

LES CARTES D'HABITATS BENTHIQUES MARINS DU REBENT ET LE SITE DE CARTOGRAPHIE INTERACTIVE

par Brigitte Guillaumont, Mickael Vasquez, Claire Rollet, Ronan Loarer, Chantal Croguennec, Marie-Odile Gall

IFREMER, DYNECO/AG, BP 70, 29280 Plouzané
E-mail : brigitte.guillaumont@ifremer.fr

Cet article présente la cartographie mise en œuvre dans le réseau de surveillance Rebent (REseau BENTHique) qui a pour objectif de regrouper et mettre à disposition de nombreuses informations sur les habitats benthiques. Les informations cartographiées sont issues du croisement de données multi-source. L'accent est mis sur la traçabilité et la documentation de celles-ci. Les cartes mises à disposition sont pour la plupart interactives et sont disponibles à travers un site Web qui permet de consulter les données et leurs métadonnées, voire de télécharger certaines données.

Mots clefs : habitats benthiques, cartes Web, cartes interactives, métadonnées

Le réseau de surveillance benthique Rebent (Réseau BENTHique) a pour objectif le recueil et la mise en forme de données relatives aux habitats benthiques¹ (biotope et biocénoses associées) dans la zone côtière afin de mettre à disposition des scientifiques, des gestionnaires et du public des données pertinentes et cohérentes permettant de mieux connaître l'existant et de détecter les évolutions spatio-temporelles. Ce réseau contribue à l'harmonisation des typologies d'habitats marins benthiques et à l'élaboration de procédures de cartographie. Il met en forme des données existantes et coordonne de nombreuses acquisitions nouvelles pour la connaissance et la surveillance de ces habitats ; il assure la bancarisation des données et la valorisation des résultats.

Le domaine d'intervention du Rebent correspond aux eaux territoriales métropolitaines avec une attention particulière pour l'intertidal et les fonds proches de la côte, en relation notamment avec les directives européennes Habitat et Eau. Démarré de manière opérationnelle en 2003 sur la zone pilote Bretagne, Le Rebent s'étend progressivement sur l'ensemble du territoire.

Coordonné par Ifremer, Rebent associe de nombreux partenaires scientifiques et techniques (universités, stations marines, MNHN, centres techniques, bureaux d'études...) et bénéficie de nombreux soutiens financiers (DIREN, agences de l'eau, région, fondation, partenaires scientifiques).

L'élément de communication essentiel des résultats est constitué par le site web (www.rebent.org) qui est présent

ici au travers des produits ayant une composante cartographique.

Le réseau contribue également, au travers du projet MESH (Mapping European Seabed Habitats), à préparer des guides d'intervention pour la réalisation de cartographies d'habitats et participe à la mise en commun de produits cartographiques harmonisés au niveau européen disponibles sur le site MESH (www.searchmesh.net).

1 LES PRODUITS CARTOGRAPHIQUES DU REBENT

Pour répondre aux besoins des utilisateurs concernant les habitats (inventaire, cartographie détaillée, dynamique d'extension/régression, suivi de la biodiversité et qualification de l'état écologique...), différents produits cartographiques ont été élaborés :

Cartes de distribution des habitats (données existantes)

- Une première compilation a permis de recenser des cartographies résultant majoritairement de campagnes de prospection réalisées dans les années 1960-70. Ces données, intégrées sous SIG après un traitement assurant la cohérence sémantique, topologique (numérisation normalisée, objets géographiques adossés à un trait de côte de référence) et géographique (géoréférencement en Lambert II étendu...), couvrent une large part des eaux territoriales. Ces produits « légende auteurs », aux nomenclatures disparates, ont ensuite été harmonisés sur la base de la typologie européenne des habitats (EUNIS²), enrichie à

1. Le benthos regroupe l'ensemble des organismes vivant en relation étroite avec les fonds subaquatiques. On distingue le benthos végétal ou phytobenthos (algues et phanérogames), du benthos animal ou zoobenthos (vers, mollusques, crustacés, poissons, etc.). Dans le cadre du Rebent, on s'intéresse uniquement au macrobenthos marin (organismes végétaux et animaux dont la taille est supérieure à 1 mm) dans la zone de balancement des marées et les petits fonds côtiers de France métropolitaine.

2. EUNIS (European Nature Information System) est la référence européenne de classification des habitats pour les domaines terrestres, dulçaquicoles et marins. Reposant sur un classement hiérarchique, elle permet pour le domaine marin d'accéder à différents niveaux de précision : simple distinction entre les types rocheux ou meubles (niveau 2), intégration du mode d'exposition et du type de substrat (niveau 3), identification des groupements fonctionnels d'habitats (niveau 4) et identification précise des peuplements benthiques définis par la présence d'espèces dominantes ou de groupes d'espèces caractéristiques (niveaux 5 et 6). Pour en savoir plus : eunis.eea.eu.int/habitats.jsp.

l'occasion de nouveaux habitats ; ces cartes EUNIS ont également été intégrées dans MESH selon un standard européen.

- La deuxième tranche, en cours, concerne plus particulièrement les estrans et très petits fonds avec d'une part des données souvent très anciennes et d'autre part l'intégration progressive de cartes réalisées par des bureaux d'études sur les sites Natura 2000 et utilisant la typologie des Cahiers d'habitat. Pour ces cartes à grande échelle, le référentiel utilisé est l'orthophotographie littorale.

Inventaire d'habitats remarquables

- Un effort particulier a été consenti pour assurer une compilation aussi exhaustive et actualisée que possible d'habitats remarquables. Il s'agit principalement d'habitats distribués dans les très petits fonds et dans la zone de balancement des marées (bancs de maërl, herbiers de zostères...), pour lesquels des prospections ciblées peuvent être programmées. Pour d'autres habitats difficiles à inventorier de manière exhaustive, comme les champs de laminaires, les cartes issues de modèles permettent d'en approcher la distribution.

Cartes d'habitats sur des secteurs de référence

- Afin de disposer de références précises et actualisées dans des zones représentatives du littoral (dont des sites Natura 2000), des travaux de cartographie permettant d'appréhender ces milieux avec le niveau de précision requis sont engagés. Selon le domaine concerné (intertidal, très petits fonds, fonds accessibles aux navires océanographiques) et le type de milieu, il est nécessaire de faire appel à des outils et méthodes différents, qu'il s'agisse d'imagerie de surface (orthophotographie littorale, radiomètres aéroportés, acoustique), de levés du relief (Lidar, acoustique), ou d'observations de terrain (vidéos sous-marines, prélèvements sédimentologiques, faunistiques et floristiques...).

Dynamique spatiale du couvert végétal

- Un suivi systématique de la couverture algale en zone intertidale a été mis en place sur la base de l'imagerie SPOT, incluant des programmations lors des marées basses de vives eaux (associées à des contrôles *in situ*) et la recherche systématique d'images d'archive (disponibles depuis 1986). Les produits, exprimés en taux de couverture algale (à un instant *t* ou en différentiel d'évolution entre deux dates), conservent le mode maillé. D'autres travaux sont en cours sur la base de données aéroportées sur les secteurs non accessibles à basse mer par l'imagerie SPOT ou nécessitant des résolutions supérieures (herbiers).

