

L'application du Sonar à Balayage Latéral (SBL) pour la cartographie des habitats marins en domaine subtidal

A. EHRHOLD¹

Résumé

Le sonar à balayage latéral est un système acoustique de haute définition (submétrique) qui fournit une image en continue et en niveau de gris du fond marin. Il permet d'insonifier à différentes fréquences, et perpendiculairement à la route du navire, une bande constante de 50 à 1000 m de largeur en fonction de la profondeur. Le traitement des données brutes est réalisé sous le logiciel Caraibes 2.5 (Ifremer) et l'analyse des mosaïques acoustiques géoréférencées sous SIG. C'est un système onéreux qui nécessite des compétences techniques spécifiques.

Certaines espèces macro-benthiques peuvent être détectées et cartographiées directement lorsqu'elles sont en densité importante sur le fond (herbiers, maërl, crépidule, lanice, ...). L'utilisation d'un SBL, souvent en combinaison avec d'autres systèmes acoustiques, est un préalable à la caractérisation des habitats par un échantillonnage biologique optimisé et stratifié.

Contexte

Le principe des sonars à balayage latéral a été développé pendant la deuxième guerre mondiale par les ingénieurs anglais de l'ASDIC (Anti Submarine Detection Investigation Comitee). Initialement conçus pour détecter les objets sur le fond (mines, épaves, structures), leur utilisation s'est généralisée depuis la fin des années 60 à des applications de géophysique et de dynamique sédimentaire (Kenyon et Stride, 1970).

Depuis 20 ans, de nombreuses études (*cf.* Références) ont montré l'intérêt de son utilisation pour la cartographie des habitats. Le SBL est composé d'une chaîne d'éléments complexe qui requiert un haut niveau de technicité dans sa mise en œuvre, dans le traitement des données acoustiques et dans sa maintenance.

Principe de fonctionnement d'un sonar à balayage latéral

La différence avec les systèmes de classification automatique des fonds (SACLAF : *cf.* Fiche Outil n°1) est importante car la prospection par sonar insonifie latéralement le fond marin suivant une large bande (fig. 1). 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 (fig. 2). 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).

¹ IFREMER DEL/EC

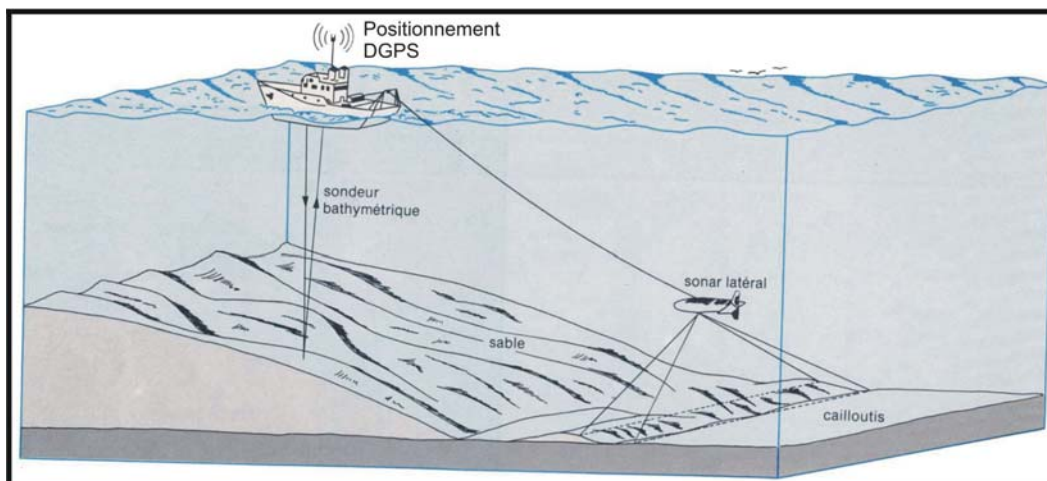


Fig. 1 : Poisson sonar latéral tracté en position de balayage au-dessus du fond

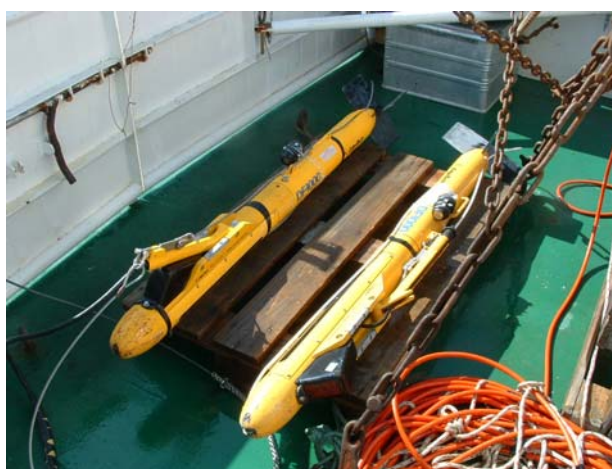


Fig. 2 : Photo des sonars DF 1000 de la société Edgetech utilisés par Ifremer/Genavir

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) (fig. 3). 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.

