



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY 4.0). La citation comme l'utilisation de tout ou partie du contenu de cet article doit obligatoirement mentionner les auteurs, l'année de publication, le titre, le nom de la revue, le volume, le numéro de l'article et le DOI.

## Les caméras acoustiques, de nouveaux outils non intrusifs pour l'étude de la vie aquatique

Jean GUILLARD<sup>1,2</sup>, Quentin GODEAUX<sup>1,2</sup>, Hervé ROGISSART<sup>1,2</sup>, Victor FROSSARD<sup>1,3</sup>, Chloé GOULON<sup>1,2</sup>, Stéphane JACQUET<sup>1,2</sup>, François MARTIGNAC<sup>4</sup>, Clément RAUTUREAU<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Univ. Savoie Mont Blanc, INRAE, CARRTEL, 74200 Thonon-les-Bains, France.

<sup>2</sup> Pôle ECLA (OFB, INRAE, USMB), Thonon-les-Bains, France.

<sup>3</sup> Pôle ECLA (OFB, INRAE, USMB), Bourget-du-lac, France.

<sup>4</sup> DECOD (Dynamique et Durabilité des Ecosystèmes), Institut Agro, IFREMER, INRAE, Rennes, France.

Correspondance : Jean Guillard, [jean.guillard@inrae.fr](mailto:jean.guillard@inrae.fr)

*Les caméras acoustiques émettent des sons à très haute fréquence et permettent ainsi d'obtenir des images d'une très grande définition, surpassant celles issues de l'hydroacoustique classique. De plus, et contrairement aux systèmes optiques classiques, les caméras acoustiques permettent d'acquérir des données de jour comme de nuit, quelle que soit la turbidité du milieu, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives d'études du comportement et de l'écologie des espèces aquatiques. Ces outils apportent alors une nouvelle dimension pour l'étude des populations de poissons, mais aussi pour d'autres organismes aquatiques.*

### Introduction

Ces dernières années, le suivi des populations de poissons a connu une évolution majeure grâce au développement des caméras acoustiques à très haute fréquence, qui opèrent généralement entre 1 et 3 MHz (Wei *et al.*, 2022). Ces dispositifs permettent ainsi d'obtenir des scènes vidéo d'une définition sans commune mesure par rapport aux données issues de l'hydroacoustique classique qui utilisent plutôt des fréquences de 70 ou 120 kHz (Guillard *et al.*, 2023 ; Pollom et Rose, 2016). De plus, contrairement aux systèmes optiques classiques, fortement limités par la turbidité de l'eau ou par l'absence de lumière, les sonars à imagerie acoustique permettent de travailler de jour comme de nuit, tout en garantissant une observation non intrusive. Ces outils offrent désormais une dimension accrue pour l'étude des populations de poissons mais aussi d'autres organismes aquatiques.

Très utilisés en milieu lotique (Martignac *et al.*, 2025 ; Connolly *et al.*, 2023), notamment pour étudier les migrations de poissons, les caméras acoustiques ont également des applications en milieu lentique sur les-

quelles se concentrent les travaux présentés ici. Un premier exemple original d'utilisation est le déploiement d'une caméra acoustique pour étudier la dynamique comportementale de la crevette invasive *Hemimysis anomala* (Rogissart *et al.*, 2024a), à partir de l'analyse des données à l'aide d'un logiciel dédié, Sonar5-Pro (Balk et Lindem, 2021). Le second exemple présenté est centré sur l'utilisation d'un nouvel outil d'analyse de données. En effet, dans le cadre du suivi de la phénologie de la reproduction du poisson corégone (*Coregonus* spp.) par caméra acoustique (Goulon *et al.*, 2024), les données ont été analysées manuellement puis à l'aide du logiciel Sonar5-Pro, mais aussi *via* le logiciel libre FishTracker (Uimonen et Korkalo, 2021) qui facilite l'accès à l'analyse de ce type de données (Godeaux *et al.*, 2024) et donc la possibilité à un public non spécialisé de s'en emparer.

La présentation de ces deux facettes complémentaires de l'utilisation des caméras acoustiques met en lumière l'intérêt de ces approches non invasives et la possibilité d'accéder à des informations impossibles à obtenir par d'autres méthodes.

