



# Détermination des substrats lacustres par hydroacoustique : application au suivi de qualité morphologique

T. Poulain, J. Guillard, C. Argillier

## ► To cite this version:

T. Poulain, J. Guillard, C. Argillier. Détermination des substrats lacustres par hydroacoustique : application au suivi de qualité morphologique. *Journal des Sciences Halieutique et Aquatique*, 2011, p. 67 - p. 71. <hal-00727345>

**HAL Id: hal-00727345**

**<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00727345>**

Submitted on 3 Sep 2012

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Note****Détermination des substrats lacustres par hydroacoustique : application au suivi de qualité morphologique****Thomas Poulain<sup>1,\*</sup>, Jean Guillard<sup>2</sup>, Christine Argillier<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Cemagref, centre d'Aix-en-Provence, UR HYAX, hydrobiologie, 3275 route de Cézanne, CS 40061 13 182 Aix-en-Provence, France

<sup>2</sup>INRA, centre de Thonon-les-Bains, UMR CARTELE, équipe RITOXE, 75 Avenue de Corzent, 74 200 Thonon-les-Bains, France

\*Correspondance: Tél.: (+33) 04-50-26-78-07; Télécopie: (+33) 04-50-26-07-60. Courriel: [thomas.poulain@thonon.inra.fr](mailto:thomas.poulain@thonon.inra.fr) (T. Poulain)

Reçu le 28/02/2011; accepté le 18/04/2011; publié en ligne le 20/04/2011  
Oceanraise © MS 280211-16

**Résumé**

La diversité des écosystèmes lacustres s'explique en partie par la variété hydromorphologique des lacs ; la nature et la répartition du substrat qui tapisse leur fond sont des composantes de ce paramètre. C'est pour cela que la Directive Cadre sur l'Eau impose une description de la nature des sédiments des plans d'eau. Plus généralement, la répartition des substrats peut être considérée comme un facteur de structuration des espèces biologiques qu'abrite un lac. Des outils traditionnels comme l'utilisation d'une benne à sédiment ou d'une caméra subaquatique permettent de déterminer la nature des substrats de manière très ponctuelle mais ces techniques atteignent leurs limites lorsque tout un plan d'eau doit être caractérisé. Depuis les années 1980 des méthodes de caractérisation des sédiments utilisant des outils acoustiques qui permettent d'obtenir des informations en continu le long de parcours réalisés par un navire ont été développées et commercialisées. Pour l'application aux écosystèmes lacustres, de part leur mise en œuvre, les systèmes utilisant les échosondeurs mono-faisceau paraissent les plus appropriés. Ces appareils permettent de réaliser des cartes de la répartition des substrats à l'échelle du lac. Les informations pertinentes qui permettent de décrire un état biologique potentiel ou de définir un état initial peuvent être ainsi intégrer dans la mise en place des réseaux de suivi de la qualité des milieux.

**Mots clefs:** substrat, échosondeur, acoustique, lac, écosystèmes.

**Abstract**

The lake ecosystem diversity is explained, in part, by the hydromorphological diversity of lakes; nature and repartition of the substrata give information about this parameter. That is the reason why the European Water Framework imposes a substrata nature description of lakes. The substrata repartition could be considered as a factor of the biological structuring presents in lakes. Traditional tools like grab samplers or video cameras enable to determine the substrata nature but they are not appropriate for getting a high resolution description for an entire lake. From the beginning of the 80's, acoustic devices specialized in seabed classification have been developed and commercialized. For lakebed surveys, systems using single beam sounders seem to be more appropriate; they enable to obtain maps of the lakebed at the whole lake scale. Information which describes a potential biological state can be used for the establishment of a quality monitoring.

