



**HAL**  
open science

## **Inventaire de la faune aquatique souterraine & Qualité des milieux en Nouvelle-Aquitaine**

Thierry Alezine, Francois Lefebvre, Sepanso Aquitaine

### ► **To cite this version:**

Thierry Alezine, Francois Lefebvre, Sepanso Aquitaine. Inventaire de la faune aquatique souterraine & Qualité des milieux en Nouvelle-Aquitaine. [Rapport de recherche] SEPANSO (Bordeaux) pour France Nature Environnement en Nouvelle-Aquitaine. 2020. ⟨hal-02974506⟩

**HAL Id: hal-02974506**

**<https://hal.science/hal-02974506v1>**

Submitted on 21 Oct 2020

**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.



HAL Authorization

# Inventaire de la faune aquatique souterraine & Qualité des milieux en Nouvelle-Aquitaine

---



**Rapport de phase 1  
juin 2020**

**Thierry ALEZINE & François LEFEBVRE  
(SEPANSO Aquitaine)**

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>HISTORIQUE &amp; GOUVERNANCE DU PROJET .....</b>	<b>3</b>
1.1	Historique du projet .....	3
1.2	Gouvernance du projet .....	3
<b>2</b>	<b>OBJECTIFS &amp; PERTINENCE DU PROJET .....</b>	<b>4</b>
2.1	Objectifs du projet .....	4
2.2	Pertinence du projet .....	5
<b>3</b>	<b>OBJECTIFS DE LA PHASE 1 DU PROJET .....</b>	<b>6</b>
3.1	Rappel du calendrier prévisionnel .....	6
3.2	Objectifs opérationnels & Actions mises en œuvre .....	6
<b>4</b>	<b>POTENTIALITÉS DE LA RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE EN TERMES D'ESPÈCES.....</b>	<b>8</b>
4.1	Bilan de l'étude réalisée en ex-Poitou-Charentes .....	8
4.2	Recueil de données bibliographiques .....	11
4.3	Synthèse taxonomique sur la stygofaune en Nouvelle-Aquitaine .....	12
<b>5</b>	<b>POTENTIALITÉS DE LA RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE EN TERMES D'HABITATS .....</b>	<b>14</b>
5.1	Contextes hydrologique, géologique et hydrogéologique de la Nouvelle-Aquitaine .....	14
5.1.1	Contexte hydrologique de la Nouvelle-Aquitaine.....	14
5.1.2	Contextes géologique et hydrogéologique des ex-régions Aquitaine et Limousin .....	16
5.2	Typologie des habitats aquatiques souterrains de la stygofaune .....	20
5.3	Sélection des sites à prospecter et recueil des données .....	23
<b>6</b>	<b>STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE &amp; SÉLECTION DE SITES .....</b>	<b>27</b>
6.1	Stratégie d'échantillonnage .....	27
6.2	Choix des sites à prospecter .....	28
<b>7</b>	<b>MOYENS &amp; MÉTHODES À METTRE EN ŒUVRE .....</b>	<b>31</b>
7.1	Moyens humains.....	31
7.1.1	Évaluation des besoins & Identification des personnes ressources .....	31
7.1.2	Partenariats à mettre en place .....	31
7.1.3	Formations des acteurs/intervenants à prévoir .....	32
7.2	Moyens matériels & Techniques .....	32
7.2.1	Matériel de collecte/prospection .....	32
7.2.2	Matériels de saisie et d'analyses .....	32
7.3	Méthodologie .....	33
7.3.1	Protocole de prélèvement.....	33
7.3.2	Relevés de terrain & Conditionnement.....	35
7.3.3	Enregistrement des données .....	35
<b>8</b>	<b>INFORMATION, SENSIBILISATION &amp; VALORISATION .....</b>	<b>36</b>
8.1	Information & Sensibilisation .....	36
8.2	Valorisation des connaissances et des résultats .....	37
<b>9</b>	<b>BUDGET PRÉVISIONNEL DE LA PHASE 2 DU PROJET .....</b>	<b>39</b>
<b>10</b>	<b>PARTENAIRES FINANCIERS.....</b>	<b>40</b>
<b>11</b>	<b>CALENDRIER PRÉVISIONNEL DE LA PHASE 2.....</b>	<b>41</b>
<b>12</b>	<b>ÉVALUATION FINALE DE LA PHASE 1 DU PROJET.....</b>	<b>41</b>

## Avertissement

Ce rapport est destiné, prioritairement :

- aux quatre co-financeurs de la phase 1 du projet, à savoir le Conseil Régional de Nouvelle-Aquitaine, le Conseil Départemental de la Gironde, la DREAL Nouvelle-Aquitaine et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne ;
- à la présidence et aux référents Eau et Biodiversité de FNE Nouvelle-Aquitaine (association porteuse du projet) ;
- à la présidence et au directeur de la SEPANSO Aquitaine (association qui a salarié les deux chargés de mission) ;
- aux membres du Comité de Pilotage du projet.

Sa diffusion ne peut être faite sans l'accord préalable de la structure porteuse du projet, FNE Nouvelle-Aquitaine.

Certaines données recueillies dans le cadre de cette phase 1 du projet ne figurent pas dans ce rapport, en particulier les coordonnées géographiques de certains sites qui ne doivent pas être rendues publiques. Il s'agit principalement de sites naturels sensibles faisant l'objet de mesures de protection (sites à chiroptères ou à Moule perlière par exemple), de sites miniers, ainsi que de sites de captages AEP (Alimentation pour l'Eau Potable), dont la localisation doit rester confidentielle.

De même, certaines données biospéologiques nous ont été communiquées à titre personnel et confidentiel (bases de données PASCALIS et EGCD de l'université de Lyon 1, données de Claude BOU, Alain BERTRAND, etc.). Une mention particulière doit être faite concernant les données communiquées par Bernard LEBRETON (communication personnelle). Celles-ci sont le résultat d'un travail de plusieurs années de compilation bibliographique, de collectes sur le terrain et de déterminations. Elles ont, à l'heure actuelle, un caractère strictement confidentiel et ne doivent pas être rendues publiques dans la mesure où elles n'ont pas encore fait l'objet de publications.

## Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui de près ou de loin, d'une manière ou d'une autre, ont participé à cette phase 1 du projet d'inventaire de la faune aquatique souterraine en Nouvelle-Aquitaine et ont su montrer de l'intérêt pour notre étude (une liste non exhaustive figure en Annexe 1).

Parmi celles-ci, nous tenons à remercier tout particulièrement les contributeurs de données et les nombreuses personnes nous ayant fait part de leurs connaissances, chacune dans leurs domaines de compétence, et qui ont permis d'atteindre les objectifs que nous nous étions fixés.

# 1 HISTORIQUE & GOUVERNANCE DU PROJET

## 1.1 Historique du projet

En 2012, la DREAL Poitou-Charentes avait missionné Poitou-Charentes Nature pour entreprendre une étude ayant pour objectif premier de mieux connaître l'écologie et la répartition de la Gallaselle, un petit crustacé endémique des eaux souterraines du grand centre-ouest de la France.

Au cours de la campagne de terrain qui s'en suivit (2013-2015), la stygofaune associée (= ensemble de la faune aquatique souterraine) a également été inventoriée de manière systématique sur les 4 départements de l'ex-région Poitou-Charentes (129 sites). Les déterminations fines des spécimens récoltés (morphologie et génétique) réalisés par différents experts et laboratoires partenaires ont révélé une biodiversité jusque-là insoupçonnée : une trentaine de taxons identifiés, avec bon nombre de « première mention », et quelques probables nouvelles espèces pour la Science (cf. § 4 et rapport POITOU-CHARENTES NATURE, 2016). Aux dires des spécialistes universitaires lyonnais, il s'agissait là du premier inventaire systématique mené sur une aussi grande échelle en France.

Considérant l'importance des résultats de l'étude menée en Poitou-Charentes, et pour couvrir l'ensemble du territoire de la région Nouvelle-Aquitaine née du redécoupage administratif des régions au 1<sup>er</sup> janvier 2016, FNE Nouvelle-Aquitaine (FNE N-A) a décidé de poursuivre les recherches sur la faune des eaux souterraines des deux autres régions Limousin et Aquitaine.

Un projet avait ainsi été défini, sous l'égide de FNE Nouvelle-Aquitaine et la présidence de Michel HORTOLAN, par un petit groupe de travail, au début de l'année 2017, et validé par le Conseil d'Administration de FNE Nouvelle-Aquitaine du 25 mai 2018, avec pour objectifs :

- de dresser un inventaire de la faune aquatique souterraine,
- d'appréhender la relation entre la présence de cette faune dans ses habitats naturels et la qualité des eaux souterraines.

FNE Nouvelle-Aquitaine est aujourd'hui la structure porteuse du projet, projet qui a fait l'objet d'une convention de délégation de maîtrise d'œuvre entre FNE N-A et la SEPANSO Aquitaine, le 14 juin 2018. Cette convention a permis le recrutement de deux chargés de mission dont les compétences sont complémentaires pour assurer la réalisation du projet : Thierry ALEZINE (hydrogéologue) et François LEFEBVRE (biologiste et écologue des milieux souterrains), lequel avait conduit précédemment l'étude en Poitou-Charentes.

## 1.2 Gouvernance du projet

Un Comité de pilotage (CoPil) a été mis en place dès le début de la phase 1 du projet. Ce CoPil dont la composition a été choisie pour lui permettre d'avoir un rôle décisionnel, comprend :

- les personnes qui, au sein des organismes financeurs, ont été en charge de l'instruction des demandes de subventions :
  - o **Valérie BOIREL**, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement en Nouvelle-Aquitaine (Service Patrimoine Naturel, chargée de mission connaissance, structuration & valorisation des données naturalistes, coordination inventaire géologique), puis **Bertrand CHEVALIER** (à partir de mars 2020) ;
  - o **Mélanie CHRÉTIEN**, Agence de l'Eau Adour-Garonne (Délégation Atlantique-Dordogne ; Unité territoriale Bordeaux, chargée d'intervention Milieux aquatiques / Espace rural) ;

- **Sophie KERLOC'H**, Région Nouvelle-Aquitaine (Direction Environnement, responsable Cellule Biodiversité Espaces Naturels) ;
  - **Sylvain BROGNIEZ**, Département de la Gironde (Direction de l'Environnement, chargé d'animation territoriale Milieux aquatiques et Biodiversité).
- ainsi que différents experts techniques et scientifiques :
- **Olivier DOUEZ**, Bureau de Recherches Géologiques et Minières Nouvelle-Aquitaine (hydrogéologue, responsable de l'activité Eau du BRGM de Bordeaux) ;
  - **Pierre MARCHET**, Agence de l'Eau Adour-Garonne (expert Eaux Souterraines, département Ressources en eau et milieux aquatiques) ;
  - **Christophe DOUADY et Florian MALARD**, Laboratoire d'Écologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés (spécialistes Taxonomie et Phylogénie des crustacés stygobies, université Claude Bernard, Lyon 1 - UMR CNRS 5023) ;
  - **Bernard LEBRETON**, Président du Comité Spéléologique Régional de Nouvelle Aquitaine ;
  - **Claude BOU**, biospéologue indépendant.