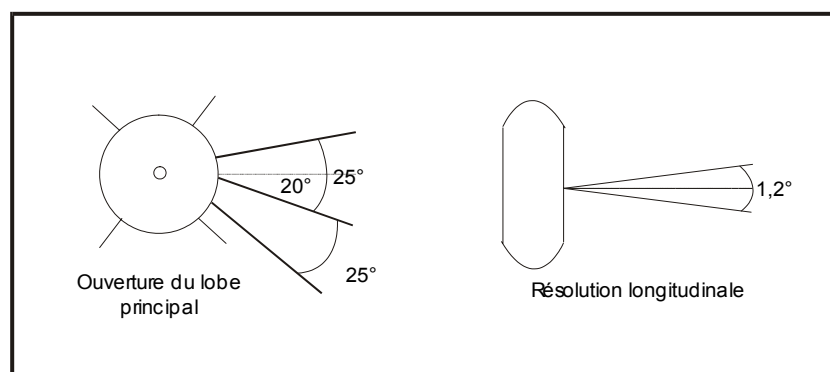


Fig. 3 : Exemple d'ouverture des faisceaux dans le plan longitudinal et transversal

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) et les imprime sur un papier électro-sensible ou thermique, ligne après ligne, ou les enregistre sous forme numérique sur un PC dédié à l'acquisition. Le résultat final est appelé sonogramme. Pour un sonar latéral analogique (exemple du modèle EGG 272th), les échos de retour sont convertis en numérique par un boîtier spécifique. Les sonars réalisent la numérisation du signal analogique directement dans le poisson.

Le système effectue en temps réel un certain nombre de corrections :

- la correction de la distance oblique entre le poisson et les objets latéraux ;
- la correction de la vitesse du bateau corrigée par l'avancement proportionnel de la vitesse de déroulement du papier ;
- les corrections d'amplitude ;
- l'atténuation latérale du signal qui est compensée par un gain variable en fonction du temps et de la distance.

Principe de restitution : les sonogrammes papier et « numériques »

Le signal acoustique, transformé en signal électrique, est ensuite traité pour reconstituer une image acoustique du fond marin appelée sonogramme. À mesure que les transducteurs se déplacent vers l'avant, les transmissions ultrasoniques successives (cadence d'impulsion égale à 0,15 ms) génèrent des bandes parallèles de données, assurant ainsi une couverture continue du fond marin. 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 (fig. 4).

Il est possible d'inverser la palette de niveaux de gris. Remorqué à une hauteur constante au-dessus du fond, le poisson "éclaire" de façon rasante la surface du fond et les objets posés sur ce dernier, permettant ainsi de mieux les différencier par l'effet d'ombrage (fig. 4).

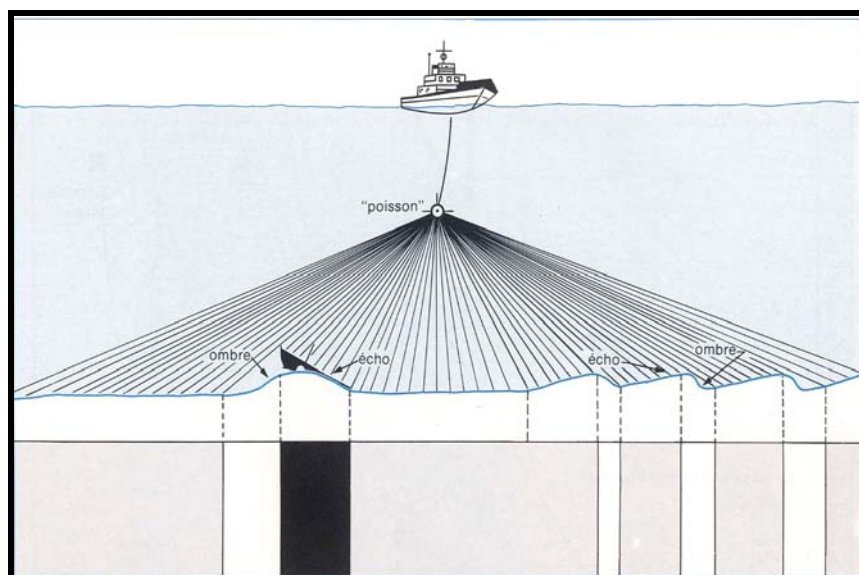


Fig. 4 : Mode de formation des images sonar (sonogrammes)

La qualité des images retranscrites reflète la rugosité du fond et l'impédance acoustique de ses constituants plus que sa granulométrie. L'incidence du relief est tout aussi importante sur la réflexion des ondes, et donc sur la quantité d'énergie rétro-diffusée, que la nature du fond. Les surfaces les mieux insonifiées apparaissent en sombre alors que les zones d'ombre sont représentées en clair.

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 (tab.1). 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.

Profondeur (m)	Distance entre 2 émissions (m) à 4 nœuds	MS992 120kHz Largeur d'ouverture à 75°	MS992 330kHz Largeur d'ouverture à 0.3°
25	0.07	0.33	0.13
50	0.13	0.65	0.26
100	0.26	1.30	0.52
200	0.52	2.60	1.00
500	1.30	6.50	n/a

Tab. 1 : Exemple de résolution pour un sonar moderne de type Simrad MS992 (d'après Kenny et al., 2002)

- 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 (tab. 2).

Distance latérale (m)	Résolution transversale (m)	Résolution longitudinale (m)	Surface élémentaire de résolution (m ²)
5	0,31	0,10	0,31
10	0,16	0,21	0,34
25	0,09	0,52	0,47
50	0,08	1,05	0,84
75	0,08	1,57	1,26
100	0,08	2,09	1,67

Tab. 2 : Exemple de surface élémentaire de résolution (portée de 100 m)

On constate également une dégradation sous le poisson, liée à la géométrie d'ouverture du lobe vertical (corrigée par interpolation), et en bordure de fauchée lorsque celle-ci est importante (corrigée par chevauchement des profils). La hauteur du poisson au-dessus du fond intervient également sur la qualité de la résolution. En théorie, le poisson est remorqué à une hauteur constante au-dessus du fond d'environ 20 % de la portée latérale choisie. Dans la pratique, et en domaine côtier, cette hauteur au-dessus du fond sera fonction de la topographie sous-marine (présence de hauts-fonds) et de la hauteur d'eau disponible avec le marnage. Cela impose de réduire la portée par faible profondeur.