Cartes des lieux de surveillance

- Des suivis plus localisés de la biodiversité ont été mis en place sur une sélection d'habitats comprenant des habitats remarquables et des habitats largement représentés. Ces mesures contribuent à définir la qualité écologique des habitats et des masses d'eaux dans lesquelles ils sont représentés, et participent au suivi de leur évolution temporelle. Les cartes des lieux de surveillance permettent de

localiser les points faisant l'objet d'études, de sélectionner le type d'habitat ou de programme de rattachement (directive Cadre Eau...). Pour chaque lieu une fiche décrit les procédures utilisées et les dates des passages.

Compte tenu des difficultés d'accès et des coûts d'acquisitions propres à cet espace marin, de nombreux produits résultent d'opérations complexes d'agrégation de données. Un effort conséquent a, de ce fait, été consenti pour assurer la traçabilité des données et faciliter la communication des informations pertinentes indispensables à leur compréhension et à leur bonne utilisation sous SIG, ainsi que pour assurer le respect des multiples intervenants. À chaque produit cartographique est associée une métadonnée. L'hétérogénéité des sources d'information au sein d'une même carte (notamment pour les cartes d'habitats remarquables et les secteurs de référence) a imposé le report, au niveau de la table attributaire et pour chaque polygone, d'un certain nombre d'informations pertinentes relatives à la généalogie de la donnée. Des évaluations de la qualité cartographique selon le standard défini dans MESH sont progressivement ajoutées.

2 LE SITE REBENT

2.1 Présentation générale

Outre les rubriques précisant les objectifs du Rebent, expliquant ce qu'est le benthos, listant les partenaires institutionnels et scientifiques du réseau et fournissant l'actualité de ce dernier, les rubriques Cartes interactives, Études par secteur, Suivi Habitats-Biodiversité et Documentation, assurent l'originalité du site (fig. 1).

À la rubrique Documentation, plus de 150 documents sont répertoriés donnant accès à un grand nombre de fiches de synthèse, de fiches techniques, de rapports d'étude, de bulletins de surveillance, de dossiers thématiques... Tous ces documents sont téléchargeables au format pdf.

À la rubrique Cartes interactives, plus de 25 cartes sont déjà consultables (voir le Recueil récapitulatif des cartes présentées sur le site à la rubrique Documentation/Études cartographiques).

Les rubriques Études par secteur et Suivi Habitats-Biodiversité permettent une approche croisée et complémentaire entre les différents documents et les produits cartographiques proposés dans les précédentes rubriques.

Dans le cadre de cet article, l'attention est portée aux rubriques Cartes interactives et Études par secteur assurant l'accès aux résultats cartographiques, aux images satellitaires traitées et au suivi des cartographies en cours.

Le caractère opérationnel du réseau assure une mise à jour régulière des différentes rubriques. Enfin, l'information est également accessible en version anglaise pour une grande partie des pages.

2.2 Aspects techniques

Le site de cartographie dynamique s'appuie sur la technologie ArcIMS du distributeur Esri. ArcIMS est une technologie de type serveur cartographique, dont le principe, schématisé en figure 2, n'est pas de véhiculer sur le réseau Internet la donnée SIG elle-même (stockée dans une base de données Oracle), mais une simple image jpeg, générée à la volée. Ainsi, lorsque l'utilisateur effectue une demande (zoom, pan, etc.) depuis l'appli Internet, celle-ci est transmise dans le langage natif d'ArcIMS (le langage ArcXML) via le protocole HTTP à un serveur Web Apache/Tomcat, qui lui-même la transmet au serveur d'application. La tâche de ce serveur est de générer une représentation de la carte conforme à ce qui a été demandé par l'utilisateur. Le résultat de la requête est une image qui représente les couches cartographiques au niveau de zoom demandé. Cette nouvelle image est alors transmise à l'appli Internet, qui se rafraîchit pour l'affichage du résultat.

L'appli Web est le client HTML-Javascript fourni avec ArcIMS. Des développements supplémentaires ont été réalisés pour personnaliser l'interface et intégrer de nouvelles fonctionnalités, notamment la gestion dynamique des sources en fonction des couches visibles dans la carte. Les cartes et les métadonnées sont stockées sur un serveur de cartes dédié. Les cartes sont d'abord élaborées via le logiciel ArcMap³ pour des rendus papier. Le format généré par ArcMap n'étant pas compatible avec ArcIMS, les cartes sont entièrement refaites par le biais du logiciel Author, fourni avec ArcIMS, qui permet de générer des cartes au format ArcIMS. Malheureusement, les possibilités de ce format en matière de symbologie sont nettement moindres que celles du logiciel ArcMap. Ceci oblige à simplifier systématiquement les cartes créées avec ce logiciel, et donc à gérer deux symbologies : une pour le rendu papier, une autre, allégée, pour le rendu Internet.

3 CARTES INTERACTIVES

L'accès aux cartes se fait à partir d'une interface dédiée (fig. 3). Celle-ci présente la liste des catégories de cartes produites et mises à disposition sur le site Rebut. Pour chacune de ces catégories, les différentes cartes produites ou à paraître sont listées. Trois fonctionnalités sont alors proposées : consulter, métadonnées, télécharger.

3.1 Affichage et consultation

La fonctionnalité consulter lance le module de cartographie interactive. L'affichage d'une carte (fig. 4) donne d'emblée accès à un écran cartographique supportant la carte proprement dite et les éléments associés : titre normalisé (dont l'année de production, les sources de données et l'échelle de la carte initiale), les sources du document (les contraintes de citation de la carte sélectionnée, les couches de références participant au fond de plan), la légende de la

couche active ainsi qu'une échelle dynamique. Un ensemble d'outils assure l'interactivité.

Pour des raisons de visibilité, des seuils d'échelle ont été imposés pour l'affichage de certaines couches. Ils permettent de passer d'une vue générale par point à une vue détaillée par polygone, ou de passer d'un polygone unique représentant l'emprise du thème aux polygones détaillant ce thème (fig. 5).

Parmi les outils, outre les fonctionnalités devenues classiques dans ce type d'interface (zoom, pan, etc.), on notera (fig. 6 et 7) :

- le bouton (1) qui sert à la fois à l'affichage des couches disponibles, avec possibilité d'en sélectionner une (couche active), et à la visualisation de la légende,
- la fonction dynamique d'hyperlien (2) activant un document associé ;
- l'accès aux attributs décrivant un objet géographique peut se faire par l'intermédiaire de l'outil « identifier » (3). La sélection d'un ensemble d'objets géographiques est également possible par l'intermédiaire de l'outil « emprise par rectangle » (4) qui permet l'affichage des attributs associés aux objets sélectionnés.

3.2 Métadonnées

Dans le respect des normes d'interopérabilité (directive INSPIRE⁴ en particulier), les métadonnées sont établies selon la norme ISO 19115 qui préside à l'établissement des métadonnées cartographiques (fig. 9). Compte tenu de la complexité de la génération des cartes d'habitats, une attention particulière a été apportée aux contraintes de citation et à la description de la généalogie de la donnée. Une mise en forme de consultation est définie afin de s'assurer que l'utilisateur trouve rapidement les informations pertinentes et indispensables au bon usage de la carte.

