

4 > Le programme Stygofaune : vers un bio-indicateur de la qualité des eaux souterraines

■ **Thierry Alezine, Céline Jouanin, François Lefebvre**

Chargés de mission SEPANSO Aquitaine, Bordeaux

Les eaux souterraines constituent un milieu de vie pour toute une faune spécialisée appelée stygofaune (de Styx, nom du fleuve qui traverse les Enfers dans la mythologie grecque). Les cortèges d'espèces qui y sont recensés pourraient servir à des fins de bio-indication.

Le programme Stygofaune en cours, porté par la SEPANSO Aquitaine (Société pour l'Etude, la Protection et l'Aménagement de la Nature dans le Sud-Ouest), a deux objectifs qui vont dans ce sens :

1. Dresser un inventaire de la stygofaune régionale (objectif biodiversité), inventaire réalisé sur les deux anciennes régions de l'Aquitaine et du Limousin, en complément d'une première étude réalisée en Poitou-Charentes ;
2. Appréhender la relation entre la présence et l'abondance de cette faune dans ses habitats naturels et la qualité des eaux souterraines, et définir ainsi un ou plusieurs bio-indicateurs (objectif bio-indication).

Conformément au premier objectif, des prospections ont été effectuées dans tous les habitats et milieux connus pour héberger de la stygofaune (fig. 4-1), dans chacun des 12 départements de Nouvelle-Aquitaine (358 sites au total ; fig. 4-2). Après expertises taxonomiques, cet inventaire s'est concrétisé par la création d'une base de données naturalistes, avec pas moins de 160 taxons terminaux déterminés à ce jour.

Un site Internet (www.stygofaune-france.org) a été créé pour présenter le programme Stygofaune, ses attendus et ses résultats, avec une section « Ressources documentaires » qui permet de diffuser et de vulgariser les connaissances et l'état de l'art sur cette faune encore peu connue des non-spécialistes. Le site a vocation à être ultérieurement élargi à d'autres programmes d'étude (en cours ou à venir).

www.stygofaune-france.org



Intérêts et perspectives en matière de bio-indication

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre européenne sur l'Eau, la caractérisation de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés aux masses d'eau de surface est obligatoire pour l'évaluation de leur état.

À l'heure actuelle, l'état des eaux souterraines n'est évalué qu'à partir de leurs états quantitatif et chimique (analyses physico-chimiques effectuées en laboratoire sur des prélèvements d'eau ponctuels), contrairement à ce qui se fait en routine pour les eaux de surface (indices biotiques I2M2² et IML³ basés sur les macro-invertébrés).

Qu'est-ce qu'un bio-indicateur ?

Un bio-indicateur (ou indicateur biologique) est une espèce ou une communauté d'espèces dont la présence permet de caractériser l'état et/ou le fonctionnement de l'écosystème dans lequel il vit, et de mettre en évidence des modifications naturelles ou anthropiques du milieu.²

Avec plus de 400 taxons dénombrés en France métropolitaine, 1 200 en Europe, et plus de 7 000 à l'échelle mondiale (estimations 2005, *in* Ferreira *et al.*, 2007, voir aussi revue de Marmonier *et al.*, 2023), la stygofaune représente une biodiversité cryptique qui pourrait servir de base à l'évaluation d'un état écologique des masses d'eau souterraine.

L'idée d'utiliser la stygofaune en matière de bio-indication n'est pas nouvelle (ex. Matsumoto, 1976), et a suscité depuis de nombreuses réflexions conceptuelles et travaux en matière d'écologie appliquée. À l'heure actuelle, il n'existe toujours pas d'indices biotiques ni d'outils fonctionnels à appliquer pour évaluer la qualité écologique des eaux souterraines. ●●●