Equipements

Le poisson (fig. 2)

Les sonars latéraux ont une forme généralement fuselée se terminant par des ailettes croisées afin d'assurer une meilleure pénétration et stabilité dans l'eau. Leur dimension est généralement d'1,5 m en longueur pour 10 à 15 cm de diamètre. La technologie des sonars numériques avec digitalisation dans le poisson fournissent une meilleure qualité de données (Edgetech DF 1000, Klein System 3000, Geoacoustic Dual Frequency Side Scan Sonar, Datasonics SIS-150, Simrad MS992). L'enregistrement est numérique et peut-être rejoué à volonté. Pour un sonar analogique, l'énergie retournée au poisson est convertie en millivolt, puis envoyée par le câble à l'enregistreur qui convertit ces millivolts en valeur numérique (risque de perte et de dégradation). Les données d'un sonar numérique sont transmises par un câble coaxial.

La centrale d'acquisition/imprimante (fig. 5)

Pour les sonars numériques, le logiciel d'acquisition (Isis Sonar de Triton Elics, par exemple) est installé sur un PC très performant (2 GHz, 1Go RAM). Il est conseillé de faire une sortie papier sur papier électro-sensible en 16 niveaux de gris et 2048 pixels/lignes pour restituer les données en même temps qu'un archivage numérique, afin d'assurer une meilleure qualité d'interprétation. Si les budgets de campagnes sont faibles, un enregistrement papier suffit. Mais l'acquisition numérique reste indispensable pour l'observation de détails et le mosaïquage (fusion des profils géoréférencés), ainsi que le rejeu, en léger différé, des données au moment de la campagne.



Fig. 5 : La chaîne d'acquisition et de restitution des données du SBL par Ifremer/Genavir

Un câble électro-porteur et son treuil (fig. 6)

Il assure la transmission des données vers la centrale d'acquisition, et la traction du poisson. Il est prévu pour résister à plusieurs tonnes de tension. Lorsque la longueur est faible (50 m), il est difficile de faire plonger le poisson afin de se placer dans les conditions optimales d'insonification. L'enregistrement est alors d'autant plus bruité que l'état de la mer est mauvais et la distance poisson-groupe de propulsion faible (importants remous). Lorsque les profondeurs dépassent 100 m, la fixation d'un dépresseur sur le câble permet au poisson de couler plus facilement pour atteindre la hauteur de résolution maximum au-dessus du fond. L'idéal est de placer le dépresseur en amont d'une vingtaine de mètres et en dessous du poisson. Plus lourd que le poisson, il se trouve sous celui-ci améliorant ainsi la sécurité en cas de collision sur le fond. Il existe des stabilisateurs qui permettent de limiter les mouvements de traction sur le poisson pour des petites profondeurs (< 50 m).

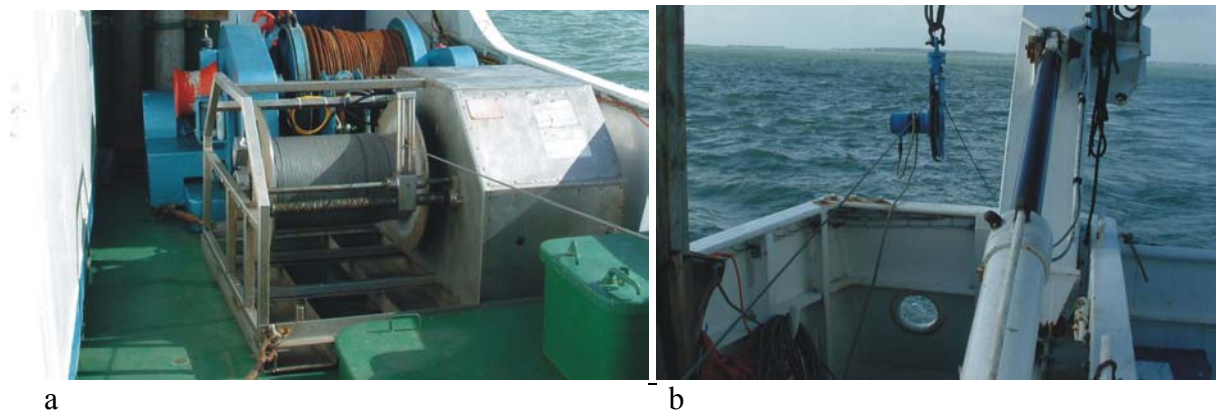


Fig. 6 : Treuil avec son câble électro-porteur (a) et sa poulie compteuse (b)

Cet ensemble est couplé à un système de guidage et d'enregistrement de la position du navire, composé d'un récepteur GPS différentiel assurant une précision métrique à submétrique de la position du bateau et d'un indicateur droite-gauche pour guider le pilote dans le suivi du profil en cours. Ces fonctions sont assurées par le logiciel ADOP et la centrale d'acquisition CINNA d'Ifremer/Genavir.

Méthodologie d'acquisition

Les sonars à balayage latéral sont des systèmes très sollicités pouvant sonder sur de longues durées. L'utilisation de ce type de système remorqué nécessite au préalable de suivre les recommandations des constructeurs afin de s'assurer d'un parfait fonctionnement. Les vérifications peuvent se faire pour partie avant la mission, au moment de l'embarquement et de l'installation des systèmes. La

première journée est généralement consacrée à la connexion des éléments du système. Un test de bon fonctionnement de la chaîne sonar latéral doit être effectué pour vérifier l'intégrité du système avant le démarrage du plan d'échantillonnage. Il peut être fait lorsque que le bateau est à quai. Il concerne le poisson et son câble (risque de rupture ou de fuite de raccord) avec une vérification de l'émission, de la réception et un nettoyage des transducteurs. D'autres vérifications concernent la centrale d'acquisition (ajustement du gain), le bon fonctionnement de la centrale de navigation et de la position du système sous l'eau, lorsqu'il en dispose d'un.