3.3 Téléchargement

Le téléchargement des couches SIG produites dans le cadre du Rebut concerne uniquement les données vecteur (contraintes de volume et de copyright sur les données maillées). Il se fait rapidement, facilement et gratuitement, sous réserve de l'acceptation des conditions d'utilisation et du respect des droits et devoirs légaux de l'utilisateur. Les couches, en fichiers de forme⁵, et leurs métadonnées associées, sont regroupées en format compressé (zip). Cette possibilité de téléchargement est appliquée aux différentes cartes au fur et à mesure de leur validation.

4 APPROCHES CROISÉES

Pour chaque secteur défini dans le cadre de l'approche

3. ArcMap est un des logiciels de la gamme ArcGIS Desktop (distributeur Esri), utilisé entre autres pour la création de cartes.

4. INSPIRE: INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe : www.ec-gis.org/inspire/

5. Fichier de formes : format spécifique ESRI (shapefiles).

sectorielle de Rebent, les méthodologies mises en œuvre, les différentes données participant au processus de cartographie, les rapports, les posters et les exposés associés, les produits cartographiques dérivés, sont présentés, tous ces documents étant également accessibles au niveau des rubriques Documentation et Cartes interactives.

Dans certains cas, l'intégration de données existantes couplée à des validations terrain peut suffire ; dans d'autres cas, l'acquisition de nouvelles données impliquant la mise en œuvre de technologies spécifiques à chaque habitat s'est avérée indispensable. Un renvoi sur les documents de synthèse ou de référence méthodologique est alors fait.

Ainsi, dans le cas du secteur du Croisic (fig. 10 et 11), la cartographie des habitats benthiques en zone intertidale a été réalisée grâce à la compilation des informations issues de l'interprétation des ortho-photographies littorales (IGN), de nombreuses campagnes de terrain et des données topographiques (LIDAR) acquises spécifiquement. La page consacrée au secteur renvoie sur de nombreux documents (fig. 10): fiche technique (1), rapports, posters ou exposés (2), produit cartographique dérivé (3) ou valorisé (4) (fig. 11).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'extension du réseau Rebent à l'ensemble du territoire national permet d'envisager à moyen terme une couverture plus étendue de l'ensemble des produits. Outre le serveur MESH, ces métadonnées et données produites dans le cadre de Rebent sont progressivement intégrées (le cas échéant selon des standards particuliers), ou référencées dans les différents serveurs internationaux, nationaux ou régionaux dédiés à ces types de produits (site Oskar pour les habitats prioritaires relevant de cette convention, Système d'Information Nature et Paysage et Système d'Information sur l'Eau du MEDAD, site Bretagne environne-

ment...). Un travail est en cours pour permettre une meilleure gestion des équivalences de typologie entre celle des Cahiers d'habitats pour Natura 2000 et EUNIS, ainsi que pour mieux définir les cahiers des charges des études Natura 2000 et favoriser la qualité et la compatibilité des informations. Le développement des méthodes de modélisation de la distribution des paysages marins entreprise dans MESH permettra de proposer des cartographies pertinentes sur la base des paramètres physiques structurants. Dans les zones ne disposant pas de cartes d'habitats, ces données servent déjà de support aux gestionnaires en charge de ces milieux.

Une nouvelle base de données des réseaux de surveillance de l'Ifremer Quadrige² entrera en service à très court terme. Cette base accueillera l'ensemble des données Rebent, qu'il s'agisse des données des suivis de biodiversité par habitat, des données d'imagerie ou des observations ponctuelles ayant servi à la confection des cartes, ce qui facilitera la traçabilité des informations dès leur bancarisation.

Depuis le développement, il y a quatre ans, de l'applicatif de cartographie dynamique, de nouvelles technologies plus performantes sont apparues, en particulier pour la gestion de la symbologie. Fin 2007 – début 2008, un nouvel outil de valorisation des données des réseaux Surval 2007 entrera en service. Cet outil, qui assurera également la diffusion des données ponctuelles (y compris l'affichage de séries temporelles), remplacera l'actuel outil de cartographie dynamique Rebent pour la diffusion au grand public de toutes les données à composante géographique du réseau; il s'appuiera comme aujourd'hui sur une approche pleinement SIG (gestion par couches, hyperliens, etc.). Les cartes mises à disposition seront compatibles WMS⁶, ce qui facilitera leur accès pour les serveurs nationaux de données géographiques, tels que le Géoportail ou Sextant, le serveur de données géographiques marines de référence utilisé par l'Ifremer, la MIMEL⁷, et à terme d'autres organismes.

6. Web Map Service ou WMS. Standard de service cartographique orienté Web, maintenu par l'Open Geospatial Consortium, qui "normalise" la manière dont un client doit demander des cartes, et la manière dont un serveur cartographique doit y répondre sous forme de représentations image. Cela permet de mettre en place un réseau de serveurs cartographiques compatibles WMS à partir desquels n'importe quel client, lui-même compatible WMS, peut construire des cartes interactives sans avoir à se soucier du mode de stockage des données source.

7. Mission Inter-services de la mer et du littoral sur les deux régions normandes, ou MIMEL. Elle a pour vocation de renforcer la coordination et la transversalité des services de l'État, dans leur appréhension des questions littorales et maritimes.