Une première réunion de CoPil s'est tenue à la DREAL Bordeaux le 14/10/2019. Elle a permis de définir de manière concertée et argumentée les grandes lignes et objectifs du projet, notamment en les hiérarchisant. Ainsi, il est apparu à tous plus intéressant de privilégier le premier objectif (dresser un inventaire de la faune aquatique souterraine en région), d'en faire l'objectif prioritaire et de ne faire du second (bio-indication de la qualité des milieux), qu'un objectif secondaire (conformément au CR validé par tous de cette réunion).

Par la suite, des échanges par courriels, collectifs ou individuels suivant les domaines de compétences de chacun, ont permis de repréciser certains points au fur et à mesure des besoins, et notamment d'affiner la stratégie d'échantillonnage, point-clé du projet.

## 2 OBJECTIFS & PERTINENCE DU PROJET

### 2.1 Objectifs du projet

Conformément aux décisions du CoPil, les objectifs du projet sont explicités et hiérarchisés comme suit :

#### 1. Inventaire de la stygofaune régionale

Le recensement des espèces aquatiques présentes "sous nos pieds", compte tenu de leur valeur scientifique et patrimoniale, justifie à lui seul le projet. En effet, en France et plus particulièrement dans le Grand-Ouest, la stygofaune reste relativement peu connue, voire ignorée, en raison probablement de la taille réduite de la plupart des organismes rencontrés, des problèmes de détermination des espèces et des difficultés d'accès à ces milieux. L'inventaire devra être mené dans la continuité de celui déjà effectué en Poitou-Charentes, de manière à disposer à terme de données comparables sur l'ensemble du territoire de la Nouvelle-Aquitaine.

#### 2. Bio-indication et qualité des eaux souterraines

Les hydrosystèmes souterrains sont des milieux naturels très sensibles aux activités humaines et pollutions de surface (percolation et infiltration d'eaux superficielles), et les espèces qui les peuplent aujourd'hui sont le reflet de multiples influences. Certaines espèces sont ainsi dites polluo-sensibles, et peuvent être utilisées comme sentinelles du bon fonctionnement de ces milieux.

En outre, le croisement de données relatives à la qualité des eaux souterraines (analyses physico-chimiques existantes ou acquises dans le cadre de ce projet) avec la présence/absence et l'abondance des

taxons collectés devrait permettre à terme d'apporter de nouveaux éléments et outils en matière de bio-indication de la qualité des eaux et des habitats souterrains.

Par ailleurs, compte tenu des thématiques abordées - biodiversité et ressources en eau - et des résultats attendus, il a également été convenu d'intégrer parallèlement au projet, un **volet sociétal d'éducation à l'environnement** (autres missions de FNE N-A et de la SEPANSO Aquitaine), à savoir :

- formation d'étudiants stagiaires et de certains des partenaires,
- sensibilisation des élus et acteurs de la biodiversité et de l'eau en Région,
- information du grand public et des propriétaires/gestionnaires de sites,
- développement d'un site internet dédié au projet,
- valorisation des résultats sous forme d'articles de presse, de notes de synthèse, de publications scientifiques, et alimentation des bases de données naturalistes en Région.

## 2.2 Pertinence du projet

Sur la base de l'étude réalisée en Poitou-Charentes, le projet étendu à la Nouvelle-Aquitaine devrait permettre de doubler voire tripler le nombre d'espèces connues, avec des premières mentions pour la plupart des départements concernés, et possiblement de nouvelles espèces (fort taux d'endémisme à prévoir). Il permettra aussi, pour les autres espèces à plus large répartition, de préciser leurs limites géographiques et/ou écologiques.

Par ailleurs, s'agissant d'un projet d'acquisition de connaissances relatives à la biodiversité et à la qualité des milieux aquatiques souterrains, il s'inscrit dans différentes politiques publiques et programmes de recherche déjà mis en place, et ce, à plusieurs niveaux :

- communal et départemental : Atlas de la Biodiversité Communale, inventaire faunistique des taxons méconnus (programmes récurrents des associations départementales naturalistes et spéléologiques) ;
- départemental et régional : Trame Verte et Bleue, Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET), Stratégie Régionale pour la Biodiversité (SRB), feuille de route Néo Terra, etc. ;
- régional : mise en œuvre des SDAGE Adour-Garonne et Loire-Bretagne, programme Re-Sources (reconquête et suivi de la qualité des eaux souterraines initié en Poitou-Charentes, et aujourd'hui étendu à la Nouvelle-Aquitaine) ;
- national : Stratégie Nationale pour la Biodiversité, nouvelle Stratégie pour les Aires Protégées (2020-2030), inventaire permanent de la stygofaune française (programme récurrent du laboratoire LEHNA, université Lyon 1, et du MNHN Paris) ;
- européen : Directive Cadre sur l'Eau (politique globale communautaire dans le domaine de l'eau) ;
- international : phylogéographie des Asellidae européens et américains (programme du laboratoire LEHNA, université Lyon 1).

De plus, le projet et les suites qui pourraient en être données (en termes de protection de la ressource en eau et de préservation des milieux aquatiques) permettront de répondre à certains des enjeux, orientations et/ou aux mesures du SDAGE Adour-Garonne actuel (2016-2021) et du prochain (2022-2027). À noter ainsi l'apparition d'une nouvelle mesure « A17 Développer et consolider les connaissances sur la biologie souterraine » dans la Version V1 du projet de SDAGE 2022-2027, présentée en Commission Planification, le 26 février 2020.

## 3 Objectifs de la phase 1 du projet

### 3.1 Rappel du calendrier prévisionnel

Compte tenu de l'expérience acquise lors de l'étude menée en Poitou-Charentes, il avait été décidé que le projet se déroulerait sur plusieurs années, et serait scindé en deux phases :

- une phase 1 (de septembre 2019 à avril 2020) correspondant à la réalisation d'une étude de faisabilité et de préfiguration de la phase 2 ;
- et une phase 2 (années 2021 et 2022) correspondant à la réalisation des campagnes de terrain (échantillonnages sur les sites présélectionnés en phase 1, mesures physico-chimiques sur site), déterminations des espèces, analyses en laboratoire, diffusion et valorisation des connaissances acquises.

La phase 1 a pour objectif d'étudier la faisabilité du projet, d'un point de vue administratif, technique, scientifique et budgétaire, et d'être un document préparatoire (étude de préfiguration) de la phase 2, qui sera la phase opérationnelle du projet. Elle a également pour objectif de sensibiliser et d'impliquer la plupart des organismes, structures et/ou personnes contactés, dans la réalisation de la phase 2. Elle permettra ainsi d'être opérationnel dès le début de la phase 2, afin d'engager les campagnes de terrain avec le maximum de préparation et de visibilité, et donc de réussite.

### 3.2 Objectifs opérationnels & Actions mises en œuvre

Pour chacune des deux phases du projet, des objectifs opérationnels ont été définis. Ceux de la phase 1 sont présentés ci-après.

L'atteinte de ces différents objectifs s'est traduite par de nombreuses actions, qui ont été réalisées en respectant une certaine logique dans le temps, un certain ordre (cf. ci-après), même si plusieurs de ces actions ont été menées en parallèle, pour tenir compte des contraintes inhérentes à chaque organisme, structure et/ou personnes contactés.

- compilation bibliographique des connaissances historiques sur la stygofaune en France et sur la Nouvelle-Aquitaine en particulier ;
- identification des personnes ressources, des partenaires techniques (comités spéléologiques) et scientifiques (taxonomie morphologique et moléculaire) ;
- constitution d'un listing taxonomique des espèces déjà inventoriées et/ou potentiellement présentes en région après consultation des bases de données faunistique existantes, extraction de la bibliographie et échanges avec les personnes ressources ;
- examen des potentialités de la région Nouvelle-Aquitaine en termes d'habitats pour la stygofaune, en fonction des types d'aquifères existants ;
- identification concertée des sites à prospecter sur l'ensemble des départements, des grands bassins versants et des grands types d'aquifères régionaux et tenant compte de zones protégées existantes.

Une phase de concertation préalable, impliquant l'organisation d'un certain nombre de réunions inter-partenariales avait été initialement envisagée. Compte tenu du nombre de partenaires et organismes à solliciter et de l'étendue de la Région, il s'est avéré, pour des raisons de coûts et de temps, plus pertinent

de réaliser cette phase de concertation à travers de très nombreux échanges téléphoniques et de courriels (cf. liste des contacts en Annexe 1).

À noter cependant, une réunion inter-partenariale qui s'est tenue le 09/01/2020, au Centre Nature "La Loutre" à Verneuil-sur-Vienne, et qui avait pour objectifs de présenter le projet et d'impliquer les associations naturalistes, en particulier celles affiliées à Limousin Nature Environnement, pour qu'elles puissent localement accompagner le projet, compte-tenu de leurs compétences et de leurs connaissances du territoire.

Les parties et paragraphes qui suivent (§ 4 à 12) présentent les résultats des actions qui ont été réalisées lors de cette phase 1.

## 4 POTENTIALITÉS DE LA RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE EN TERMES D'ESPÈCES

Préalablement à ce programme d'étude, la stygofaune de Nouvelle-Aquitaine n'était que partiellement et ponctuellement connue (à l'exception notable de la frange pyrénéenne). La région n'a en effet pas bénéficié de la présence historique de grands centres de recherche dédiés à l'étude de ces animaux, comme cela a pu être le cas autour du laboratoire souterrain de Moulis en Ariège (région Occitanie) ou encore aujourd'hui autour du laboratoire universitaire/CNRS de Lyon 1 (région Auvergne-Rhône-Alpes).

Par ailleurs, depuis les débuts de la biospéologie, au XIX<sup>e</sup> siècle, les investigations se sont essentiellement concentrées sur les nappes et rivières souterraines en milieux karstiques (grottes). C'est le grand apport de ces 50 dernières années que d'avoir étendu les recherches aux nappes alluviales et au sous-écoulement des cours d'eau (l'utilisation de la pompe Bou-Rouch et du filet phréatobiologique date de cette époque ; respectivement BOU & ROUCH, 1967, et CVETKOV, 1968). Depuis on s'est aperçu que ces hydrosystèmes n'étaient que des sous-systèmes d'un même continuum, et en l'absence de pollution/perturbation, la stygofaune est attendue à peu près partout où il y a de l'eau souterraine (FERREIRA *et al.*, 2007), et qu'on ne peut la révéler qu'en se donnant les moyens de l'échantillonner de manière systématique dans le cadre d'un programme scientifique concerté.

### 4.1 Bilan de l'étude réalisée en ex-Poitou-Charentes

L'étude précédemment réalisée en ex-région Poitou-Charentes (2013-2015) constitue encore aujourd'hui le premier essai d'inventaire systématique de la stygofaune, réalisé à une telle échelle, sur le territoire national (dixit les universitaires lyonnais F. MALARD & C. DOUADY, comm. pers., 2019).