**Keywords:** substrata, echosounder, acoustic, lake, ecosystem.

## 1. Introduction

Les caractéristiques hydrologiques et morphologiques des hydrosystèmes peuvent être considérées comme des facteurs de structuration des communautés biologiques qu'ils abritent (Pourriot & Meybeck, 1995). Ainsi, la caractérisation des substrats lacustres peut se concevoir dans différents objectifs. En effet, une description détaillée de la nature des fonds participera à l'établissement de meilleures corrélations entre la présence/absence/abondance de certaines espèces (invertébrés et ichtyofaune) et les caractéristiques des substrats. Ces outils pourraient ensuite être adoptés par les gestionnaires dans une optique de gestion particulière d'espèces sensibles telles que l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) qui a besoin que le fond soit composé d'un assemblage de blocs et graviers pour frayer (Rubin, 2005). Ces observations peuvent également se concevoir dans la mise en place des réseaux de suivi de la qualité des milieux notamment en application de la Directive Cadre sur l'Eau qui considère l'hydromorphologie comme une composante des systèmes soutenant la biologie (DCE, 2000). Elles permettraient alors de mesurer l'évolution de la qualité générale du substrat (e.g. l'augmentation des surfaces envasées) et d'affiner en conséquence les diagnostics d'état des milieux établis avec les biocénoses. Dans tous les cas, ces observations seront une aide précieuse pour proposer des actions de restauration ciblées. Pour étudier ce critère, les outils traditionnels tels que les bennes à sédiments et les caméras vidéo offrent la possibilité d'obtenir une image de la nature du fond parfaitement exacte mais trop ponctuelle. Il est alors difficile d'obtenir une information avec une résolution spatiale fine et à l'échelle de tout un plan d'eau. Les techniques utilisant des moyens acoustiques sont apparues dans les années 1980 (Orlowski, 1984) et contrairement aux méthodes précédentes, elles offrent la possibilité de travailler à l'échelle du plan d'eau dans son ensemble grâce à la rapidité des acquisitions et avec une résolution spatiale qui dépend de la technologie utilisée et de la stratégie d'échantillonnage.

## 2. Un outil acoustique pour la classification des substrats en zones lacustres

Les océanographes ont été les premiers à travailler sur l'utilisation des appareils acoustiques pour effectuer la caractérisation des fonds marins (Lurton, 2001). Aujourd'hui plusieurs technologies sont utilisées : les sondeurs multi-faisceaux, les sonars à balayage latéral mais l'utilisation des échosondeurs mono-faisceau couplés à un appareil d'analyse du signal acoustique (ou par l'utilisation d'un logiciel tel que Sonar5-pro (Balk & Lindem, 2006), annexe 1) est plus adaptable au milieu lacustre (surfaces réduites à échantillonner et profondeur limitée). De tels systèmes spécialisés dans la classification de la nature des fonds sont commercialisés depuis les années 1990 (Hamilton *et al.*, 1999). Un échosondeur est peu encombrant, il peut donc être installé sur n'importe quelle embarcation, y compris les plus petites qui permettent d'accéder aux zones peu profondes ou à des plans d'eau ne possédant pas de 'mise à l'eau' aménagée. Ces échosondeurs sont couramment utilisés par les pêcheurs mais aussi par la communauté scientifique travaillant sur les populations de poissons dans le cadre d'estimation de biomasse et/ou d'études spécifiques (relations cyanobactéries/poissons, comptages de poissons migrateurs, dynamiques spatio-temporelles de poissons en période de reproduction) (Brandt, 1996 ; Simmonds & MacLennan, 2005), c'est un outil commun aux différents acteurs des écosystèmes lacustres

## 3. Le fonctionnement des systèmes de classification de la nature des fonds

Un échosondeur est un système qui émet et reçoit des impulsions acoustiques, les échos renvoyés par des cibles se trouvant sur la trajectoire des impulsions vont être détectés (poissons, algues, filets de pêche...) et un seuil maximal d'énergie permet d'identifier le fond (e.g. Guillard & Marchal, 2001). Un boîtier d'analyse du signal, spécialisé dans la classification des substrats, est couplé à l'échosondeur et récupère le signal brut retourné par le milieu. Il effectue alors sa propre détection du fond et le calcul des paramètres traduisant des propriétés physiques du substrat. A partir de ces informations on peut créer des classes de réponses acoustiques ayant des propriétés similaires (Orlowski, 1984). Une identification du fond *in situ* (observation directe par caméra vidéo ou prélèvement par benne à sédiment) est nécessaire à l'attribution d'une nature de substrat à chacune des classes acoustiques.

## 4. Les types d'informations disponibles

Les deux principaux systèmes spécialisés existants sur le marché ('Sonavision' & 'Quester Tangent') utilisent des méthodes d'analyse du signal légèrement différentes mais fournissent des résultats de mêmes natures : une représentation géo-référencée, obtenue grâce à un GPS connecté à l'appareil lors des acquisitions, de la nature des substrats enregistrés le long du parcours ; on peut également noter que le logiciel 'Olex' donne des informations sur la nature des substrats, mais moins précises. Le profil bathymétrique étant également acquis, la forme globale de la cuvette des lacs est également caractérisée.