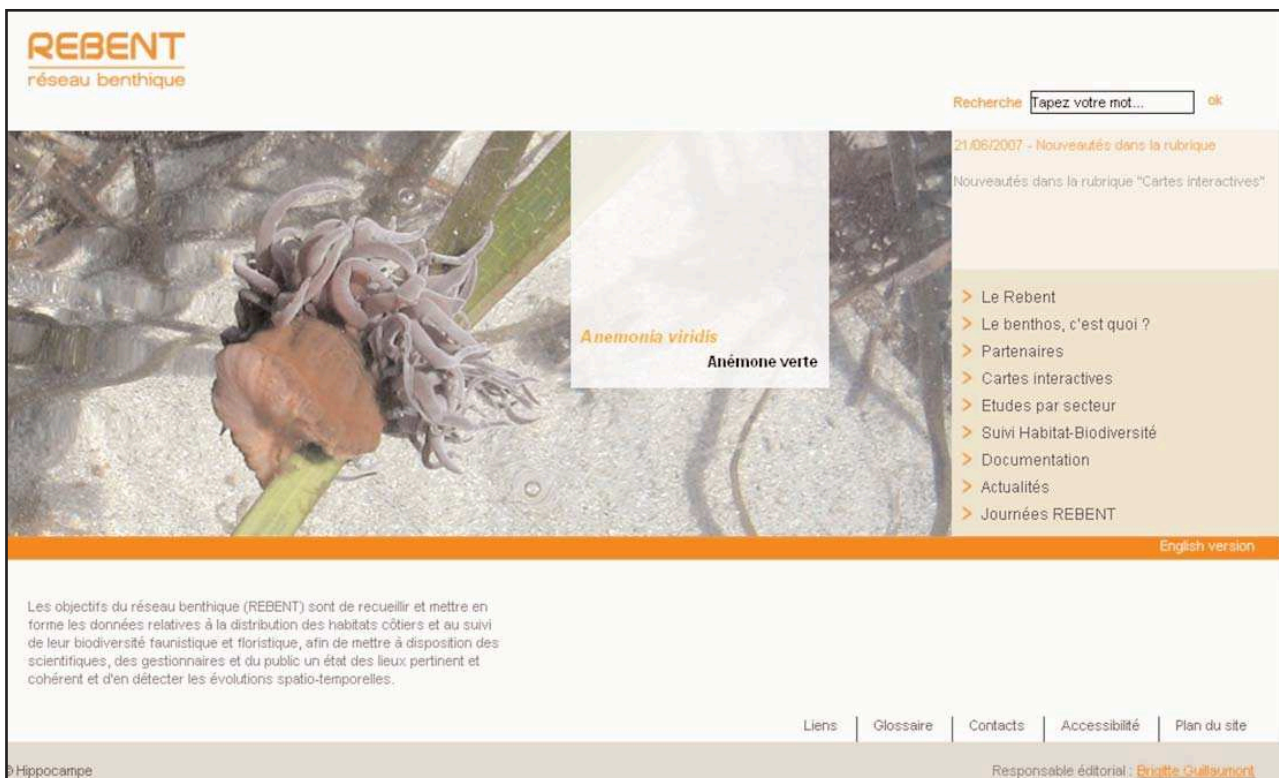


Figure 1 : Page d'accueil du site web Rebent (www.rebent.org)

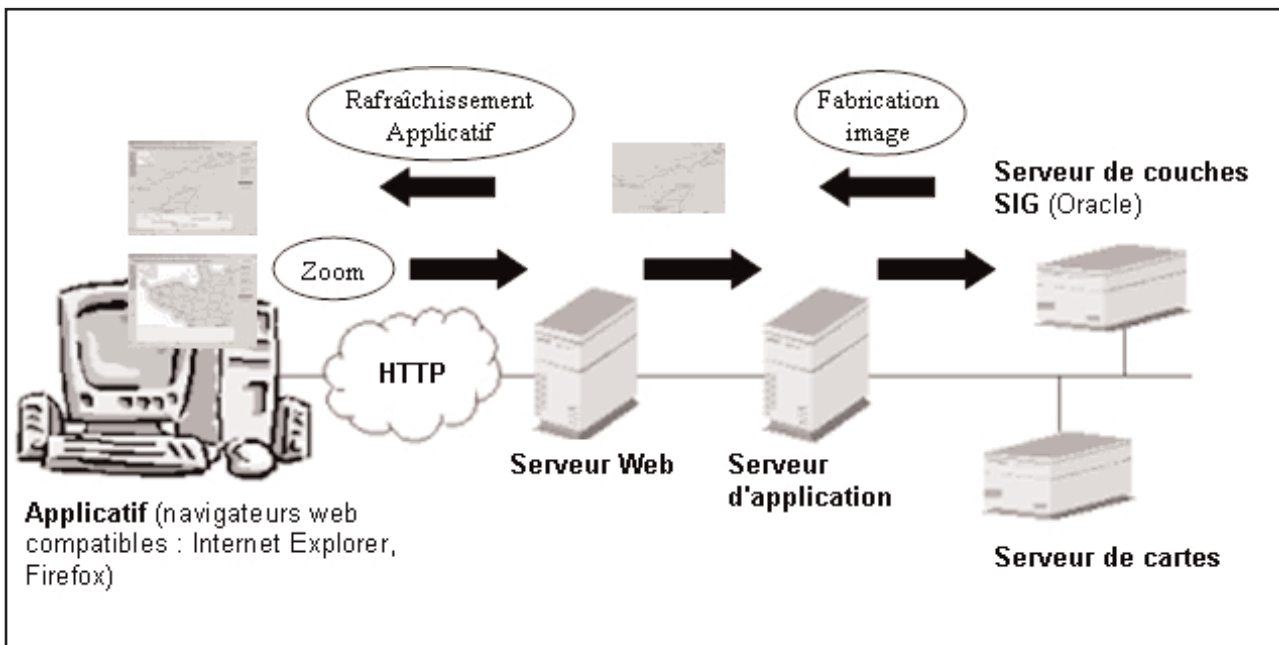


Figure 2 : Architecture technique du site Rebent. Dans cet exemple, l'utilisateur demande un zoom. Sa demande est alors transmise au serveur d'application, qui fabrique et renvoie une nouvelle image correspondant au niveau de zoom demandé

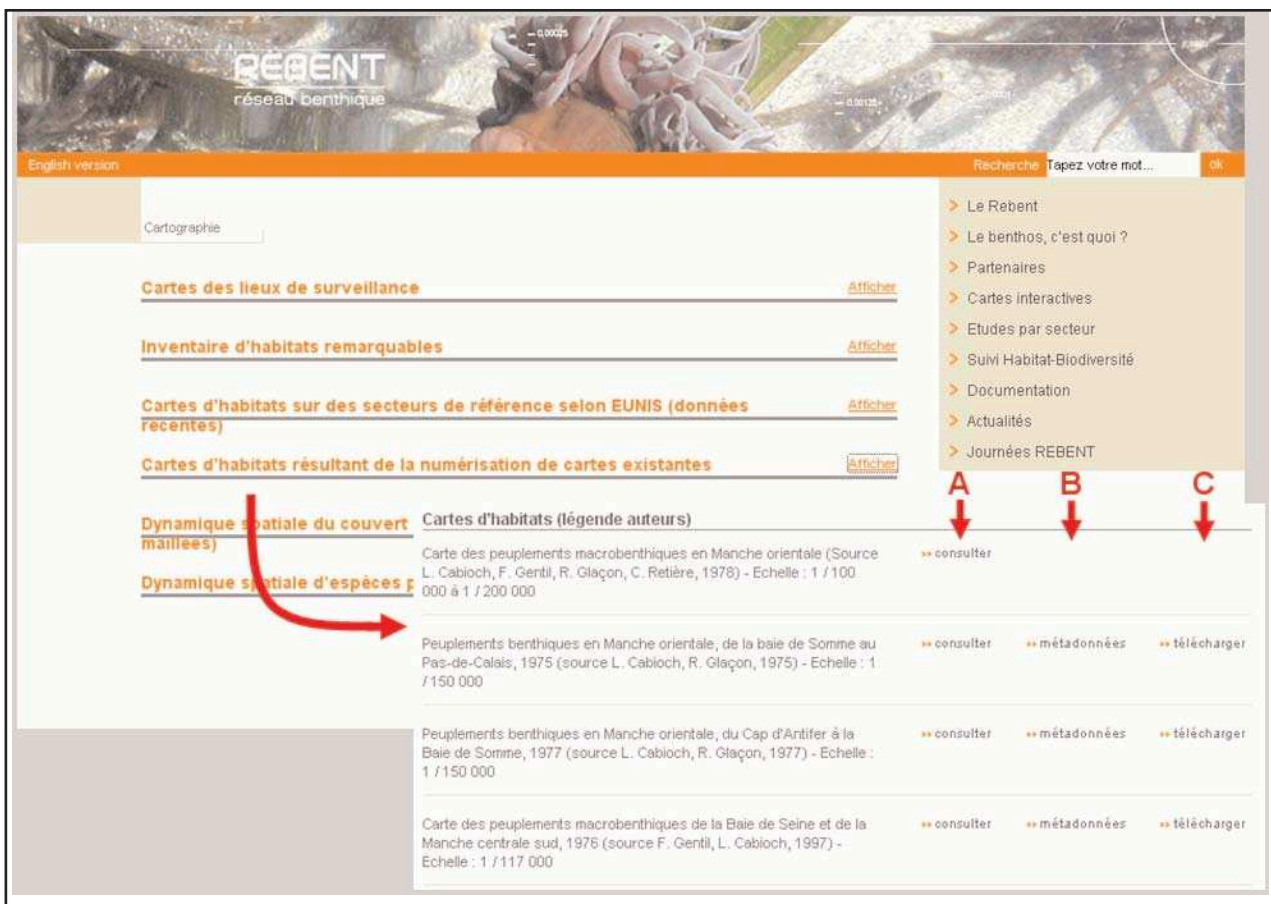


Figure 3 : Accès aux cartes en mode « consultation » (A), « métadonnées » (B), « téléchargement » (C)

