

¹Département Dynamiques de l'Environnement Côtier (DYNECO)
²Département Géosciences Marines (GM)

Claire ROLLET¹ (Responsable Action)
Cécile BRETON²

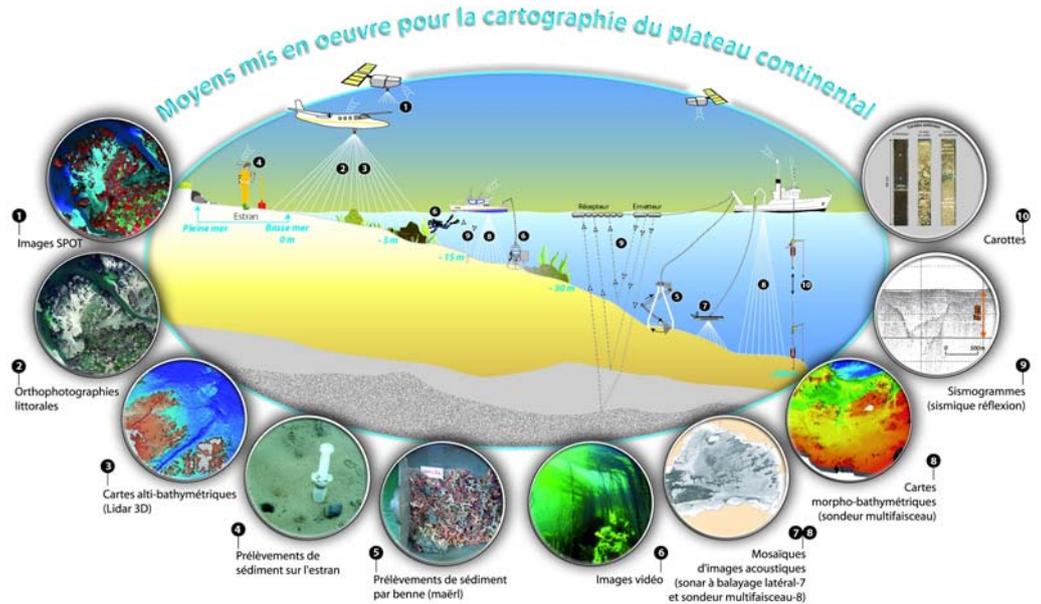
Benoît LOUBRIEU²
Catherine SATRA LE BRIS²

RST/IFREMER/DYNECO/AG/10-09/CR

Juin 2010

Moyens mis en œuvre pour la cartographie du plateau continental

Guide général



<p>Numéro d'identification du rapport : RST/IFREMER/DYNECO/AG/10-09/CR</p> <p>Diffusion : libre : <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/></p>	<p>Date de publication : juin 2010</p> <p>Nombre de pages : 39</p> <p>Bibliographie : Oui</p> <p>Illustration(s) : Oui</p> <p>Langue du rapport : Français</p>
<p>Titre du rapport : Moyens mis en œuvre pour la cartographie du plateau continental – Guide général</p>	
<p>Auteurs principaux : Claire ROLLET¹ (Responsable Action) Cécile BRETON²</p>	<p>Organisme / Direction / Service, Laboratoire IFREMER / Brest / ¹Dynamiques de l'Environnement Côtier / Applications Géomatiques (DYNECO/AG) ²Géosciences Marines / Cartographie Traitement des Données et Instrumentation (GM/CTDI)</p>
<p>Collaborateur(s) : Benoît LOUBRIEU (Chef de Projet)² Catherine SATRA LE BRIS²</p>	<p>Organisme / Direction / Service, Laboratoire IFREMER / Brest / ²Géosciences Marines / Cartographie Traitement des Données et Instrumentation</p>
<p>Cadre de la recherche : Programme P04 : Reconnaissance et caractérisation du plateau Projet PJ0401 : Référentiel cartographique pour la reconnaissance du plateau Action A040101: Spécifications et développements</p>	
<p>Abstract :</p>	
<p>Mots-clés :</p>	

Contributeurs

Groupe de travail 'Guides'

Claire ROLLET¹ (Responsable de l'action Spécifications et développements)

Cécile BRETON²

Benoît LOUBRIEU² (Chef de Projet)

Catherine SATRA LE BRIS² (Responsable de l'action Produits cartographiques)

Le volet Qualité des données s'appuie sur les travaux du

Groupe de travail 'Métadonnées' dirigé par Marie-Odile LAMIRAULT-GALL¹

associant Sylvain BERMELL², Mathilde Pitel-Roudaut⁴, Claire ROLLET¹, Catherine SATRA-LE BRIS² et l'équipe Sextant : Michel BELLOUIS³, Fanny LECUY³, Michaël TREGUER³, Michaël VASQUEZ¹

Personnes 'contact' par groupe de moyens mis en œuvre

Imagerie satellitaire et aéroportée

Touria BAJJOUK¹, Michel BELLOUIS³, Patrick DION⁵, Thierry PERROT⁵, Jacques POPULUS¹, Claire ROLLET¹

Technique acoustique

Claude AUGRIS², Axel EHRHOLD¹, Benoît LOUBRIEU², Delphine PIERRE², Laure SIMPLET²,

SIG – Métadonnées

Sylvain BERMELL², Marie-Odile LAMIRAULT-GALL¹, Catherine SATRA-LE BRIS²

Chef de projet 'Référentiel cartographique pour la reconnaissance du plateau'

Benoît LOUBRIEU¹

Chef de programme 'Reconnaissance et caractérisation du plateau'

Jean-François BOURILLET⁶

Réalisé dans le cadre du Projet « Référentiel cartographique pour la reconnaissance du plateau », ce document est issu d'une collaboration étroite entre le département de Géosciences Marines (GM) et celui de DYNamiques de l'Environnement Côtier (DYNECO).

¹Dynamiques de l'Environnement Côtier / Applications géomatiques (DYNECO/AG)

²Géosciences Marines / Cartographie Traitement des Données et Instrumentation (GM/CTDI)

³Informatique et Données Marines / Systèmes d'Informations Scientifiques (IDM/SISMER)

⁴Département Sciences et Technologies halieutiques / Laboratoire Biologie Halieutique (STH/LBH)

⁵Centre d'Etudes et de Valorisation des Algues (CEVA) (Partenaire Rebut)

⁶Direction des Programmes et de la Coordination des Projets (DPCP)

Sommaire

Introduction.....	7
1. Moyens mis en œuvre pour la cartographie du plateau continental	10
2. Techniques d'imageries satellitaires et aéroportées.....	12
2.1. <i>Imagerie SPOT</i>	12
2.2. <i>Orthophotographie littorale</i>	14
2.3. <i>Lidar</i>	15
3. Techniques acoustiques.....	17
3.1. <i>Les sondeurs multifaisceaux</i>	19
3.2. <i>Les sonars à balayage latéral</i>	20
3.3. <i>La sismique marine</i>	22
4. Techniques d'acquisition de données in situ	26
4.1. <i>Prélèvements</i>	26
4.2. <i>Photographie et imagerie vidéo</i>	28
5. Présentation des produits	29
6. Qualité des données et Métadonnées	35
Références consultées.....	36

Liste des figures

- Figure 1 : Organisation générale des guides présentant les moyens mis en œuvre pour la cartographie du plateau continental
- Figure 2 : Moyens mis en œuvre pour la cartographie du plateau continental, Géosciences Marines (GM) et DYNamiques de l'Environnement COTier (DYNECO)
- Figure 3 : Extrait d'une scène SPOT5 (18/04/2003) sur le secteur des Abers (29). ©SPOT Image
- Figure 4 : Extrait de l'orthophotographie littorale (29/03/2002) sur le secteur des Abers (29). ©ORTHOLITTORALE 2000
- Figure 5 : Technique par laser aéroporté (©AAMHATCH, adapté par Ifremer)
- Figure 6 : Extrait des données acquises par le lidar topographique (2004) sur le secteur des Abers (29).
- Figure 7 : Moyens géophysiques mis en œuvre simultanément durant une campagne côtière (ici à bord du N/O *L'Europe*) : 1-source sismique haute résolution type « étincelateur » ; 2-récepteur « flûte » sismique réflexion haute résolution ; 3-sonar latéral ; 4-sondeur de sédiment ; 5-sondeur multifaisceaux (Berné et Satra, 2002).
- Figure 8 : Effet d'une augmentation de la profondeur de l'eau sur la largeur de fauchée de systèmes acoustiques de coque (sondeur multifaisceaux et *SACLAF*) et remorqués (sonar à balayage latéral).(Extrait de Projet MESH, 2008)
- Figure 9 : Représentation du faisceau d'émission et du rectangle insonifié
- Figure 10 : Poisson sonar latéral tracté en position de balayage au dessus du fond
- Figure 11 : Photo des sonars DF 1000 de la société Edgetech utilisés par Ifremer/Genavir
- Figure 12 : Schématisation de la réflectivité et des zones d'ombre
- Figure 13 : Principe de la sismique de réflexion
- Figure 14 : Principe du Chirp
- Figure 15 : Photographie d'un échantillon prélevé à la benne d'un substrat de cailloutis
- Figure 16 : Photographie numérique prise à partir d'un véhicule téléguidé Sea Tiger.
- Figure 17 : Morphologie du fond de la mer
- Figure 18 : Epaisseur des sédiments meubles
- Figure 19 : Morphologie du soubassement rocheux
- Figure 20 : Mosaïque d'images acoustiques
- Figure 21 : Nature des fonds
- Figure 22 : Habitats benthiques
- Figure 23 : Carte alti-bathymétrique du secteur du Trégor-Goëlo réalisé dans le cadre du Rebent
- Figure 24 : Carte des habitats benthiques de l'archipel de Glénan

Glossaire

A prévoir

...



Introduction

L'Ifremer contribue aux études concernant les ressources minérales et énergétiques, les processus sédimentaires et l'impact sur les écosystèmes marins. Ces thèmes de recherche placent la cartographie des fonds marins comme une donnée de référence indispensable à la connaissance et à la compréhension du milieu marin.

La cartographie est au cœur du programme 4 de l'Ifremer « Reconnaissance et caractérisation du plateau ».

Un des objectifs majeurs du programme est de répertorier et d'acquérir les données nécessaires à la production de documents de synthèses sous forme :

- de produits de référence (carte bathymétrique, d'imagerie)
- de produits plus élaborés (carte des sédiments superficiels, des épaisseurs des sédiments meubles, des habitats physique et biologique, bilan sédimentaire à l'échelle du plateau, inventaires d'habitats ...).

Sur le plateau continental, du littoral jusqu'aux fonds atteignant une profondeur de plus 200 m, une multitude de données océanographiques est recueillie à partir d'une grande diversité de moyens. Ces moyens, souvent mis en œuvre de façon complémentaire, font appel à des technologies et à des expertises variées.

Selon les cas, les processus d'acquisition et de traitement des données sont plus ou moins complexes. L'interprétation des mesures s'appuie sur des prélèvements ou des observations directes sur le terrain. Les produits issus de ces données ont leur propre finalité cartographique et peuvent être également intégrés et/ou combinés à d'autres informations pour un processus d'analyse plus complexe.

Grâce à la gestion numérique des données, il est possible de cataloguer toutes les données disponibles sur un secteur ou sur une thématique et de les rendre accessibles à la communauté scientifique. Toutefois, il s'avère indispensable de décrire comment ces données ont été acquises et traitées afin que les utilisateurs potentiels puissent estimer leur qualité et leur adéquation.

Ce document présente les différentes technologies mise en œuvre pour la cartographie du plateau continental. Il introduit une série de guides, chacun étant dédié spécifiquement à une technique de la cartographie numérique.

Chaque guide est structuré de la même façon autour de 5 rubriques : acquisition, traitement, gestion, qualité et diffusion. Au-delà de la spécificité de certaines étapes propres à chaque technologie, il est essentiel de documenter toutes les phases du processus de l'acquisition à la mise à disposition des données en passant par le contrôle de qualité (étape qui peut elle-même comporter plusieurs niveaux). Certains protocoles sont explicités pas à pas selon des types de configuration spécifique. Enfin, selon les types de traitement appliqué aux données, plusieurs annexes peuvent être mises à disposition.

Il n'existe pas de méthodologie unique. Tout en considérant leur diversité, il s'agit de proposer des cadres méthodologiques adaptables à chaque situation (engin, embarquement, niveau sur le plateau, ...) tout en assurant la traçabilité des données (de l'acquisition à la mise à disposition : métadonnées, qualité, archivage), et à terme, d'assurer leur interopérabilité.



Ces cadres doivent également assurer la qualité de la documentation associée à l'acquisition et au traitement. Dans tous les cas, pour obtenir des informations spécifiques à une technologie, il est aussi possible de prendre contact avec les différents collaborateurs cités au niveau des références de ce document et il est important de se référer à la liste de documents associés.

Un guide dédié à l'architecture des données et à leur intégration sous SIG est également proposé. Il constitue un guide à part entière, cette étape d'intégration faisant appel à tous les types de données.

Au niveau de chaque guide, une attention particulière est portée à la qualité des données. Les métadonnées, données sur les données, renseignées sous GeoNetwork selon la norme ISO 19115 permettent de définir la qualité des données et l'usage que l'on peut en faire. Un cadre de saisie des métadonnées est en cours de définition.

Certaines rubriques, pouvant s'appliquer à plusieurs techniques, seront répétées d'un guide à l'autre afin de s'assurer que selon les intérêts des lecteurs tous les éléments normatifs et essentiels à une approche y soient intégrés.

Les techniques mises en œuvre peuvent être scindées en 3 grands groupes : les techniques d'imageries satellitaires et aéroportées (Image SPOT, Orthophotographie aérienne, Lidar...), les techniques acoustiques (Sonar latéral, Sondeur multifaisceau, sismique, ...) et les techniques d'acquisition de données in situ (prélèvements sédimentaire et biologique, photographie, vidéo...).

Alors que les techniques de télédétection d'imageries satellitaires et aéroportées relèvent de compétences externes, l'ensemble des techniques acoustiques s'inscrit parfaitement dans le domaine d'expertise de l'Ifremer.