La précision sur la nature des sédiments dépend de la qualité de la phase de calibration (appelée « vérité terrain ») et de la qualité de l'échosondeur utilisé ; en effet ces systèmes sont compatibles avec toute la gamme existante d'échosondeurs, c'est à dire de l'échosondeur de pêche de loisir, bon marché, à l'échosondeur scientifique. Ils permettent d'effectuer une classification de toute la gamme des substrats existant dans les lacs et donc de distinguer entre eux les principaux : limon, sable fin, sable grossier, graviers, galets, blocs (Pourriot & Meybeck, 1995). Une analyse plus pointue peut être envisageable lorsque un échosondeur scientifique est utilisé, en approfondissant la phase de calibration avec validation *in situ* de la nature du substrat (Ellingsen *et al.*, 2002), afin d'affiner par exemple la granulométrie des différents types de sable.

Par l'interpolation des résultats entre deux transects, suivant par exemple la méthode du plus proche voisin ou l'utilisation de la géostatistique, une cartographie de la zone sondée peut être réalisée (Fig. 1). La qualité de la représentation va donc directement dépendre de la distance inter-transects et de l'hétérogénéité des substrats. Dans un cadre opérationnel, ces facteurs seront à prendre en compte pour établir un protocole d'échantillonnage adapté à chaque lac. Une fois cette carte établie, les superficies occupées par chaque type de substrat sont exprimées en pourcentage par rapport à la superficie totale échantillonnée et donc par extrapolation à la surface totale du plan d'eau.

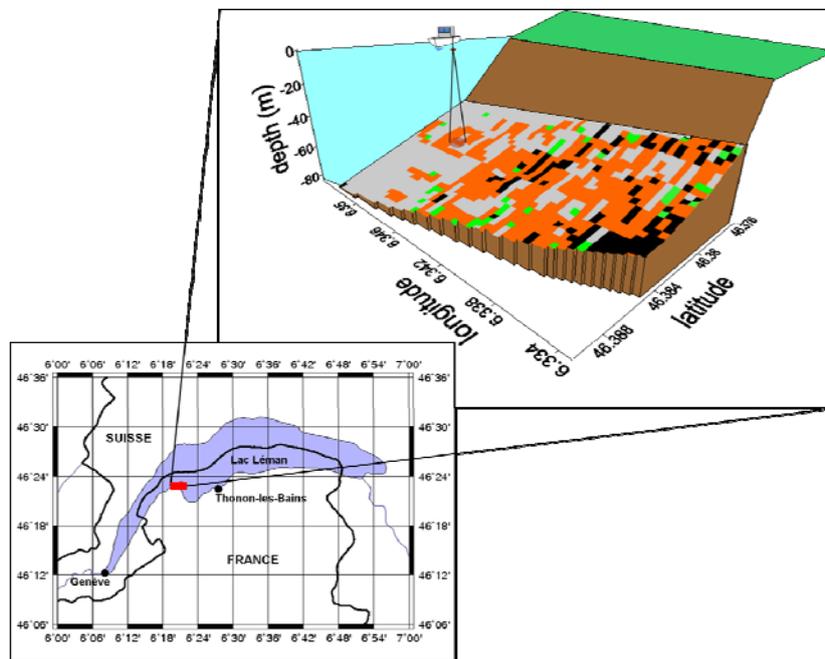


Figure 1 : Cartographie acoustique d'une zone du lac Léman, reconnue pour être un lieu de fraye de l'omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) (Rubin, 2005), réalisée à partir des sorties obtenues par l'analyse des données en utilisant le logiciel Sonar5-pro. Gris : boue ; Rouge : blocs ; Vert : boue ou blocs ; Noir : substrat non déterminé. D'après Poulain *et al.* 2011.

## 5. Vers des indicateurs significatifs des substrats d'un plan d'eau

Les techniques acoustiques permettent de mieux décrire les écosystèmes aquatiques du point de vue de leur morphologie par la détermination des natures des substrats et la caractérisation de la forme du bassin. L'expression des pourcentages surfaciques (et leurs évolutions temporelles par colmatage par exemple) seront directement exploités par les scientifiques et/ou les gestionnaires.