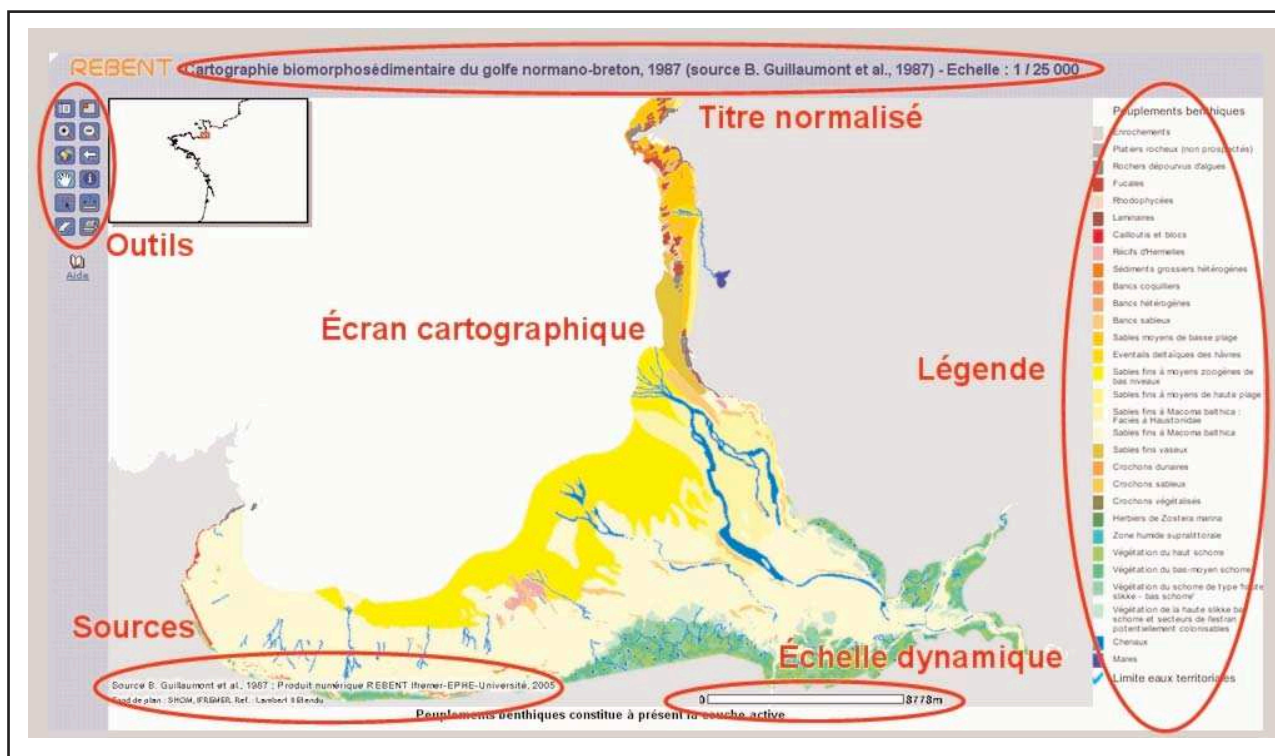


Figure 4 : L'interface cartographique en mode « consultation » (affichage par défaut)

Carte des peuplements macrobenthiques de la Baie de Seine et de la Manche centrale sud, 1976
(source F. Gentil, L. Cabioch, 1997)