La mise en œuvre simultanée de plusieurs technologies permet quelquefois d'optimiser l'utilisation d'un avion ou d'un navire en éliminant le besoin de répéter les mêmes trajets pour chaque instrument. Cependant, comme les conditions optimales de fonctionnement (vitesse, altitude, profondeur) peuvent varier selon les outils ou les objectifs de projet, il faut veiller à concevoir des plans de campagne de manière à favoriser la technologie la "plus importante" (ou principale) tout en s'assurant de pouvoir récupérer les données issus des technologies "secondaires" avec un niveau de qualité acceptable (Projet MESH, 2008). Par conséquent, il est essentiel de mesurer les capacités et les limites de chaque technologie mise en œuvre et de comprendre les interactions possibles entre elles avant de les combiner.

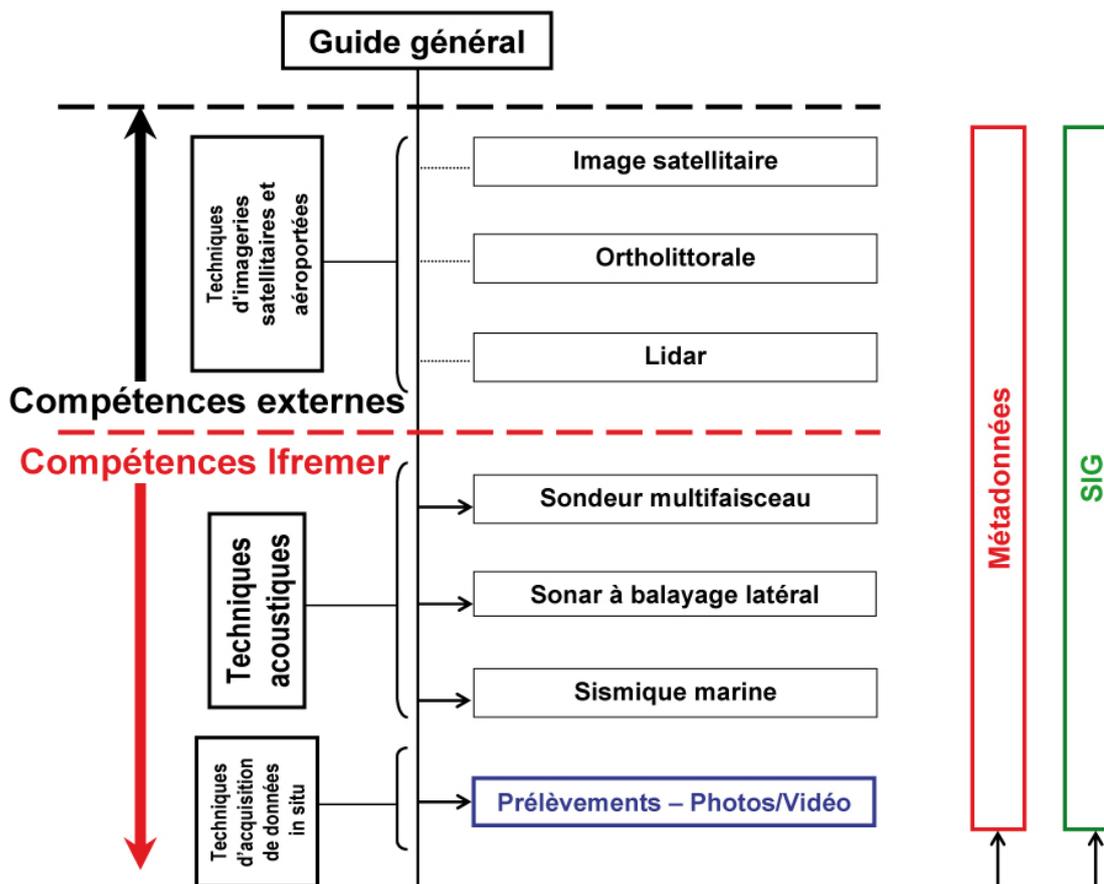


Figure 1 : Organisation générale des guides présentant les moyens mis en œuvre pour la cartographie du plateau continental

1. Moyens mis en œuvre pour la cartographie du plateau continental

Sur le plateau continental, domaine physiographique qui s'étend du littoral jusqu'à la rupture de pente située à une profondeur généralement de l'ordre de 200 mètres, une multitude de données océanographiques est recueillie à partir d'une grande diversité de moyens. La mise en œuvre des différentes technologies se fait le plus souvent de façon complémentaire (figure 1) :

- pour l'estran et les très petits fonds, de 0 à 15 m de profondeur :
 - Image satellitaire (SPOT) ^① et Orthophotographie littorale ^② acquises dans le visible ou l'infrarouge pour obtenir les principales unités morphosédimentaires et la couverture algale en zone intertidale ;
 - Laser aéroporté topographique et bathymétrique (LIDAR) ^③ pour obtenir l'altibathymétrie (morphologie du fond) ;
 - Prélèvements d'échantillons sédimentaires et biologiques ^④ pour calibrer la photo-interprétation, selon la réalité du terrain.
- pour les très petits fonds, de 0 à 15 m de profondeur, installés sur une vedette océanographique :
 - Sonar interférométrique ou sondeur multifaisceau ^⑧ pour obtenir l'imagerie acoustique et la bathymétrie ;
 - Sondeur de sédiment ^⑨ pour déterminer l'épaisseur et la structure de la couche sédimentaire meuble.
- pour les fonds de profondeur supérieure à 15 m, installés sur des navires côtiers océanographiques :
 - Sonar à balayage latéral ^⑦ donnant l'imagerie acoustique précise du fond ;
 - Sondeur multifaisceau ^⑧ pour obtenir la bathymétrie (morphologie du fond) et l'imagerie acoustique (indicatrice de la nature du fond) ;
 - Sismique réflexion ^⑨ pour déterminer l'épaisseur et la structure de la couche sédimentaire meuble, calibrée par des carottages ^⑩ ;
 - Prélèvements d'échantillons ^⑤ pour calibrer l'interprétation des données acoustiques, selon la réalité du terrain.

Enfin, des vidéos ^⑥ sont réalisées par des plongeurs ou à partir de caméra-vidéos fixées sur des structures remorquées.



Moyens mis en oeuvre pour la cartographie du plateau continental

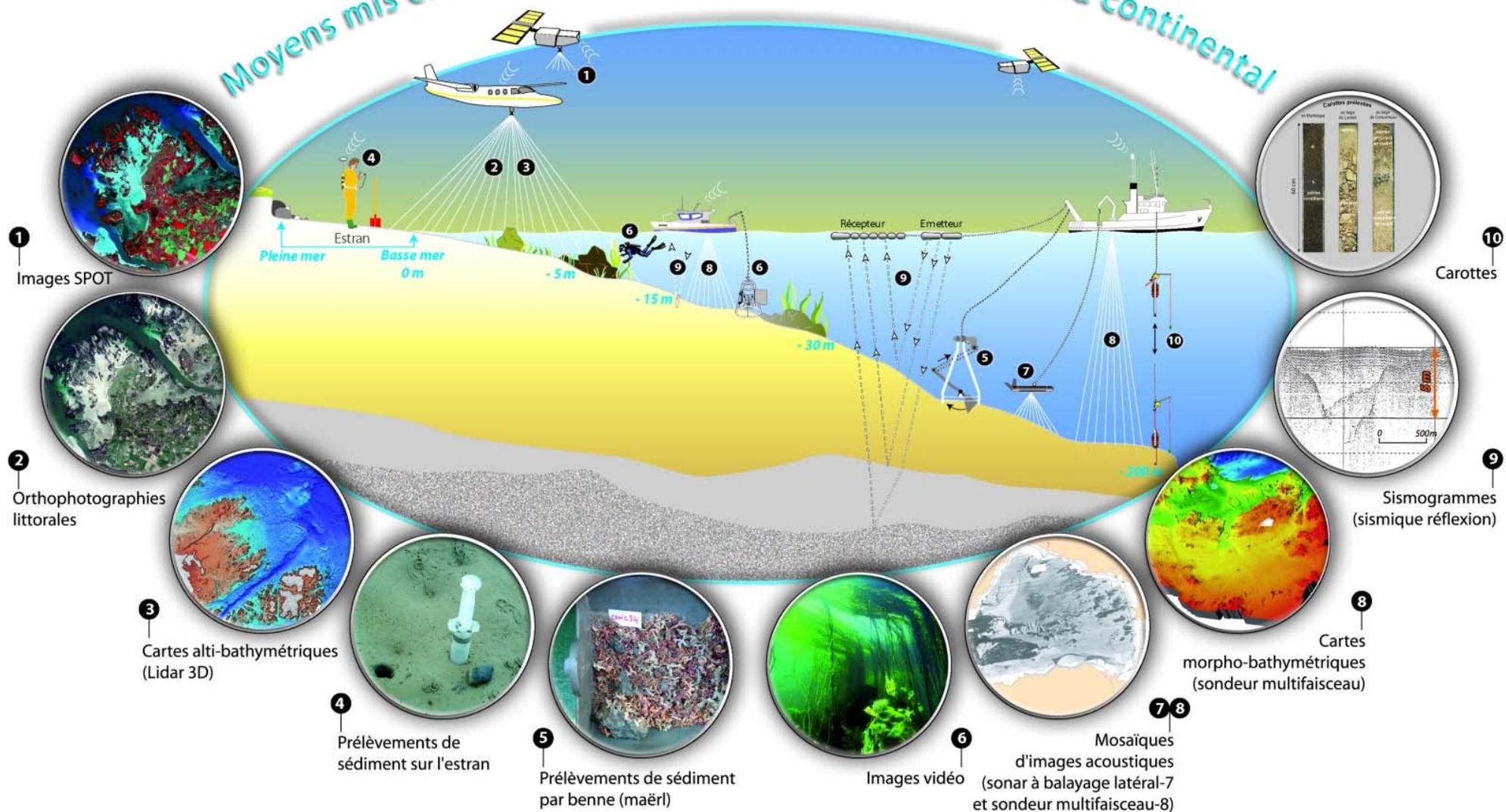


Figure 2 : Moyens mis en oeuvre pour la cartographie du plateau continental, Géosciences Marines (GM) et DYNamiques de l'Environnement COTier (DYNECO)

2. Techniques d'imageries satellitaires et aéroportées

Les techniques de télédétection d'imageries satellitaires et aéroportées (Image SPOT, Orthophotographie aérienne, Lidar...) sont couramment utilisées dans le domaine de la cartographie du littoral. Grâce à leur rapidité d'acquisition, ces techniques permettent habituellement de couvrir de larges zones côtières.

La mise en œuvre de ces techniques dépend d'une exploitation spécialisée qui ne relève pas des compétences de l'Ifremer. Les données d'imageries satellitaires et aéroportées intégrées dans les processus de cartographie proviennent d'organismes extérieurs (Spot Image, IGN, Bureaux d'étude,...) qui gèrent eux-mêmes les systèmes d'acquisition. Les informations associées aux données livrées décrivent en détail leurs sources, les instruments disponibles, les moyens techniques mis en œuvre et la manière de les utiliser. Dans le cas des techniques de photographie aérienne numérique (capteurs multispectraux ou hyperspectraux de type Casi par exemple) ainsi que du *lidar*, des levés de territoires précis sont confiés en sous-traitance.

Par conséquent, les détails de déploiement des moyens techniques mis en œuvre ne seront pas abordés dans cette série de guides. Il sera important pour avoir plus d'informations de se référer à la liste de référence associée à ce groupe de technique.

2.1. Imagerie SPOT

Les éléments présentés ci-dessous sont extraits de :

- Perrot T., Ballu S., Dion P., 2003. Evaluation du taux de couverture en fucales en zone intertidale à partir d'imagerie SPOT, 4 p. Fiche technique disponible sur le site du Rebenet.
- Projet MESH, 2008. Guide de cartographie des habitats marins. RST - DYNECO/AG/07-20/JP – Ifremer, Centre de Brest, 342 p. (Version intégrale)

Comme cela a déjà été dit, l'acquisition de l'imagerie satellitaire ne relève pas des compétences de l'Ifremer. Les données sont acquises par des organismes spécialisés comme 'SPOT Image'. Ils exploitent eux-mêmes les systèmes et se chargent des aspects techniques.

L'utilisation d'images Spot est généralement efficace sur les zones intertidales et les petits fonds où l'eau est suffisamment claire.

Des procédures antérieures mises en place par l'Ifremer et le Ceva au début des années 1990 (Guillaumont et al., 1993, Callens, L., 1994 et Bajjouk, T., 1996) avaient démontré la possibilité offerte par l'imagerie satellitaire SPOT et les capteurs aéroportés pour évaluer la couverture végétalisée des estrans sur de grandes surfaces. Les procédures utilisées impliquent l'acquisition d'images lors des basses mers de vives eaux. Compte tenu des caractéristiques de prise de vue de l'imagerie SPOT, ces images peuvent être acquises à marée basse sur les côtes françaises de l'Atlantique et de la Manche jusqu'aux Côtes d'Armor incluses. Une image SPOT permet de couvrir simultanément 60 km de large ; la taille du pixel est, selon le satellite utilisé, de 10 ou 20 m. La méthode développée implique également la connaissance d'éléments locaux de calibration radiométrique et des contrôles ponctuels in situ.



Figure 3 : Extrait d'une scène SPOT5 (18/04/2003) sur le secteur des Abers (29). ©SPOT Image

Compte tenu des variations des conditions d'observation dans la zone inférieure de l'estran (variation de la hauteur d'eau, végétation plus ou moins flottante), il s'avère délicat par cette procédure d'envisager le suivi de la zone des laminaires et des herbiers à *Z. marina*. Pour des raisons de fiabilité des observations, le choix a été fait de ne retenir, pour les suivis à long terme, que la zone des fucales. Une méthodologie de détermination de la limite inférieure des fucales a été recherchée ainsi que les procédures d'élimination, dans les zones hautes, des zones végétalisées autres que fucales (zones connues de dépôt d'algues vertes, herbiers à *Z. noltii* et schorres). Dans la mesure du possible, les programmations d'images doivent être faites à une saison fixe ; le cas échéant, des corrections liées aux variations saisonnières devront être envisagées.

Les travaux antérieurs avaient également démontré qu'il était possible d'obtenir, moyennant un calage local, une évaluation de la biomasse à partir du taux de couverture, sous réserve de discriminer certaines espèces ou groupes d'espèces. Cette approche, qui nécessite des données complémentaires parfois lourdes à acquérir, ne peut être envisagée à l'heure actuelle que sur des secteurs plus restreints. La méthodologie retenue met en oeuvre des observations locales de répartition verticale et un MNT.