Dans le cas d'un système portable, la mise à l'eau du poisson se fait à la main et requiert une personne par mer calme ou 2 personnes lorsque roulis et tangage gênent la manœuvre (poids de 30 kg pour un DF 1000). Il est important de sécuriser la prise du câble de traction en l'assurant autour d'une poupée. La stabilité du poisson dans l'eau est un paramètre important pour réduire et éliminer les artéfacts des enregistrements du sonar à balayage latéral (va et vient, roulis, tangage, embardée, mouvement de lacet). Ils produisent des distorsions « bruit » brouillant la qualité des enregistrements et donc leur interprétation.

La vitesse standard d'un levé en géophysique est de 4 à 5 nœuds pour une résolution horizontale de 15 cm. La vitesse de 2,5 nœuds est optimum pour obtenir des images de grande résolution (résolution de 7 cm). Il doit y avoir suffisamment de câble pour que le poisson soit à 10 ou 20 m au-dessus du fond, soit à 20 % de la portée. Pour la cartographie des habitats, les portées recommandées sont de 100 m ou de 150 m en fonction de la superficie du secteur. Pour obtenir une mosaïque acoustique de qualité, des profils rigoureusement parallèles, si les conditions le permettent, sont réalisés avec un espacement inférieur à la portée choisie afin qu'il y ait un léger recouvrement. Cela permet d'insonifier toute la zone et de ne pas prendre en compte les bords de la fauchée généralement de moins bonne qualité. Les changements de gain et de contraste sont à éviter sur un même secteur.

Méthodologie de gestion et de traitement des données

Procédure de traitements

Les traitements des données des sonars à balayage latéral peuvent se faire en deux étapes, selon que l'on dispose [2 + 3] ou pas [1 + 3] d'un enregistrement numérique des données :

- (1) interprétation des enregistrements papiers à l'échelle du 1/5000^{ème} pour une portée de 100 m, sur des calques polyester afin d'y reporter toutes les signatures acoustiques, les figures sédimentaires, les limites des faciès acoustiques avec leur texture et les biocénoses à forte densité (ex du maërl). Ils sont ensuite géoréférencés sous SIG.
- (2) traitement des données numériques qui permet de générer des mosaïques acoustiques géoréférencées et de les exporter vers un SIG. L'analyse peut alors se faire depuis le SIG (précision DGPS de terrain conservée avec un sonar équipé d'un système de localisation en temps réel).
- (3) classer de façon supervisée les faciès acoustiques à partir des données de terrain et/ou par des méthodes non supervisées pour aboutir à des cartes de distribution des substrats sédimentaires, de peuplements macro-benthiques détectables.

Dans les deux cas, ces étapes sont précédées du traitement de la navigation du poisson afin de tenir compte de la distance de câble filée et de la position de la poulie compteuse par rapport à l'antenne GPS (layback). Il s'agit d'épurer le fichier des valeurs de positions géographiques erronées ou de layback aberrantes. Lorsque le poisson est tracté très en aval du bateau, cette longueur de câble ne reflète pas exactement la distance du poisson au treuil. De la même manière, la correction de la position transversale du poisson ne peut se faire que s'il est équipé d'un système de positionnement

propre. Les opérations de lissage se font avec le logiciel Trinav (Ifremer/Genavir) et la correction de la longueur filée (layback) avec le logiciel Caraibes (Ifremer).

(1) L'interprétation des enregistrements papier : sonogrammes

Les sonogrammes fournissent une information sur la texture, la topographie et les figures sédimentaires. L'interprétation est basée sur la valeur des signaux rétro-diffusés par le fond qui sont fonction de la granulométrie (rugosité et impédance acoustique de ses constituants) et, pour partie, de sa morphologie. D'une manière simplifiée, les sédiments grossiers restituent plus ou moins intégralement les ondes acoustiques qu'ils ont reçues. Chaque grain contribue à un haut niveau de réflexion. Cela se traduit par des variations de teintes allant du gris foncé au noir. Les sédiments fins ne restituent, du fait de leur pouvoir d'absorption, que partiellement les ondes sonores. Ils apparaissent alors gris clair ou blanc. Néanmoins, cette gamme de tons n'est pas suffisante pour reproduire l'éventail très large des réponses acoustiques. Le signal rétro-diffusé d'un même fond peut changer en fonction des réglages (niveau de gain et de contraste) qu'effectue l'opérateur pour anticiper sur les évolutions sédimentaires et des conditions d'environnement au moment de l'enregistrement. Les faciès de forte réflectivité peuvent être associés, soit à des fonds grossiers caillouteux et graveleux, soit à la présence de sédiment compacté. C'est le cas notamment pour une vase indurée. L'interprétation de la nature du fond est qualitative et donc "relative". Le seul moyen de pouvoir étalonner correctement les réponses acoustiques consiste à prélever à la benne ou effectuer des prises de vue de la surface du fond pour chaque faciès acoustique. La cartographie par SBL est donc basée sur l'analyse des textures et des contrastes de rétro-diffusion. La qualité d'interprétation morpho-sédimentaire dépendra du soin apporté à la calibration des images acoustiques.