### Caméra acoustique et logiciels d'analyse

Les deux études présentées dans ce document se sont appuyées sur le système d'imagerie acoustique ARIS Explorer 3000 (Sound Metrics Corp., États-Unis) (Jones *et al.*, 2021), qui émet des impulsions acoustiques à très haute fréquence (1,8 ou 3 MHz). Les impulsions acoustiques sont générées par un système composé de 128 faisceaux, chacun ayant une ouverture horizontale de 0,25° et verticale de 14°. Le champ de vision horizontal total est d'environ 30°. Lorsqu'il est configuré à la fréquence maximale de 3 MHz, ce sonar offre une résolution d'images de 2,9 millimètres pour une portée de 6 mètres, permettant de détecter des cibles de quelques millimètres, avec une fréquence d'acquisition de 4,1 images par seconde. Ce mode maximise la résolution spatiale, mais réduit la portée effective du signal en raison de l'absorption dans l'eau des ondes à cette fréquence élevée. La zone située dans le premier mètre est exclue en raison de la force des échos qui génèrent des signaux incohérents.

Les signaux acoustiques sont réfléchis lorsque l'onde sonore rencontre un objet dont la densité diffère de celle du milieu environnant. Cela permet de produire des images assimilables à des vidéos, où les objets détectés sont représentés par l'intensité des pixels, reflétant la force du signal acoustique (Martignac *et al.*, 2015). Cette technologie constitue ainsi un outil efficace, offrant, avec ce type de configuration, un compromis adapté entre finesse d'image, distance de détection et robustesse, quelle que soit la luminosité et la turbidité du milieu. Ces caractéristiques en font un outil particulièrement adapté aux zones de bordures, aux ports, aux zones de transition, même si son utilisation en zone profonde peut être envisagée.

Les données issues des caméras acoustiques peuvent être analysées manuellement, mais cette approche devient rapidement chronophage lorsqu'il s'agit de séquences continues de plusieurs jours ou semaines, ce qui est généralement le cas pour les travaux liés à l'observation de la phénologie ou des comportements d'animaux. Deux solutions logicielles ont été mobilisées : i) Sonar5-Pro, logiciel de référence pour l'analyse des données acoustiques en eau douce, qui permet notamment de reconstruire des trajectoires, d'extraire des statistiques de présence ou d'estimer des tailles, mais dont l'appropriation n'est pas simple ; ii) FishTracker, un logiciel open source récent, conçu pour simplifier la détection et le comptage de cibles. Il est aisé à prendre en main et permet aussi d'exporter des variables similaires à celles de Sonar5-Pro (position, taille estimée, vitesse ou sinuosité des trajectoires). Dans les deux cas, un paramétrage est nécessaire afin de limiter les artefacts liés aux mouvements des vagues, aux structures fixes, aux macrophytes présents dans la zone, ou à d'autres éléments susceptibles de générer des détections erronées.

### Comportement agrégatif de la petite crevette rouge sang

L'exploration *in situ* du comportement des essaims hivernaux de *Hemimysis anomala*, une espèce invasive de mysidacé originaire de la région Ponto-Caspienne, désormais bien établie dans le Léman, représente un

défi majeur pour les méthodes d'échantillonnage traditionnelles en raison de leurs contraintes logistiques et de leur faible résolution temporelle (Rogissart *et al.*, 2025). Pour surmonter ces limites, une caméra ARIS Explorer 3000 a été déployée afin d'enregistrer en continu, et donc à haute résolution temporelle, le comportement en essaim du crustacé, en se concentrant sur les cycles d'émergence et de retour des individus vers un abri artificiel (figure 1, A et B). Le site d'étude, une zone peu profonde du Léman où un essaim hivernal de *H. anomala* était régulièrement observé depuis plusieurs années lors de plongées, a été équipé d'une caméra installée par des plongeurs scientifiques (Jacquet *et al.*, 2026) à 4 mètres de profondeur (figure 1C). Ce déploiement a permis d'obtenir un enregistrement continu entre février et mars 2022, avec une résolution temporelle finale d'une minute. Les données, analysées à l'aide du logiciel Sonar5-Pro (figure 1D), ont permis de détecter et de suivre automatiquement les individus afin d'estimer les densités et d'analyser les dynamiques d'émergence et de retour dans l'abri.