La programmation d'acquisitions aéroportées à l'aide de radiomètres ou spectroradiomètres (CASI...) permet d'envisager, théoriquement, d'accéder à des créneaux d'observation de basses mers plus larges (en Manche Est, les basses mers de vives-eaux sont décalées en matinée et en soirée), à des résolutions géométriques plus fines et à davantage de capacité de discrimination. Leur mise en oeuvre demeure toutefois lourde et plus onéreuse.

2.2. Orthophotographie littorale

Les éléments présentés ci-dessous sont extraits de :

- Projet MESH, 2008. Guide de cartographie des habitats marins. RST - DYNECO/AG/07-20/JP – Ifremer, Centre de Brest, 342 p. (Version intégrale)
- Rollet C., 2003. Les orthophotographies littorales. Fiche Outil – Projet REBENT, 5 p.

L'orthophotographie prise à partir d'un avion est la forme la plus simple et la plus couramment utilisée. Elle permet d'acquérir beaucoup de données en peu de temps, avec un taux de couverture de 100 %. Cette technique est efficace pour la cartographie des zones intertidales et des zones de petit fond où l'eau est claire et laisse voir les structures du fond.



Figure 4 : Extrait de l'orthophotographie littorale (29/03/2002) sur le secteur des Abers (29).
©ORTHOLITTORALE 2000

Distribuées par le Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement (CETE) de Rouen, l'orthophotographie littorale constitue un support essentiel pour la cartographie des habitats benthiques de la zone intertidale :

- En tant que référentiel géographique.

Les orthophotographies littorales ont été retenues comme référence géométrique pour la définition du Référentiel Géographique Littoral (RGL).

- En tant que référence thématique.

Les orthophotographies littorales permettent une visualisation synoptique des zones à cartographier et constituent un support géoréférencé sur lequel les thématiques peuvent s'appuyer pour l'identification et la délimitation d'un nombre important d'habitats.

Les orthophotographies littorales sont des photographies aériennes ayant subi une orthorectification. L'orthorectification permet de corriger les déformations de l'image dues à la prise de vue et au relief de la zone photographiée et de la géoréférencer. Ainsi corrigée, la photographie aérienne devient conforme en tout point à un système de projection

cartographique et peut être intégrée directement au sein d'un système d'information géographique (SIG). L'orthorectification est un exercice complexe qui nécessite une expertise particulière.

Les orthophotographies littorales ont été réalisées par l'Institut Géographique National (IGN) suite à la décision du CIADT. Ces données ont par la suite été retenues à l'initiative d'un groupe de travail technique du CNIG littoral pour la définition du Référentiel Géographique Littoral (RGL).

Suivant les principales spécifications des prises de vues destinées aux levés photogrammétriques réguliers qui assurent une couverture au 1/25 000ème, les orthophotographies littorales possèdent une précision élevée de l'ordre de 50 cm et répondent à un cahier des charges précis :

- les axes de vols doivent être adaptés à l'orientation des côtes ;
- les dates et heures des vols sont prédéfinies en fonction des conditions de marée (coefficient ≥ 95 avec une hauteur d'eau ≤ 1 m) ;
- l'acquisition des orthophotographies littorales est faite sur une bande de 6 km de large, afin d'assurer la couverture des estrans ainsi que des estuaires et abers jusqu'à la limite de salure des eaux.

2.3. Lidar

Les éléments présentés ci-dessous sont extraits de :

- Populus J., 2003. FT07 - Les modèles numériques de terrain en zone intertidale, 5 p.

- Rollet C., A. Ehrhold, A. Bordin, J. Populus, P. Bodénès, M. Vasquez, 2008. Carte d'alti-bathymétrie du secteur Trégor-Goëlo de la pointe du Château à la pointe de l'Arcouest (Côtes d'Armor). Echelle 1/25000, Edition Ifremer Août 2008. DYNECO/AG/08-18/CR

Le lidar (Light Detection And Ranging), technique de télédétection par laser aéroporté, permet de mesurer précisément l'altitude d'un point au sol. Les levés lidar exigent des conditions météorologiques optimales, autrement dit, l'absence de nuages entre l'avion et le sol.

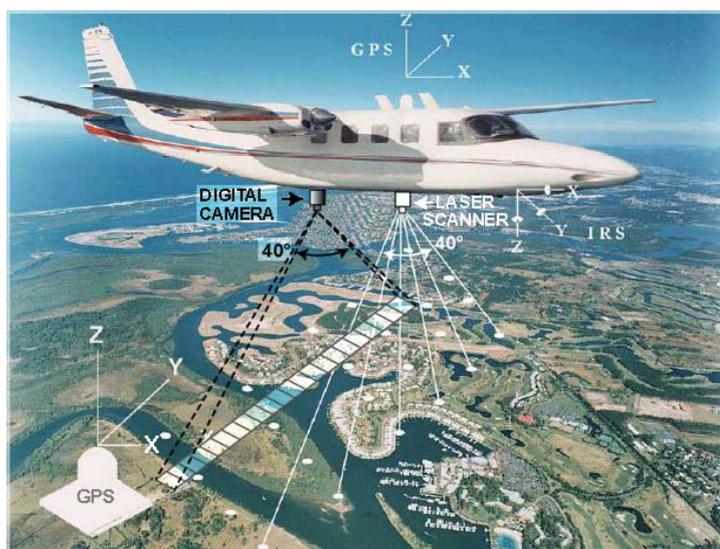


Figure 5 : Technique par laser aéroporté (©AAMHATCH, adapté par Ifremer)

On distingue deux systèmes lidar :

- le lidar topographique, pour lequel les levés doivent tenir compte de la marée, utilise un faisceau lumineux infrarouge déterminant le relief émergé et la surface de l'eau ;
- le lidar bathymétrique, qui en plus d'un faisceau infrarouge, est équipé d'un faisceau vert destiné à pénétrer dans la colonne d'eau. La pénétration du signal dépend de la turbidité de l'eau. Elle peut atteindre 20 m dans les meilleures conditions.

Les données sont récoltées sous forme de points avec une densité variable selon la hauteur de vol (un point pour 3 m² pour un vol à 1000 mètres d'altitude). Après validation de la précision horizontale (50 cm) et verticale (15 cm), le traitement des données vise à produire des fichiers maillés, à différentes résolutions en fonction des besoins d'exploitation.

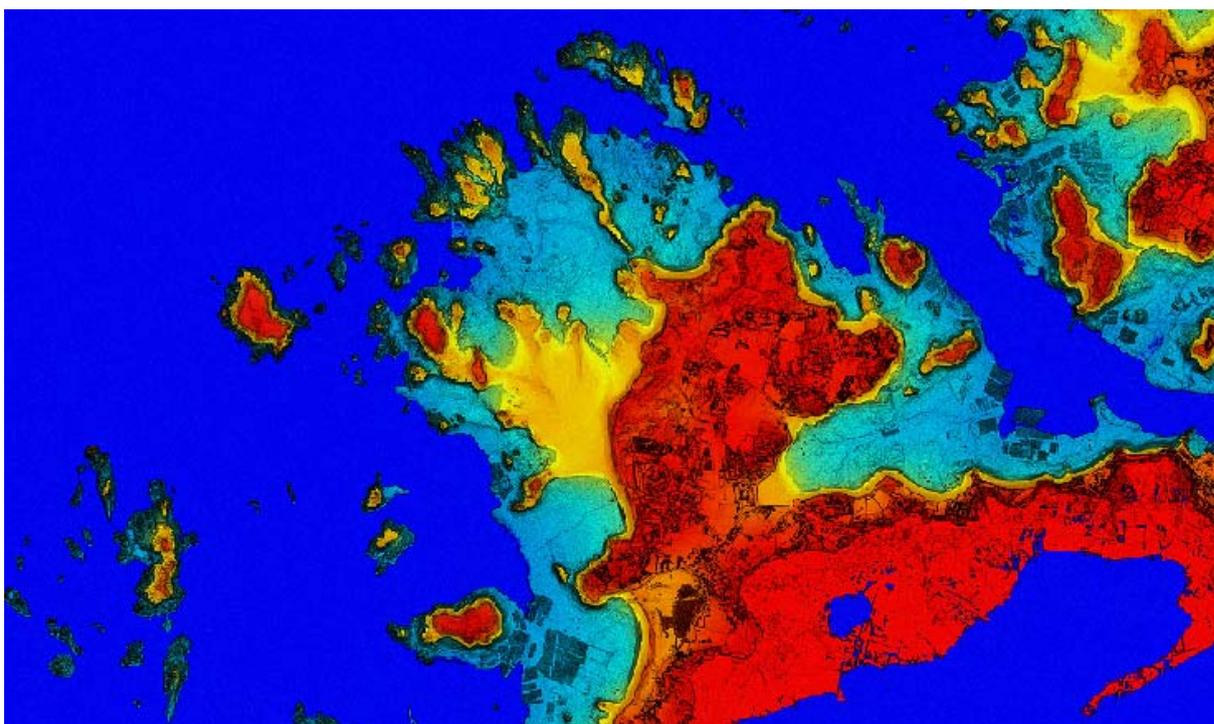


Figure 6 : Extrait des données acquises par le lidar topographique (2004) sur le secteur des Abers (29).

3. Techniques acoustiques

Les éléments présentés ci-dessous sont extraits de :

- Projet MESH, 2008. Guide de cartographie des habitats marins. RST - DYNECO/AG/07-20/JP – Ifremer, Centre de Brest, 342 p. (Version intégrale)
- Satra C., Duval F., Le Drezen E., Berné S., 2003. Le SIG du Golfe du Lion au département Géosciences Marines – De l'acquisition des données à la synthèse géologique. R.INT.DRO/GM2003-23, 45p.

L'objectif des campagnes océanographiques de cartographie est d'acquérir des données relatives au relief (morpho-bathymétrie), à la nature des fonds marins et à la structure du sous-sol. Les différents outils d'acquisition, basés sur l'acoustique sous-marine, fournissent des images du fond de la mer ou du sous-sol marin calibrées par des prélèvements.

Les systèmes à haute fréquence comme les sondeurs multifaisceaux et le sonar à balayage latéral donnent des images de la surface du fond, alors que les systèmes à basse fréquence comme les sondeurs de sédiment et la sismique réflexion pénètrent le fond et donnent des coupes des couches de sédiments et des strates rocheuses (Figure 7).

Les levés à partir de navires sont souvent limités par des considérations de temps et de coûts, de sorte qu'il faut choisir entre une couverture totale d'une petite zone ou une couverture partielle d'un plus grand territoire.

La reconnaissance systématique d'une zone d'étude s'effectue en suivant des "routes navire" organisées en profils parallèles et espacées de manière régulière afin d'obtenir une couverture complète.

L'espacement entre les profils dépend de la *largeur de fauchée* (largeur de terrain couverte par l'instrument), qui dépend à son tour du type d'instrument et de l'altitude au-dessus du sol ou du fond. Certains instruments autorisent un réglage de la *largeur de fauchée*, une fauchée plus étroite donnant généralement une meilleure *résolution*.

L'espacement optimal pour obtenir une couverture totale dépend donc des caractéristiques de l'instrument principal et du territoire levé. Dans le cas des instruments de coque, la *largeur de fauchée* augmente avec la profondeur du fond, de sorte que l'espacement entre les fauchées doit être plus petit en zone de petit fond que pour des eaux plus profondes (Figure 8). Ce n'est pas le cas pour des instruments remorqués (ou en vol) à une altitude fixe au-dessus du fond de la mer. Il peut en outre y avoir une orientation optimale des fauchées, par exemple perpendiculaire à la direction d'une pente importante afin de maintenir une largeur constante pour une fauchée donnée.

Les levés de zones de petit fond peuvent faire appel à un mélange de techniques optiques (aéroportées) et acoustiques (sur navire), afin de minimiser les limites dues aux difficultés de pénétration dans l'eau (techniques optiques) et de navigation en eau peu profonde. Des eaux troubles et peu profondes sont susceptibles de poser des problèmes à la fois aux techniques optiques et acoustiques.

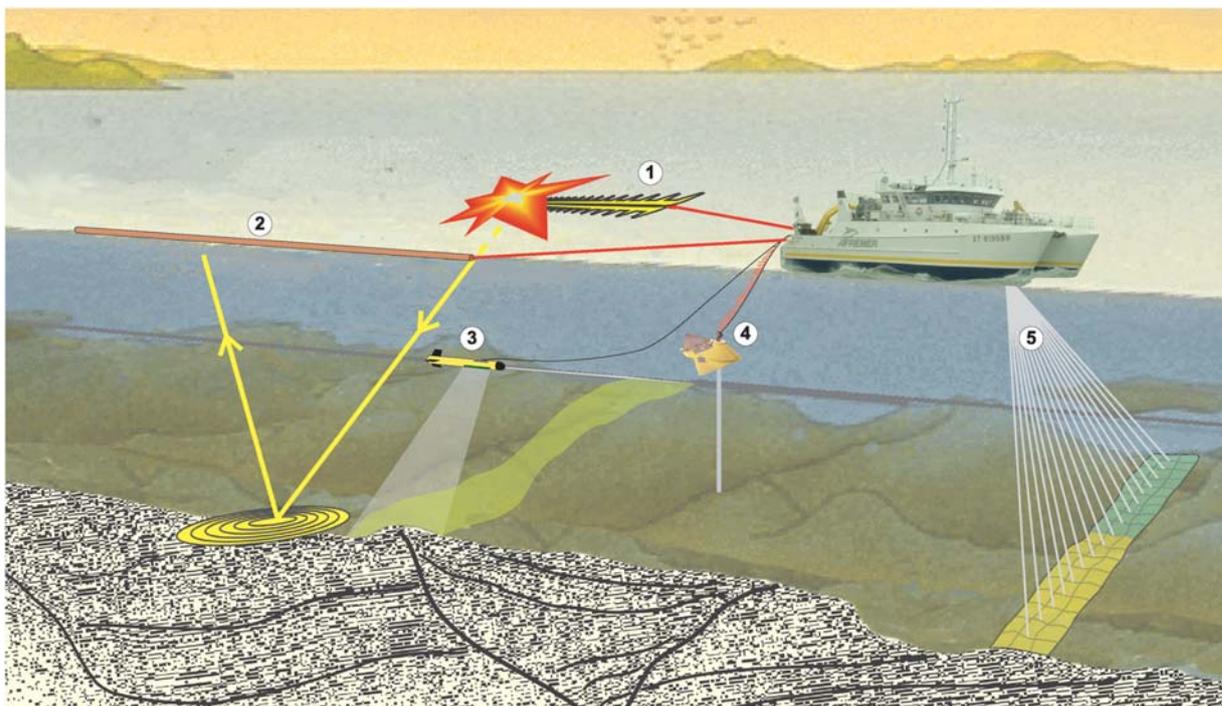


Figure 7 : Moyens géophysiques mis en œuvre simultanément durant une campagne côtière (ici à bord du N/O *L'Europe*) : 1-source sismique haute résolution type « étincelleur » ; 2-récepteur « flûte » sismique réflexion haute résolution ; 3-sonar latéral ; 4-sondeur de sédiment ; 5-sondeur multifaisceaux (Berné et Satra, 2002).