La présence d'organismes épibenthiques en densité importante sur le fond peut générer des échos acoustiques particuliers. En effet en fonction de la densité des individus sur le fond, les propriétés acoustiques du substrat sont modifiées et ces biocénoses peuvent être détectées par le sonar. Le sonar à balayage latéral détecte les champs de posidonies (fig. 7), la colonisation des fonds par des peuplements d'annélides polychètes qui forment des buttes, par la crépidule, mollusque gastéropode (fig. 8), et par des herbiers de zostères ou des bancs d'algues calcaires comme les mélobésiées (fig. 9). Cette liste n'est pas exhaustive mais révèle que le sonar est un instrument majeur dans la panoplie des moyens à mettre en œuvre pour la cartographie des peuplements macro-benthiques en zone côtière.



Fig. 7 : Contact entre l'herbier dense à posidonies et des fonds sablo-coquilliers

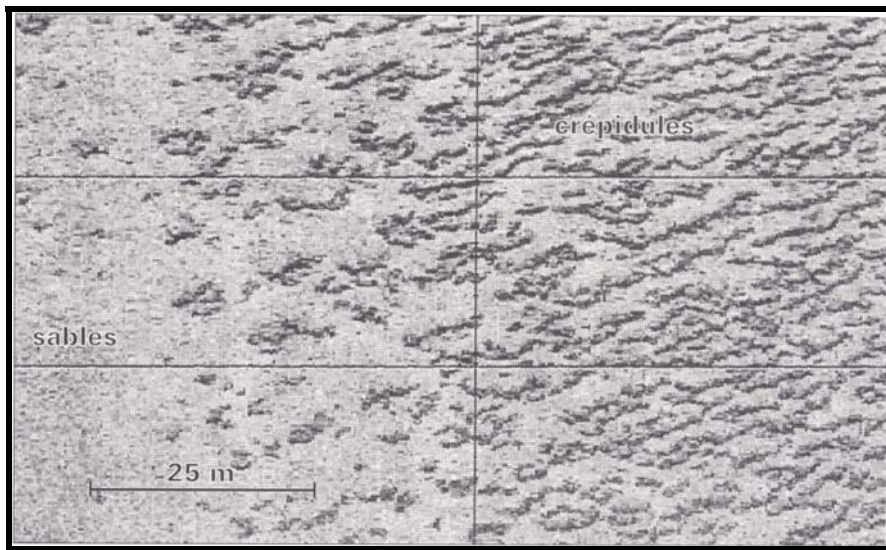


Fig 8 : Exemple d'un fond colonisé par des crépidules

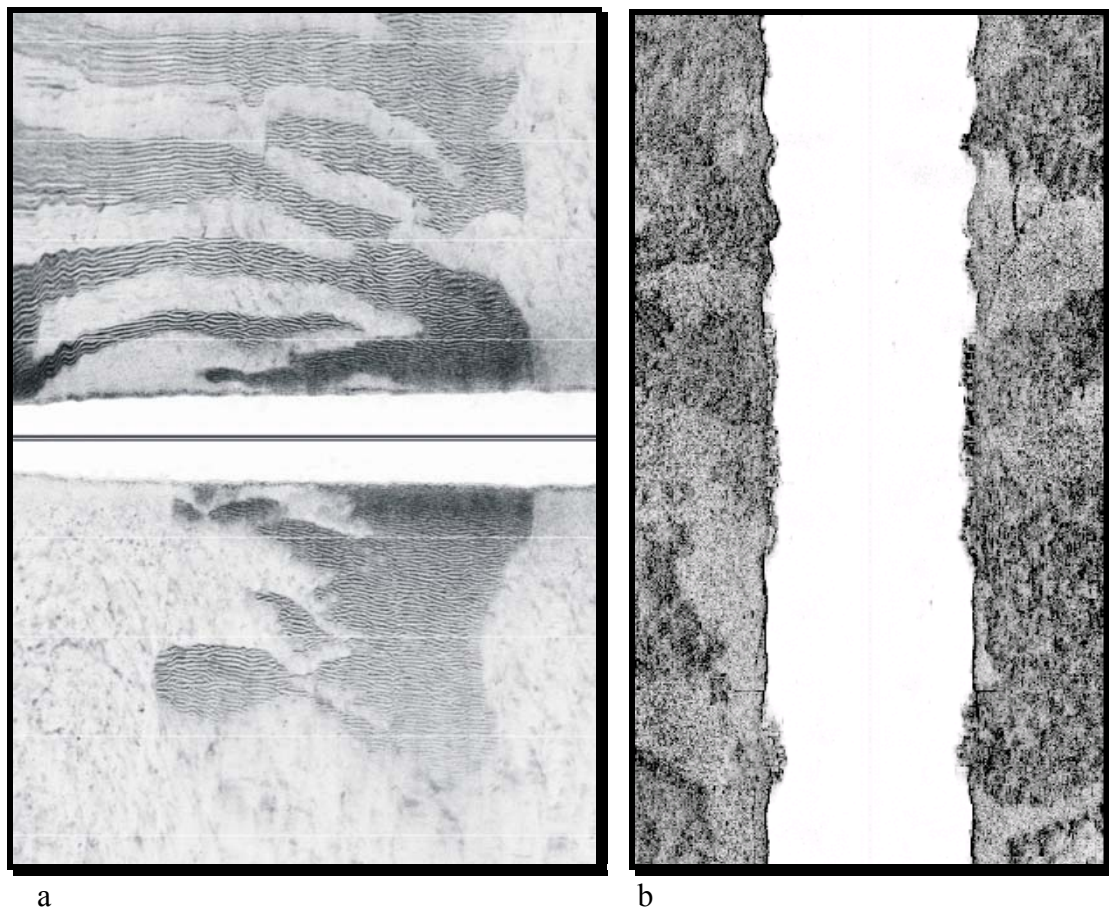


Fig. 9 : Exemple d'un fond ridé à maërl (a) et d'herbiers de zostères (b)

Un sonogramme imprimé est composé de deux parties distinctes :

- la partie inférieure représente le sonogramme *sensu stricto*. Elle se décompose de deux voies correspondant respectivement aux lobes d'émissions droit et gauche du poisson. Les deux bandes sont séparées par un trait continu représentant la trace du poisson, le long duquel la résolution est médiocre malgré les corrections. La portée d'acquisition (100 ou 150 m sur chaque voie) est découpée en intervalles réguliers de 25 m dans un repère orthonormé.