Les résultats ont révélé que les essaims de *H. anomala* émergent systématiquement de l'abri au crépuscule et y retournent avant l'aube. L'émergence est corrélée à une intensité lumineuse spécifique, tandis que le retour, plus complexe, commence bien avant que la lumière n'atteigne ce seuil et présente une durée significativement plus longue que celle des émergences (Rogissart *et al.*, 2024a). Ces observations suggèrent que *H. anomala* évite la lumière pour limiter la prédation, même si d'autres facteurs, comme la détection de proies ou les interactions sociales, peuvent également influencer ce comportement. À la fin du mois de mars, une chute brutale du nombre d'individus a été observée, coïncidant avec l'augmentation de la température de l'eau et le retour en zone littorale de la perche (*Perca fluviatilis*), qui s'est révélée être un prédateur majeur de cette espèce.

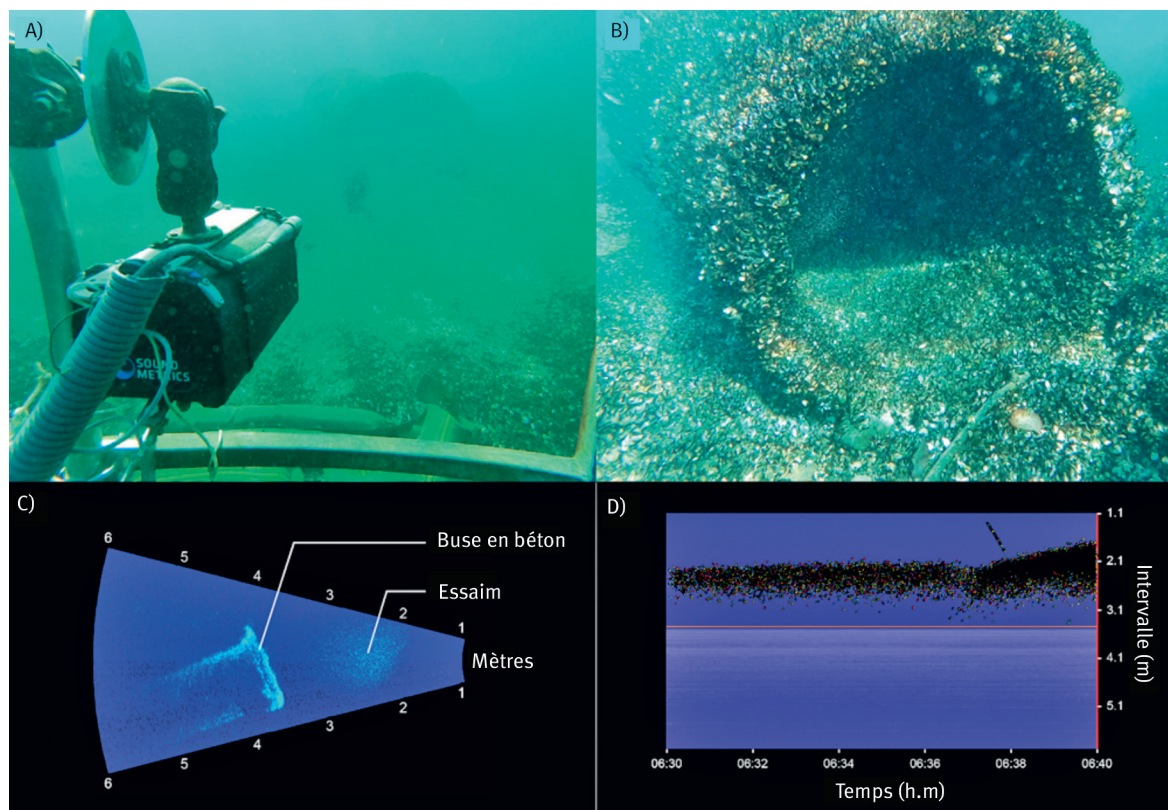
Bien que les données acoustiques ne fournissent qu'une estimation indirecte de la densité (proxy du nombre d'individus) et que leur traitement soit lourd et complexe, la caméra ARIS a permis un suivi non intrusif, continu et à très haute résolution temporelle dans un habitat complexe et inaccessible aux méthodes classiques. Ces travaux ouvrent des perspectives prometteuses pour mieux appréhender les comportements et l'écologie des espèces invasives, souvent inaccessibles par d'autres moyens. Ils encouragent le développement de méthodes automatisées pour leur suivi, afin de mieux comprendre leurs interactions avec l'environnement et les espèces natives. Une meilleure connaissance de ces dynamiques pourrait améliorer la gestion de la biodiversité et la préservation des écosystèmes aquatiques, ainsi que l'estimation de l'impact des espèces exotiques envahissantes.

