

# HARLE : Méthode non intrusive d'échantillonnage des populations de poissons par embarcation autonome

Mots-clés : échantillonnage piscicole, hydroacoustique, non-intrusif

Type d'outil	Milieux étudiés	Disciplines mobilisées	Destinataires
Instrument de mesure	Plan d'eau, réservoir, cours d'eau	Ecologie, limnologie, ichtyologie	Scientifiques, gestionnaires, bureaux d'études

## OBJECTIFS

Identifier la biomasse des populations piscicoles et les tailles individuelles des poissons de manière non intrusive.

## CONTENU DE L'OUTIL

Le HARLE (**H**ydroacoustic **A**utonomous boat for **R**emote fish detections in **L**ake) est un drone autonome de surface qui permet d'échantillonner de manière non intrusive les populations de poissons dans des écosystèmes lacustres naturels ou dans des réservoirs.

Les données générées par cette méthode hydroacoustique permettent d'identifier la taille des poissons présents dans la zone investiguée ainsi que leur abondance.

Le HARLE peut également être déployé pour évaluer la répartition spatiale des bulles de méthane et quantifier la végétation aquatique.

Facilement transportable dans un véhicule léger, cet outil propulsé électriquement permet la répétabilité des campagnes de mesure du fait de sa conduite autonome (parcours programmés) et donc du moindre coût en ressources humaines.

### L'ESSENTIEL

Le HARLE est un drone autonome permettant de réaliser des mesures hydroacoustiques géo-référencées principalement en lac et réservoir. Cette méthode est non intrusive. La taille et l'abondance des poissons peuvent être déterminées. Des applications autres que piscicoles peuvent aussi être réalisées (bulles de méthane, hydrophytes...).

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Moindre coûts humains des campagnes d'échantillonnage de poissons.</li> <li>+ Utilisable par 1 personne seulement.</li> <li>+ Transportable dans un véhicule léger.</li> <li>+ Parcours réalisés de façon autonome.</li> <li>+ Prise en main rapide.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poids important ne permettant pas l'accès aux lacs d'altitudes (une version adaptée est envisagée).</li> <li>- Autonomie limitée (4h environ).</li> <li>- Détection d'obstacles peu performante.</li> <li>- Compétences nécessaires en analyse de données hydroacoustiques.</li> </ul>

## MISE EN ŒUVRE

Temps	Moyens humains	Coût
Programmation des parcours : 2h Mise en place : 1h 4h de mesure par jour (~11 km)	1 personne par campagne	Utilisation : coût recharge des batteries.  Coût de mise à disposition selon prestation de services, partenariat, collaboration.
Compétences	Matériel	
Ne nécessite pas de compétences spécifiques en robotique. Formation sur le logiciel d'acquisition des données EK80 (Simrad Kongsberg Maritime AS, Horten, Norway). Compétence en SIG pour programmation des parcours.	HARLE et son équipement associé (transport, mallette de contrôle, abonnement carte SIM, sondeur SIMRAD EK80, 120 kHz, PC).	

## CONTEXTE

L'estimation des populations piscicoles par les méthodes actuelles d'échantillonnage aux filets sont coûteuses en moyens humains, techniques et pour la survie des poissons. Ces méthodes ont également montré leurs limites en termes de représentativité des échantillonnages. L'hydroacoustique est une méthode alternative non intrusive désormais recommandée à l'échelle européenne notamment pour échantillonner des populations de poissons en milieu lacustre dans le but d'estimer leur abondance, d'étudier leurs relations avec l'écosystème et également de réaliser les suivis réglementaires dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Le développement d'un engin autonome permettant de déployer cette méthode est une nouvelle avancée dans ce domaine.

## PRINCIPES

Le HARLE est un drone de surface autonome utilisable en eau douce. Il est constitué d'une coque sur laquelle sont embarqués les systèmes de mesure, de transmission, de positionnement et de propulsion électrique (Figure 1). Les données acoustiques qu'il collecte permettent de définir la taille des poissons présents sur l'aire d'étude et leur biomasse.

Il permet de travailler à l'échelle journalière et de collecter des données continues de haute résolution (inférieure à quelques cm).

Ses dimensions relativement faibles (2 m de longueur, 1,6 m de large, 1,3 m de hauteur, pour un poids de 50 kg) en font un outil relativement facilement manipulable.

Le HARLE intègre un sondeur acoustique et des process de navigation autonome avec un positionnement GPS. Son pilotage se fait soit à distance par une interface numérique depuis la mallette de contrôle, soit de manière autonome en suivant un trajet programmé. Les données d'acquisition acoustique sont visibles et configurables pendant le levé, soit par wifi (à faible distance), soit par 4G LTE.

Propulsé électriquement, son autonomie a été évaluée à environ 4h pour une vitesse moyenne de déplacement de 4 km/h. Son fonctionnement nécessite la présence d'une personne par campagne de mesure pour le mettre en œuvre.