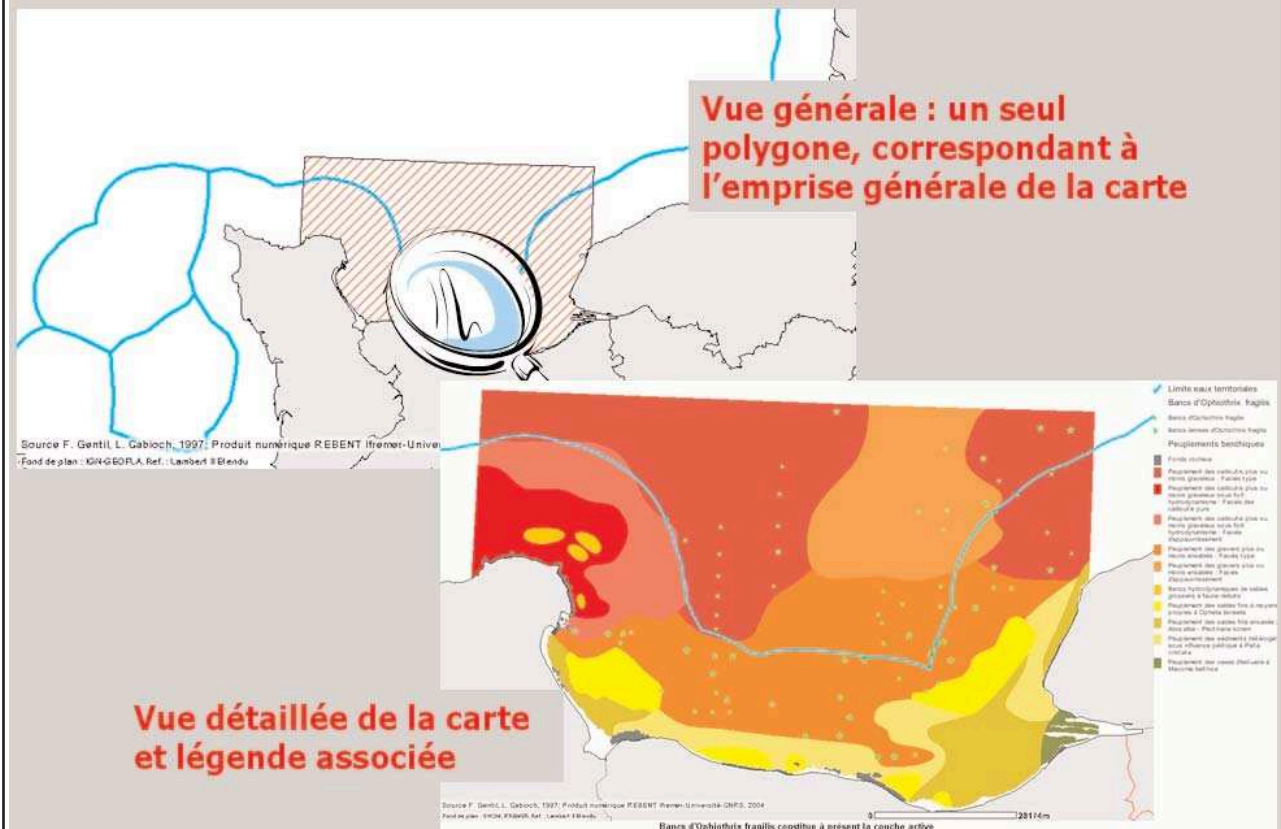


Figure 5 : Un exemple de passage du général au détail

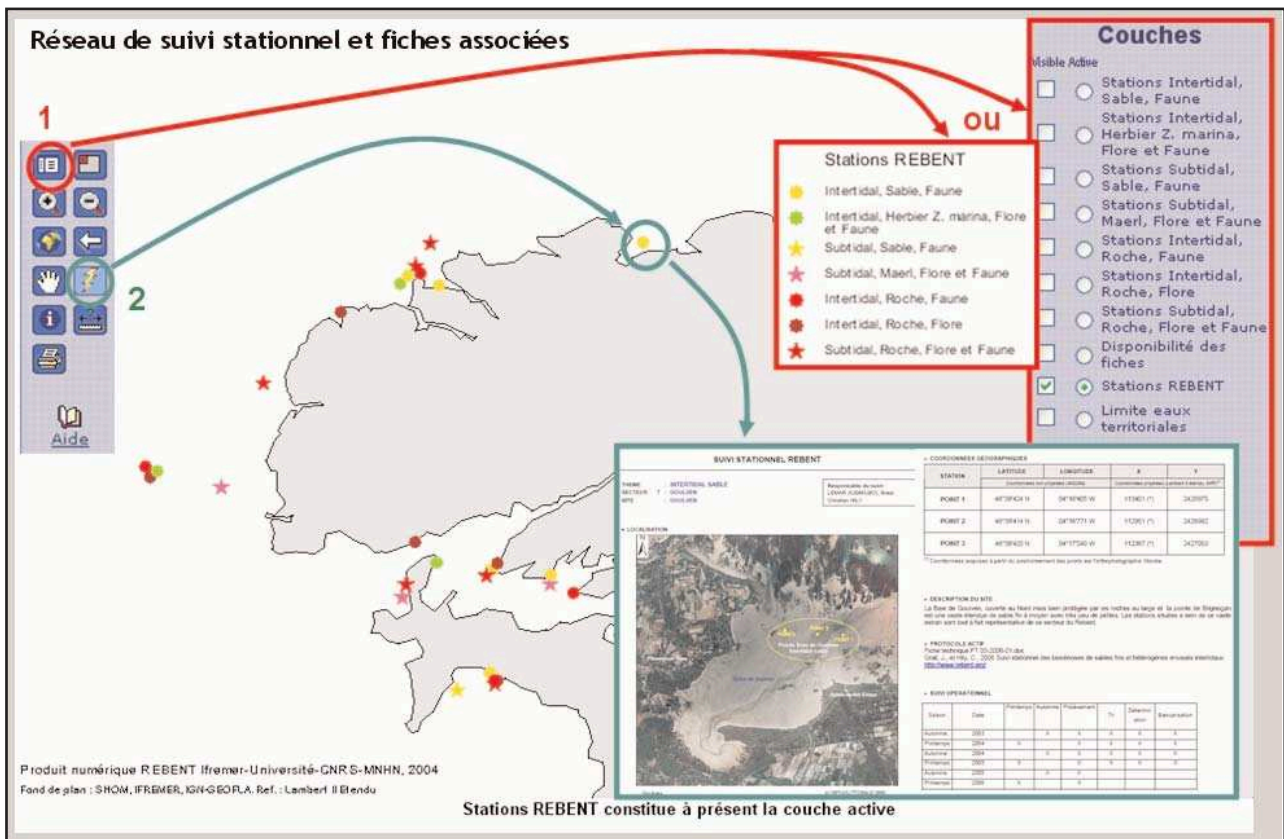


Figure 6 : Consultation interactive d'une carte : sélection d'une couche, affichage de la légende et activation d'une fiche associée à un lieu de surveillance

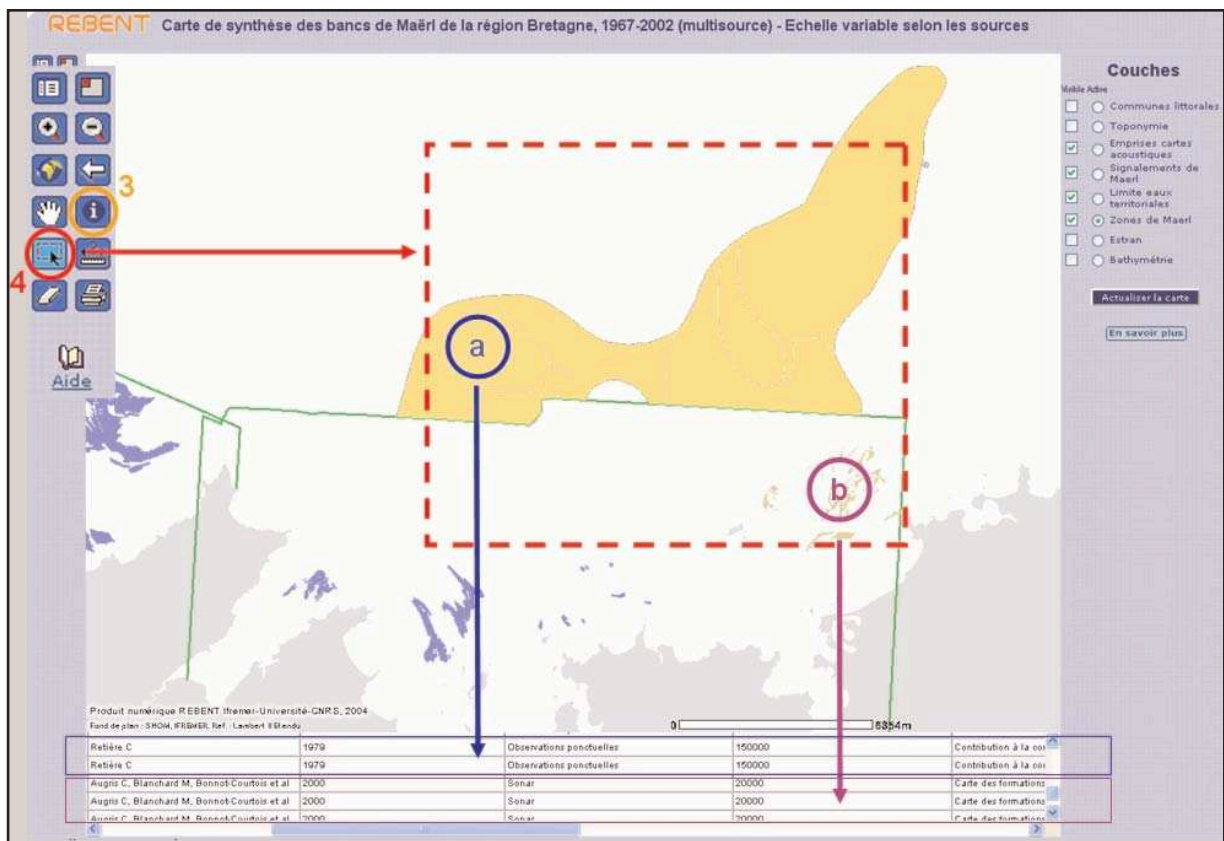


Figure 7 : Consultation des attributs d'une couche multi-sources. Dans cet exemple, l'extrait de table attributaire, correspondant à l'emprise, montre deux lots de données correspondant à des auteurs, des méthodologies et des périodes différentes : observations ponctuelles (a), cartographie acoustique (b)