### Phénologie de la reproduction des poissons corégones et FishTracker, un nouvel outil de comptage open source

Dans le contexte de nos travaux en milieu lacustre, il est pertinent de rappeler que les usages actuels des caméras acoustiques se concentrent principalement en rivière pour étudier les migrations de poissons (Martignac *et al.*, 2025) afin d'obtenir des comptages des individus. Dans notre étude, une caméra acoustique a été déployée sur

**Figure 2** – Utilisation de la caméra acoustique dans le cadre de l'étude sur le comportement de *H. anomala*.

A) Photo de la structure supportant la caméra acoustique. B) Photo de l'entrée de la buse en béton servant d'abri à un essaim de *H. anomala*. C) Image du cône acoustique illustrant la détection du banc (essaim) à proximité de la buse en béton. D) Échogramme montrant la distribution temporelle du banc détecté par la caméra acoustique sous Sonar5-Pro. © CARTEL.



les rives du Léman, au-dessus d'une zone de frai connue du corégone (*Coregonus* spp.) (Anneville *et al.*, 2009), afin de surveiller la saison de reproduction hivernale. Le corégone est une espèce de poisson emblématique des lacs péri-alpins qui joue un rôle écologique et socio-économique majeur (Rogissart *et al.*, 2024b). Il fraie en hiver, généralement entre décembre et février, sur des substrats de type graviers, en eaux peu profondes. Une caméra acoustique ARIS Explorer 3000, fonctionnant à 1,8 MHz, a été installée à 1 mètre sous la surface de l'eau, orientée vers le rivage pour surveiller l'activité de frai dans une zone choisie en raison de la présence confirmée de corégones. Les données ont été enregistrées en continu du 15 au 23 décembre 2020, puis du 12 au 24 décembre 2023.

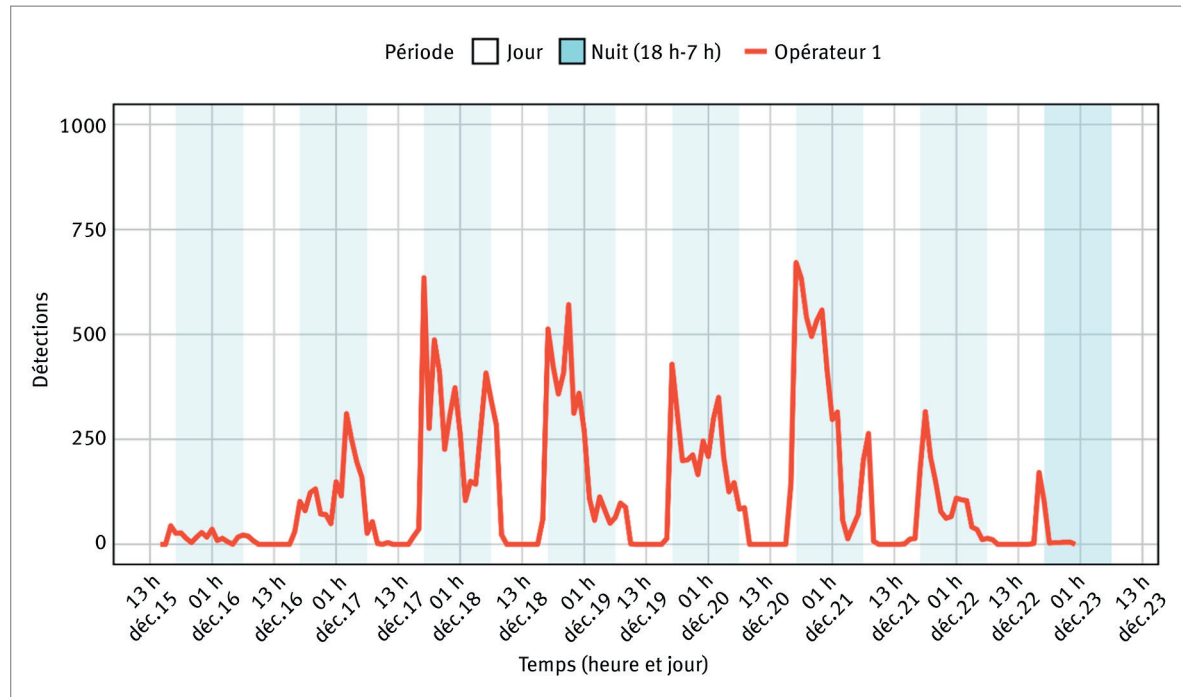
Contrairement aux études en rivière, où les poissons migrateurs ne traversent généralement qu'une seule fois le champ de vision de la caméra, les poissons en lac peuvent être détectés à plusieurs reprises. Les données recueillies reflètent donc davantage leur activité que leur nombre exact. Une comparaison des données obtenues par la caméra a été réalisée avec la méthode initialement utilisée (pêches aux filets) et avec une autre méthode non invasive, l'ADN environnemental, validant ainsi son utilisation (Vautier *et al.*, 2023) et le lien entre détection et activité. Les enregistrements continus génèrent d'énormes volumes de données, nécessitant des méthodes de traitement efficaces. Bien que le comptage manuel soit fiable, il reste chronophage et donc coûteux.