- la frange supérieure donne l'allure de la topographie (avec peu d'exagération verticale) et la profondeur d'eau sous le poisson. Le sonogramme est découpé transversalement à intervalle régulier pour faire figurer les informations sur les réglages adoptés (fréquence, portée, n° de profil) et les marques horaires.

Le géologue analyse sur des minutes de construction (polyester indéformables) à l'échelle du 1/1000^{ème}, 1/2500^{ème} ou 1/5000^{ème}, et en s'aidant des informations bathymétriques, les enregistrements sonar (sonogrammes). Il reporte à partir des tops horaires (toutes les 10 ou 30 s) les objets (figures sédimentaires, épaves, câbles sous-marins), les limites remarquables (contact sédimentaire franc) et inscrit son appréciation des signatures acoustiques (intensité du niveau de gris et texture). Une fois le dépouillement réalisé, le géologue s'attache à calibrer les faciès acoustiques reconnus avec les informations sédimentologiques récoltées pendant le levé. Les contours peuvent ensuite être numérisés pour intégrer un Système d'Information Géographique (SIG).

(2) Le jeu des données numériques

Lorsque les données sont acquises de façon numérique, elles sont importées et traitées avec le logiciel Caraibes. Les modules de traitement de l'imagerie sonar corrigent la géométrie des données brutes afin de tenir compte de l'obliquité des ondes et de la hauteur du poisson, pour aboutir à des mosaïques géoréférencées (fig. 10). Ces cartes d'assemblages des profils parallèles permettent de mieux comprendre l'organisation des faciès acoustiques en rapport avec les changements de nature de fond et les conditions hydrologiques à l'échelle du secteur. Elles sont exportées depuis Caraibes 2.5 au format raster géoréférencé et intégrées sous SIG (fig. 11). Il est alors possible de faire l'interprétation directement sur le SIG en rajoutant les couches d'informations sédimentaires : nature granulométrique des prélèvements sous forme d'histogramme, photo de l'échantillon ... (fig. 12). Mais pour conserver un certain "recul" par rapport aux images sonar, il est recommandé de s'aider des impressions des mosaïques à l'échelle du 1/1000^{ème}, 1/2500^{ème} ou 1/5000^{ème} au format A0 avant de réaliser l'interprétation directement à l'écran.

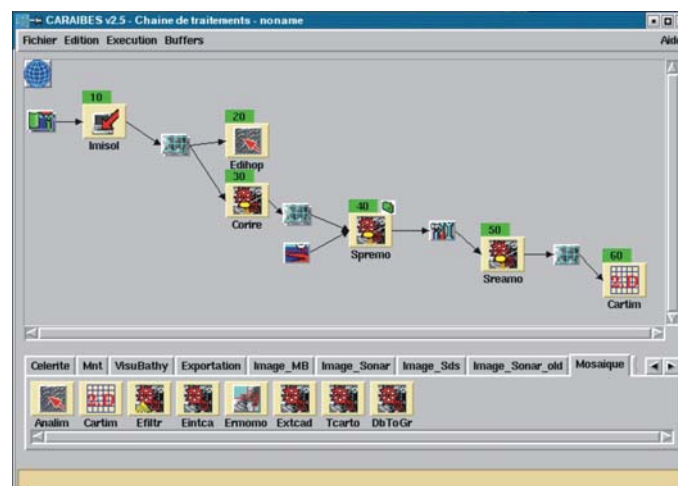


Fig. 10 : Exemple d'une chaîne de traitement des données sonar sous Caraibes 2.5

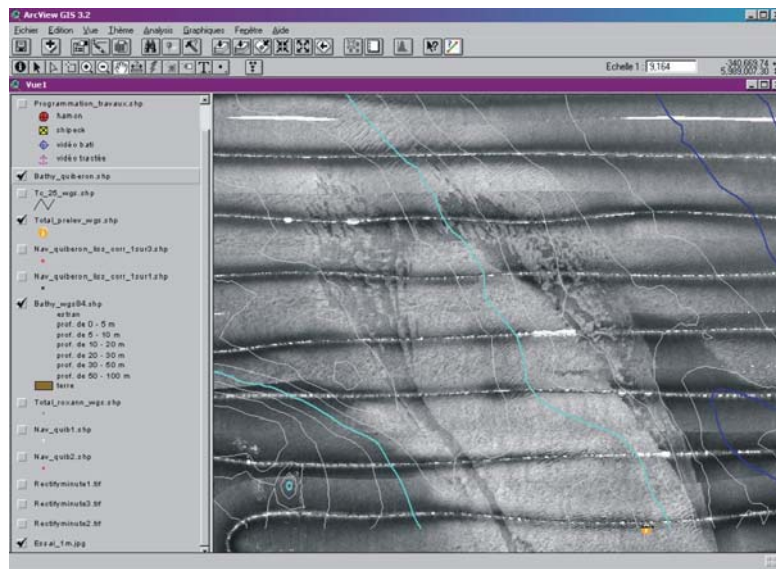


Fig. 11 : Mosaïque acoustique sous arcview 3.2 (résolution avec pas d'1 m terrain)