Un échantillonnage stratifié de 129 sites, répartis sur les 4 départements, dans les différents hydrosystèmes souterrains, a permis de quadrupler les connaissances en Région (N = 47 vs 199 ; cf. cartographies ci-dessous).

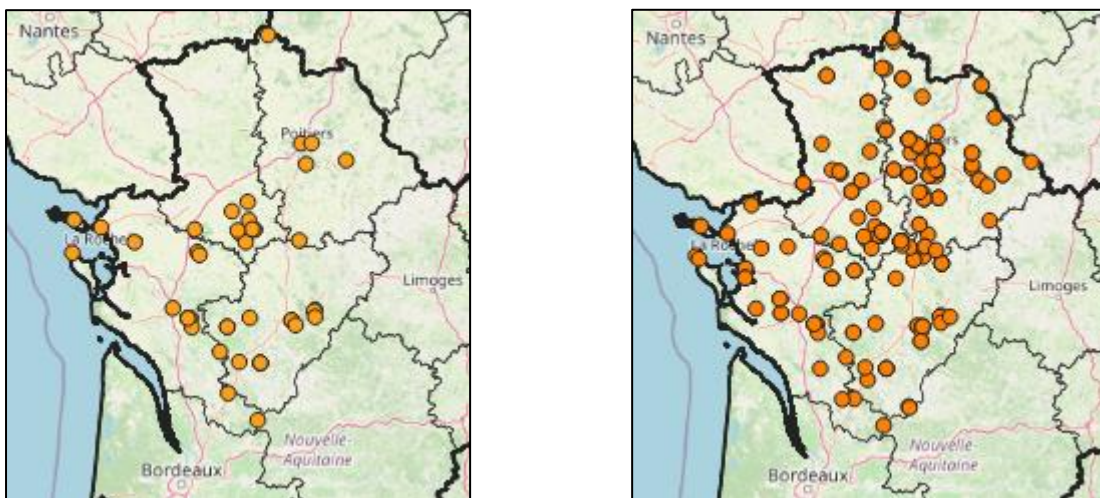


Fig. 4.1 : cartographie des connaissances sur la stygofaune en ex-région Poitou-Charentes, avant et après étude.

Ce faisant, l'inventaire a révélé l'existence d'une biodiversité jusque-là insoupçonnée (cf. tableau de synthèse ci-après, et planche de photos en Fig. 4.3).

Taxons identifiés		Nb sites	Effectif	Nb spp.	
<b>Annélides</b>		<i>Rhyacodrilus falciformis</i>	1	1	1
		<i>Trichodrilus</i> sp.	23	65	1
		Phallo-drilinae spp.	6	15	≥ 1
		Tubificinae spp. (6 morphes)	7	18	6
<b>Mollusques</b>		<i>Islamia moquiniana</i>	11	≈ 30	1
		<i>Bythinella</i> sp. (2 morphes)	56	≈ 500	2
		Hydrobiidae/Moitessieriidae sp.	1	1	1
<b>Arachnides</b>		<i>Soldanellonyx chappuisi</i>	1	2	1
		<i>Halacarellus subterraneus</i>	1	2	1
<b>Crustacés</b>	<b>Isopodes</b>	<i>Gallasellus heilyi</i> + <i>Gallasellus</i> spp.	22	228	≥ 4
		<i>Caecosphaeroma burgundum</i>	10	29	1
	<b>Amphipodes</b>	<i>Niphargus admiraulti</i>	17	59	1
		<i>Niphargus kochianus</i>	1	6	1
		<i>Salentinella</i> sp.	2	4	≥ 1
		<i>Ingolfiella</i> sp.	1	1	1
	<b>Ostracodes</b>	<i>Fabaeformiscandona breuili</i>	1	3	3
		<i>Fabaeformiscandona</i> sp.	1	2	≥ 1
		<i>Cryptocandona</i> sp.	2	5	≥ 1
		<i>Typhlocypris</i> sp.	15	19	≥ 1
		Candoninae sp.	1	2	≥ 1
		<i>Sphaeromicola topsenti</i>	1	3	1
	<b>TOTAL</b>			<b>≈ 1000</b>	<b>≥ 30</b>

Tableau 4.1 : grands taxons et espèces stygobies (ou à tendance stygobie) identifiés dans les collectes effectuées sur les 129 sites de l'étude en ex-Poitou-Charentes.

Au final, une trentaine de taxons ont ainsi pu être identifiés, avec bon nombre de « première mention », et quelques probables nouvelles espèces pour la Science. Ainsi par exemple, le crustacé stygobie *Gallasellus heilyi* (LEGRAND, 1956) a été retrouvé sur 22 sites (cf. points rouges sur la cartographie ci-après), alors qu'il n'était connu auparavant que de 8 stations en Charente-Maritime et en Deux-Sèvres (dont la station-type de description de l'espèce).

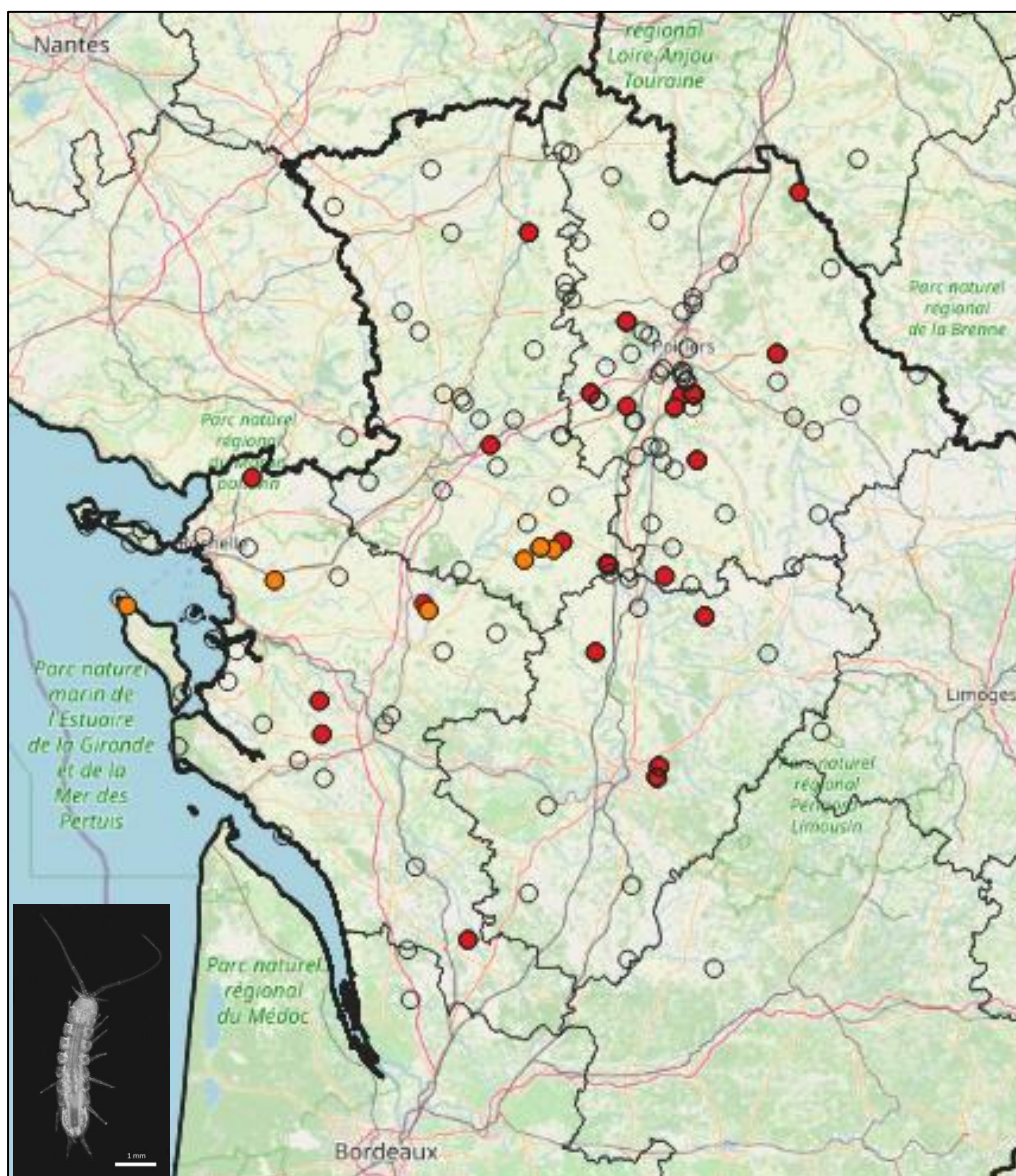


Fig. 4.2 : cartographie des sites prospectés avec identification des sites à gallaselles (cf. encart) ; en orange les sites historiques avant étude, en rouge les sites nouvellement découverts.

Par ailleurs, une analyse taxonomique fine (morphologie + séquençage génétique) des spécimens transmis aux experts du laboratoire LEHNA de Lyon 1 (CNRS/université) a permis de révéler l'existence probable non pas d'une espèce mais d'au moins 4 espèces cryptiques, encore dénommées à ce jour *Gallasellus* sp. A, sp. B, sp. C, et *Gallasellus rabier* n. sp. (résultats inédits, F. MALARD & C. DOUADY, comm. pers., 2014, 2016) qu'il conviendra de décrire, lorsque leur aire de distribution respective pourra être affinée par des collectes de terrain complémentaires.

De même, chez les crustacés ostracodes, des taxons considérés comme potentiellement nouveaux ont été collectés sur 13 sites en Vienne, Charente-Maritime et Deux-Sèvres (Pierre MARMONIER, comm. pers., 2015). Et chez les mollusques, un Hydrobiidae/Moitessieriidae non rattachable à une aucune espèce connue à ce jour a été identifié sur 1 site en Charente-Maritime (nappe de la Grotte Pampin, Nieul-les-Saintes) sans qu'il soit encore possible de déterminer s'il appartient à une faune actuelle ou fossile (Alain BERTRAND, comm. pers., 2016).



Fig. 4.3 : planche illustrant la diversité de la stygofaune picto-charentaise. Au centre un Niphargus, crustacé grand prédateur de ces milieux (20-30 mm de long ; échelle conservée pour les autres espèces) ; crustacé Caecosphaeroma burgundum (en haut à gauche) ; crustacé Typhlocypris sp. (en haut à droite) ; annélide Phalldrotilinae sp. (en bas à gauche) ; arachnide Soldanellonyx chappuisi (au milieu à droite) ; mollusque Islamia moquiniana (en bas à droite).

## 4.2 Recueil de données bibliographiques

Une base de données « Stygofauna » a été constituée sous ZOTERO, logiciel de gestion de références bibliographiques, gratuit, libre et open source. Elle contient à ce jour (juin 2020) plus de 570 items. Cette masse bibliographique conséquente sur la stygofaune a bénéficié de celle déjà constituée pour l'étude en Poitou-Charentes, à laquelle s'est ajoutée une recherche spécifique sur la Nouvelle-Aquitaine, avec - entre-autres - un certain nombre de références communiquées par Bernard LEBRETON (biospéologue, président du Comité Spéléologique Régional de Nouvelle-Aquitaine), auteur d'un travail de recensement bibliographique sur le patrimoine naturel des cavités en France et même au-delà.