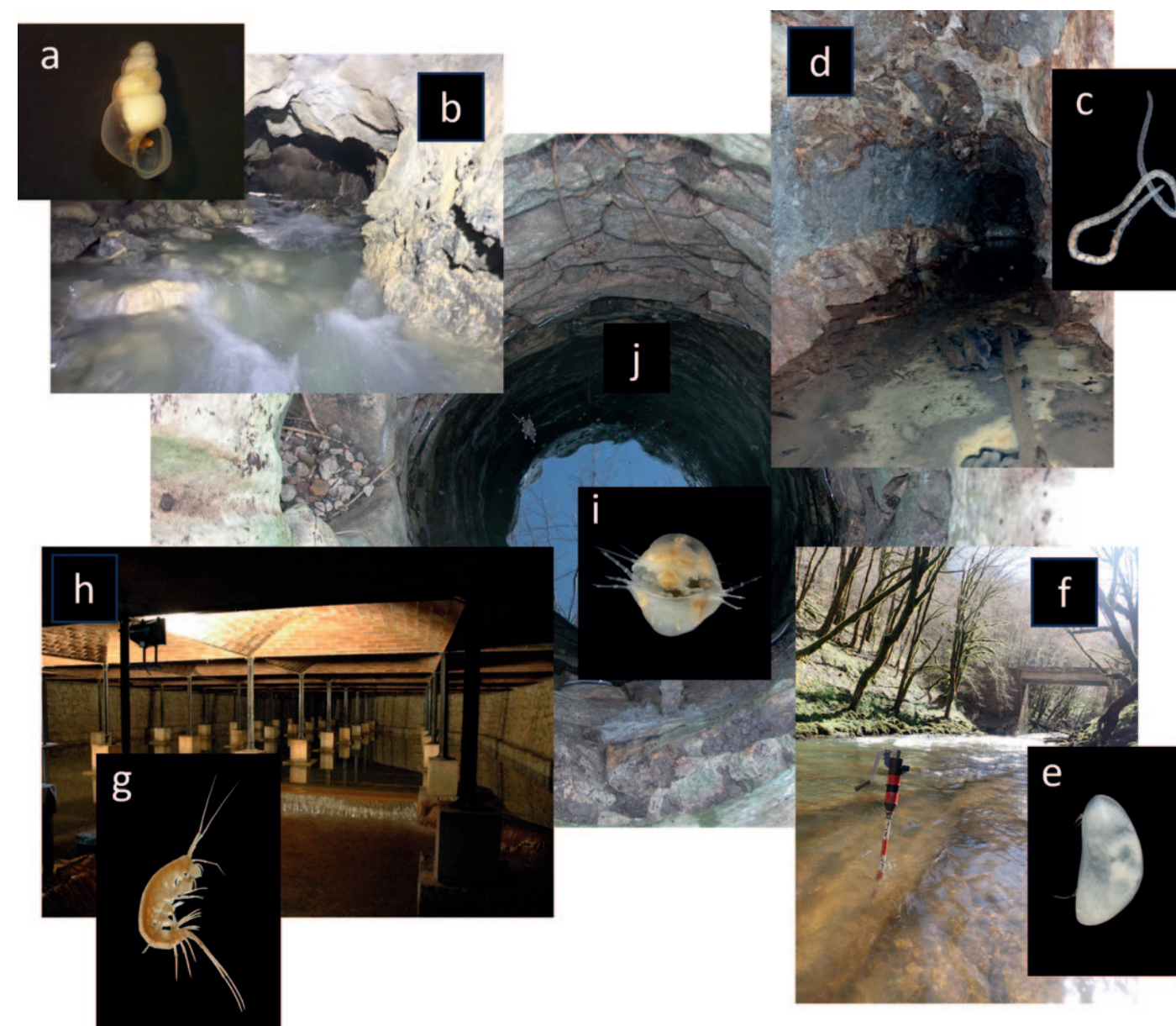


Fig. 4-1. - Planche illustrant la diversité des habitats prospectés et des taxons collectés. a : mollusque gastéropode *Palaeospeum bessoni* (B. Lebreton – SEPANSO) ; b : ruisseau souterrain de Bidalunia à Alçay-Alcabéhéty-Sunharette, 64 (F. Lefebvre – SEPANSO) ; c : ver oligochète *Tubificinae haber* sp. (J.-F. Cart – SEPANSO) ; d : mine de Doulaud à Évaux-les-Bains, 23 (F. Lefebvre – SEPANSO) ; e : nouvelle espèce d'ostracode *Candonopsis* sp. nov. (J.-F. Cart – SEPANSO) ; f : hyporhéique¹ du Vianon à Saint-Pantaléon-de-Lapleau, 19 (F. Lefebvre – SEPANSO) ; g : amphipode *Niphargus ladmiraulti* (J.-F. Cart – SEPANSO) ; h : source de Fontbanne à Budos, 33 (P. Marchet – AEAG) ; i : isopode *Caecosphaeroma burgundum* (J.