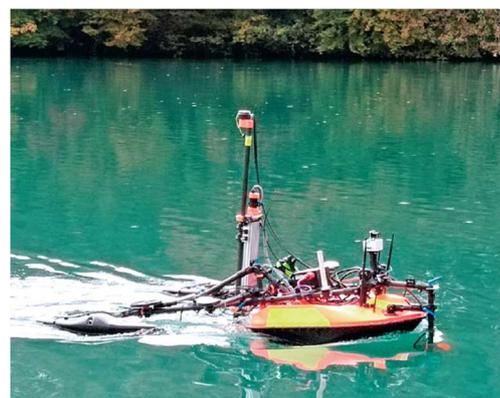


Figure 1 : HARLE en action (Guillard et al, 2023)

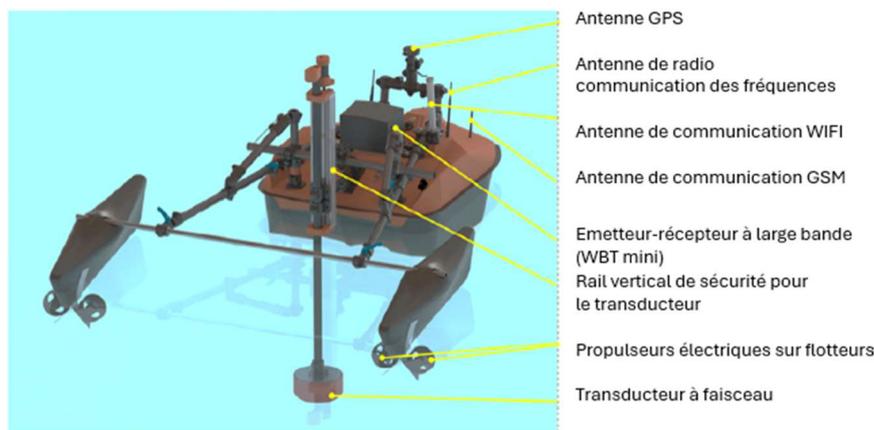


Figure 2 : Composants externes du drone (Goulon et al, 2021)

L'onde sonore émise se propage dans le milieu aquatique puis est réfléchi au contact des obstacles tels que les poissons. La limite de détection de l'écho est programmable et définit la taille minimale des poissons détectables. Les données hydroacoustiques sont enregistrées sur l'ordinateur de bord embarqué. Une fois converties et traitées à l'aide d'un logiciel dédié d'analyse (par exemple Sonar5-Pro) (élimination des bruits parasites et détection du fond), elles constituent un échogramme (Figure 3).

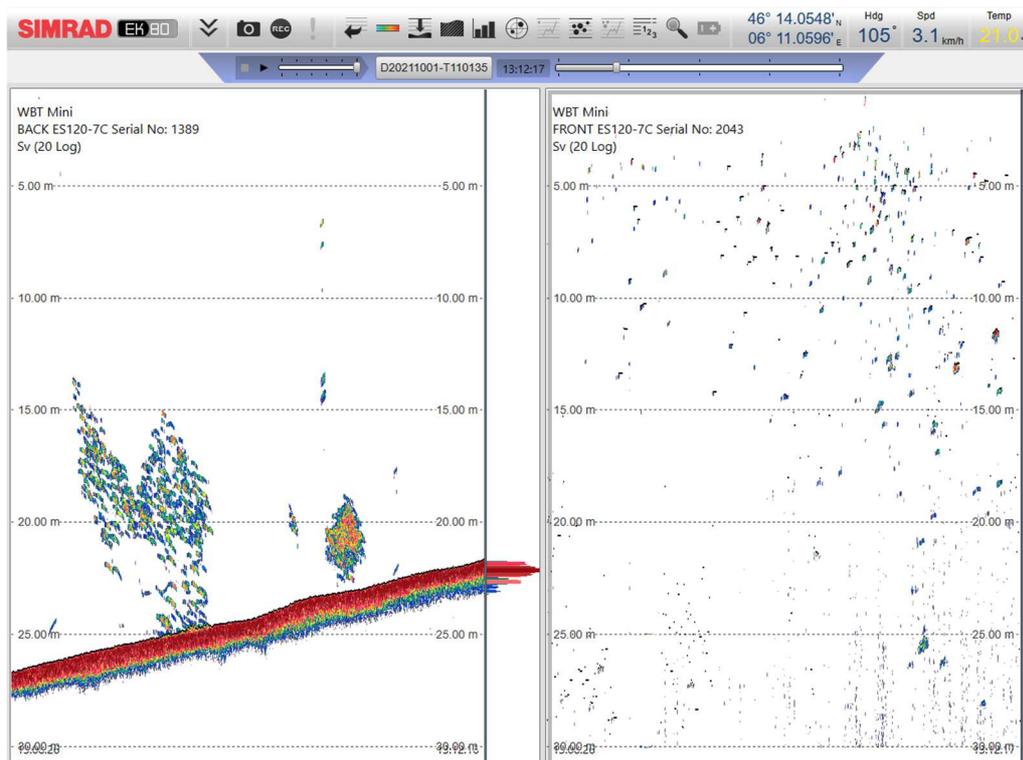


Figure 3 : Exemple d'échogramme (gauche - vue verticale ; droite - vue horizontale)

La valeur (dB) de la force de l'écho émis par la cible mesurée correspond à la taille « acoustique » de chaque poisson. Le dispositif permet donc de dénombrer les poissons présents sur l'aire investiguée par le drone, d'en déduire la densité et l'abondance, la distribution en tailles ainsi que la distribution spatiale, y compris vis-à-vis de la thermocline, qui structure la répartition des communautés de poissons en lac.