Fig. 4.4 : capture-écran de la fenêtre d'accueil du logiciel de gestion bibliographique ZOTERO ; la base de données « Stygofauna » contient à ce jour (juin 2020) plus de 570 items.

La majorité des références ainsi identifiées correspond à des articles de revue (N = 390, 68 %) qui ont pu être collectés (copies papier, PDF ou scan) *via* des programmes de numérisation en ligne (Gallica, Library Heritage, Persee, etc.) pour les plus anciennes littératures, *via* des plateformes de dépôt de publications en ligne (HAL-CNRS, HAL-BRGM, ResearchGate, Sci-Hub, LibGen). Le reste a été acquis par demande directe auprès des auteurs, par échanges entre chercheurs, et auprès de différentes bibliothèques universitaires (BU de Bordeaux, La Rochelle, Poitiers) ou de sociétés savantes (Société Linnéenne de Bordeaux, Société des Antiquaires de l'Ouest, etc.).

Auteurs	Années	Articles	Thèses	Livres	Items dispo
N = 422	1768 - 2020	390	16	81	285

Tableau 4.2 : éléments clés de la base de données « Stygofauna » ; la dernière colonne indique le nombre d'items physiquement disponibles (juin 2020), sous forme d'originaux, de copies papier ou de PDF.

Un certain nombre de références traite de l'écologie générale ou appliquée des milieux aquatiques souterrains (N = 195, 34 %). Une fraction recense des items de vulgarisation et de sensibilisation à la stygofaune et aux milieux souterrains en particulier, comme des supports de présentation, coupure de presse, etc. (N = 69, 11 %). L'essentiel cependant concerne l'observation ou la description d'espèces stygobies sur la région Nouvelle-Aquitaine et départements immédiatement alentours (N = 307, 54 %).

Cet outil devrait permettre à terme de recenser l'ensemble des sources d'informations disponibles sur la stygofaune à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, de manière à disposer de toutes les références utiles à l'inventaire des espèces déjà contactées et/ou potentiellement présentes sur le territoire régional (cf. § suivant). En phase 2, le fait de disposer de ces références taxonomiques et descriptives de base permettra d'opérer en toute autonomie le pré-tri taxonomique des animaux récoltés, en vue des envois circonstanciés aux différents experts de groupes (cf. Annexe 3).

### 4.3 Synthèse taxonomique sur la stygofaune en Nouvelle-Aquitaine

D'après la synthèse la plus récente (travail de thèse de David FERREIRA, laboratoire de Lyon 1), publiée en 2007, il existerait en France environ 380 taxons stygobies (ou à tendance stygobie). Le groupe des crustacés est de loin le mieux représenté dans nos eaux souterraines avec plus de 60 % des taxons, puis viennent les mollusques (12 %) et les annélides (2 %) ; c'est dire qu'avec ces 3 groupes taxonomiques on couvre les 3/4 de la biodiversité connue en France (même proportion au niveau européen, voir SKET, 1999). Une analyse de la base de données PASCALIS qui a servi à faire cette étude, mais non alimentée depuis 2003, a permis de révéler que le quart sud-est de la France s'avère être le plus riche en termes de diversité taxonomique (N = 208), suivi par le quart sud-ouest (N = 190), puis le nord-est (N = 99) et enfin le nord-ouest (N = 19). Le potentiel de la région Nouvelle-Aquitaine est donc grand en termes de biodiversité.

Une extraction des bases taxonomiques existantes les plus complètes en France (PASCALIS) et en Europe (EGCD), ciblée sur la Nouvelle-Aquitaine et département alentours (N = 24 dpts), complétée par les données de l'étude en Poitou-Charentes, par des données extraites de la littérature, de rapports confidentiels qui nous ont été transmis (ex. rapport ES & VONK, 1987, Catalogues départementaux de B. LEBRETON) ou de données inédites non-encore publiées (comm. pers., C. BOU) a permis de révéler les statistiques suivantes (cf. Tableau 4.3) et de dresser la carte des connaissances actuelles sur la Nouvelle-Aquitaine et départements alentours (Fig. 4.4).

Dpts	16	17	19	23	24	33	40	47	64	79	86	87
Nb Sites	16	16	13	1	86	26	9	36	90	18	42	1
Nb Taxons	9	14	6	1	24	6	6	11	56	11	12	1

Tableau 4.3 : nombre sites à stygofaune et diversité taxonomique par département sur la Nouvelle-Aquitaine (sur la base d'une compilation de N = 920 données d'observations, juin 2020).

Au sein de la Nouvelle-Aquitaine, il existe une très grande disparité en termes de connaissances. Ainsi, les Pyrénées-Atlantiques (64) concentrent à elles seules 56 taxons, dont près de la moitié (N = 26, 46 %) sont endémiques à ce département. Les grands domaines karstiques de la Dordogne et du Lot-et-Garonne apparaissent eux aussi relativement bien documentés en termes de stygofaune, et ce grâce en partie aux remontées d'observations de biospéologues locaux très actifs (ex. Bernard LEBRETON, Ruben CENTELLES, Claude BOU pour les contemporains). Par ailleurs, ce territoire a bénéficié d'une campagne de prospection menée par une équipe de chercheurs néerlandais (laboratoire ITZ du professeur STOCK, Amsterdam), et dont les résultats étaient restés jusque-là assez confidentiels (cf. rapport ES & VONK, 1987).

À l'inverse, les départements de la Creuse (23) et de la Haute-Vienne (87) ne comptent chacun qu'un taxon stygobie clairement identifié à ce jour (*Niphargus aquilex* et *Niphargus schellenbergi*, respectivement). De même, les zones côtières sableuses de la Gironde (33) et des Landes (40) ne semblent pas encore avoir livré d'espèces stygobies. Reste à savoir si la rareté des données d'observation sur ces territoires est le reflet d'une réelle paucité en taxons stygobies (habitats non propices ou non colonisés) ou la conséquence d'un défaut historique d'échantillonnage.

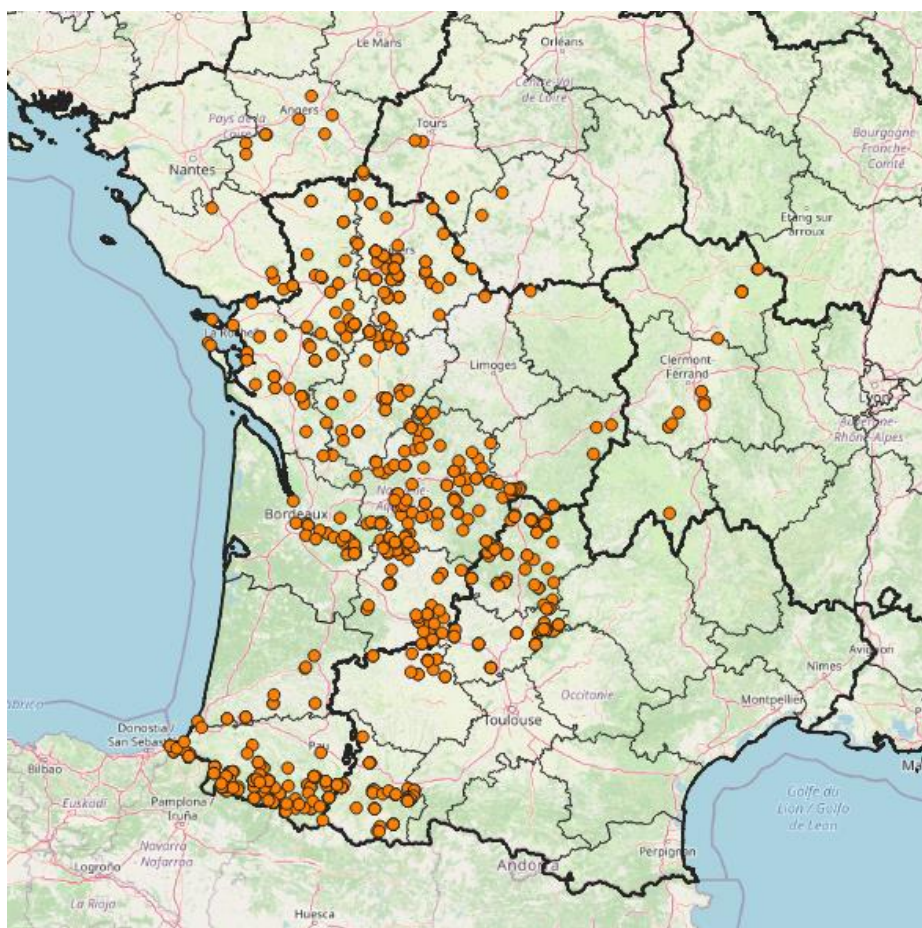


Fig. 4.5 : cartographie des données stygofaune pré-existantes sur le territoire de la Nouvelle-Aquitaine (N = 12 dpts), étendu aux départements immédiatement limitrophes (N = 24 dpts).

# 5 POTENTIALITÉS DE LA RÉGION NOUVELLE-AQUITAINE EN TERMES D'HABITATS

## 5.1 Contextes hydrologique, géologique et hydrogéologique de la Nouvelle-Aquitaine

### 5.1.1 Contexte hydrologique de la Nouvelle-Aquitaine

La Région est caractérisée par une grande diversité de milieux aquatiques et écosystèmes associés, composantes essentielles du cycle de l'eau : têtes de bassin (franges ouest du Massif central et pyrénéenne) avec d'importants chevelus de petits cours d'eau essentiels au bon fonctionnement hydrologique des bassins, ruisseaux et rivières, fleuves, étangs et zones humides, zones estuariennes et eaux côtières, nappes libres de surface, aquifères captifs et/ou profonds.

D'autre part, une des caractéristiques des hydrosystèmes de la région Nouvelle-Aquitaine est leur forte interdépendance avec ceux des régions voisines : de grands cours d'eau de notre région ont leurs sources dans les régions voisines (la Garonne ou l'Adour, par exemple, ont leurs sources en Occitanie) ; et des cours d'eau des régions voisines trouvent leur source en Nouvelle-Aquitaine (la Vienne, la Creuse ou la Sèvre nantaise, par exemple).

Le territoire de la région Nouvelle-Aquitaine est partagé entre deux grands bassins hydrographiques, le bassin Adour-Garonne (71 % du territoire de la Nouvelle-Aquitaine) et le bassin Loire-Bretagne (29 % du territoire) qui se subdivisent en sept principaux bassins versants (cf. carte ci-dessous) :

- Bassin versant Adour-Garonne :
  - o Charente
  - o Fleuves côtiers (Seudre, Leyre, Nivelle, ...)
  - o Dordogne (sous-bassins : Dronne, Isle, Vézère, ...)
  - o Garonne (sous-bassins : Dropt et du Lot...)
  - o Adour (sous-bassins : Douze, Midouze, Luys et Gaves, ...)
  