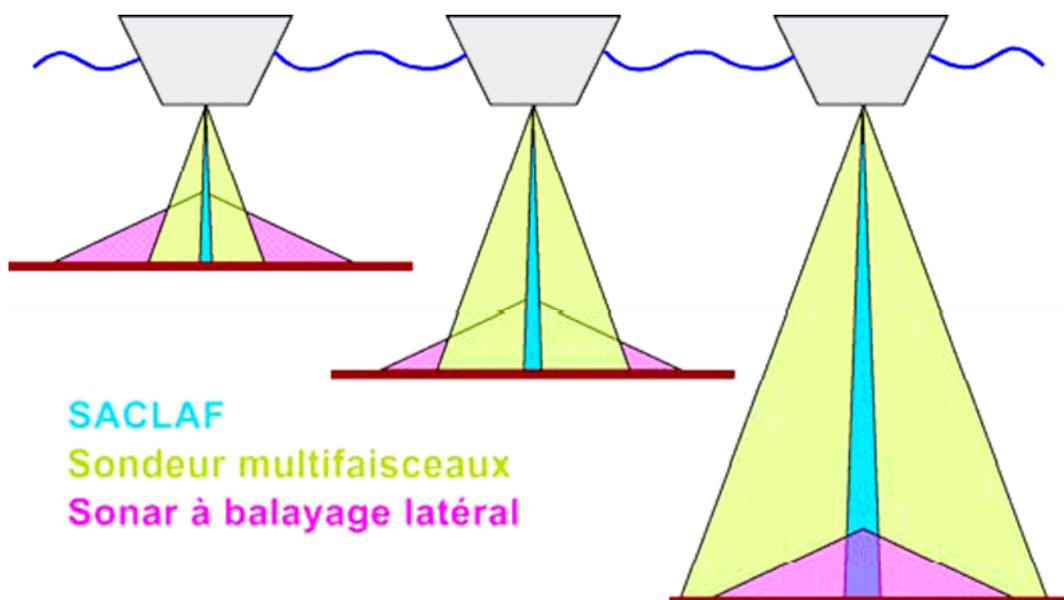


Figure 8 : Effet d'une augmentation de la profondeur de l'eau sur la largeur de fauchée de systèmes acoustiques de coque (sondeur multifaisceaux et *SACLAF*) et remorqués (sonar à balayage latéral). (Extrait de Projet MESH, 2008)

3.1. Les sondeurs multifaisceaux

Les éléments présentés ci-dessous sont extraits de :

- Breton C., 2009, Evolutions et standardisations des chaînes de traitement des données bathymétriques de sondeurs multifaisceaux, Ifremer CB/GM/CTDI/09-11, p81.

Les sondeurs multifaisceaux sont des systèmes acoustiques sous-marins installés généralement sous la coque du navire. Ils sont complémentaires au sonar à balayage latéral pour la cartographie sous marine. Ils permettent d'acquérir simultanément des données bathymétriques et une imagerie du fond.

Ces sondeurs émettent simultanément plusieurs faisceaux étroits, répartis sur un plan perpendiculaire au navire. La surface éclairée sur le fond n'est pas une tâche circulaire (monofaisceau) mais un rectangle pouvant atteindre en grands fonds environ 100m de long dans le sens du déplacement du navire et de plusieurs kilomètres de large dans le sens perpendiculaire au navire ; la région éclairée s'appelle la fauchée du sondeur. Le nombre de valeurs de sonde dans ce rectangle dépend du nombre de faisceaux du sondeur ; la taille de la zone éclairée par chaque faisceau est fonction de leur angle d'ouverture (typiquement 1° pour les grands fonds).

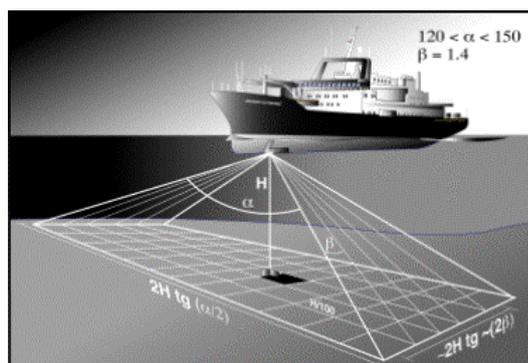


Figure 9 : Représentation du faisceau d'émission et du rectangle insonifié

Il existe deux modes de détection acoustique :

- Détection par amplitude : Son principe est de fixer l'instant de retour de l'impulsion au moment où l'amplitude du signal est maximale sur une fenêtre de pré-détection. La qualité de la détection est ensuite déduite de l'énergie reçue. Cette détection est valable pour les faisceaux à la verticale mais mal adaptée au cas des faisceaux latéraux.
- Détection par phase (interférométrie) : Ce principe de détection consiste à déterminer le retard d'arrivée du signal sur deux antennes de réception proches l'une de l'autre. La qualité de détection est déduite des résidus d'une approximation polynomiale. La détection par phase offre en principe une résolution plus fine que la largeur du faisceau. Elle est toutefois inadaptée au cas des faisceaux verticaux.

Les données résultant du sondeur doivent ensuite être associées à la position exacte du navire lors de l'émission de l'impulsion sonore. Cette position est généralement acquise grâce à un GPS. Il est aussi possible d'apporter des correctifs de célérité et, grâce à la centrale inertielle du support, des correctifs d'attitude (tangage, roulis, lacet).

3.2. Les sonars à balayage latéral

Les éléments présentés ci-dessous sont extraits de :

- Breton C., 2007, Manuel pour le traitement des données Sonar POSICART à l'aide du logiciel CARAIBES, R.INT.LER/PAC/07-15, p53.

3.2.1. Principe de fonctionnement d'un sonar à balayage latéral

Les sonars à balayage latéral sont des systèmes acoustiques de type émetteur-récepteur composés de deux voies disposées symétriquement de part et d'autre du poisson (Figure 10). Ils utilisent les propriétés de rétro-diffusion acoustique des fonds marins : c'est la manière dont le fond renvoie les ondes acoustiques en fonction de l'angle d'incidence.

L'énergie de retour est fonction de la réflectivité du fond, de ses irrégularités. Elle combine un effet de surface du fond (micro-topographie, rugosité, ...) et un effet de volume lié à la granulométrie et qui est par conséquent sensible au degré de porosité ou de compaction du sédiment. Ce deuxième effet disparaît avec l'utilisation de très hautes fréquences (500 kHz).

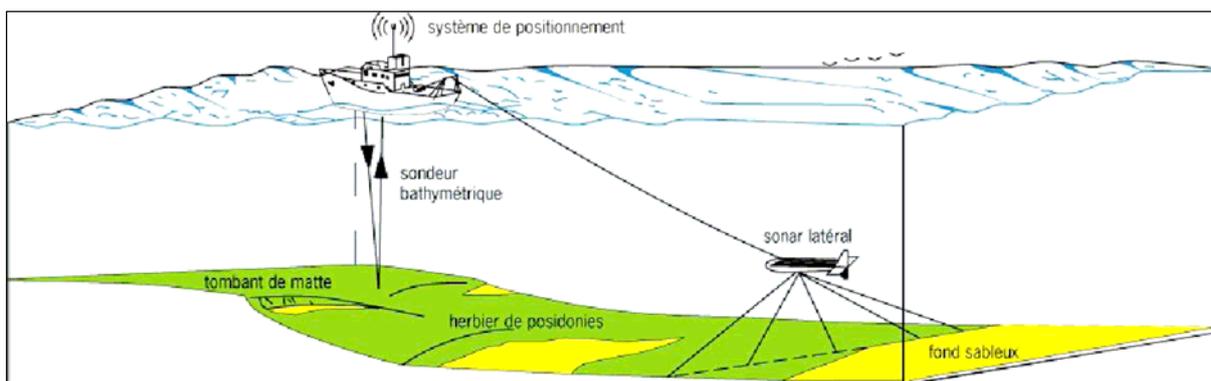


Figure 10 : Poisson sonar latéral tracté en position de balayage au dessus du fond

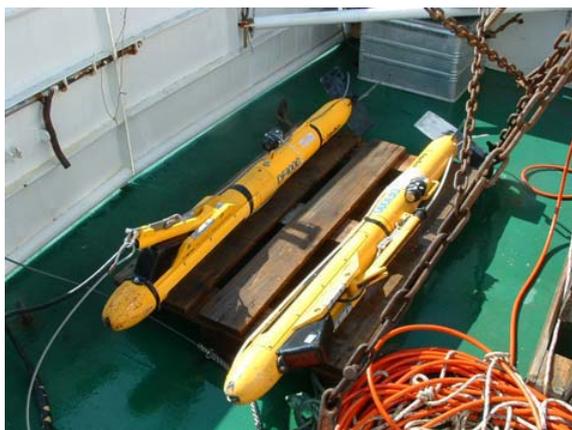


Figure 11 : Photo des sonars DF 1000 de la société Edgetech utilisés par Ifremer/Genavir

Les deux transducteurs latéraux logés dans le poisson (voies latérales gauche et droite) émettent des faisceaux extrêmement fins, d'un degré d'ouverture en gisement (dans le plan horizontal) et de 10 à 50 degrés d'ouverture en site (dans le plan vertical) (Figure 11). Une brève impulsion électrique est envoyée vers les transducteurs portés par le poisson. Transformées en ondes acoustiques de courte durée (0,1 ms) et de hautes fréquences (100

kHz ou 400 à 500 kHz selon les types de poissons), les impulsions ultrasonores successives se propagent dans l'eau et sont réfléchies sur le fond.

Seule l'onde spéculaire, celle empruntant la même trajectoire après réflexion, est intégrée par le poisson. L'enregistreur traite les échos acoustiques de retour, les corrige, calcule la position de chaque signal pour la restitution finale (pixel par pixel)

3.2.2. L'énergie des ondes rétro-diffusées reçues par le poisson est codée en 256 niveaux de gris. Selon l'intensité de rétro-diffusion des ondes, les nuances de gris varient en fonction des différents types de fond.

Deux facteurs interviennent sur la variation d'intensité de gris :

- les propriétés du sédiment qui déterminent la réflectivité et l'indice de rétro-diffusion du fond. Par exemple, la roche, les galets ou les graviers ont un pouvoir de réflexion plus important que les sables et vases et seront donc caractérisés par une signature plus foncée sur les enregistrements.
- l'allure du fond (topographie). Les pentes orientées vers le poisson sont de meilleurs réflecteurs que les pentes opposées qui créent une zone d'ombre (en blanc sur l'imagerie). Ces ombres ont une valeur importante car elles fournissent des informations sur la polarité des transports sédimentaires et sur la hauteur des objets insonifiés (Figure 12).

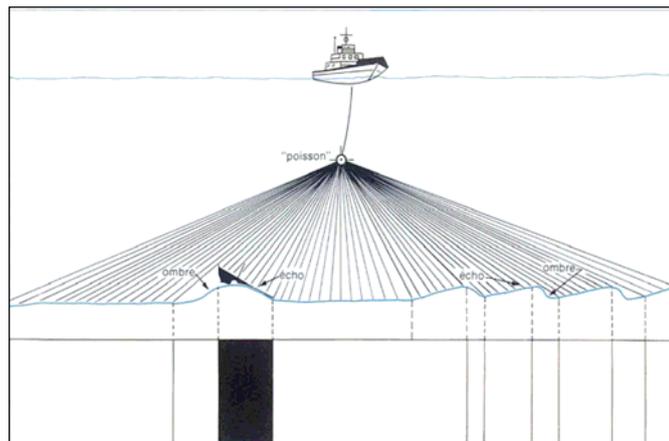


Figure 12 : Schématisation de la réflectivité et des zones d'ombre.

3.2.3. Principe de résolution

Le sonar à balayage latéral est défini comme un système d'imagerie acoustique qui fournit sur une large fauchée (25 à 500 m) des images en haute résolution de la surface du fond. Les sonars latéraux modernes, généralement bi-fréquences, offrent une très grande résolution et peuvent détecter des objets d'une dizaine de centimètres à 100 m, de part et d'autre du poisson. Mais cette résolution dépendra de plusieurs facteurs :

- de la fréquence d'émission, qui modifie le pouvoir de résolution du système. Une fréquence élevée (500 kHz) permet de détailler à 75 m des objets très proches de quelques décimètres, alors qu'à une fréquence plus faible (100 kHz) la résolution est métrique.
- de la taille de cellule élémentaire. La géométrie de la cellule de résolution théorique combine la résolution longitudinale, qui se dégrade en s'éloignant du poisson, et la résolution transversale qui, inversement, s'améliore.

3.3. La sismique marine

Les éléments présentés ci-dessous sont extraits de :

- IFREMER, Sismique Haute Résolution, mise à jour 2009, disponible sur http://www.ifremer.fr/flotte/equipements_sc/eq/sismique/shresolution.htm
- [IFREMER, Sismique MultiTrace, mise à jour 2009, disponible sur http://www.ifremer.fr/flotte/equipements_sc/eq/smt.htm](http://www.ifremer.fr/flotte/equipements_sc/eq/smt.htm)
- [IFREMER, Sismique rapide numérique, mise à jour 2009, disponible sur http://www.ifremer.fr/flotte/equipements_sc/eq/sismique/srnumerique.htm](http://www.ifremer.fr/flotte/equipements_sc/eq/sismique/srnumerique.htm)

La reconnaissance sismique est basée sur la mesure des temps de propagation, dans les couches du sous-sol, d'ondes acoustiques générées artificiellement par une source. Ces temps de propagation permettent de déterminer la géométrie, la structure et la configuration des couches géologiques.