-F. Cart – SEPANSO) ; j : puits de la Soule à Vouillé, 86 (F. Lefebvre – PCN).

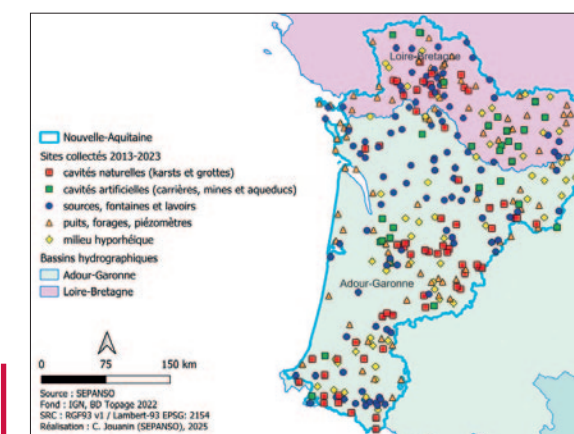


Fig. 4-2. - Répartition des sites collectés en Nouvelle-Aquitaine, en fonction des habitats et des bassins hydrographiques.

¹ Hyporhéique : ensemble des sédiments saturés en eau, situés au-dessous et à côté d'un cours d'eau, contenant une certaine quantité d'eau de surface. Définition dans le glossaire d'EauFrance

² I2M2 : L'Indice Invertébrés Multi-Métrique (I2M2) provient d'une évolution de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN). Il se base également sur l'étude des macro-invertébrés pour évaluer la qualité biologique générale d'un cours d'eau.