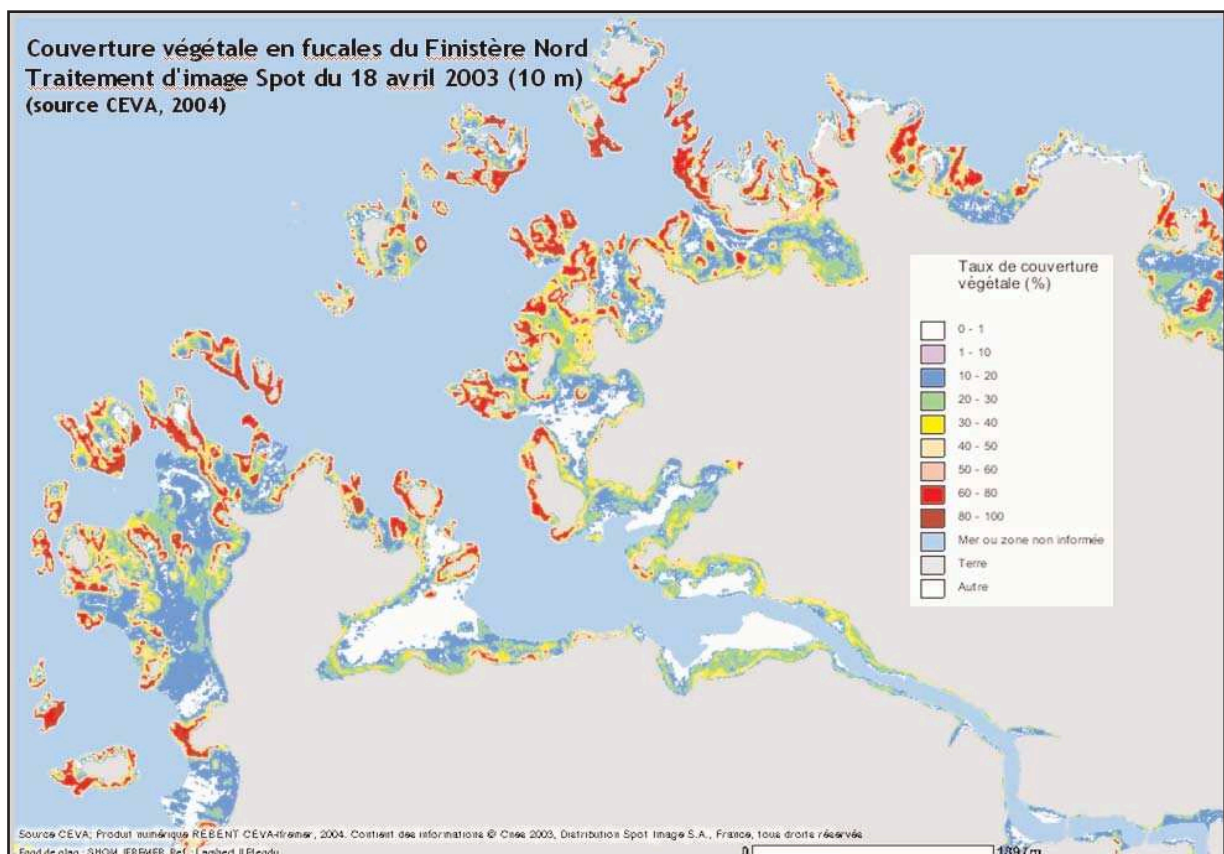


Figure 8 : Exemple d'affichage d'une donnée maillée : carte du taux de couverture végétale en fucales (produit dérivé de SPOT)

Carte des habitats benthiques du secteur de l'archipel des Glénan (R et le 1/10000 sous forme d



Nom du fichier de données: ifr_habitatEUNIS2004_reber

Date d'édition du jeu de données:

Dernière mise à jour des métadonnées:

Mots-clés thématiques: Habitat, Peuplement, Benthos, B

Emplacement: <http://www.rebent.org>

Contrainte de citation sur la carte:

Obligation de citation sur la carte:

"Sources diverses, 2000 à 2006 ; Produit numérique REBENT Ifremer-DIREN-Université-CEVA, 2006"

Contrainte de citation dans la bibliographie:

Obligation de citation dans la bibliographie:

"Carte des Habitats benthiques de l'archipel des Glénan (REBENT, 2006) à une échelle comprise entre le 1/5000 et le 1

Sources :

- Le Hir M., 2005. Site Natura 2000 - Archipel des Glénan. Cartographie des habitats d'intérêt communautaire - notice
- Le Hir M., Chauvaud S., Robert S., 2005. Site Natura 2000 - Archipel des Glénan. Cartographie des habitats d'intérêt
- Ehrhold A., Blanchet A., Mahon D., 2006. Réseau de surveillance benthique (REBENT). Région Bretagne. Approche
- CEVA, 2004. Cartographie détaillée des ceintures de fuciles : secteur de Glénan, zone intertidale, rapport CEVA - Ifre
- CEVA, 2005. Cartographie des zones de laminaires à partir de prospections en plongée : secteur de Glénan, zone sub
- Peuzat J., Briand L., Billy C., 2004. Gestion des usages récréatifs liés au nautisme dans les archipels du Ponant. App
- Allouche H., 2005. Evolution récente des herbiers de Zostera marina en Bretagne, approche géométrique. Master-Environ
- Orthophotographie littorale pour le secteur des Glénan et Trévégnon (format .arc). 2000. ORTHOLITTOGRALE 2000 ;
- IFREMER, Altimétrie Lidar pour le secteur des Glénan (fichier image .amf), 2005 ;
- Données de minutes bathymétriques du SHON ;
- SHOM, UNO, 1999. Carte 7146-3 de nature de fond ;
- REBENT, campagne de terrain Surveys (Société Mazars) : Surveys 1, chef de mission Axel Ehrhold (04 au 07 novembre) ;
- REBENT, campagne de terrain Rebent subtidal : Rz_001, chef de mission Axel Ehrhold (14 au 20 mars 2002), Rz_00
- REBENT, campagne de terrain Rebent_intertidal : REBENT_R19, chef de mission Neil Allouche (21 janvier et 01 février)

Métadonnées ISO 19115 (profil ESRI):

- ◆ [Informations d'identification de la ressource \(résumé, contraintes\)](#)
- ◆ [Informations sur la représentation spatiale](#)
- ◆ [Informations sur le système de référence](#)
- ◆ [Informations sur la qualité des données \(déclaration de généalogie\)](#)
- ◆ [Informations de distribution](#)
- ◆ [Lien\(s\) avec les documents ou ressources contribuant à l'identification des données](#)
- ◆ [Informations sur les métadonnées](#)
- ◆ [Fichiers attachés binaires](#)

Les éléments de métadonnées affichés sont définis dans le document *ISO 19115 Informations géographiques - É*
éléments indispensables à la compréhension et à l'utilisation de la carte associée. Les éléments affichés avec un a

Les recommandations de l'ADAE (12/06/2006) ont été intégrées lorsque cela était possible.