Les systèmes de reconnaissance sismique sont de quatre types : les étinceleurs, les canons à air, les canons à eau et les sondeurs pénétrateurs de sédiment et se situent dans un spectre de fréquences compris entre 1 kHz et 7 kHz.

Les trois premiers, nommés en fonction de la nature de leur source, sont des procédés sismiques (par analyse de la propagation d'ondes de choc). Le dernier s'apparente aux sondeurs acoustiques bathymétriques. C'est le seul qui puisse être utilisé dans des conditions très économiques, à haute vitesse, par grands fonds et dans des conditions de mer formée.

Il existe différents types d'équipement sismique. Pour la reconnaissance du plateau continental, nous nous intéressons essentiellement à la sismique dite THR, « Très Haute Résolution », dans la gamme de fréquence de 300 à 1000Hz et plus, pour une pénétration jusqu'à 100m et une résolution de l'ordre du mètre.

3.3.1. La sismique réflexion dite THR

La sismique réflexion permet de déterminer, dans un plan vertical, l'épaisseur et la structure des sédiments meubles ainsi que la morphologie du substratum rocheux sous-jacent.

L'appareillage mis en œuvre, remorqué immédiatement au-dessous de la surface, crée une onde acoustique qui se propage de manière identique à une onde lumineuse. En arrivant sur le fond, une partie de l'onde est réfléchi, tandis qu'une autre pénètre dans les sédiments ; le phénomène de réflexion se produit à chaque variation de la vitesse de propagation dans les différents milieux sédimentaires.

Les résultats (sismogrammes) sont obtenus à bord du navire sur un enregistreur graphique qui donne une coupe-temps des formations géologiques rencontrées. L'épaisseur des niveaux est déterminée par la prise en compte d'une hypothèse de vitesse de propagation du son dans les sédiments meubles, en général de 1 600 m/s.



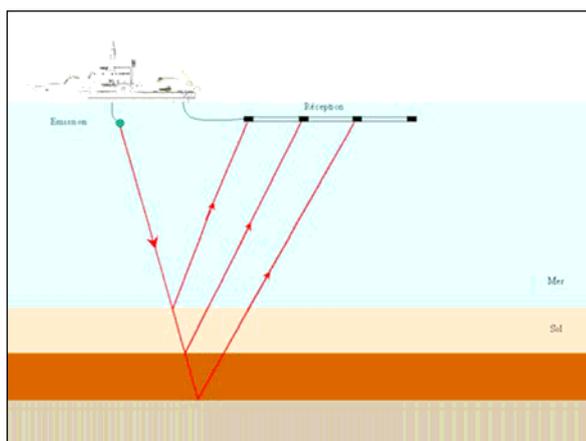


Figure 13 : Principe de la sismique de réflexion

Les équipements nécessaires à la mesure sismique sont de trois types :

- Les émetteurs (ou sources), les récepteurs et les systèmes d'acquisition. Le rôle de la source est d'émettre une onde acoustique dont on connaît les caractéristiques (fréquences, durée, amplitude du signal) dans le milieu liquide.
- Le principe des récepteurs est de convertir l'onde acoustique en tension électrique. En sismique réflexion, pour capter le signal acoustique, on utilisera principalement une flûte (ou streamer) constituée d'un ensemble d'hydrophones alignés montés électriquement en série ou en parallèle.
- Le rôle d'un système d'acquisition de sismique marine est de transformer l'information électrique en un enregistrement calibré, daté, ordonné, parfaitement identifié et stocké sur un support d'archivage.

3.3.2. Le sondeur de sédiments (exemple du Chirp).

La pénétration de sédiment est une technique permettant d'obtenir des informations géologiques sur les premières couches sédimentaires du fond des océans. Une onde acoustique émise du navire se propage dans la couche d'eau et le sol. Les diverses couches sédimentaires et l'eau ont des caractéristiques mécaniques différentes (densité, texture, etc.) qui influent sur leurs propriétés acoustiques. Aux interfaces géologiques (surfaces de séparation de ces couches), on observe un phénomène similaire à la réfraction optique : toute l'énergie de l'onde n'est pas transmise d'une couche à l'autre, une partie étant réfléchie vers le navire. La proportion d'énergie réfléchie est directement liée aux différences de densité et de célérité du son entre les deux couches.

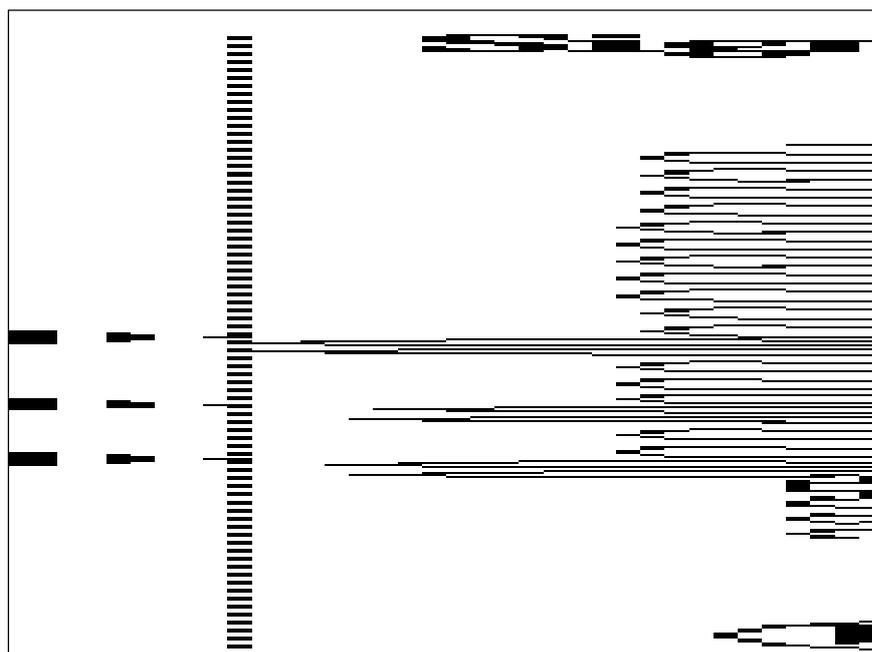


Figure 14 : Principe du Chirp

La figure 14.a montre comment l'énergie du signal acoustique se réfléchit. L'onde acoustique frappe d'abord le fond et une première partie est réfléchie vers la surface. L'énergie restante pénètre dans la première couche de sédiments puis rencontre l'interface suivante. Le phénomène se reproduit, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'énergie détectable.

Lorsque les signaux acoustiques réfléchis par le fond reviennent au navire, ils sont reçus par les transducteurs et convertis en tension électrique comme le montre la figure 14.b. Ce signal, après divers traitements analogiques et numériques, est ensuite envoyé vers un enregistreur graphique qui reproduit les horizons sédimentaires (images des surfaces de séparation - figure 14.c).

Les facteurs qui déterminent la profondeur de pénétration et la qualité des données reçues sont :

- la fréquence du signal émis ;
- la durée de l'onde acoustique ;
- la directivité (ou l'ouverture du faisceau) des transducteurs ;
- la puissance émise.

La résolution est définie comme étant la différence minimale, en terme de distance verticale, qui peut être déterminée entre les retours de deux échos adjacents. Cette résolution dépend de plusieurs facteurs :

- la durée de l'émission acoustique : en générale plus celle-ci est courte, meilleure est la résolution ;
- la directivité des transducteurs : un faisceau étroit donne une meilleure résolution ;
- la résolution de l'enregistreur graphique.

Remarque : Les distances verticales sont généralement exprimées en unités de temps pour s'affranchir de la variation des célérités dans les milieux traversés.



4. Techniques d'acquisition de données in situ

Les éléments présentés ci-dessous sont extraits de :

- Augris C. *et al.*, 2005, Atlas thématique de l'environnement marin de la baie de Douarnenez (Finistère) - Chapitre II – Moyens de reconnaissance en mer, travaux réalisés, outils numériques, p23-33.
- Projet MESH, 2008. Guide de cartographie des habitats marins. RST - DYNECO/AG/07-20/JP – Ifremer, Centre de Brest, 342 p. (Version intégrale)

Les techniques d'acquisition de données in situ se répartissent généralement en deux catégories : les techniques de prélèvement et les techniques d'observation (photos et vidéo).

Les campagnes de terrain menées sur le littoral favorisent l'observation directe, alors que celles menées à bord de navires reposent plutôt sur des prélèvements à la benne, des chaluts et l'observation à distance (caméras vidéo et appareils photographiques). La méthode de levé dépend de la combinaison d'outils et de techniques choisies (ou disponibles).

Les levés du littoral et des zones de petit fond tendent à reposer en grande partie sur l'observation humaine, même si des prélèvements sont nécessaires pour obtenir des données quantitatives. En eau profonde, on peut fixer des caméras sur différents dispositifs pour observer le fond, mais l'échantillonnage repose en grande partie sur des appareils qui prélèvent des échantillons sédimentaires ou biologiques. Ces échantillons sont ensuite traités et analysés pour fournir la plupart des données physiques et biologiques nécessaires à la réalisation des cartes. Les dispositifs de prélèvement ne sont généralement efficaces que sur des sédiments non consolidés, de sorte que dans les zones rocheuses on se fie davantage aux moyens vidéo et photographiques.

L'optimisation de la campagne de terrain consiste à choisir les bonnes méthodes d'échantillonnage et à orienter leur mise en oeuvre afin d'obtenir des échantillons représentatifs de l'ensemble des types de terrain présents sur le territoire à lever. Le choix des sites d'échantillonnage est guidé par les connaissances acquises lors des levés par télédétection. Une campagne de terrain ainsi « orientée », utilise les ressources d'une manière plus efficace qu'un simple choix au hasard des sites d'échantillonnage.

4.1. Prélèvements

Les techniques de prélèvement sont essentielles dans les programmes de cartographie, car elles fournissent les données de terrain sur la composition réelle du fond. On les utilise souvent en conjonction avec des techniques de télédétection optique ou acoustique, auquel cas elles permettent de fonder des classifications ou zonations de sédiments ou de types d'habitats.

Les prélèvements de sédiment sont indispensables pour calibrer les faciès acoustiques (différentes teintes de gris) car l'imagerie acoustique ne donne aucune information précise sur la nature des formations superficielles. Les prélèvements à la benne ou par carottage ont ainsi pour but de récolter des échantillons de sédiments représentatifs du fond. Les résultats permettent d'associer aux réponses acoustiques des classes de sédiments.

De manière similaire, un échantillonnage biologique suffisamment dense du territoire à lever contribuera à définir les habitats et établir leur répartition. Des prélèvements ponctuels à intervalles réguliers constituent le fondement des programmes de surveillance qui visent à connaître les impacts de l'activité humaine et l'évolution de la composition du fond.



Les prélèvements peuvent fournir deux catégories d'information : un échantillon du matériau benthique – échantillon physique –, dont on analyse la structure du point de vue géologique, et un échantillon des organismes qui vivent sur ou dans le fond de la mer – échantillon biologique –, que l'on peut identifier et compter pour connaître le détail de la biocénose



présente en un lieu précis.

Figure 15 : Photographie d'un échantillon prélevé à la benne d'un substrat de cailloutis (noter la règle qui donne une indication de l'échelle)

Plusieurs dispositifs sont communément employés pour les prélèvements dans le fond de la mer. Chacun est conçu pour fournir un certain type d'échantillon d'un type donné de terrain. Les bennes et les carottiers sont souvent utilisés pour prélever des échantillons tant physiques que biologiques dans des sédiments meubles, non consolidés, alors que les chaluts et les dragues seront plus adaptés de manière générale aux sédiments indurés. .

Les bennes souvent utilisées sont les bennes Shipek, Hamon, Van Veen et Day. Plusieurs types de carottiers peuvent également servir à faire des prélèvements. Chacun a ses avantages et ses inconvénients selon le matériau, le type d'échantillon requis et son volume. La taille de l'instrument de prélèvement détermine celle du navire sur lequel il sera déployé (ou vice versa) et le nombre de personnes qu'il faut pour le manipuler. Pour faire une analyse granulométrique représentative, il faut un plus gros volume de sédiments graveleux que de vase.

Pour les échantillons biologiques, un critère important de choix du dispositif de prélèvement est le type d'échantillon voulu : échantillon physique, endofaune (animaux qui vivent enfouis dans le substrat) ou épifaune (animaux qui vivent sur le substrat). Une connaissance préalable ou une intuition du matériau benthique est également un critère. Les chaluts et les dragues sont à éviter sur des habitats fragiles qui pourraient être gravement endommagés.

Le prélèvement à la benne donne des échantillons du fond qui sont perturbés. Pour prélever un échantillon non perturbé, il faut utiliser un dispositif de carottage. Les carottes donnent de l'information sur la variation du matériau et de la profondeur de l'activité biologique dans le sous-sol. Parmi les dispositifs de carottage, mentionnons les carottiers-boîtes, les méga-carottiers, les carottiers à gravité et les vibro-carottiers. La profondeur de pénétration dépend du type d'équipement et de la nature du matériau benthique.

4.2. Photographie et imagerie vidéo

Les techniques d'imagerie sous-marine comprennent la photographie et la vidéo. Les appareils photographiques et caméras vidéo peuvent être montés sur un bâti vertical, un traîneau ou un véhicule téléguidé. Ces techniques font maintenant partie intégrante des levés benthiques et des programmes de cartographie, en particulier pour les campagnes de terrain complétant des levés acoustiques. Les traîneaux sont remorqués à l'arrière d'un navire et les caméras sur bâti vertical immergées sur le côté du navire pendant que celui-ci dérive ou avance très lentement (à moins de 1 noeud). Les véhicules téléguidés sont mis à l'eau sur le côté du navire pendant que celui-ci est à l'ancre ou reste à une position fixe à l'aide d'un système dynamique de navigation et de positionnement. De nombreux documents ont été publiés à propos de l'utilisation d'appareils photographiques et de caméras vidéo pour la cartographie des habitats.