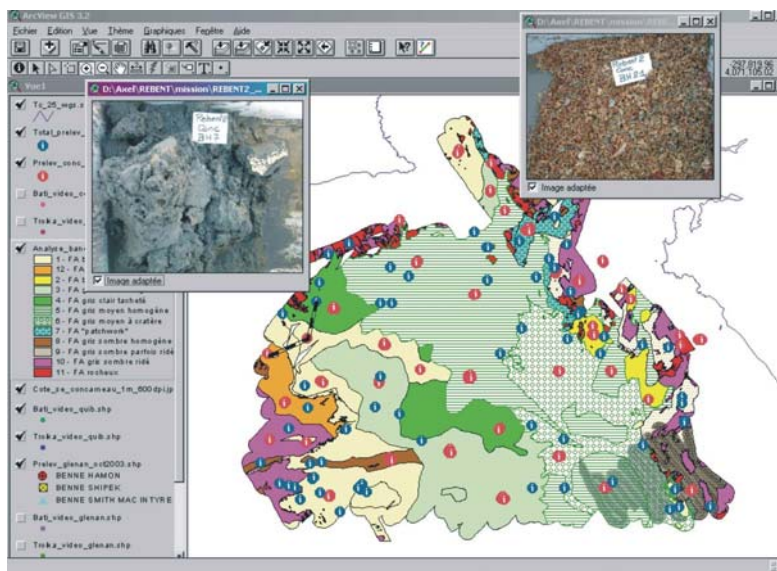


Fig. 12 : Interprétation et gestion des mosaïques acoustiques sous SIG

(3) La classification

Comme pour les données du multi-faisceaux, certains logiciels proposent des algorithmes permettant une classification sédimentaire automatique des signatures acoustiques. C'est le cas du logiciel Seaclass de Triton Elics ou d'autres travaux de recherche dans ce domaine. Il est possible de faire subir aux images sonar les mêmes traitements que ceux utilisés pour automatiser la classification d'imagerie satellitaire (principe de segmentation d'images). Il y a deux façons de procéder :

- Classification non supervisée : c'est une méthode pour regrouper les pixels d'une image à l'intérieur de classes définies par leurs propriétés statistiques. Ces classes, une fois identifiées peuvent être examinées et labellisées en accord avec les données de terrain.
- Classification supervisée : elle implique au système un premier entraînement dans la reconnaissance de classes différentes par la sélection d'échantillons représentatifs de chaque classe ou type d'habitat à partir de l'image. Le logiciel assigne à chaque pixel de l'image une des classes prédestinées (logiciel ERDAS, DIMPLE ou des modules ERSI).

Une connaissance de base du fonctionnement d'un sonar est nécessaire pour interpréter les enregistrements. Beaucoup de variables affectent la qualité des enregistrements. Les combinaisons granulométrie/topographie/espèce macro-benthique sont nombreuses et fournissent une quantité importante de signatures acoustiques que le géologue doit être capable de déchiffrer. Pour cette raison, il est essentiel de valider les faciès avec des échantillons de sédiment, des séquences vidéo ou à partir d'autres données acoustiques (sondeur vertical, sondeur de sédiment, SMF).

Procédure d'assurance qualité

Comme pour tous les autres systèmes acoustiques, la qualité de l'enregistrement d'un SBL peut être affectée par de nombreux bruits parasites. Un niveau de bruit élevé risque de masquer des données essentielles, notamment pour des longues portées. Il est important de les maintenir au niveau minimum afin de pouvoir utiliser au maximum le signal disponible. Ces bruits ont différentes sources :

- lorsque le poisson génère du bruit électrique, il est réduit par une mise à la terre du générateur et une bonne mise à la masse du bateau ;
- au niveau du contacteur tournant sur le treuil ;
- liés à des fuites sur le câble électro-porteur (bruit de puissance) ;
- liés à une faible profondeur et par temps ensoleillé (bruit thermique) ;
- lorsque que le poisson est remorqué près de la surface ou à proximité des remous engendrés par la propulsion du bateau ;
- liés aux variations brutales de vitesse qui entraînent la formation de lignes régulièrement espacées surtout lorsque le poisson est tracté à moins de 50 m du bateau ;
- liés à la présence de sillages de bateaux en surface ;
- au moment d'interruptions brutales de navigation qui provoquent des erreurs sur la correction et donc des distorsions à l'écran et à l'enregistrement ;
- liés à des bancs de poissons ou des bancs de méduses générant des ondulations ou des tâches sur les enregistrements ;
- liés à des variations de températures ou à la présence de vagues (oscillation avec une fréquence régulière des échos).

Pour conserver une bonne qualité des données tout au long du levé, les réglages doivent être conservés dans un cahier de bord informatisé (logiciel Casino+ d'Ifremer) ou une feuille de renseignements sur :

- le niveau de contraste adopté ;
- l'angle d'ouverture choisi ;
- la portée sélectionnée ;
- l'heure de début et fin de profil ;
- les paramètres de navigation (ellipsoïde, ...) ;
- les changements de longueur de câble filé.

Précautions d'usage

L'équipage doit être familiarisé avec ce type d'instrumentation. La remorque d'un engin nécessite des conditions de mise en œuvre particulières, surtout dans des secteurs à topographie complexe :

- le poisson peut rester accrocher au fond et mettre en danger les personnes sur le pont (rupture du câble), voire la sécurité du bateau lui-même.
- La plupart des sonars fonctionnent avec du 110 ou 240 V. Le changement de fusible étant fréquent sur ces appareils, des précautions doivent être prises pour éviter tout contact pouvant générer une électrocution.

- La mise à l'eau et la récupération du poisson sont deux étapes où le personnel embarqué doit être particulièrement vigilant. Le port du casque, de chaussures et gilet de sécurité sont obligatoires pendant ces opérations.