- Bassin versant Loire-Bretagne :
  - o Sèvre Niortaise
  - o Loire (sous-bassins : Vienne, Thouet, Sèvre Nantaise, ...)

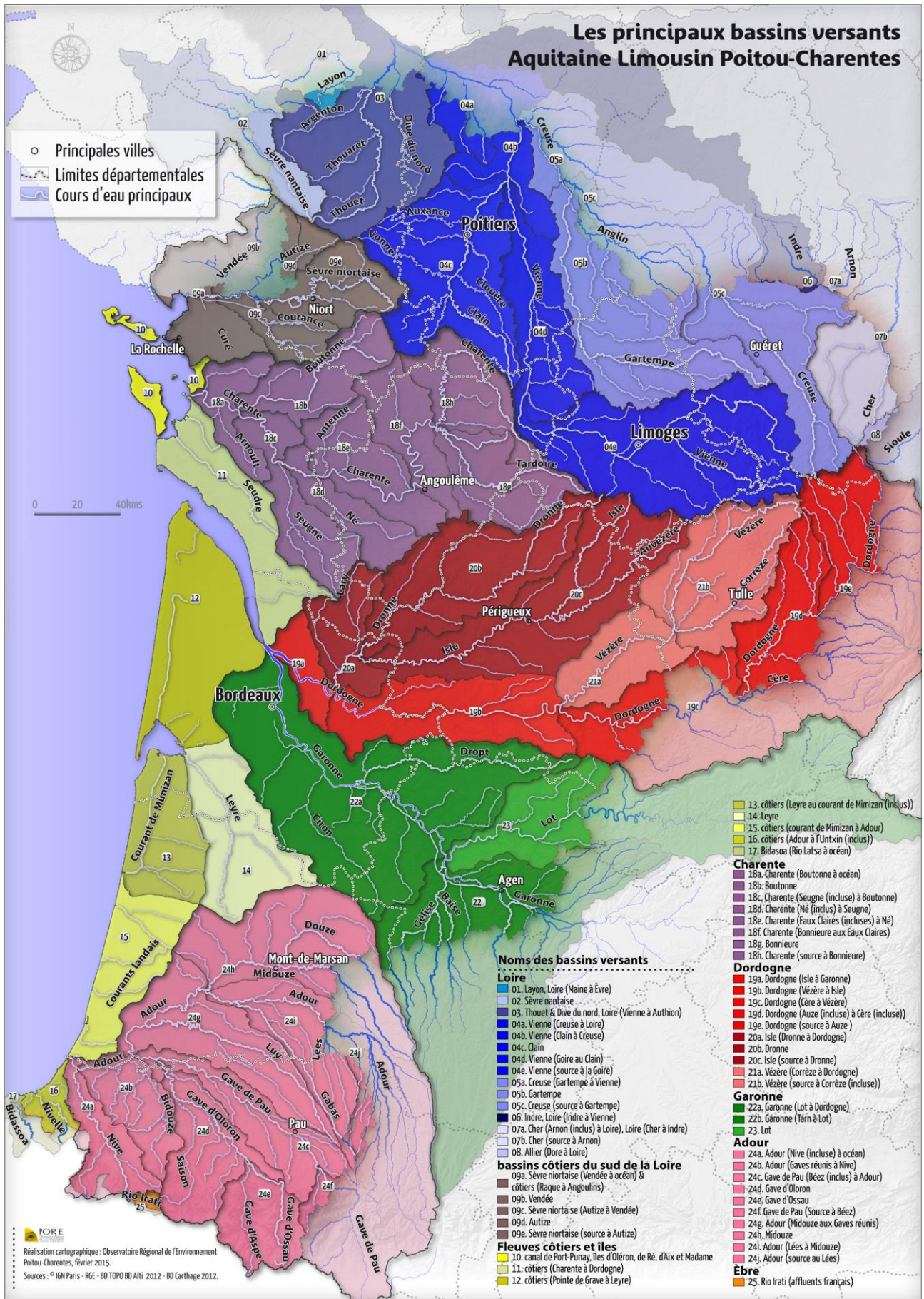


Fig. 5.1 : les principaux bassins versants de Nouvelle-Aquitaine.

## 5.1.2 Contextes géologique et hydrogéologique des ex-régions Aquitaine et Limousin

### 5.1.2.1 Contexte géologique

Sur le plan géologique, la plus grande partie du territoire de la région Nouvelle-Aquitaine (ex-régions Poitou-Charentes et Aquitaine) appartient au Bassin aquitain, tandis que la partie restante (ex-région du Limousin) correspond à la bordure sud-ouest du Massif central.

#### Ex-région Aquitaine

L'ex-région Aquitaine est au centre d'un bassin sédimentaire dont les dépôts sont issus des érosions successives des massifs montagneux environnants : au nord, les Massifs armoricain et vendéen, au sud, la chaîne des Pyrénées et au nord-est le Massif central. Ce territoire vaste de 41 300 km<sup>2</sup> s'ouvre largement sur l'océan Atlantique (prolongation sous l'océan par le plateau continental du golfe de Gascogne) avec une côte de 250 km de long.

Trois grandes entités structurent la géologie régionale (voir figure suivante 5.2) :

- le **socle du Massif armoricain et du Massif central**, massifs anciens formés durant le Paléozoïque, sur lesquels le Bassin s'appuie ;
- le **Bassin aquitain** (pour partie) constitué de terrains témoignant de comblements successifs du Mésozoïque au Cénozoïque : alternance de dépôts marins et continentaux. Des dépôts superficiels, plus récents (Plio-Quaternaire), éoliens ou alluviaux, recouvrent le bassin. Le bassin est ainsi fait d'un empilement de couches perméables (sables, grès et calcaires, ...) alternant avec des couches imperméables (argiles et marnes), les couches les plus anciennes affleurant à l'Est et au Nord et étant recouvertes par les couches plus récentes qui s'épaissent et s'approfondissent vers l'Ouest ;
- la **chaîne des Pyrénées** dont la surrection a débuté durant l'Eocène moyen (40 Ma). Cet événement a provoqué des plissements de terrains paléozoïques à cénozoïques, qui délimite le sud du bassin.

La diversité géologique des terrains et des reliefs engendre une variété originale de pays, de paysages et de terrains témoins d'une histoire qui s'est donc écoulée durant 540 millions d'années.

#### Ex-région du Limousin

L'ex-région du Limousin est constituée de deux domaines géologiques fondamentalement différents, le massif cristallin du Massif central qui couvre 93 % du territoire limousin et le Bassin aquitain, dont les formations sédimentaires occupent une petite partie du territoire au Sud-Ouest.

Le socle cristallin est constitué de roches métamorphiques (micaschistes, gneiss) et de formations granitiques intrusives (dont les plus importantes sont les complexes de Millevaches, de Guéret et de Saint-Sylvestre), datant du Paléozoïque, assemblées à cette époque en une gigantesque chaîne de montagnes (chaîne hercynienne européenne) qui a été érodée.

Les premières formations sédimentaires déposées sur le socle hercynien sont des dépôts continentaux de bassins houillers. Puis viennent ensuite, des formations de conglomérats, grès et argilites du Permien et du Trias du Sud-ouest du Limousin, recouvertes par des formations carbonatées du Secondaire (Jurassique et Crétacé). Le Tertiaire est représenté par deux petits bassins sédimentaires, au Nord du Limousin (Gouzon et Genouillac), tandis que les formations du Quaternaire sont représentées par des alluvions et des colluvions de versants et fonds de vallées et par des terrasses anciennes.

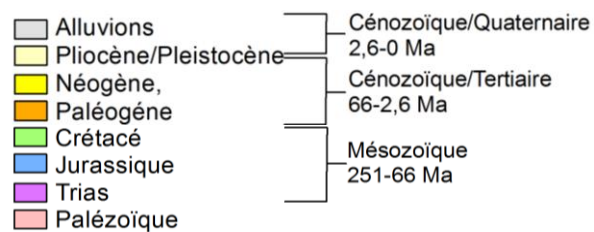
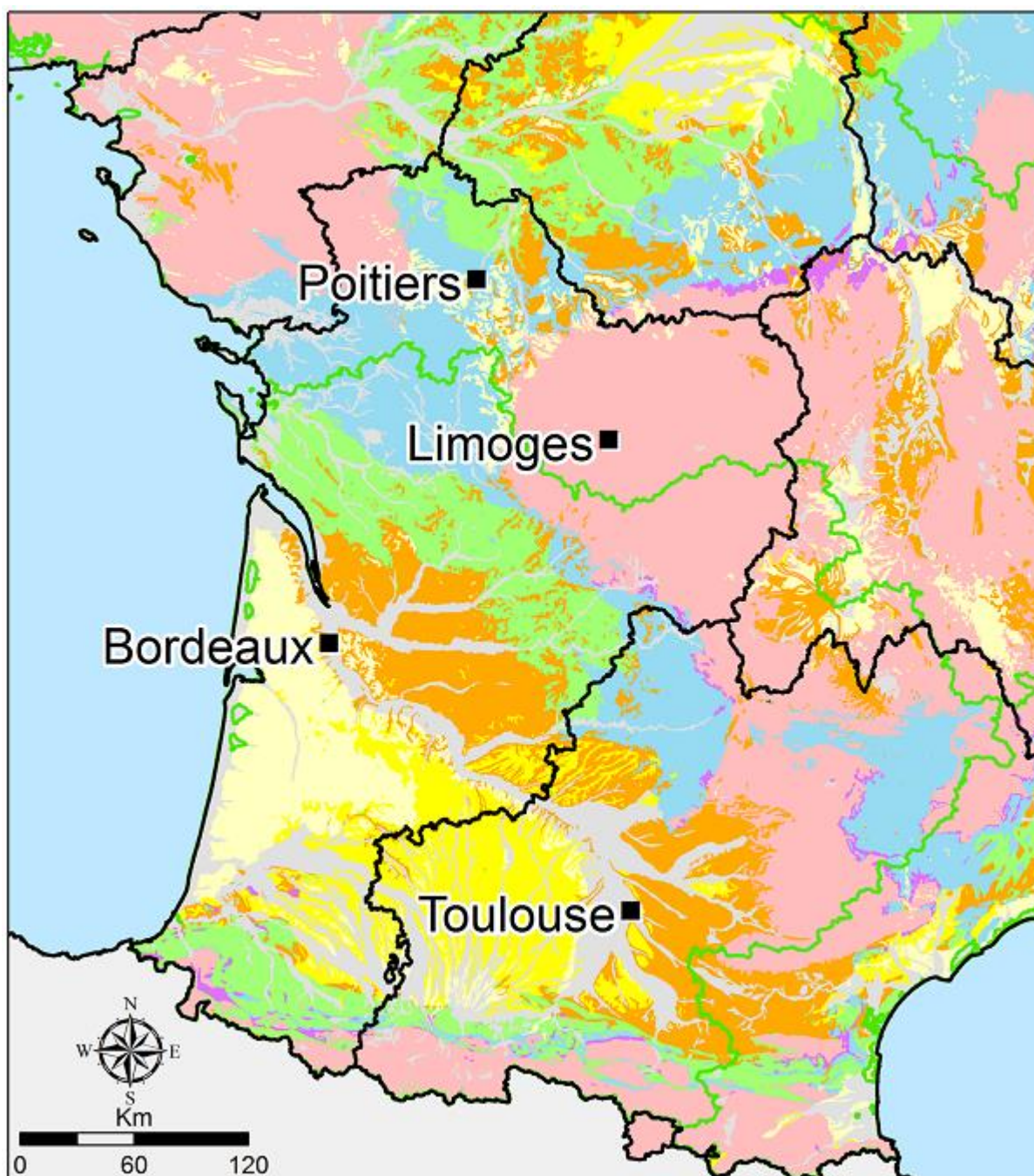


Fig. 5.2 : carte géologique de la Nouvelle-Aquitaine.