³ IML : Indice Macro-invertébrés Lacustres

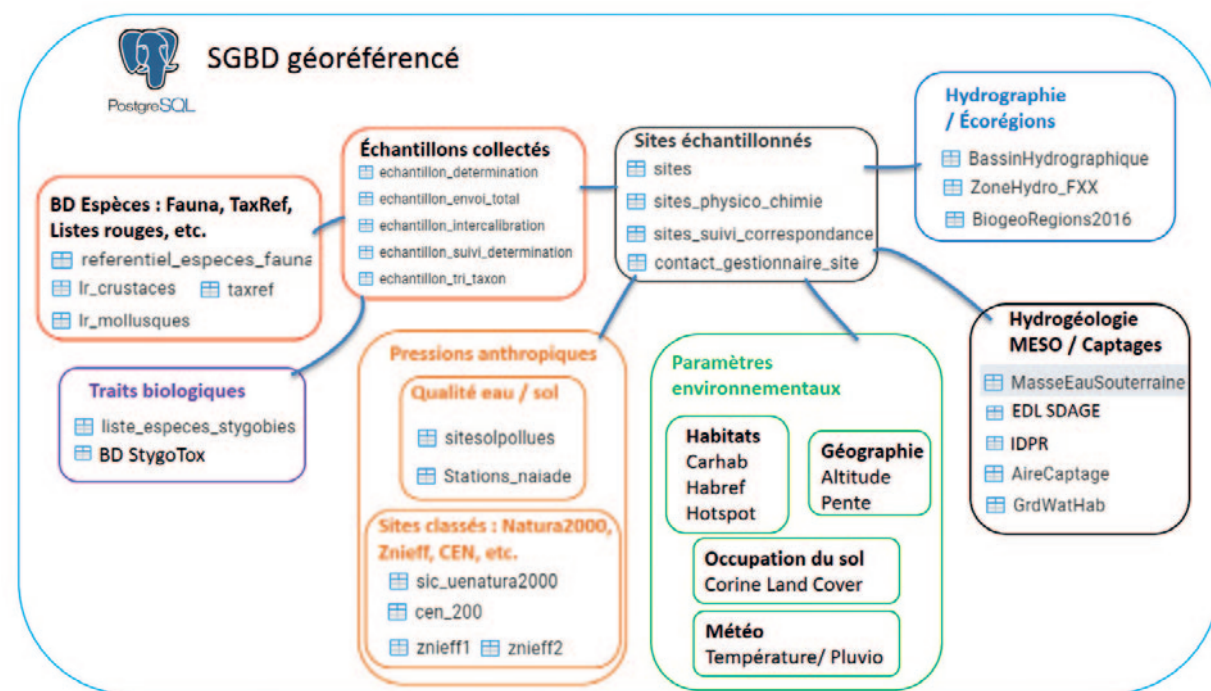


Fig. 3. - Schéma conceptuel de la base de données et des différentes étapes menant au développement d'outils de bio-indication.

Méthodologie : construction d'une base de connaissances et élaboration d'outils de bio-indication

L'approche générale proposée permettra de constituer une base de connaissances sur les caractéristiques physiques et physico-chimiques des masses d'eau afin d'établir leur typologie et ultérieurement de définir des conditions de référence de la présence de stygofaune. En parallèle, un inventaire des pressions d'origine anthropique et/ou naturelle sera réalisé, de façon à évaluer et distinguer la part du naturel de celle liée aux activités anthropiques dans la variance observée sur les échantillons biologiques. La démarche reposera sur l'analyse de triplets statistiques (inventaire faunistique x caractéristiques physiques x pressions anthropiques et/ou naturelles), pour un spectre étendu de masses d'eau souterraine (fig. 4-3).

Ce n'est qu'à partir de ces analyses qu'il sera possible de déterminer si les différences observées dans une communauté d'espèces sont liées à la typologie des masses d'eau ou à des pressions d'origine naturelle ou anthropique sur la masse d'eau. Aujourd'hui, l'information sur les caractéristiques physiques est encore parcellaire et souvent dispersée et l'information sur les pressions anthropiques, quand elle existe, n'est ni organisée ni utilisable pour des besoins d'analyse. Les analyses doivent permettre d'identifier si des métriques biologiques (entité mesurable comme le nombre de taxons, la présence de taxons sensibles ou d'espèces indicatrices utiles à l'évaluation, la présence de certains traits fonctionnels des espèces en fonction de la qualité du milieu) sont sensibles aux pressions prises une à une ou cumulées en un ou plusieurs indice(s) de pression.

Ces travaux de recherche, en cours sur les années 2025 et 2026, sont réalisés en partenariat avec l'UR EABX (Unité de Recherche Ecosystèmes Aquatiques et changements globaux) de l'INRAE de Bordeaux-Cestas et le LEHNA (Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés) de l'université Lyon 1. ■

D'autres supports de communication : les fresques de l'Eau et/ou les jeux éducatifs

Au même titre que les fresques du climat ou de la biodiversité, on peut citer deux associations qui proposent au grand public des fresques sur l'eau en y intégrant les eaux souterraines :

Eau'Dyssée : "Ramener l'eau au cœur de l'action" avec des ateliers adultes et enfants (cf. leur plaquette).