Néanmoins à l'échelle de la cuvette, d'autres descripteurs des substrats, sans doute plus pertinents peuvent être envisagés. Au-delà de l'importance relative de chacun des types identifiés, on pourrait développer une combinaison de paramètres substrat et profondeur si l'on raisonne en terme d'intérêt pour les organismes aquatiques. La prise en compte de la fragmentation des substrats pourrait aussi être intéressante si l'on considère que certains substrats n'ont un intérêt qu'à partir du moment où ils représentent une surface minimale. Ces domaines sont encore peu explorés mais certainement très informatifs sur les processus écologiques et fonctionnels opérant à l'intérieur des systèmes. Au delà des aspects techniques liés à l'acquisition des données, des développements sont aussi à envisager au niveau du traitement et de l'exploitation de la donnée acquise.

## Références

- DCE, 2000. 2000/60/EC: Directive of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*, L 327, 22.12.2000, 1-73.
- BALK, H., & LINDEM T., 2006. Sonar 4, Sonar 5, Sonar 6 – Post-processing Systems. Operator Manual. University of Oslo, Norway, 427p.
- BRANDT, S.B., (Ed. Murphy, B.R., & Willis, D.W.). 1996. Acoustic assessment of fish abundance and distribution. *Fisheries Techniques*, 2<sup>nd</sup> ed. American Fisheries Society, Bethesda, USA, 385-419.
- ELLINGSEN, K.E., GRAY, J. S., & BJØRNBOM, E., 2002. Acoustic classification of seabed habitats using the QTC VIEW system. *ICES Journal of Marine Science*, 59, 825-835.
- GUILLARD, J., & MARCHAL, E., 2001. L'hydroacoustique, méthode d'étude de la distribution spatiale et de l'abondance des peuplements pisciaires lacustres. La gestion piscicole des grands plans d'eaux, Ed. *Gerdeaux*, D. INRA Paris, France, 215-239.
- HAMILTON, L.J., MULHEARN, P.J., & POECKERT R., 1999. Comparison of RoxAnn and QTC View acoustic bottom classification system performance for the Cairns area, Great Barrier Reef, Australia. *Continental Shelf Research*, 19, 1577-1597.
- HOTSCOT. 31/03/2011. *SONAVISION*, [http://www.sonavision.co.uk/products.asp?cat\\_id=1](http://www.sonavision.co.uk/products.asp?cat_id=1), Scotland.
- LURTON, X., 2001. Acoustique sous-marine. Présentation et applications, *Ifremer Ed.*, 110 p.
- OLEX. 31/03/2011. <http://www.olex.no>, Norway.
- ORLOWSKI, A., 1984 Application of multiple echoes energy measurements for evaluation of sea bottom type. *Oceanologia*, 19, 61-78.
- POULAIN, T., ARGILLIER, C., GEVREY, M., GUILLARD, J., 2011. Identifying lakebed nature: is it feasible with a combination of echosounder and Sonar5-pro? *Advances in Limnology and Oceanography*, sous presse.
- POURRIOT, R., & MEYBECK, M., 1995. *Limnologie générale*. Masson, Paris, France, 956 p.
- QUESTER TANGENT. <http://www.questertangent.com/>, Canada.
- RUBIN, J.F., 2005. Why does the Arctic char population collapse in Lake Geneva? *Archives des sciences de Genève*, 58, 247-256.
- SIMMONDS, E.J., & MACLENNAN, D.N., 2005. *Fisheries Acoustics: Theory and Practice*, 2<sup>nd</sup> ed. Blackwell, Oxford, U.K.

## Annexe I

### Sonar5-pro (Balk & Lindem, 2006): une alternative aux systèmes spécialisés

Sonar5-pro est un logiciel de traitement des signaux issus d'échosondeurs et dont le but premier est de réaliser des calculs de biomasse et de structures en taille des populations de poissons. Ce logiciel est très utilisé en milieu lacustre, dans le cadre de monitoring ou d'études spécialisées. Un nouveau module intitulé «seabed classification» (Fig. A) vient d'être implémenté. En utilisant ce module, l'opérateur doit (1) créer une base de données des réponses acoustiques du plus grand nombre de substrats possibles, (2) valider *in situ* la nature du substrat en effectuant des prélèvements à la benne à sédiment ou des observations par caméra vidéo de manière ponctuelle.