Enfin, sur tout le territoire régional s'observent failles et vallées profondes aux pentes vertigineuses. Elles sont apparues il y a 65 millions d'année et ont été modelées notamment lors de la fonte des glaciers qui recouvraient l'Auvergne voisine. Topographiquement, on observe une zonation du Limousin de l'est avec les altitudes les plus élevées, vers l'ouest et le sud où le plateau rejoint les collines et les plaines des bassins sédimentaires alentour.

## Géologie du Limousin

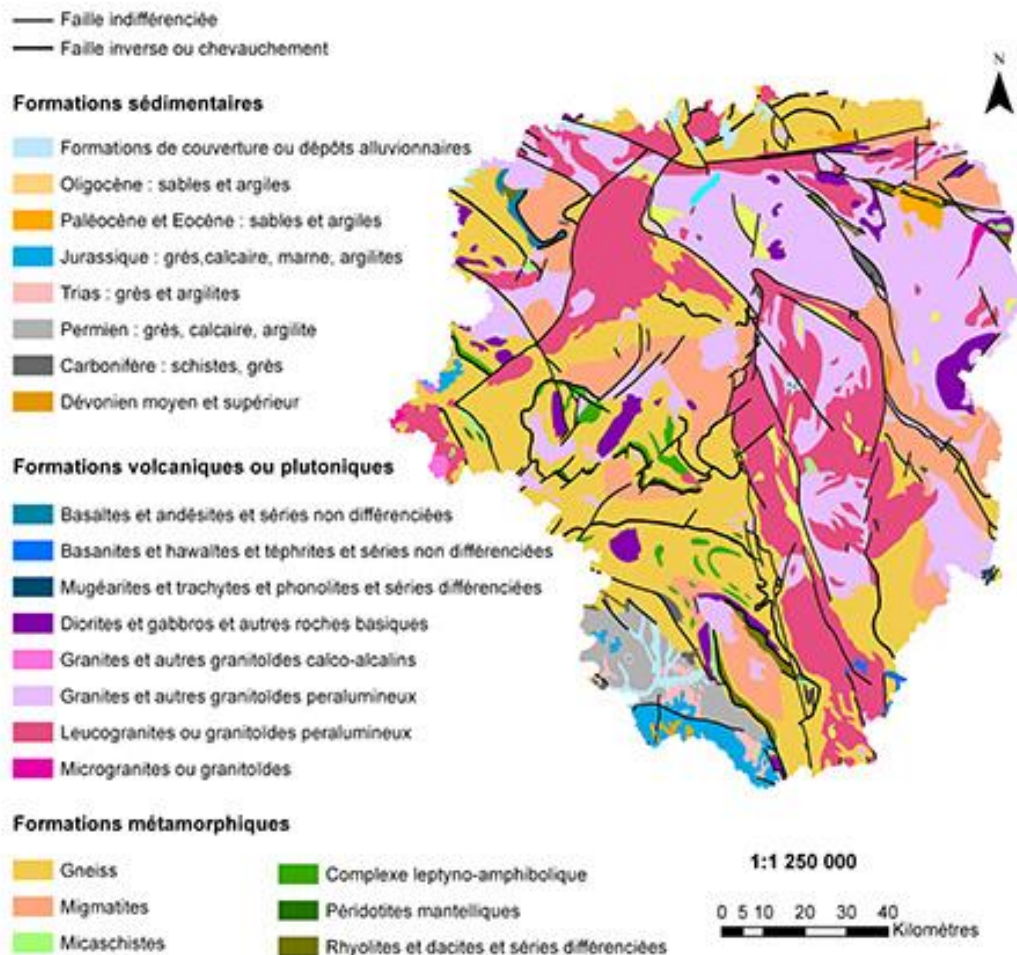


Fig. 5.3 : carte géologique de l'ex-Limousin.

### **5.1.2.2 Contexte hydrogéologique**

Concernant les eaux souterraines, les contextes géologiques variés présents en Région Nouvelle-Aquitaine conditionnent la répartition géographique, la disponibilité et la vulnérabilité de ces ressources sur le territoire.

Les eaux souterraines sont une ressource stratégique pour la Région, avec : (a) 840 Mm<sup>3</sup> des prélèvements réalisés en nappes ; et (b) 80 % de l'eau destinée à l'alimentation en eau potable prélevée en nappes. Cette ressource est cependant sous pression avec un tiers des masses d'eau souterraines en mauvais état chimique (pollution par les nitrates et les pesticides) et 15 % des masses d'eau souterraines en déséquilibre quantitatif.

#### **Aquifères du centre du Bassin aquitain**

L'accident structural de la « Flexure Celtaquitaine », qui s'étend selon une ligne Arcachon-Toulouse sépare le Bassin aquitain en deux entités distinctes : au Sud une série sédimentaire marine, au Nord domaine de plate-forme de haut-fond. De cette hétérogénéité géologique, découle une répartition spatiale et verticale des réservoirs aquifères relativement hétérogène.

Au Nord de l'Aquitaine se développe le système Multicouche Nord-Aquitain qui fournit l'alimentation en eau potable du département de la Gironde, et une partie de la Dordogne, du Lot-et-Garonne et des Landes, au Sud, l'aquifère profond des Sables Infra-Molassiques (SIM) est commun avec Midi-Pyrénées.

Au Nord-Est et au Sud, les formations calcaires des Causses et des Chaînons Béarnais renferment de puissants aquifères karstiques. Superposées à ces grands systèmes aquifères, les formations alluviales du Quaternaire sont le siège des nappes d'accompagnement des grands cours d'eau, et de la nappe phréatique du Sable des Landes.

#### **Le Limousin et les aquifères de socle**

Les roches cristallines et cristallophylliennes (granite et gneiss principalement) qui constituent le sous-sol du Limousin ont des propriétés hydrodynamiques héritées des processus d'altération et de la tectonique. Ces roches, de par l'extrême variabilité spatiale de leurs paramètres hydrodynamiques, composent des aquifères composites et discontinus. La partie superficielle et altérée de ces aquifères (altérites) assure la fonction capacitive (stockage de l'eau), alors que la partie fracturée plus profonde est transmissive (circulation des eaux).

En domaine de socle, le type d'aquifère rencontré correspond à un « complexe multicouche » (altérites meubles et horizon fissuré), comme illustré sur la figure suivante.

Plus en profondeur, la roche mère est saine et peu fracturée. Ce massif sain ne présente une capacité à laisser transiter les eaux souterraines que très localement, à la faveur de fractures tectoniques qui, si elles ne sont pas colmatées, vont permettre la circulation de l'eau en profondeur, voire le drainage des aquifères de surface.

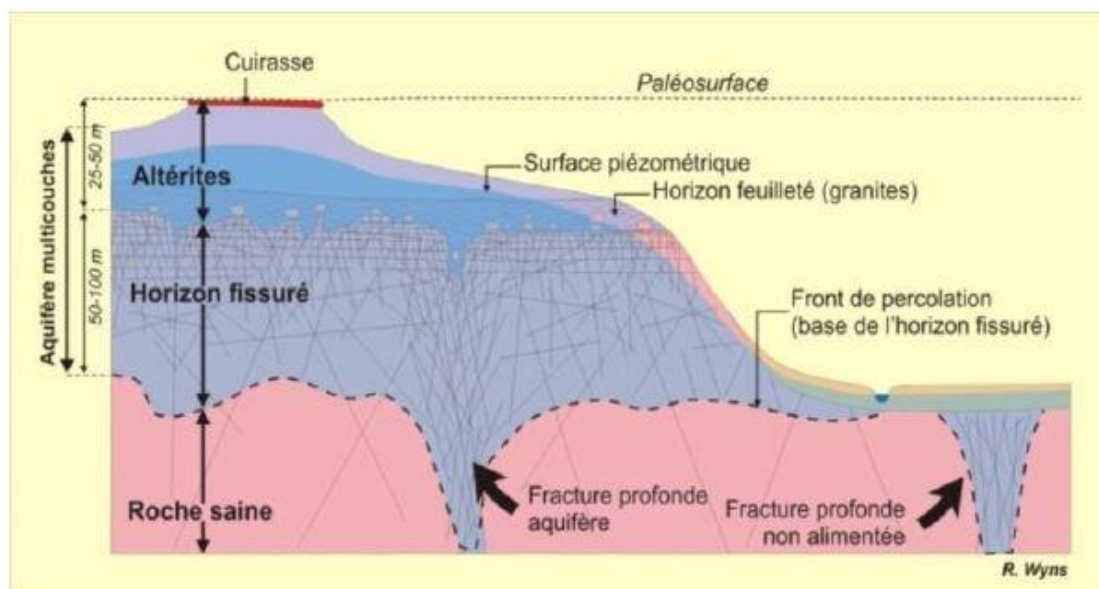


Fig. 5.4 : modèle conceptuel d'aquifère de socle en contexte d'altération (d'après R. Wyns).

À noter que parfois, un seul des deux aquifères se développe, soit dans les formations meubles proches de la surface (absence de milieu fissuré en dessous), soit dans le milieu fissuré affleurant (sans couverture meuble).

En domaine sédimentaire, qui comme précisé dans le contexte géologique, couvre environ 7 % de la surface du territoire limousin, 2 secteurs, caractérisés par un contexte hydrogéologique distinct, présentent des formations aquifères :

- Bassin de Gouzon (Creuse) : aquifère des sables et argiles tertiaires sur une superficie de 50 km<sup>2</sup>. Il s'agit d'un aquifère complexe, hétérogène avec superposition de plusieurs réservoirs séparés par des niveaux argileux de plusieurs mètres d'épaisseurs.
- Bassin de Brive-la-Gaillarde (Corrèze) : aquifères karstiques du Jurassique moyen, localisés en bordure nord du Bassin aquitain, occupant une surface de quelques 100 km<sup>2</sup>.