Des logiciels comme Sonar5-Pro permettent de réduire la charge de travail en détectant automatiquement les poissons dans les flux vidéo. Ces outils ont déjà fait leurs preuves pour compter des saumons en rivière, estimer la taille et l'abondance des individus, ou encore évaluer la densité de crevettes invasives.

Les fichiers acoustiques ont été prétraités pour éliminer les éléments statiques et les petites cibles, réduisant ainsi le volume de données à analyser. Le comptage manuel, agrégé par heure, a été effectué et a permis d'obtenir une série temporelle de l'activité des poissons. Les résultats ont permis d'identifier avec précision les pics de présence du corégone sur le site de frai, principalement autour du coucher et du lever du soleil (figure 2) mais aussi de pics nocturnes non décrits jusqu'à présent.

Deux opérateurs expérimentés ont analysé indépendamment un sous-ensemble des données pour évaluer la variabilité inter-opérateurs. En effet, le comptage manuel présente une certaine subjectivité sur la prise en compte des cibles (Daroux *et al.*, 2019; Tušar *et al.*, 2014). Ces mêmes données ont ensuite été analysées avec Sonar5-Pro, en utilisant des paramètres adaptés pour détecter des poissons de plus de 20 cm, puis avec FishTracker. Nous avons évalué les performances du logiciel open-source FishTracker, qui pourrait offrir une alternative plus conviviale aux outils existants tout en maintenant une qualité de résultats comparable. Pour cela, l'analyse manuelle des données par les deux opérateurs a servi de référence (figure 3A). Les résultats obtenus avec Sonar5-

**Figure 2** – Fluctuation des détections de poissons au cours du temps (période du 15 au 23 décembre 2020) (Godeaux *et al.*, 2024). La courbe rouge représente les détections horaires des poissons réalisées par l'opérateur 1 du 15 au 22 décembre. La variation temporelle des détections montre des pics d'activité marqués et cycliques entre le coucher et le lever du soleil. La période d'observation s'étend sur huit jours consécutifs.



Pro et FishTracker (figures 3B et 3C) ont ensuite été comparés. Enfin, une évaluation de la facilité d'usage, de la stabilité et de l'accessibilité de FishTracker a été menée auprès d'utilisateurs sans expérience préalable.

La comparaison entre les deux opérateurs n'a pas révélé de différence significative, validant ainsi les données de référence. Les analyses semi-automatiques avec les deux logiciels ont produit des résultats proches de ceux du comptage manuel, indiquant une bonne fiabilité de ces outils. Lors de la saison 2023, marquée par des vents forts, les performances des deux logiciels ont été affectées, les vagues perturbant la détection des poissons.

Pour notre jeu de données, le traitement avec Sonar5-Pro a duré environ quatre jours, nécessitant une surveillance quasi constante pour garantir le bon fonctionnement du logiciel durant les phases d'analyse. En revanche, FishTracker s'est distingué par sa stabilité et sa rapidité : il n'a requis que treize heures pour traiter l'ensemble du jeu de données de 2020, et ce sans supervision, permettant de lancer les analyses pendant la nuit. Il a réussi à traiter plus de 1 500 fichiers en un seul lot, sans conversion préalable, optimisant ainsi l'efficacité et facilitant l'analyse de données sur de grandes plages temporelles. Son caractère open-source offre également la possibilité d'adapter le logiciel pour répondre à des besoins spécifiques, comme l'export de variables supplémentaires afin de filtrer les détections aberrantes.