Des premiers essais de classification ont été réalisés sur différents lacs avec ce logiciel. Poulain *et al.* (2011) ont montré la possibilité d'identifier quatre classes de substrat : limon, sable, sable + galets, blocs. Une étude approfondie de la plus petite variation de taille de grain du substrat discriminable à l'aide du logiciel serait nécessaire pour déterminer ces performances réelles. Ce module pourrait donc à terme permettre aux utilisateurs de Sonar5-pro de compléter leurs études par une analyse du substrat.

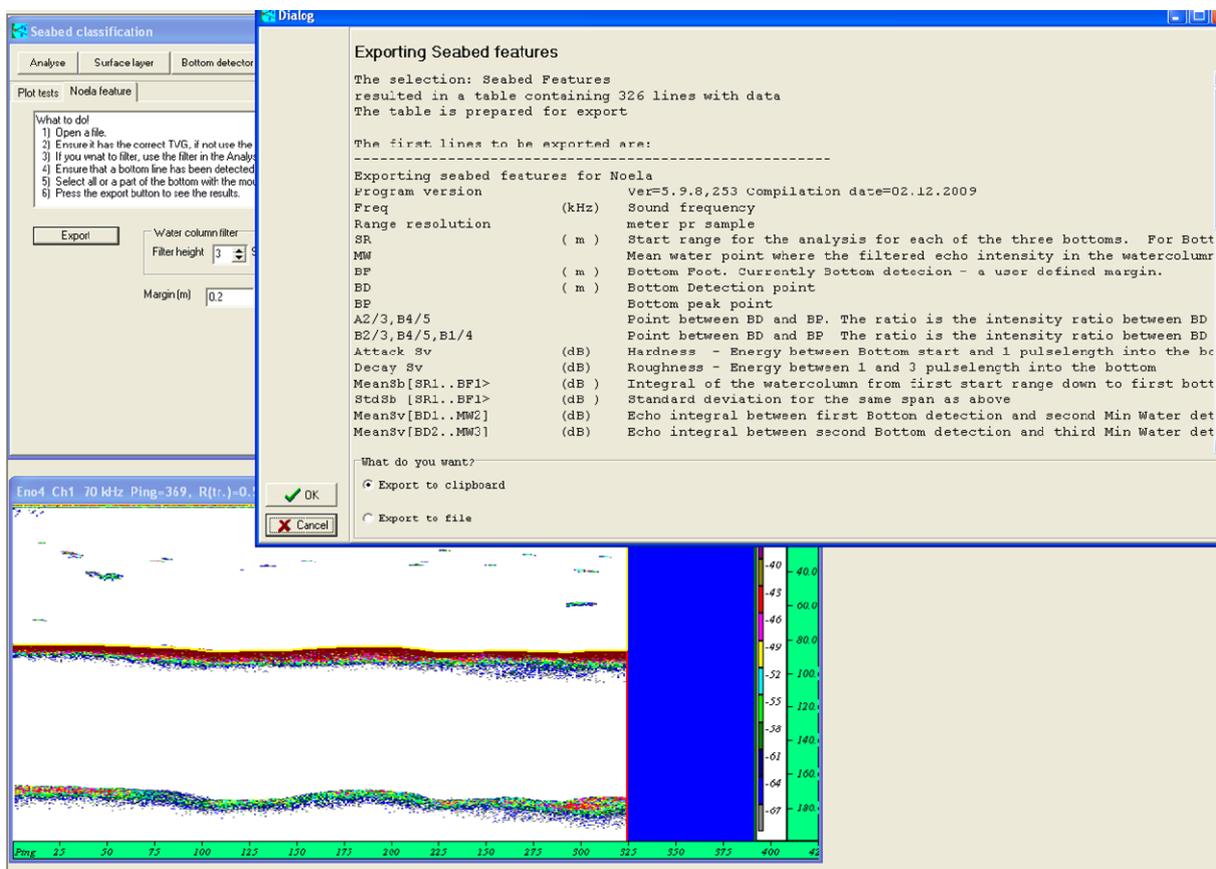


Figure A. Module « seabed classification » de Sonar5-Pro. En haut à droite les paramètres utilisés pour l'extraction du fond et en bas à gauche représentation de la colonne d'eau et détection du fond formalisé par une ligne rouge continue.