## 5.2 Typologie des habitats aquatiques souterrains de la stygofaune

### Délimitation des masses d'eau souterraine

Afin de répondre aux exigences de la Directive Cadre sur l'Eau et dans le cadre du SDAGE Adour-Garonne actuel, les différents aquifères présents sur le bassin Adour-Garonne ont été subdivisés en masses d'eau souterraines (MESO). La délimitation des masses d'eau souterraine a été faite selon une typologie établie au niveau national et basée sur des caractéristiques physiques (géologiques, hydrogéologiques) et comportementales (hydrodynamiques) dominantes.

Parmi les 105 masses d'eau souterraine du bassin Adour-Garonne, 67 sont libres, 24 ont des parties libres et captives associées (dont 6 majoritairement captives, 18 majoritairement libres) et 14 sont strictement captives et exclusivement de type sédimentaire.

Six types de masse d'eau souterraine (voir figure 5.5) couvrent l'ensemble des modes de gisement et de circulation de l'eau souterraine et sont tous représentés dans le bassin Adour-Garonne.

Le tableau ci-dessous présente une répartition par type pour les 105 masses d'eau du bassin Adour-Garonne.

Type de masse d'eau	Nb
Volcanique	4
Socle	8
Alluvions	17
Intensément plissé	8
Dominante sédimentaire	62
Imperméable localement aquifère	6

Tableau 5.1 : répartition par type des 105 masses d'eau souterraine naturelles.

Les types les plus représentés sur le bassin sont les masses d'eau à dominante sédimentaire qui représentent 55 % des masses d'eau d'Adour-Garonne et couvrent la plus grande superficie.

Les masses d'eau de type imperméable localement aquifère ne sont qu'au nombre de 6 mais ont une grande extension sur le bassin et couvrent plus de 25 000 km<sup>2</sup> à elles seules.

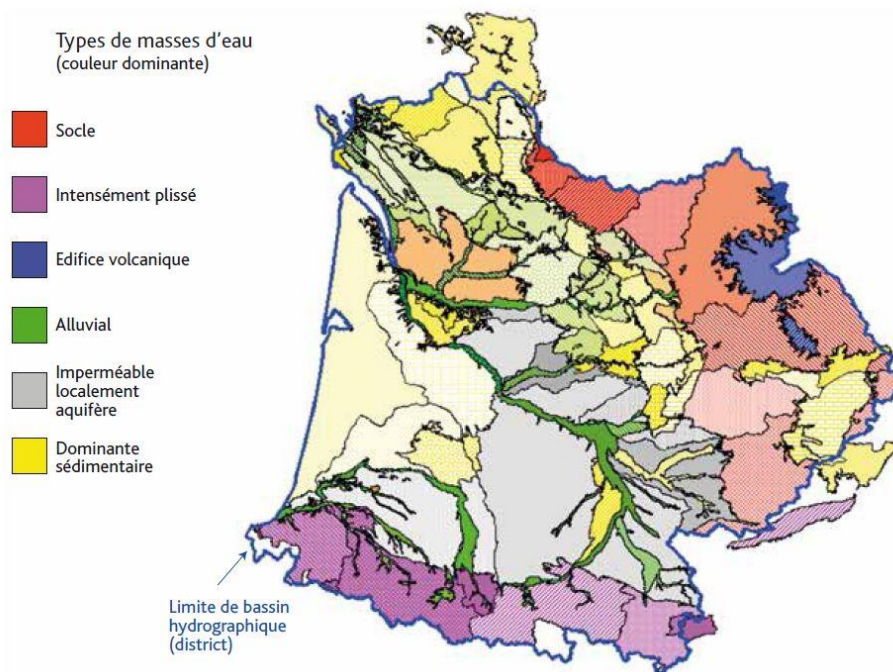


Fig. 5.6 : carte des nappes libres du bassin Adour-Garonne.

**Dans la suite du rapport, nous adopterons cette typologie pour caractériser les systèmes aquifères et décrire les milieux dans lesquels se feront les collectes d'échantillons.**

Compte-tenu de la biologie des espèces considérées, de leurs besoins, seules les masses d'eau souterraine libres en relation avec la surface du sol permettent de rencontrer des conditions de vie favorables à leur présence (teneur en matière organique, en oxygène dissous, ...), et sont à considérer.

Ainsi, à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine, trois grands ensembles au sein desquels ces masses d'eau souterraine libres existent, peuvent être distingués :

- les masses d'eau du **socle du Massif central**, au sein duquel se différencient également des masses d'eau de type volcanique (Aubrac, Cantal, Cézallier, Mont-Dore), et celles de type sédimentaire des Grands Causses ;
- le **Bassin aquitain**, avec uniquement des terrains sédimentaires, subdivisés en 3 catégories :
  - o les masses d'eau à dominante sédimentaire (non alluviale) dans des terrains aquifères d'âge varié (du plus ancien : Bassin de Brive, au plus récent : Sable des Landes) ;

- les masses d'eau alluviales dans les grandes vallées issues des Pyrénées ou du Massif central, massifs montagneux d'où proviennent les alluvions issues de leur érosion, puis transportées par les cours d'eau ;
- les masses d'eau des terrains globalement imperméables (molasse argilo-calcaire ou argilo-gréseuse) au sein desquelles existent des ressources en eau localisée, dans des niveaux calcaires ou sableux d'extension limitée ;
- le **massif pyrénéen**, formé de terrains intensément plissés, de nature variée.

### Catégorisation des habitats

Si les différents types de nappes d'eau souterraine libres qui existent à l'échelle d'un territoire, d'une région peuvent constituer un premier niveau de différenciation, à plus petite échelle, 4 grands types d'habitats aquatiques souterrains peuvent être définis (d'après le contexte hydrogéologique local) comme milieu de vie potentiel pour la stygofaune :

- source : exutoire (exurgence<sup>1</sup>/résurgence<sup>2</sup>) d'un flux d'eau souterrain au niveau de la surface du sol, dans un environnement naturel (vasque, griffon) ou anthropisé (fontaine, bassin, lavoir).
  - *Écologiquement, c'est un habitat à faciès rhéotique<sup>3</sup> (pour les sources pérennes), en obscurité partielle ou totale, et en continuité directe avec les eaux de surface.*
- nappe d'eau souterraine libre : masse d'eau caractérisée par des vitesses d'écoulement (de circulation) très faibles, dont l'accès se fait *via* un puits ou un regard, un forage, une cavité naturelle (gouffre, grotte) ou artificielle (mine, carrière, cave).
  - *Écologiquement, c'est un habitat à faciès lentique<sup>4</sup>, en obscurité quasi-totale et permanente, et isolé (faunistiquement) des eaux de surface (hors nappes karstiques).*
- rivière souterraine : cours d'eau souterrain dont l'accès se fait *via* une cavité naturelle (gouffre, grotte) ou artificielle (mine, carrière, cave) ; c'est la « cavité active » des spéléologues.
  - *Écologiquement, c'est un habitat à faciès rhéotique<sup>3</sup>, en obscurité totale et permanente, et généralement bien isolé (faunistiquement) des eaux de surface (si toutefois le point de collecte est suffisamment loin de l'exutoire ou de la perte amont, s'il s'agit d'un méandre souterrain d'un cours d'eau de surface).*
- sous-écoulement hyporhéique<sup>5</sup> : eaux situées sous les cours d'eau de surface, dans le milieu interstitiel (entre les grains de sable et les graviers), à l'interface entre eaux de surface et eaux souterraines.
  - *Écologiquement, c'est un habitat à faciès rhéotique<sup>3</sup>, en obscurité quasi-totale et permanente (à partir de 10-15 cm), et en continuité directe (faunistiquement et physiquement) avec les eaux de surface sus-jacentes.*

Cette catégorisation des habitats est celle qui est classiquement adoptée en hydrobiologie souterraine, mais elle est par nature arbitraire ; ainsi, par exemple, les sources et rivières souterraines ne sont que les continums d'un même hydrosystème souterrain.

<sup>1</sup> Exurgence : type de source correspondant à l'émergence à l'air libre d'eaux souterraines issues d'un réseau karstique alimenté uniquement par percolation des eaux pluviales (par opposition à résurgence)

<sup>2</sup> Résurgence : type de source correspondant à l'émergence à l'air libre d'un cours d'eau superficiel en amont qui a été englouti dans les fissures et pertes d'un réseau karstique (par opposition à exurgence)

<sup>3</sup> Rhéotique (= lotique) : qualifie une masse d'eau animée d'un flux (typiquement tête de ruisseau et rivière souterraine)

<sup>4</sup> Lentique : qualifie une masse d'eau stagnante ou à très faible flux (typiquement nappe phréatique, gour, flaque)

<sup>5</sup> Hyporhéique (littéralement, « sous-écoulement ») : qualifie la zone correspondant au lit profond des cours d'eau de surface

## 5.3 Sélection des sites à prospector et recueil des données

De ce qui précède, il résulte que les sites à prospector dans chacun des départements des deux ex-régions Aquitaine et Limousin devront être recherchés dans les milieux suivants :

- **a/ en nappes d'eau souterraine libres :** nappes contenues dans des aquifères sédimentaires (nappes alluviales ou nappes d'accompagnement des cours d'eau, parties libres des nappes captives, ...), en particulier dans les aquifères karstiques, et nappes contenues dans des aquifères de socle ;
- **b/ en milieu hyporhéique (sous-écoulement de cours d'eau) :**  
Concernant ce dernier type d'habitat, la recherche de secteurs (tronçons de rivière) où des échanges nappe/rievière sont connus ou supposés sera privilégiée.

D'un point de vue pratique, ces différents milieux, sont accessibles, *via* :

- des structures naturelles : sources, cavités souterraines pénétrables (gouffres, galeries souterraines, rivières souterraines, ...), sous-écoulement de cours d'eau ;
- des structures aménagées par l'homme : fontaines, lavoirs, puits, piézomètres, forages, autres types de captage.

### En conclusion, les types d'habitats recherchés correspondent à :

- des grottes, cavités, galeries souterraines dans lesquelles une circulation d'eau souterraine existe (cavités actives au sens des spéléologues) ;
- des carrières souterraines dans lesquelles la nappe affleure, ou galeries de mines en partie noyées ou inondées ;
- mais aussi à des exutoires de nappes d'eau libres, sources (karstiques ou non), et captages peu profonds (puits, forages, piézomètres) ;
- ainsi qu'au milieu hyporhéique (sous-écoulement de cours d'eau).

Les informations et données recueillies avaient essentiellement pour objectifs la connaissance du sous-sol (géologie et hydrogéologie), des ouvrages de captage des eaux souterraines et des réseaux de suivi qualitatif et quantitatif des eaux souterraines, ainsi que la présence de cavités souterraines naturelles ou artificielles pour chacun des départements concernés.

Les ressources documentaires consultées ont été multiples :

- rapports du BRGM (essentiellement, rapports d'études effectuées dans le cadre de ses activités d'appui aux politiques publiques) accessibles sur le site <http://infoterre.brgm.fr> :
  - o synthèses hydrogéologiques départementales, lorsqu'elles existaient,
  - o inventaires des cavités souterraines hors mines des 3 départements de l'ex-région Limousin et des 5 de l'ex-région Aquitaine ;
- cartes géologiques départementales ;
- travaux universitaires sur les karsts ;
- bases de données existantes et de sites internet (voir § ci-après).