Water family : "Le monde change, alors adaptons-nous dès aujourd'hui : ensemble agissons à la source !" Avec des programmes pédagogiques complets pour les scolaires, le grand public, les entreprises et organisateurs d'événements, le tout, avec une approche d'éducation positive à l'écologie scientifique et une valorisation des bonnes pratiques.



5 > Ressources pédagogiques disponibles sur les eaux souterraines

■ Laurence Chery

Comité Français d'Hydrogéologie

Universités, organismes de recherche (CNRS, IRD, INRAE...), administrations nationales et régionales et services publics, établissements publics (agences de l'eau, BRGM, Ofb...), etc, alimentent leurs pages web avec diverses ressources numériques pour promouvoir la diffusion des savoirs et leur donner une meilleure visibilité. Dans cette optique, le Comité Français d'Hydrogéologie (CFH) s'engage dans une démarche de partage des savoirs afin de faciliter l'accès à des ressources numériques dans le domaine de l'hydrogéologie, en mettant à disposition des professionnels, des chercheurs, des étudiants et du grand public un ensemble varié d'outils et de connaissances. Rendre visibles ces ressources invisibles !

Ainsi, une première collecte de ressources numériques disponibles en ligne dans le domaine de l'hydrogéologie (ouvrages, vidéos, schémas, lexiques, logiciels, scripts R, classeurs Microsoft Excel, etc.) a été réalisée sous forme d'une base de données (travaux de Bi Amany Pacôme Romaric KOFFI en

2024, dans le cadre de son master 1^{re} année, université de Montpellier, parcours Eau Ressource, option Hydrogéologie).

La qualité, la pertinence et la fiabilité de chaque ressource ont été vérifiées avec un contrôle des sources de données, en examinant les méthodologies utilisées et en évaluant la crédibilité des informations présentées.

Le Comité Français d'Hydrogéologie, avec ses près de 400 membres, a le projet de maintenir à jour ces données et de les enrichir, facilitant ainsi la diffusion des connaissances scientifiques et techniques, répondant aux besoins croissants d'information et de formation en hydrogéologie. Ces données sont classées et organisées de manière logique et systématique pour en faciliter le partage.

Les données seront accessibles d'ici la fin de l'année 2025 sur le site web de l'association, <https://cfh-aih.fr>, page communication. ■

6 > La maquette hydrogéologique : un outil de médiation scientifique pour tous les publics

■ Florence Curie¹, Pierre-Vincent Petit², Célestine Delbart¹, Marthe Desbois², Hélène Galia²

¹GéHCO - EA 6293, GéoHydrosystèmes Continentaux, Université de Tours
²HydroGéologues Conseil

Face aux enjeux croissants liés à la pollution, à la baisse des niveaux d'eau et aux conflits d'usage, les nappes souterraines occupent une place centrale dans le débat public. Pourtant, l'hydrogéologie demeure une science difficilement accessible, car elle traite de phénomènes invisibles se déroulant sous la surface. Pour rendre ces processus compréhensibles, une maquette hydrogéologique a été développée il y a une vingtaine d'années. Outil pédagogique à la fois visuel, interactif et adaptable, elle permet de représenter concrètement le fonctionnement des nappes et de mieux appréhender les enjeux majeurs qui leur sont associés, tels que leur vulnérabilité, leur exploitation et les risques de contamination.

Présentation de la maquette

Une maquette hydrogéologique a été conçue et développée conjointement par l'université de Tours et le bureau d'études *Hydrogéologues Conseil*, dans une optique de médiation scientifique et de formation. Cette maquette se caractérise par trois spécificités techniques rarement associées dans les dispositifs analogiques : 1) un circuit hydraulique fermé, permettant de reproduire de manière dynamique les écoulements souterrains ; 2) un milieu poreux constitué de billes de verre transparentes, offrant une visualisation optimale du déplacement des eaux colorées ; 3) une alimentation en eau introduite par le dessus, directement sur les billes, permettant de simuler de façon explicite l'infiltration en zone non saturée, et d'illustrer concrètement le rôle de la pluie. ●●●