Le HARLE dispose d'un dispositif de sécurité permettant de remonter automatiquement le transducteur émettant verticalement lorsque la profondeur est inférieure à 1 m. Le pas de temps d'enregistrement des données est programmable.

L'engin ne peut pas travailler dans des conditions de houle due à un vent supérieur à 20 km/h en raison de la dégradation de la qualité des données acoustiques, ni dans des écosystèmes présentant une densité trop

importante de couvert végétal en surface. Le HARLE est équipé de feu de navigation pour une utilisation de nuit.

Disposant d'un géo-référencement des données acoustiques par antenne GNSS RTK (sur la version 2), il est préférable de l'utiliser dans des zones couvertes par la 4G/LTE (précision centimétrique des données). Également, l'accès à la 4G permet de visualiser l'acquisition acoustique directement depuis son téléphone sans contrainte de distance. Dans le cas contraire elle se fait par wifi avec contrainte de distance. A noter qu'il s'agit ici d'un confort d'utilisation. Il n'est pas nécessaire d'être connecté au PC hydroacoustique pour le bon déroulement de la campagne.

## PERSPECTIVES ET PRECONISATIONS

---

L'utilisation du drone HARLE a été validée en lac naturel. Il a fait l'objet de plusieurs utilisations spécifiques : cartographie et quantification de l'émission de bulles de méthane issues de la dégradation de la matière organique dans un petit lac dans l'Ain, tests sur les suivis de populations de poissons du Rhône au niveau de barrages, mesures à des échelles spatiales et temporelles fines de l'impact de tirs sismiques sur les poissons du Léman, cartographie et quantification de la répartition spatiale d'hydrophytes dans le lac du Bourget. Il est en cours d'amélioration pour la version 2 afin d'améliorer les processus de navigation (précision des parcours, répétabilité, variation des vitesses selon les écosystèmes investigués) en améliorant les composants électroniques et les modes de calcul.

## PERSONNES RESSOURCES

---

**Jean GUILLARD**

INRAE USMB - UMR CARRTEL

[jean.guillard@inrae.fr](mailto:jean.guillard@inrae.fr)

Tel : 04 50 26 78 51

**Chloé GOULON**

INRAE USMB - UMR CARRTEL

[chloe.goulon@inrae.fr](mailto:chloe.goulon@inrae.fr)

Tel : 04 50 26 78 28

**Clément RAUTUREAU**

INRAE USMB - UMR CARRTEL

[clement.rautureau@inrae.fr](mailto:clement.rautureau@inrae.fr)

Tel : 04 50 26 78 07

## DOCUMENT(S) SOURCE

---

- Vidéo de test de l'outil : <https://youtu.be/E5wPgLWfCGI>
- Vidéo de mise en œuvre de l'outil : <https://www.youtube.com/watch?v=-1QNQlhH21w>

## AUTEUR(S)

---

Jean Guillard, Chloé Goulon, Clément Rautureau.

## STRUCTURE(S) PORTEUSE(S) DU PROJET

---

UMR CARRTEL « Centre alpin de recherche sur les réseaux trophiques et les écosystèmes limniques », Université Savoie Mont-Blanc INRAE

Pôle R&D ECLA « Écosystèmes lacustres » (OFB – INRAE – USMB)

Société CT2MC

## SITES ET OBSERVATOIRES DE LA ZABR MOBILISES

---

Le site de « l'Observatoire des Lacs » (OLA).

## THEMATIQUES ZABR ABORDEES

---

Flux-Formes-Habitats-Biocénoses (FFHB).

## PROJET

---

L'outil a été développé par la société CT2MC dans le cadre d'un projet ADEME et d'une aide de l'OFB (Pôle ECLA).

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Goulon C., Le Meaux O., Vincent-Falquet R., Guillard J. (2021). *Hydroacoustic Autonomous boat for Remote fish detection in Lake (HARLE), an unmanned autonomous surface vehicle to monitor fish populations in lakes*. Limnology and Oceanography: Methods. <https://doi.org/10.1002/lom3.10422>
- Guillard J., Baudoin J-M., Goulon C. (2023). *Optimisation d'une méthode non intrusive de l'étude des populations de poissons en lac : l'hydro-acoustique*. Sciences Eaux & Territoires, 42. <https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2023.42.7296>

