit cartes ont été créées en fonction de la géographie des côtes françaises, tout en respectant certaines unités physiographiques. Ainsi, comme le montre la figure 2, on a pu englober la région Bretagne dans une seule carte, et il en a été de même pour la Basse-Normandie.

Rappelons que les cartes sont limitées en mer par l’extension des couches constitutives. Il s’agit principalement des cartes de nature du fond. Il s’est posé la question de savoir, à des fins esthétiques, s’il convenait de compléter l’espace plus au large avec des pixels provenant de la basse résolution produite dans le cadre du projet EUSeaMap (250 m de résolution), avec le risque de tromper l’utilisateur sur la résolution réelle. Compte-tenu du fait qu’une carte de fiabilité est systématiquement annexée à la carte modélisée et que l’utilisateur a tout loisir de s’y référer, il a été décidé d’effectuer cette extension.

6.2. Symbologie

Le rendu cartographique, obtenu par l’application d’une symbologie, est un élément esthétique très important qui pour une large part va conditionner le succès de la carte. Il n’existe pas à ce jour de communauté très structurée en matière de cartographie des habitats marins et autant des efforts importants ont été faits par certaines équipes européennes pour mettre en place puis populariser EUNIS, autant l’harmonisation en termes de rendu cartographique est restée pour l’instant quasi inexistante.

Une des contraintes que l’on s’est imposée est d’avoir une symbologie identique pour les cartes papier et les cartes sur l’internet. Les technologies internet autorisant le choix de toutes les couleurs possibles mais

rarement celui de trames, on a préféré s'abstenir de l'utilisation de ces dernières. Or on sait que l'œil humain ne distingue que peu de couleurs simultanément. Quelques idées simples ont néanmoins guidé le choix des couleurs. Tout d'abord les habitats de petite taille doivent être mis en exergue afin de ne pas être écrasés par leurs voisins, ceci par l'utilisation de couleurs plus saturées. Ceci prend tout son sens en Méditerranée où l'on trouve une frange côtière très dense en polygones d'habitats de forme allongée puis une zone bathyale, voire abyssale, occupée par d'immenses polygones. La symbologie doit essayer de favoriser la lecture des zones denses à la côte.

6.3. Filtrage des habitats de petite taille

La cartographie dite « thématique » (qui représente des surfaces) se heurte toujours à la question de la plus petite unité affichable. Cette notion, très présente sur les cartes papier où il en va du confort de lecture de l'utilisateur, se trouve remise en question en numérique par l'utilisation du zoom, qui permet de visualiser toute unité très petite. Certains principes ont été énoncés par exemple par Corine Land Cover, qui ne retient aucune unité inférieure à 25 hectares à l'échelle du 1 / 100 000, ou encore par le projet Mesh qui préconise de ne pas faire figurer sur le papier d'unité plus petite que 3 mm de côté (soit 3 km sur notre carte au 1/1 000 000 ou encore 12 pixels de côté). Ceci pouvant nuire à la représentation de petites unités très représentatives, et compte tenu par ailleurs de la complexité de mise en œuvre de la généralisation en mode maillé, il a été décidé de laisser les groupes de pixels tels qu'ils sortent de la modélisation. Ceci explique l'existence sur les cartes de petits groupes de pixels (parfois même isolés) qui peuvent leur donner par endroits un aspect légèrement bruité.

7. PERSPECTIVES FUTURES - AMÉLIORATION DES DONNÉES SOURCES

7.1. Bathymétrie

L'amélioration des données de bathymétrie est possible pour parvenir à un modèle numérique de terrain homogène dans sa qualité sur la plus grande partie des côtes de France. On peut attendre du SHOM qu'il délivre dans le futur des minutes de bathymétrie numérique de meilleure qualité provenant de digitalisations récentes, voire de nouvelles missions d'acquisition, ainsi que la mise à jour de ses fonds. Il restera sans doute des zones peu couvertes comme par exemple la côte des Landes, où le modèle à 100 m élaboré pour cette étude reste une très grossière interpolation. Heureusement ces zones à très forte dominance sableuse restent moins intéressantes au plan des habitats benthiques.