Figure 16 : Photographie numérique prise à partir d'un véhicule téléguidé Sea Tiger.

5. Présentation des produits

Les éléments présentés ci-dessous sont extraits de :

- Augris C. *et al.*, 2005, Atlas thématique de l'environnement marin de la baie de Douarnenez (Finistère). Partenariat Ifremer et ville de Douarnenez. Ed. Ifremer, Atlas & Cartes, 10 cartes, échelle 1/25 000 + livret d'accompagnement, 135 p.
- Satra C., Duval F., Le Drezen E., Berné S., 2003. Le SIG du Golfe du Lion au département Géosciences Marines – De l'acquisition des données à la synthèse géologique. R.INT.DRO/GM2003-23, 45p.
- Rollet C., A. Ehrhold, A. Bordin, J. Populus, P. Bodénès, M. Vasquez, 2008. Carte d'alti-bathymétrie du secteur Trégor-Goëlo de la pointe du Château à la pointe de l'Arcouest (Côtes d'Armor). Echelle 1/25000, Edition Ifremer Août 2008. DYNECO/AG/08-18/CR

L'ensemble des données acquises et des observations réalisées sur le terrain permet d'établir des séries de documents cartographiques qui sont :

- la morpho-bathymétrie ;
- l'imagerie acoustique ;
- l'interprétation géologique, sédimentaire ou morphologique ;
- les cartes d'habitats remarquables et de biocénoses benthiques ;
- les cartes d'épaisseur des sédiments ;
- la morphologie du sous-bassement rocheux.

La reconnaissance géologique réalisée par sonar à balayage latéral et par sondeur multifaisceaux permet d'obtenir des informations précises sur la morphologie et la nature des fonds marins. Les résultats de l'analyse et de l'interprétation des modèles numériques de terrain, des mosaïques d'image acoustique et des prélèvements sont représentés sur des documents cartographiques. Les cartes morpho-bathymétriques montrent le relief sous-marin ; les cartes des formations superficielles et les cartes sédimentologiques représentent la nature et l'organisation des composants du sol marin ; les cartes des habitats présentent la répartition de la faune benthique sur le sol.

L'échelle de représentation de ces informations varie en fonction des outils d'acquisition utilisés, de la profondeur d'eau et de la taille de la zone étudiée. La reconnaissance géologique sur des zones localisées du plateau continental, et plus particulièrement en bordure côtière, permet d'obtenir des documents cartographiques au 1/20 000. Une synthèse quasi-systématique du plateau et de la pente continentale aboutit à des résultats morpho-sédimentaires au 1/100 000.

Les profils sismiques sont interprétés et mettent en évidence les différentes unités qui composent le sous-sol. Sur chaque profil, la profondeur des réflecteurs sismiques mesurée en mètres ou en temps, représentant les couches sédimentaires, est pointée régulièrement. Cette saisie est dépendante de l'interprétation réalisée par le chercheur. Une interpolation calculée sur ces pointés permet d'aboutir à la reconstitution géométrique des couches sédimentaires. On peut ainsi représenter des structures du sous-sol typiques. Les pointés sismiques peuvent être complétés par de nouveaux enregistrements permettant d'affiner les reconstitutions géométriques. Les travaux sur les sismogrammes permettent de générer des modèles numériques d'isopaques (carte d'épaisseur de sédiment) et par déduction de la morpho-bathymétrie, on obtient des modèles numériques du soubassement rocheux.



Quelques exemples de produits cartographiques extraits de Augris *et al.* 2005:

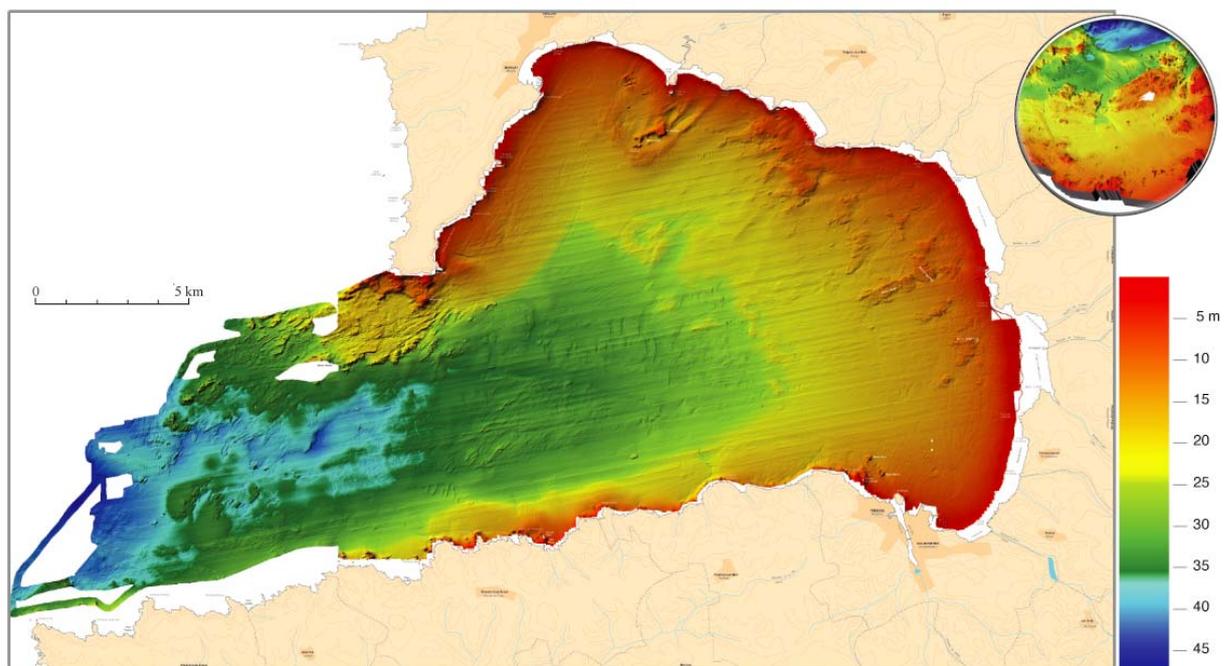


Figure 17 : Morphologie du fond de la mer

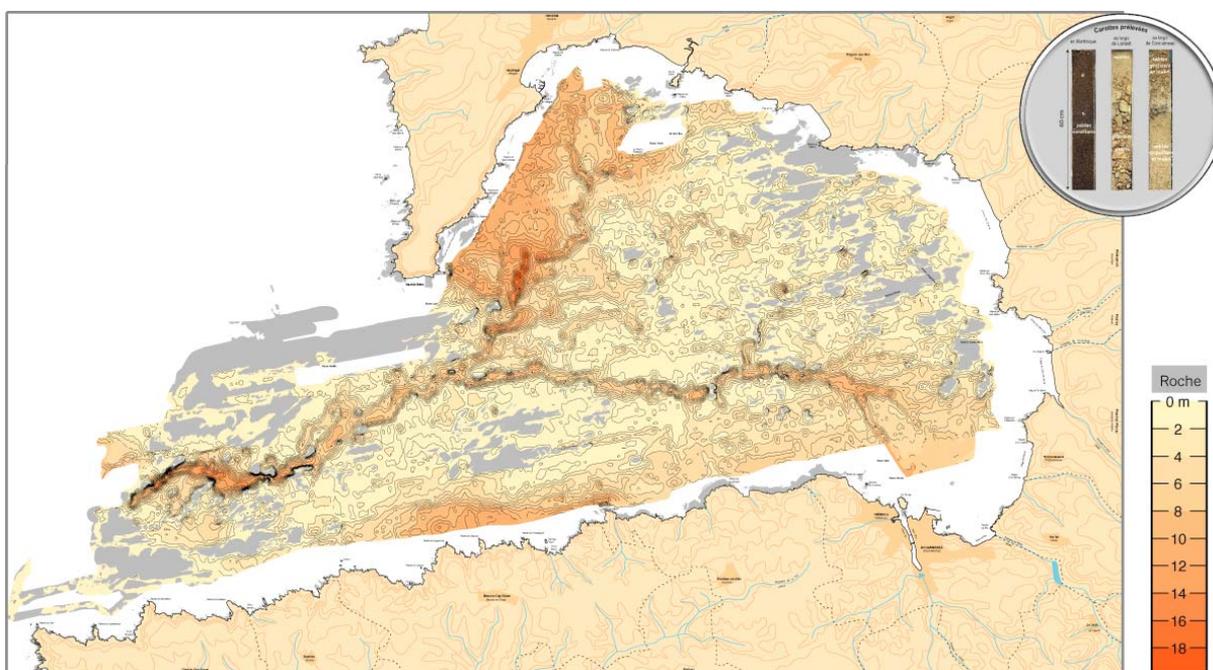


Figure 18 : Epaisseur des sédiments meubles

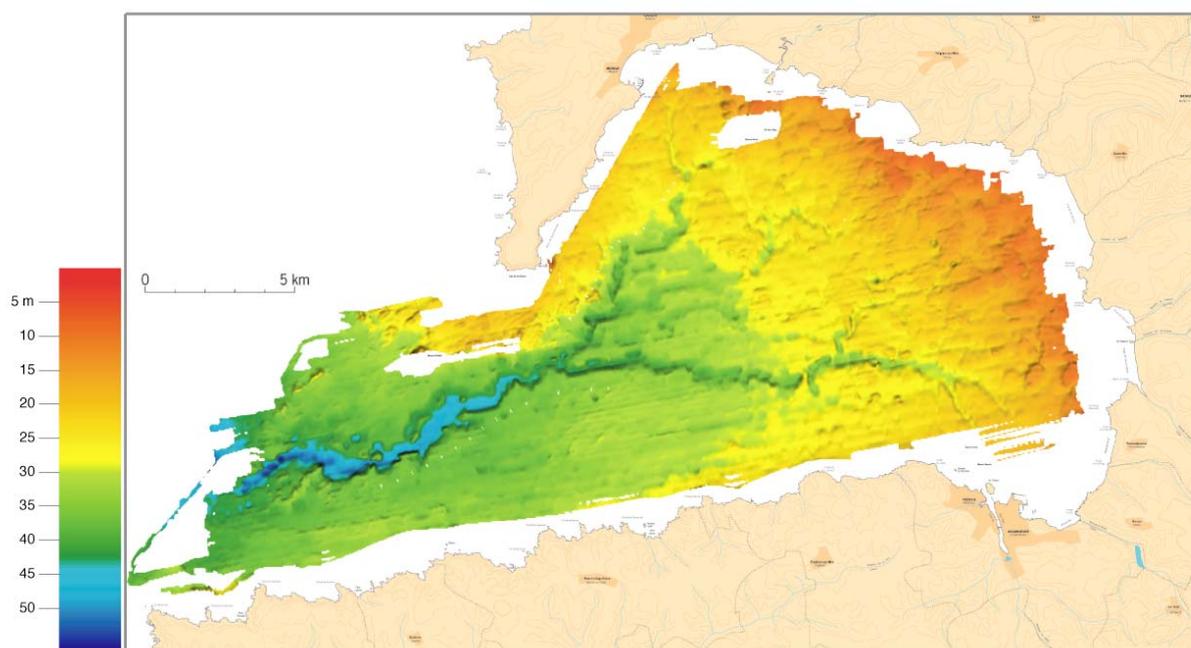


Figure 19 : Morphologie du soubassement rocheux

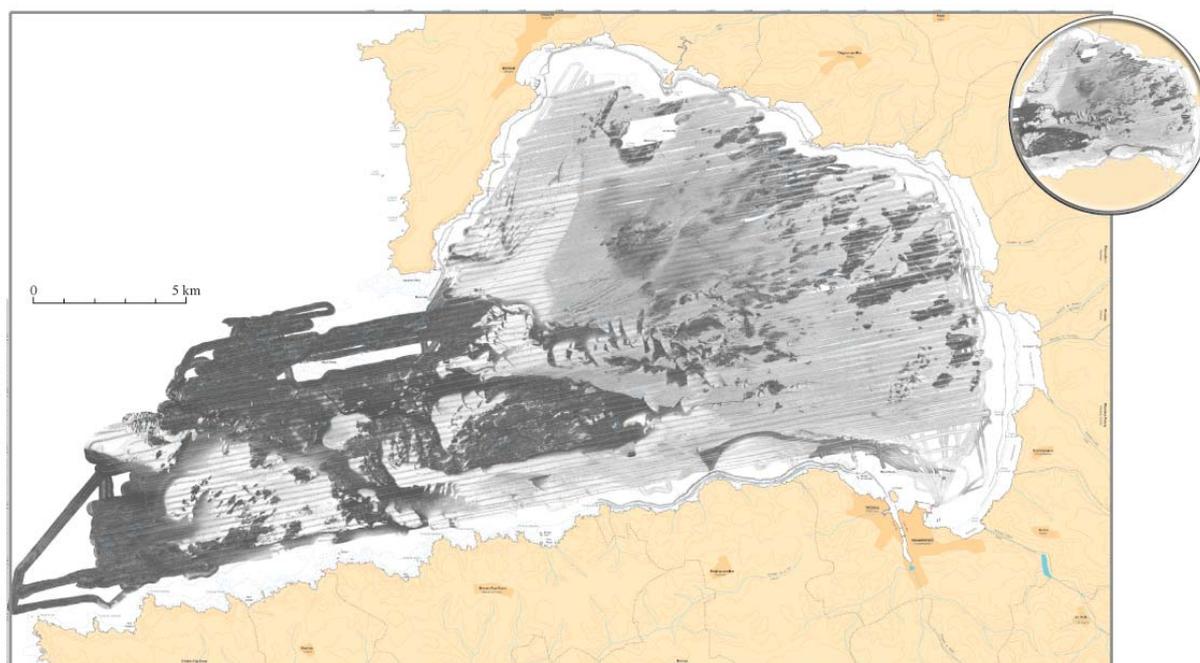


Figure 20 : Mosaïque d'images acoustiques

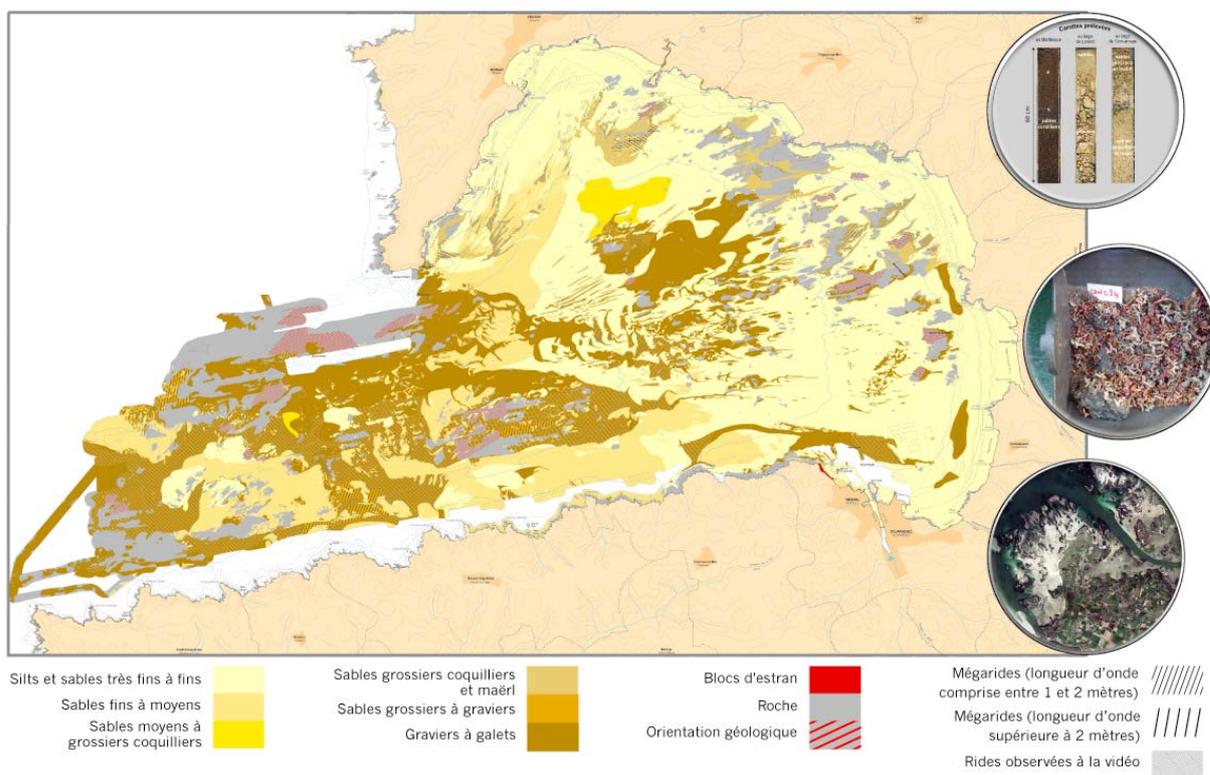


Figure 21 : Nature des fonds

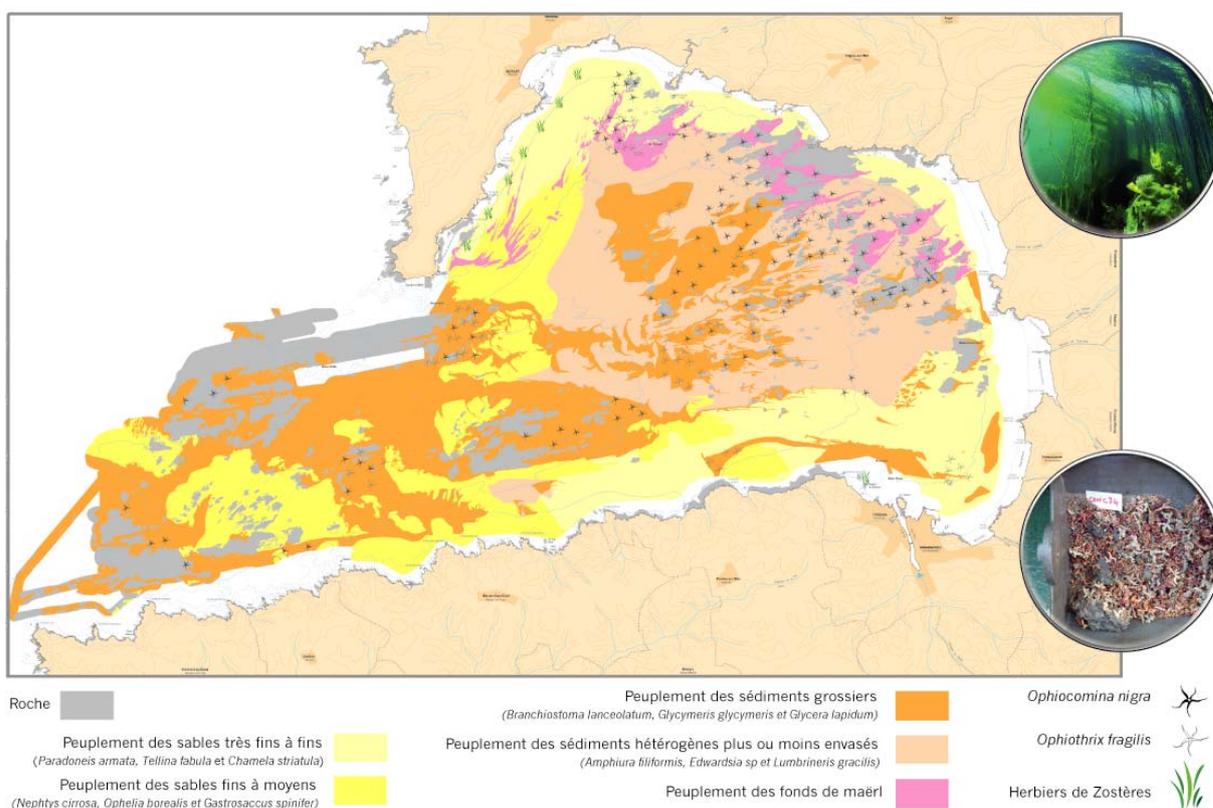


Figure 22 : Habitats benthiques

Autres exemples :

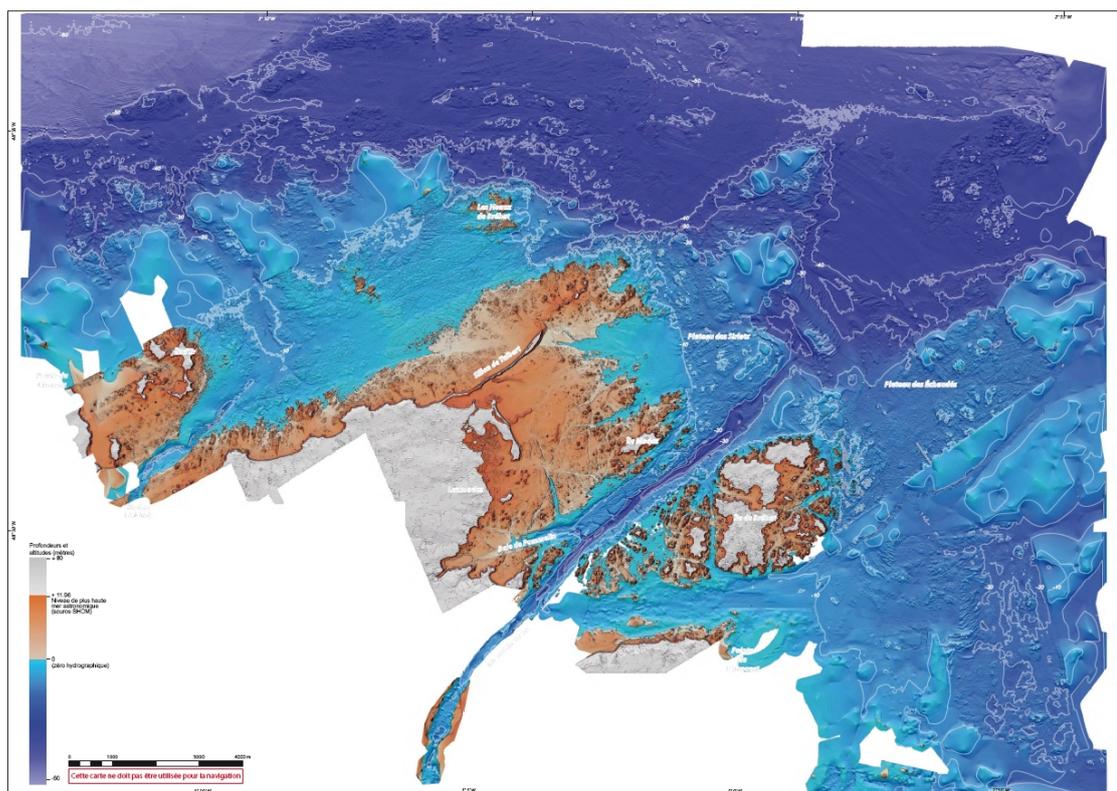


Figure 23 : Carte altibathymétrique du secteur du Trégor-Goëlo réalisée dans le cadre du Rebent

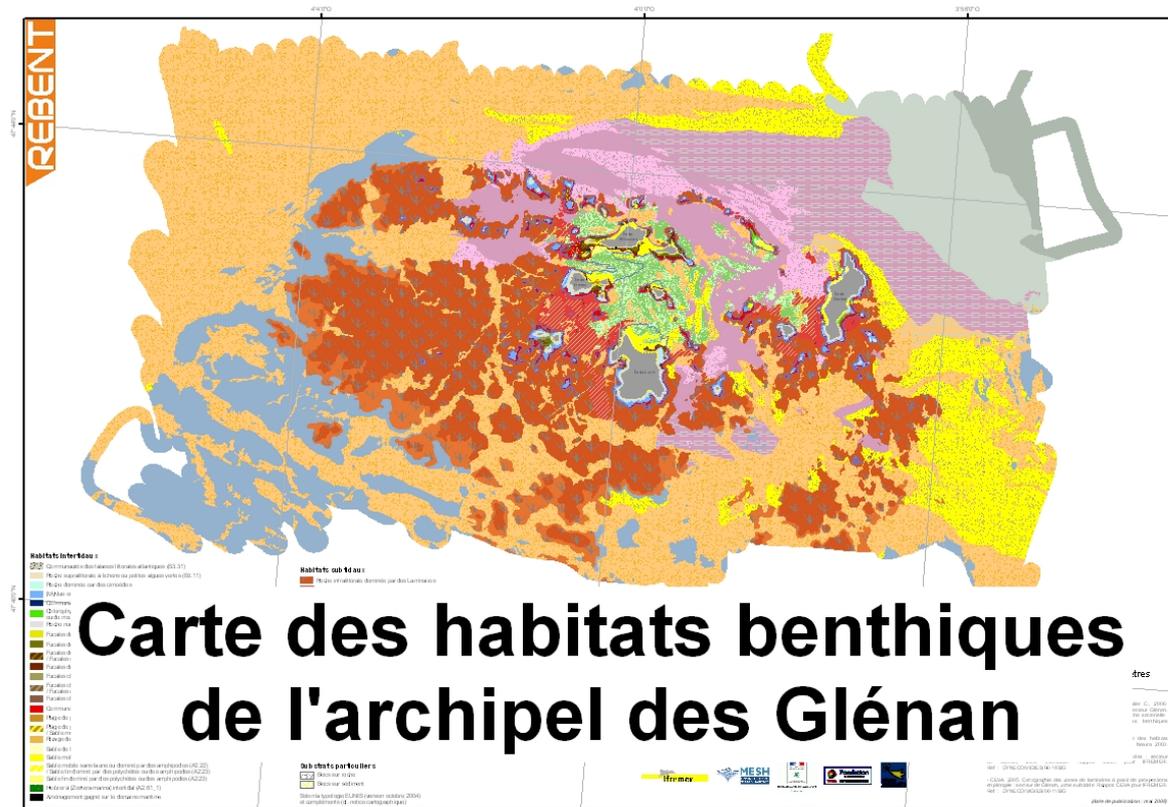


Figure 24 : Carte des habitats benthiques de l'archipel de Glénan



Les données acquises et les documents produits sont organisés sous forme de Systèmes d'Information Géographique et gérés par chaque laboratoire pour les travaux de recherche. Ceux-ci sont également centralisés en bases de données par le Sismer.

Au niveau des SIG, les données sont organisées suivant trois niveaux d'élaboration :

- 1- Métadonnées des campagnes océanographiques, permettant de situer les données acquises : profils de navigations, points de prélèvements.
- 2- Données de base validées et traitées : mnt de bathymétrie, mosaïques d'image acoustique, profils sismiques, logs lithologiques des carottes.
- 3- Données interprétées et diversifiées en fonction des objectifs de chaque projet.

En parallèle, les données brutes acquises en mer issues des techniques acoustiques sont archivées dans les bases de données du Sismer (catalogue des campagnes, banque de géophysique). Les données produites par les techniques de prélèvements sont organisées dans les bases de données Quadrige et Banque de Géologie Marine de Brest.

Pour ce qui concerne les documents cartographiques, considérés comme produits de référence, ils sont gérés et diffusés via le serveur Sextant.



6. Qualité des données et Métadonnées

Les éléments présentés ci-dessous sont extraits de :

- Réflexions du Groupe de travail 'Métadonnées' dirigé par Marie-Odile LAMIRAULT-GALL
- Projet MESH, 2008. Guide de cartographie des habitats marins. RST- DYNECO/AG/07-20/JP – Ifremer, Centre de Brest, 342 p.

La mise en œuvre des technologies présentées dans ce document produit des volumes considérables de données. Il est extrêmement important de mettre en place de bonnes pratiques de gestion des données, afin de décrire comment les données ont été acquises et traitées. Cette notion de qualité est de nos jours incontournable dès qu'il s'agit d'assurer l'interopérabilité et la traçabilité des données, d'autant que les notions de qualité et de niveau de validation ne sont pas « universelles » et peuvent varier d'un projet à un autre selon le type d'exploitation de ces données.

D'une manière générale, les métadonnées ou "données à propos des données" permettent de compiler toutes les informations nécessaires et indispensables au bon usage des données. Ces métadonnées interviennent à 3 niveaux : le premier permettant d'apparaître à l'inventaire des données disponibles (au sein de Catalogue de données comme Sextant) ; le deuxième permettant aux utilisateurs potentiels de connaître le propriétaire des données, où les trouver et comment les obtenir (faisant apparaître le cas échéant des conventions d'utilisation...) ; enfin le troisième niveau permettant aux utilisateurs d'estimer la qualité et l'adéquation de la ressource avant d'y accéder (objectifs, résolution, qualité, limites d'utilisation ...).