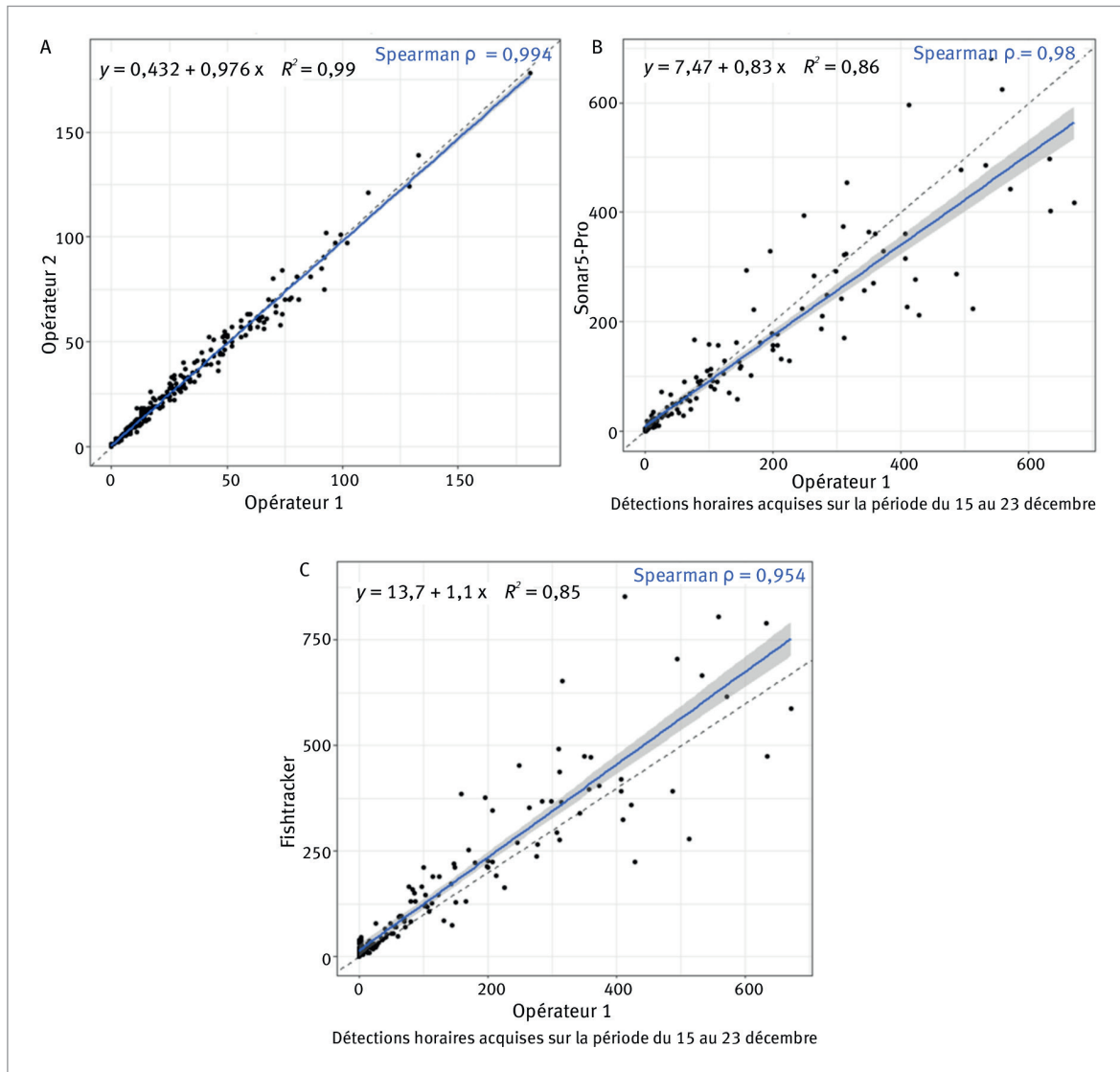
Les deux logiciels ont donc montré une forte concordance avec le comptage manuel dans des conditions standards, ce qui valide leur utilité pour l'analyse des données issues de caméras acoustiques. Leurs performances restent cependant limitées dans des conditions météorologiques dégradées. FishTracker, grâce à son interface simple et ses faibles exigences en puissance

de calcul, représente une alternative prometteuse pour démocratiser l'utilisation de ces outils auprès des gestionnaires de milieux aquatiques, des scientifiques et des organisations locales. À l'avenir, l'intégration de technologies avancées, telles que l'intelligence artificielle (Christin *et al.*, 2019), pourrait améliorer les capacités analytiques et la discrimination des cibles (Martignac *et al.*, 2025).