7.2. Nature du fond

Les données de substrat peuvent être séparées en deux zones. Pour ce qui concerne le plateau, on ne peut pas s'attendre à beaucoup de progrès au cours des années qui viennent car un large programme de levés du plateau continental français peine à se mettre en place. Les cartographies effectuées au titre de Natura 2000 en mer ou la Directive cadre sur le milieu marin (DCSMM) ne viendront combler ce vide que de manière très parcellaire. La récupération et le traitement de données acquises par le passé par la flotte nationale ne viendront pas non plus combler significativement ces lacunes. Il faudra donc continuer à vivre sur les cartes historiques approximatives telles qu'utilisées ici.

Pour la zone côtière (faisant l'objet de la cartographie à 100 m de résolution), des progrès sont attendus. Le SHOM poursuit en effet sa tâche de réalisation de cartes de nature des fonds dites « G », au rythme approximatif de 2 par an, au gré des aides qu'il peut recevoir de l'extérieur. A ce rythme le golfe du Lion, l'estuaire de la Loire et les quelques autres lacunes devaient être traités d'ici 5 ans.

7.3. Données océanographiques

Les données océanographiques sont celles de couleur de l'eau et d'hydrodynamique. Pour les premières, on ne peut attendre d'amélioration prochaine car le satellite actuel MERIS n'a pas encore de successeur annoncé. Sa résolution de 250 m est jugée tout à fait convenable pour traiter de cartographie à résolution de 100 m.

Les données de modélisation hydrodynamique (courants et vagues) ont un fort potentiel d'amélioration pour parvenir en tout point aux résolutions hectométriques qu'on obtient déjà en quelques sites (Bretagne et Normandie). Une résolution de 200 à 300 m en tout lieu serait un objectif à atteindre pour une mise à jour du modèle d'ici deux ou trois ans. Pour ce faire, il conviendrait de motiver davantage les physiciens à l'utilité de ce projet en les y associant de près. Des compétences ont été récemment mises en place en matière de vagues à l'Ifremer, ce qui devrait accélérer la production de modèles fins. Il est important de rappeler qu'une fois ces modèles implémentés il est nécessaire qu'ils tournent quelque temps (2 à 3 ans) afin de fournir une climatologie suffisamment fiable.

8. RÉFÉRENCES

Al-Hamdani, Z., & Reker, J. (eds) (2007) *Towards marine landscapes in the Baltic Sea*. Geological Survey of Denmark and Greenland, Copenhagen. (BALANCE Interim Report, No. 10).

- Coltman, N., Golding, N. & Verling, E. (2008) *Developing a broadscale predictive EUNIS habitat map for the MESH study area*. In: MESH Guide to Marine Habitat Mapping, www.searchMESH.net.
- Connor, D.W., Allen, J.H., Golding, N., Howell, K.L., Lieberknecht, L.M., Northen, K.O. & Reker, J.B. (2004) *The Marine Habitat Classification for Britain and Ireland*. Version 04.05 (internet version: www.jncc.gov.uk/MarineHabitatClassification). Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- Davies, C.E., Moss, D. & Hill, M.O. (2004). *EUNIS Habitat Classification*. Report to the European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, Paris for European Environment Agency, Copenhagen. October 2004. <http://EUNIS.eea.eu.int/habitats.jsp>.
- Glémarec (1973). *The benthic communities of the european north Atlantic continental shelf*. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 1973, 11, 263-289.
- Mesh, 2008. *Mesh Guide to Marine Habitat Mapping* (www.searchMESH.net).
- Roff J. C., Taylor M. E. (2000). *National frameworks for marine conservation – a hierarchical geophysical approach*. *Aquatic Conser: Mar. Freshw. Ecosyst.* 10: 209–223.
- Saulquin, B., Hamdi, A., Populus, J., Loutier, R. & Mangin, A. (In prep.) *Estimation of the diffuse attenuation coefficient K_{dpar} using MERIS satellite reflectances for European coastal waters*. ESA Living Planet Symposium. 28 June – 2 July, 2010, Bergen, Norway.