Données produites (tab. 3)

Systèmes	Type de résultats	Etapes	Vecteur	Raster	Qualité
SBL	Carte des profils effectués	Validation	+		donnée principale
	Mosaïques géoréférencées	Caraïbe 2.5		+	donnée principale
	Fiche descriptive par faciès (Fig 13)	dépouillement			donnée annexe
	Carte des faciès acoustiques	dépouillement	+		donnée annexe
	Carte morpho-sédimentaire	calibration	+		donnée principale

Tab. 3 : Types de produits obtenus à partir de l'imagerie SBL

Site Atelier de Concarneau

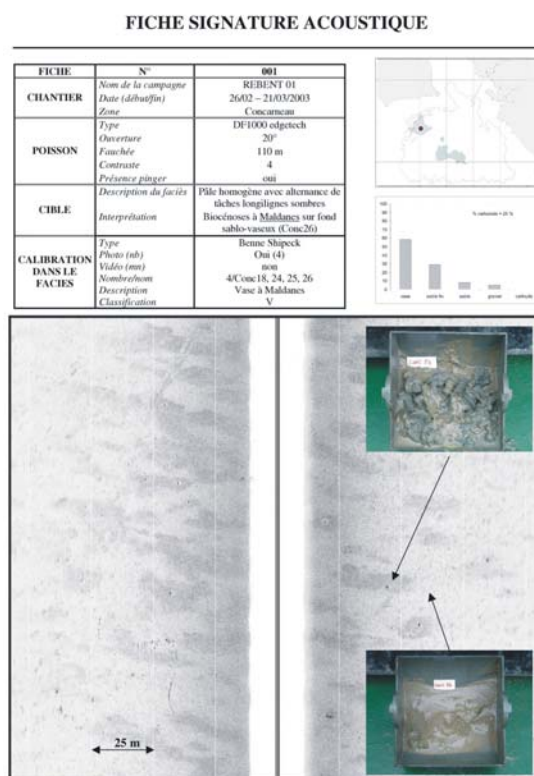


Fig. 13 : Exemple de Fiche Signature Acoustique

Références majeures

- Appeldoorn R.S., Rivera J.A. & Prada M.C. (2001). Mapping Benthic Habitats Using Side Scan Sonar. Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute, Creswell R.L.(ed.), n° 52, pp. 402-414.
- Auffret J. P. et d'Ozouville L.D. (1985). Apports de l'imagerie fournie par le sonar à balayage latéral à la connaissance de la dynamique sédimentaire en baie de Seine. Actes du 4ème colloque baie de Seine (GRECO-MANCHE), Caen, pp. 201-210.
- Augris C., Clabaut P., Bourillet J.F. & Dewez L. (1993). Notice explicative de la carte morpho-sédimentaire du domaine marin côtier entre Dieppe et le Tréport (seine Maritime). Rapport éd. Ifremer, 48 p.

- Augustin J.M. et Voisset M. (1989). Image sonar et cartographie en Géologie. L'onde électrique, vol. 69, n°3.
- Belderson R.H., Kenyon N.H. & Wilson J.B. (1985). The exploration of the British Continental Shelf with sidescan sonar, television and photography. Institute of Oceanographic Sciences Annual Report, pp. 70-75.
- Belsher T. et Houlgate E. (2000). Etude des sédiments superficiels marins, des herbiers à phanérogames et des peuplements de *Caulerpa Taxifolia*, de Menton au Cap d'Ail. Notice Carte Ifremer, 43 p.
- Berné S., Augustin J.M., Braud F., Chene G. & Walker P. (1986). Cartographie et interprétation de la dynamique sédimentaire des plate-formes continentales : amélioration de la technique d'observation par sonar latéral. Bull. Soc. Géol. de France, (8), t. II, n°3, p. 437-446.
- Berné S. (1991). Architecture et dynamique des dunes tidales : exemples de la marge atlantique française. Thèse de doctorat, Univ. Lille I, 296 p.
- Chimot J.M. et Dupuy P.Y. (1990). Evaluation du sondeur latéral numérique EDGERTON 260. Rapport EPSHOM, 42 p.
- Cochrane G.R. & Lafferty K.D. (2002). Use of acoustic classification of sidescan sonar data for mapping benthic habitat in the Northern Channel Islands, California. Continental Shelf Research, Vol. 22, 5, pp. 683-690.
- Flemming B.W. (1976). Guide pratique du sonar latéral. Revue hydrographique internationale, janvier, LIII(1), pp. 73 - 89.
- Kenny A.J., Cato I., Desprez M., Fader G., Schüttenhelm R.T.E. & Side J. (2002). An overview of seabed mapping technologies in the context of marine habitat classification. À paraître.
- Kenyon N. H. et Stride A.H. (1970). The tide-swept continental shelf sediments between the Shetland Isles and France. Sedimentology, 14, p. 159-173.
- Lurton X. (1998). Acoustique sous-marine, présentation et applications, Ifremer Ingénierie et technologie. Ed. ifremer, Plouzané France, 110 p.
- Pasqualini V., Pergent-Martini C., Clabaut P. & Pergent G. (1998). Mapping of *Posidonia oceanica* using Aerial Photographs and Side Scan Sonar: Application off the Island of Corsica (France). Estuarine, Coastal and Shelf Science, vol. 47, n°3, pp. 359-367.
- Valentine P.C., Schmuck E. A., Danforth W. W., Mayer L. & Hughes-Clark J. (1995). Sedimentary environments and biological habitats revealed in new sidescan sonar imagery of Stellwagen Bank National Marine Sanctuary off Massachusetts. Geological Society of America, Northeastern Section, 30th annual meeting Cromwell, CT, United States, March 20-22, 27 (1), 89 p.
- Walker P. (2001). Dynamique sédimentaire dans le Golfe Normand-Breton. Thèse 3^{ème} cycle, Université de Caen, 289 p.