La lecture des métadonnées est optimisée avec Internet Explorer.

Figure 9 : Exemple de métadonnées associées aux cartes du Rebernt

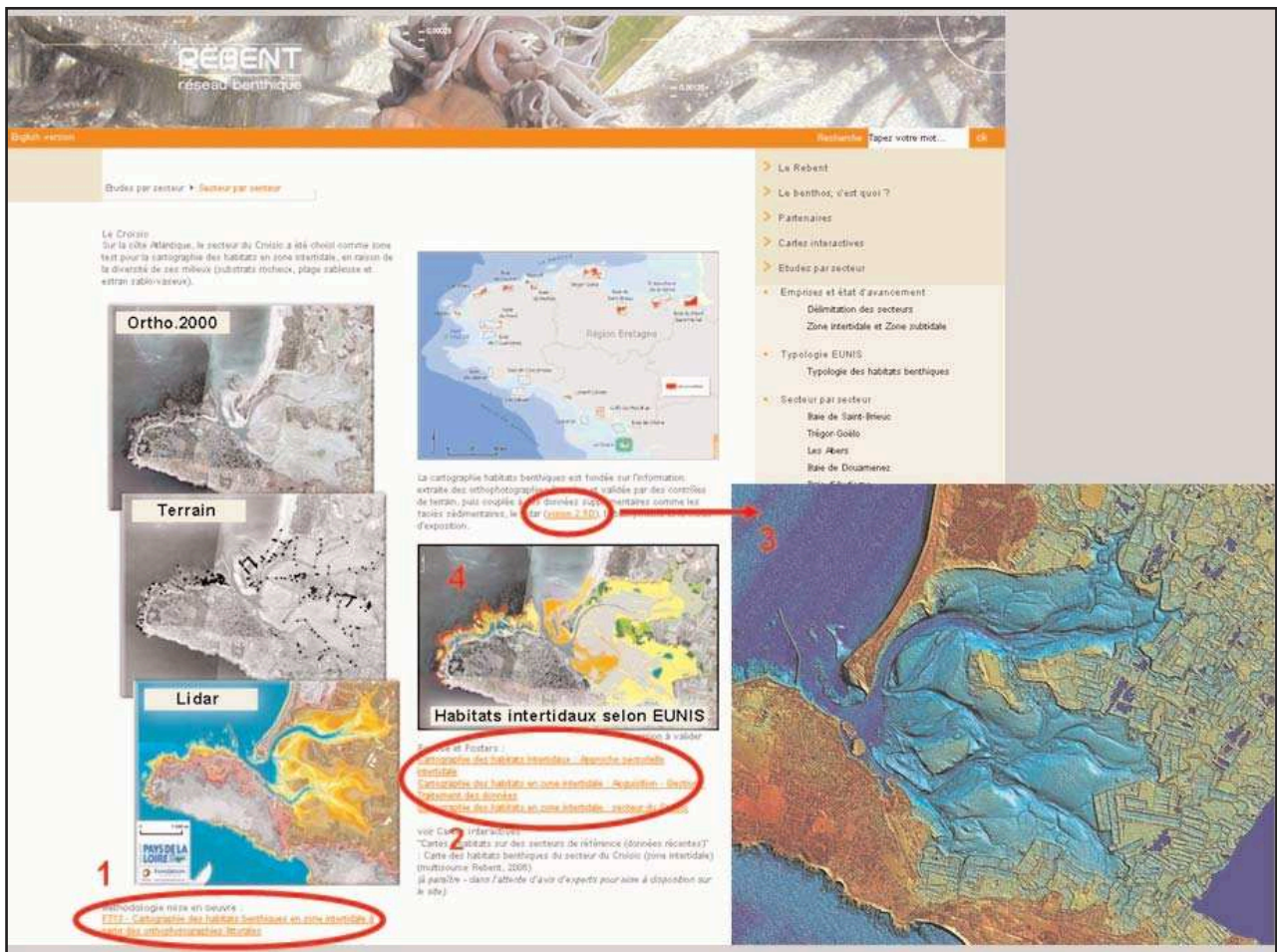


Figure 10 : Études par secteur, cas du Croisic. Cette page présente de nombreux renvois sur différents documents également accessibles au niveau des rubriques Documentation et Cartes interactives

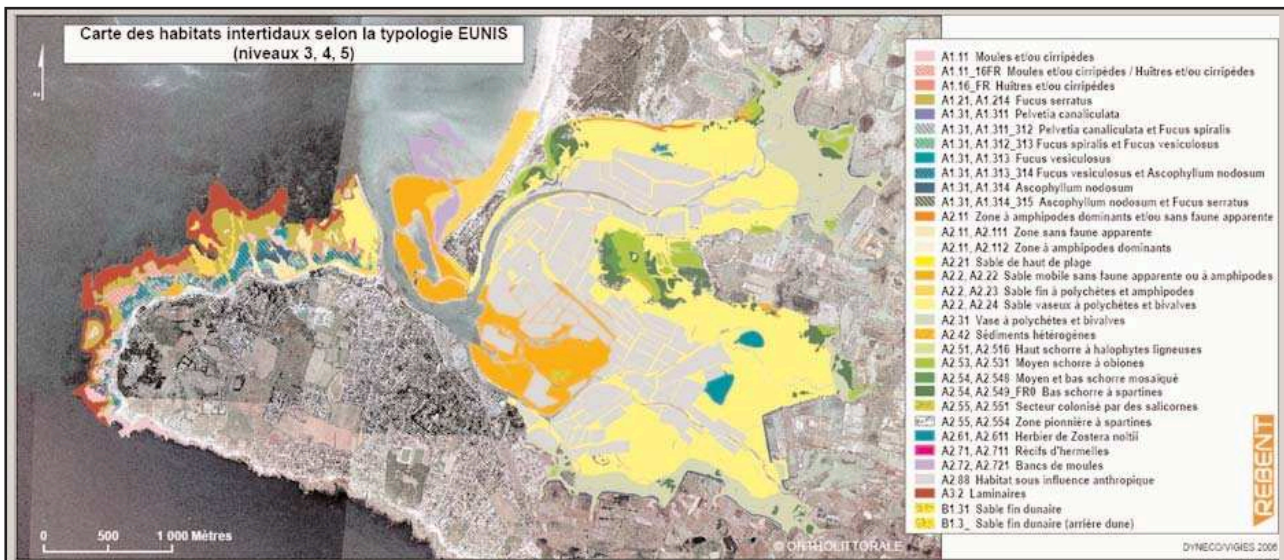


Figure 11 : Cartographie des habitats intertidaux selon la typologie EUNIS pour le secteur du Croisic (44)