### Conclusion et recommandations

Les caméras acoustiques constituent des outils novateurs pour les gestionnaires des milieux aquatiques. Elles permettent de documenter de manière inédite le comportement et la phénologie des poissons ou d'autres organismes, en fournissant des informations complémentaires et surtout inaccessibles par les méthodes classiques. L'acquisition en continu et la visualisation en temps réel ouvrent de nouvelles perspectives. Leur mise en œuvre présente toutefois certaines limites, notamment une sensibilité aux perturbations par les vagues lors de l'insonification (exploration acoustique) des zones proches de la surface, un besoin en alimentation électrique continue, la nécessité d'un stockage important des données en cas d'enregistrement continu (environ 1 To pour dix jours, jusqu'à 700 cibles par jour). En rendant possible une acquisition continue, précise et non intrusive des données sur la faune aquatique, les caméras acoustiques représentent une innovation majeure pour la connaissance écologique des plans d'eau. Les résultats présentés démontrent qu'associées à des outils de traitement comme FishTracker, ces technologies permettent une meilleure compréhension des rythmes reproducteurs, des déplacements nocturnes et des dynamiques d'espèces invasives.

**Figure 5** – Validation et comparaison des méthodes de comptage de poissons sur des données de caméra acoustique (Godeaux *et al.*, 2024). A) Corrélation entre les comptages manuels effectués par deux opérateurs (Op1 vs Op2) sur les mêmes séquences vidéo, démontrant la reproductibilité de la méthode de comptage manuel ( $\rho$  de Spearman = 0,994,  $R^2 = 0,99$ ). B) Corrélation entre le comptage manuel (Op1) et les détections du logiciel Sonar5-Pro pour la période du 15 au 23 décembre ( $\rho$  de Spearman = 0,98,  $R^2 = 0,86$ ). La ligne bleue représente la régression linéaire avec intervalle de confiance à 95 % (zone grisée), et la ligne pointillée indique la relation 1:1. C) Corrélation entre les comptages manuels (Op1) et les détections du logiciel FishTracker pour la même période ( $\rho$  de Spearman = 0,954,  $R^2 = 0,85$ ). Les conventions graphiques sont identiques au panel B.



À l'avenir, l'utilisation de caméras *low-cost* devrait permettre des déploiements à grande échelle, alors que le coût et le faible volume d'échantillonnage des sonars à imagerie constituaient jusqu'ici un frein. Les perspectives de développement sont importantes : à court terme, l'intégration de méthodes d'apprentissage automatique améliorera la discrimination des espèces et la robustesse des détections en conditions météorologiques dégradées ; à plus long terme, l'analyse automatisée en temps réel pourrait contribuer à la mise en place de systèmes d'alerte écologique et à la gestion active des milieux aquatiques. ■

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient pour leur soutien AnaEE-France (Analyse et expérimentation sur les écosystèmes) et OLA (Observatoire des LAcS) (IR LIFE – INRAE) pour la mise à disposition des installations techniques ; le Fonds d'impulsion Alliance Campus Rhodanien dans le cadre du projet SURECOR ; et U3E (Unité d'expérimentation en écologie et écotoxicologie aquatiques) pour le prêt de la caméra acoustique. Enfin, nous souhaitons remercier Helge Balk (Département de physique, Université d'Oslo), Jani Helminen (Institut des ressources naturelles de Finlande – LUKE) pour leurs précieux conseils concernant leur logiciel d'analyse ainsi que la ville de Thonon et sa piscine municipale et la commune de Publier, SubBear, Émotions Plongée et l'Hôtel de la Plage pour les possibilités d'installation de la caméra.