Dès qu'on applique une chaîne de traitement sur des données, il est essentiel d'enregistrer les configurations précises définies à chaque étape du processus. Il sera alors possible de reproduire cette chaîne de traitement sur un autre jeu de données disponible sur un autre site ou à une date ultérieure. Mais surtout, il faut bien comprendre que les données ont une vie propre au-delà de la production de cartes : elles aboutissent à différents endroits (organismes, bases de données, portails Web) et peuvent servir à d'autres études. Il est important que toutes les métadonnées (pertinentes) accompagnent les données dans leur périple d'une étape et d'un endroit à l'autre.

Des données sans métadonnées associées sont inutilisables.

Selon les types de traitement appliqué aux données, plusieurs annexes peuvent être mises à disposition. Concernant les niveaux de traitements, il est prévu d'intégrer l'échelle de 0 à 5 proposée par le SISMER au groupe de travail Données Navire chargé de réfléchir et de proposer une mise à jour des procédures d'acquisition, de traitements et de bancarisation des données acquises (communication personnelle avec V. TOSELLO , février 2010).

Depuis plusieurs années, les producteurs de données sont de plus en plus sensibles à la nécessité de compléter les métadonnées selon la norme internationale ISO 19115. L'implémentation de GeoNetwork (Opensource) au niveau du catalogue de Sextant a considérablement stimulé les efforts d'harmonisation des modes de saisies.

Début 2010, la création d'un groupe de travail 'Métadonnées' doit conduire à la définition d'un format de saisie adapté aux différents types de données à gérer (vecteur et raster).

Se référer au document de Lamirault-Gall *et al.*, juin 2010, 'SEXTANT : Guide de saisie des métadonnées' Version 1.0, 49 p.



Références consultées

Notes : - toutes les références ne sont pas référencées dans le texte ;
- il est important de se référer aux différentes références bibliographiques citées au niveau de chacun des documents listés.

Général

Augris C., Ménesguen A., Hamon D., Blanchet A., Le Roy P., Rolet J., Jouet G., Véron G., Delannoy H., Drogou M., Bernard C., Maillard X., Payen S., Balancette M.F., 2005, Atlas thématique de l'environnement marin de la baie de Douarnenez (Finistère). Partenariat Ifremer et ville de Douarnenez. Ed. Ifremer, Atlas & Cartes, 10 cartes, échelle 1/25 000 + livret d'accompagnement, 135 p

Bajjouk T., 2009. Soutien aux actions NATURA 2000 de la région Bretagne - Cahier des charges pour la cartographie d'habitats des sites Natura 2000 littoraux : Guide méthodologique. Réf. RST/IFREMER/DYNECO/AG/09-01/TB/NATURA2000. 107p + annexes.

Gautier E., Kerjean M., Satra Le Bris C., Bourillet JF., 2010. Recopla : inventaire et bancarisation des données de Géosciences Marines pour les façades Atlantique, Manche et Méditerranée

Projet MESH, 2008. Guide de cartographie des habitats marins. RST - DYNECO/AG/07-20/JP – Ifremer, Centre de Brest, 342 p. (version intégrale) Disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/fr/le-rebent/projet-europeen-mesh/guide-mesh.php

Rollet C., A. Ehrhold, A. Bordin, J. Populus, P. Bodénès, M. Vasquez, 2008. Carte d'altibathymétrie du secteur Trégor-Goëlo de la pointe du Château à la pointe de l'Arcouest (Côtes d'Armor). Echelle 1/25000, Edition Ifremer Août 2008. DYNECO/AG/08-18/CR

Satra C., Alix A.S., Leroux E., 2004, Beachmed – Phase C : Méthodologie d'acquisition et de traitement des données, DRO/GM/R. 2004-18,18p.

Satra C., Duval F., Le Drezen E., Berne S., 2003, Le SIG du Golfe du Lion au département Géosciences Marines – De l'acquisition des données à la synthèse géologique, R.INT.DRO/GM 2003-23, 45p.

Stéphan M., Satra C., Augris C., Bourillet J.-F., 2008. Synthèses géologiques sur le plateau continental français métropolitain. Recensement des campagnes côtières et des documents produits. 2^{ème} édition, Janvier 2008 – DCB/GM/R.INT. 2008-02. 102 p.

Techniques d'imageries satellitaires et aéroportées

Bajjouk T., 1996. Evaluation qualitative et quantitative des macroalgues à partir d'imagerie multispectrale : Application à l'étude de la production de carbone dans la région de Roscoff. Thèse de doctorat de l'Université de Bretagne occidentale. 174 p. + annexes.

Bajjouk T., 2002, ANNEXE 1 : Mise en place d'une procédure de traitement des images SPOT pour la réalisation de cartes de végétation intertidale à l'aide du logiciel ERDAS Imagine – Guide des utilisateurs, FT08-A01-2003-01, 28 p.

Bajjouk T., 2003, Traitement des données LIDAR, RST/DEL/AO, 25 p.

Bajjouk T., Populus J., 2003, Les données LIDAR – Eléments de méthodologie de traitement – note technique, RST/DEL/AO, p18. Populus J., Barreau G., 2002, Altimétrie par Lidar aéroporté et Modèles Numériques de Terrain, RST.DEL/AO/BREST 02-09, 29 p.

CEVA, 2003, ANNEXE 2 : Exemple de traitement d'images SPOT, secteur côtier Paimpol-Trégastel (5 mai 1989 et 7 août 1998) pour l'évaluation de la couverture algale, résultats et commentaires, FT08-A02-2003-01, 14 p.



Perrot T., Ballu S., Dion P., 2003. Evaluation du taux de couverture en fucales en zone intertidale à partir d'imagerie SPOT, 4 p. Fiche technique disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/documents/FT08-2003-01.pdf

Perrot T., Mouquet P., 2005. Cartographie de la couverture de fucales en zone intertidale – Région Bretagne. Zone Benodet – Gâvres, Image Spot du 27 mai 1990. Centre d'Etude et de Valorisation des Algues. RST/IFREMER/DYNECO/VIGIES/06-10/REBENT. 27 p. Rapport d'étude disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/medias/documents/www/contenu//DS01-Fucales_Benodet-Gavres.pdf

Perrot T., Dion P., Mouquet P., Guillaumont B., Populus J., 2006. Dynamique spatiale du couvert végétal : Suivi de la couverture en fucales au moyen d'images SPOT. Atelier de restitution du REBENT Bretagne - Rennes, 16 mai 2006. Diaporama disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/documents/3_Dynamique_spatiale_couvert_vegetal.pdf

Piel S., Populus J., White J., 2007, Recommended operating guidelines for aerial photography, MESH, p8.

Piel S., Populus J., White J., 2007, Recommended operating guidelines for LIDAR surveys, MESH, p19.

Populus J., 2003. FT07 - Les modèles numériques de terrain en zone intertidale, 5 p. Fiche technique disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/pdf/document/Fiches_techniques/FT07-2003-01.pdf

Populus J., Laurentin A., Rollet C., Vasquez M., Guillaumont B., Bonnot-Courtois C., 2004. Surveying coastal zone topography with airborne remote sensing for benthos mapping. EARSeL eProceedings. "Remote Sensing of the Coastal Zone", Ghent, June 5-7, 2003. Vol. 3, n° 1, p. 105-117. www.earsel.org

Populus J., Deshoux V., Nouveaux outils au service du littoral : la topographie par télémétrie laser aéroportée, p12.

Rollet C., 2003. Les orthophotographies littorales. Fiche Outil – Projet REBENT, 5 p. Fiche outil disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/documents/FT13_Rollet_Rebent_Ortholittorales_2005_01.pdf

Rollet C., Bonnot-Courtois C., Fournier J., 2005. FT13 - Cartographie des habitats benthiques en zone intertidale à partir des orthophotographies littorales, 18 p. Fiche technique disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/documents/FT13_Rollet_Rebent_Cartographie_2005.pdf

Rollet C., 2005, Géoréférencement en zone intertidale par GPS, FT13-FO02-2005-01, p13.

Techniques acoustiques

Augris C., Menesguen A., Payen S., Lalancette M.F., Atlas thématique de l'environnement marin de la baie de Douarnenez (Finistère) - Chapitre II – Moyens de reconnaissance en mer, travaux réalisés, outils numériques, p23-33.

Bulat J., Long D., White J., 2007, Recommended operating guidelines for 3D seismic derived seabed imagery, MESH, p6.

Breton C., 2007, Manuel pour le traitement des données Sonar POSICART à l'aide du logiciel CARAIBES, R.INT.LER/PAC/07-15, p53.



Breton C., 2009, Evolutions et standardisations des chaînes de traitement de données bathymétriques de sondeurs multifaisceaux, Ifremer CB/GM/CTDI/09-11, p81

Coggan R., Birchenough S., Guinan J., 2007, Recommended operating guidelines for MESH sediment profile imagery, MESH, p15.

Long D., Guinan J., 2007, Recommended operating guidelines for sidescan sonar, MESH, p9.

Ehrhold A., 2003. FT09 - Cartographie des peuplements macro-benthiques par les méthodes acoustiques en domaine subtidal, 19 p. Fiche technique disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/pdf/document/Fiches_techniques/FT09-2003-01.pdf

Ehrhold A., 2003. FT09-FO01 - L'application des Systèmes Acoustiques de Classification Automatique des natures de Fonds pour la cartographie des habitats : SACLAF, 16 p. Fiche outil disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/pdf/document/Fiches_techniques/FT09-FO01-2004-01.pdf

Ehrhold A., 2003. FT09-FO02 - L'application du Sonar à Balayage Latéral (SBL) pour la cartographie des habitats marins en domaine subtidal, 14 p. Fiche outil disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/documents/FT09-FO02-2003-01.pdf

Ehrhold A., 2003. FT09-FO03 - L'application des Sondeurs Multi-Faisceaux (SMF) très petits fonds pour la cartographie des habitats marins, Fiche outil disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/documents/FT09-FO03-2003-01.pdf

Ehrhold, A., Blanchet, A., Hamon, D., Chevalier C., Gaffet J.D. et Alix A.S., 2006. Réseau de surveillance benthique (REBENT) – Région Bretagne. Approche sectorielle subtidale : Identification et caractérisation des habitats benthiques du secteur Glénan. RST/IFREMER/DYNECO/Ecologie benthique/06-03/REBENT, 60 p. + 8 annexes. Disponible sur le site du Rebent : www.rebent.org/medias/documents/www/contenu/documents/Ehrhold_Rebent_Cartographie_Glenan_Ed2006_Rapport_bis.pdf

Guerin C., 2009, Traitement d'imagerie acoustique – sondeur multifaisceaux EM1000 – Notice, p32.

Hopkins A., Guinan J., 2007, Recommended operating guidelines for swath bathymetry, MESH, p20.

Michaux P., 2006, Guide technique – Levés bathymétriques SMF, SHOM, GU2004-028, p65.

Populus J., Perrot T., Guinan J., 2007, Recommended operating guidelines for single-beam echosounder surveying, MESH, p9.

SHOM, GENAVIR, IFREMER, Mode opératoire – Mise en œuvre des sondeurs multifaisceaux RESON 7111 & 7150 à bord du NO Pourquoi Pas ?, p72.

Van Heteren S., Guinan J., 2007, Recommended operating guidelines for subbottom profiling (CHIRP), MESH, p8.

Techniques d'acquisition de données in situ

Coggan R., Mitchell A., White J., Golding N., Recommended operating guidelines for underwater video and photographic imaging techniques, MESH, p32.

Grall J., Hily C., 2003, Echantillonnage quantitatif biocénoses subtidales des fonds meubles, FT01-2003-01, p7.



Produits

De Oliveira E., Populus J., Guillaumont B., Predictive modelling of coastal habitats using remote sensing data and fuzzy logic, p20.

Métadonnées

ADAE, 2006, Information Géographique – Recommandation à la mise en œuvre de la norme EN ISO 19115 sur les métadonnées, p60.

AFNOR, 2003, ISO19115 :2003, p151.

Coudercy L., Tosser M.F., Lagarde P., 2007, GéoSource – Introduction aux métadonnées, p16.

DGME, Traduction des champs de la norme ISO 19115, profil français, Version 2, p61.

Drafting Team Metadata and European Commission, 2008, Draft Guidelines – INSPIRE metadata implementing rules based on ISO 19115 and ISO19119, p57.

Flachetto H., 2008, Recommandations pour la saisie des métadonnées d'une ressource de type « vecteur » sur Sextant, p4.

Gall M.O., 2006, Paramétrage de ArcCatalog pour documenter des métadonnées sous la norme ISO19115, FT_Metadonnees01_200601, p3.

Gall M.O., 2007, ISO/19115 (2003) – Information Géographique – Métadonnées – Intégration du profil français proposé par l'ADAE, RST/IFREMER/DYNECO/AG/07-01/MOG, p96.

Gall M.O., Gestion des contacts (auteur des métadonnées, contacts, distributeur), FM3_GestionContacts, p4.

Gall M.O., Lien des documents externes au métadonnées ISO, FM2_DocumentsLies, p5.

IGN, 2008, Métadonnées des référentiels Géographiques – Descriptif de contenu, Edition 1.2, p38.

KOGIS, 2005, Modèle de métadonnées GM03 – Un modèle de métadonnées suisse pour les géodonnées, p179.

Petty Z., 2007, Aide au remplissage des métadonnées complètes sous Géosource, p29.

Quimbert E., 2009, Création de Métadonnées dans Sextant – Procédure, IDM/SISMIER/XX-XXX, p22.

Site Internet :

- www.ifremer.fr
- www.rebent.org
- wwwz.ifremer.fr/drogm
- IFREMER, Sismique Haute Résolution, mise à jour 2009, disponible sur http://www.ifremer.fr/flotte/equipements_sc/eq/sismique/shresolution.htm
- IFREMER, Sismique MultiTrace, mise à jour 2009, disponible sur http://www.ifremer.fr/flotte/equipements_sc/eq/smt.htm
- IFREMER, Sismique rapide numérique, mise à jour 2009, disponible sur http://www.ifremer.fr/flotte/equipements_sc/eq/sismique/srnumerique.htm