## RÉFÉRENCES

- Anneville, O., Souissi, S., Molinero, J. C., & Gerdeaux, D. (2009). Influences of human activity and climate on the stock-recruitment dynamics of whitefish, *Coregonus lavaretus*, in Lake Geneva. *Fisheries Management and Ecology*, 16(6), 492-500. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2009.00703.x>
- Balk, H., & Lindem, T. (2021). *Sonar4 and Sonar5-Pro post processing systems : Operator manual version 606.23*. Lindem Data Acquisition A/S.
- Christin, S., Hervet, É., & Lecomte, N. (2019). Applications for deep learning in ecology. *Methods in Ecology and Evolution*, 10, 1632-1644. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13256>
- Connolly, R. M., Jinks, K. I., Shand, A., Taylor, M. D., Gaston, T. F., Becker, A., & Jinks, E. L. (2023). Out of the shadows: Automatic fish detection from acoustic cameras. *Aquatic Ecology*, 57(4), 833-844. <https://doi.org/10.1007/s10452-022-09967-5>
- Daroux, A., Martignac, F., Nevoux, M., Baglinière, J. L., Ombredane, D., & Guillard, J. (2019). Manual fish length measurement accuracy for adult river fish using an acoustic camera (DIDSON). *Journal Fish Biology*, 95, 480-489. <https://doi.org/10.1111/jfb.13996>
- Godeaux, Q., Rogissart, H., Goulon, C., Guillard, J., Martignac, F., & Rautureau, C. (2024). *Fish-tracker, a user-friendly tool for efficiently processing acoustic camera datasets*.
- Goulon, C., Vautier, M., Rogissart, H., Domaizon, I., Rautureau, C., & Guillard, J. (2024). *Frai du corégone (Coregonus spp.) et de la perche (Perca fluviatilis) dans le Léman*. Rapport de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman, Campagne 2023. <https://www.cipel.org/wp-content/uploads/catalogue/rs-2024-chap7-frais-du-coregone-et-de-la-perche-dans-le-leman-v2.pdf>
- 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, 49-54. <https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2023.42.7296>
- Jacquet, S., Jamoneau, A., Bertrin, V., Dublon, J., Baudoin, J. M., & Westrelin, S., 2026. La plongée scientifique, un outil essentiel pour l'étude des écosystèmes lacustres. *Sciences Eaux & Territoires*, 51, 9925. <https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2026.51.9925>
- Jones, R. E., Griffin, R. A., & Unsworth, R. K. (2021). Adaptive Resolution Imaging Sonar (ARIS) as a tool for marine fish identification. *Fisheries Research*, 243, 106092. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.106092>
- Martignac, F., Daroux, A., Bagliniere, J.-L., Ombredane, D., Guillard, J. (2015). The use of acoustic cameras in shallow waters : New hydroacoustic tools for monitoring migratory fish population. A review of DIDSON technology. *Fish and Fisheries*, 16(3), 486-510. <https://doi.org/10.1111/faf.12071>
- Martignac, F., Fernandez-Garcia, G., Corpetti, T., Nevoux, M., & Beaulaton, L. (2025). Automatisation de l'analyse de données des caméras acoustiques par un réseau de neurones convolutifs. *Sciences Eaux & Territoires*, 47, 7983. <https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2025.47.7983>
- Pollom, R. A., & Rose, G. A. (2016). A global review of the spatial, taxonomic, and temporal scope of freshwater fisheries hydroacoustics research. *Environmental Reviews*, 24(3), 333-347. <https://doi.org/10.1139/er-2016-0017>
- Rogissart, H., Frossard, V., Guillard, J., Rautureau, C., & Jacquet, S. (2024a). Tracking the real-time behavior of *Hemimysis anomala*'s winter swarms using acoustic camera. *Journal of Great Lakes Research*, 50(1), 102250. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2023.102250>
- Rogissart, H., Goulon C., & Guillard, J. (2024b). Rehabilitation of whitefish fisheries in lakes Geneva and Bourget during the eutrophication period: assessing socio-economic impacts through large collaborative research. *Int. J. Limnol.* 2024, 60, 13. <https://doi.org/10.1051/limn/2024012>
- Rogissart, H., Marty, J., Grimond, J., Frossard, V., & Jacquet, S. (2025). The invasive mysid *Hemimysis anomala*: an up-to-date review of its biology, ecology, distribution and ecological impacts. *NeoBiota*. <https://doi.org/10.3897/neobiota.98.144040>
- Tušer, M., Frouzová, J., Balk, H., Muška, M., Mrkvička, T., & Kubečka, J. (2014). Evaluation of potential bias in observing fish with a DIDSON acoustic camera. *Fisheries Research*, 155, 114-121. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.02.031>
- Uimonen, M., & Korkalo, O. (2021). *FishTracker [Software]*. VTT Technical research centre of Finland Ltd. <https://github.com/lukefi/FishTracker>
- Vautier, M., Chardon, C., Goulon, C., Guillard, J., & Domaizon, I. (2023). A quantitative eDNA-based approach to monitor fish spawning in lakes : Application to European perch and whitefish. *Fisheries Research*, 264, 106708. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106708>
- Wei, Y., Duan, Y., & An, D. (2022). Monitoring fish using imaging sonar: Capacity, challenges and future perspective. *Fish and Fisheries*, 23(6), 13471370. <https://doi.org/10.1111/faf.12693>