De plus, de nombreuses demandes ont été faites auprès d'organismes pour obtenir des informations qui n'étaient pas disponibles sur ces sites ou qui existaient, mais étaient très dispersées ou n'étaient pas actualisées.

D'autre part, ces contacts ont aussi permis de faire un tri dans la masse considérable d'informations pouvant exister, et au final, de faire des choix, au moment de sélectionner les sites à prospector en phase 2 du programme.

Cette phase de recherche d'informations a également permis de connaître, au niveau de chaque département, les différents acteurs impliqués dans la gestion de la ressource en eau, de préciser leur rôle et leur action, de les sensibiliser et de les impliquer dans la phase 2 du programme d'étude.

### **5.3.1.1 Inventaire et consultation des bases de données existantes**

Ne sont listées ici que les principales bases de données ou sites internet existants que nous avons consultés et qui nous ont fournis la très grande majorité des informations recueillies sur la thématique « eaux souterraines » et sur les sites où seront effectués les prélèvements prévus lors de la phase 2.

#### **▪ Sous-sol**

Accès à 2 bases de données organisées et gérées par le BRGM (<http://infoterre.brgm.fr>) :

- la BSS (Banque du Sous-Sol) : données sur les ouvrages (forages, sondages, puits et sources) souterrains du territoire,
- la BSS-Eau, base de données relative aux informations sur les eaux souterraines, diffuse des informations spécifiques sur le descriptif du point d'eau (mode de gisement, entités hydrogéologiques et masses d'eau associées, ...). Aujourd'hui une fiche descriptive sur chaque ouvrage de type point d'eau est accessible : identification, descriptif du point d'eau, caractéristiques hydrogéologiques, piézométrie.

En plus de l'accès direct aux dossiers de la BSS (Banque du Sous-Sol), des requêtes ont été faites pour permettre l'extraction de fichiers relatifs aux puits et aux sources, types de sites particulièrement intéressants pour l'inventaire stygofaune, en particulier dans le Limousin.

#### **▪ Eaux souterraines (quantité et qualité)**

ADES est le portail national d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines qui rassemble sur un site Internet public des données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines (<https://ades.eaufrance.fr>).

Le Système d'information en santé environnement sur les eaux (SISE-Eaux) du Ministère chargé de la Santé et de ses services en région et département est dédié au stockage organisé de l'information sanitaire sur les eaux (<http://www.data.eaufrance.fr/concept/sise-eaux>).

Les Agences Régionales de Santé (ARS) ont en charge le contrôle sanitaire des eaux en application du Code de la Santé publique. Ces contrôles sanitaires s'exercent sur les eaux avant (eaux brutes) et après traitement selon une fréquence et une typologie d'analyses fonction des quantités prélevées et de la vulnérabilité de la ressource. Les données des prélèvements et des analyses sont transférées sur la base nationale SISE Eaux, tandis que les résultats des analyses d'eau brute sont transférés au BRGM tous les ans pour figurer dans ADES.

Dans le cadre de cette phase 1, la liste des captages AEP de chaque département a été demandée aux différentes Délégations Départementales des ARS.

Le SIE (Système d'Information sur l'Eau) Adour-Garonne permet de consulter ou télécharger les données sur l'eau à l'échelle d'un territoire : commune, cours d'eau, bassin versant, masse d'eau (<http://www.eau-adour-garonne.fr/fr/informations-et-donnees/donnees-sur-l-eau.html>).

Le SIGES (Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines) est un portail internet permettant la diffusion, la publication et la valorisation de l'information publique dans le domaine des eaux

souterraines, pour une région administrative ou selon un découpage géographique lié aux bassins versants (<http://sigesaqi.brgm.fr/> et <http://sigespoc.brgm.fr/>).

Les informations relatives aux réseaux existants de suivi de l'état qualitatif et quantitatif des eaux souterraines figurent sur ces sites. Concernant ces réseaux, la situation est différente suivant les départements et le type de réseau considéré (réseaux de contrôle de surveillance, RCS, ou de contrôle opérationnel, RCO, mis en place au titre de la Directive Cadre Eau, réseaux départementaux, RCD).

La situation la plus couramment rencontrée étant que les Départements et l'Agence Française pour la Biodiversité sont Maîtres d'ouvrage, le BRGM intervenant comme opérateur technique (gestion des réseaux et appui au Maître d'ouvrage, prélèvements et mesure-in situ pour la qualité), en lien avec un ou des prestataires pour les analyses effectuées en laboratoires (laboratoires privés ou départementaux). Depuis 2008, le suivi quantitatif des points dits RCS est sous la maîtrise d'ouvrage de l'Agence Française pour la Biodiversité.

Le programme régional Re-Sources a pour objectif de protéger les ressources alimentant les captages AEP les plus menacés en réduisant les pollutions diffuses (phytosanitaires et nitrates) (<https://www.re-sources-nouvelle-aquitaine.fr>).

Concernant ces pollutions diffuses, les actions à mettre en œuvre sont prioritaires dans les aires d'alimentation des captages identifiés dans la liste B25 du SDAGE Adour-Garonne 2016-2021, soit 57 captages identifiés lors du Grenelle de l'environnement, auxquels s'ajoutent 31 champs captants définis au titre de la conférence environnementale.

Il existe également une liste des captages sensibles qui figure en annexe 2 du document 1 (Présentation synthétique de l'état des lieux de la gestion de l'eau), un des documents d'accompagnement du SDAGE 2016-2021.

Parmi les sites sélectionnés (cf. Annexe 2), six figurent sur ces listes de captages prioritaires ou sensibles.

#### ▪ **Cavités souterraines**

Les données accessibles sur ce site (<http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/cavites-souterraines#>) proviennent de la Base Nationale des Cavités souterraines BD-Cavités dans laquelle 3 types de recherche sont possibles, à savoir :

- une recherche selon l'identifiant de la cavité, le résultat étant l'accès direct à la fiche de la cavité ;
- une recherche effectuée selon le nom du département, renvoyant à une liste qui résume le nombre total de cavités recensées par commune ;
- une recherche effectuée selon le nom de la commune, renvoyant à une liste qui résume le nom et le type (ouvrage civil, ouvrage militaire, cavité naturelle, puits, galerie, souterrain, cave, carrière et indéterminé) de chaque cavité présente sur la commune. À partir de cette dernière, il est possible d'accéder à la fiche de chaque cavité.

À noter que les informations contenues dans les fiches sont très succinctes et qu'en particulier, concernant les cavités naturelles, elles n'indiquent pas si ces cavités sont actives ou pas (présence ou non de rivière souterraine). Il est nécessaire de recouper l'information avec celle contenue dans d'autres bases de données.

#### ▪ **Base de données spéléologiques**

Bien que la base de données spéléologiques Karsteau (<http://karsteau.org/karsteau>) intègre la plupart des départements de Nouvelle-Aquitaine (sauf Charente et Charente-Maritime), elle est loin d'être exhaustive et le nombre de données est très variable suivant les départements (le Lot-et-Garonne et la

Creuse ne sont pas renseignés). De plus, seule une partie des données est accessible au grand public, et les informations détaillées relatives à chaque cavité ne le sont pas. Il a ainsi été indispensable de se rapprocher des Comités Départementaux de Spéléologie (CDS) qui, par leur connaissance du terrain nous ont aidés à sélectionner un certain nombre de sites, pour chaque département.

#### ▪ Inventaire National du Patrimoine Géologique

Lancé officiellement par le Ministère en charge de l'Écologie en 2007, l'inventaire du patrimoine géologique (<https://inpn.mnhn.fr/programme/patrimoine-geologique/presentation>) avait pour objectif d'identifier l'ensemble des sites et objets d'intérêt géologique, de collecter leurs caractéristiques, de hiérarchiser les sites à vocation patrimoniale et d'évaluer leur vulnérabilité et besoins en matière de protection.

Initié par la DREAL, cet inventaire est réalisé avec l'aide de géologues et d'experts locaux (Commission Régionale du Patrimoine Géologique). Validé au niveau régional par le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel, il est transmis au niveau national au Muséum National d'Histoire Naturelle afin d'être approuvé par la commission nationale du patrimoine géologique.

La localisation des sites est accessible sur le portail cartographique de la DREAL ([http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/inventaire-du-patrimoine-geologique-a1696.html#sommaire\\_6](http://www.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr/inventaire-du-patrimoine-geologique-a1696.html#sommaire_6)). L'ensemble des sites est cartographié à l'exception des sites confidentiels.

À l'heure actuelle, le portail de l'INPN n'est pas à jour dans la mise en ligne des sites, mais certaines informations ont pu, néanmoins, être recueillies à partir de la cartographie interactive SIGENA de la DREAL Nouvelle-Aquitaine, et du SINP (Système d'Information sur la Nature et les Paysages) Géologie de la Nouvelle Aquitaine (<http://www.sinp.nouvelle-aquitaine.developpement-durable.gouv.fr>).

Neuf sites aquitains faisant partie de cet inventaire ont été retenus dans la sélection des sites à prospecter en phase 2 du projet (cf. Annexe 2).

# 6 STRATÉGIE D'ÉCHANTILLONNAGE & SÉLECTION DE SITES

## 6.1 Stratégie d'échantillonnage

Il ressort des discussions issues du CoPil de :

- ne pas se limiter aux masses d'eau des milieux karstiques (typiquement lacs et rivières souterraines des grandes cavités naturelles), mais au contraire de diversifier les sites à prospector, en investiguant tous les milieux de vie connus pour héberger de la stygofaune : aquifères sédimentaires, aquifères de socle, milieu hyporhéique (zone d'échanges rivière/nappe) ;
- revenir sur un certain nombre de sites déjà connus pour héberger de la stygofaune (données historiques), à hauteur d'1/3 quand cela est possible ; afin d'une part d'assurer un suivi dans le temps (et éventuellement en dégager des tendances), et de laisser une bonne part à l'exploration et la prospection de nouveaux sites, voire de nouveaux habitats et taxons ;
- raisonner sur la base du découpage administratif départemental (N = 3 pour l'ex-Limousin, N = 5 pour l'ex-Aquitaine) qui correspond à des unités de travail effectives sur le terrain (structuration départementale des organismes et associations partenaires) ;
- respecter une certaine proportionnalité entre les surfaces départementales et le nombre de sites prospectés, ainsi qu'une couverture géographique homogène.

Par ailleurs, dans un souci de continuité et d'homogénéité, certaines contraintes et directives nous sont imposées par l'étude précédente en Poitou-Charentes (POITOU-CHARENTES NATURE, 2016). C'est par exemple le cas de l'effort d'échantillonnage, avec un nombre de sites à prospector qui doit être proportionnellement respecté, si l'on veut envisager à terme des comparaisons et des interprétations à l'échelle de la nouvelle grande région.

La méthodologie qui sera appliquée reprendra donc celle d'un échantillonnage multi-stratifié, conformément d'ailleurs aux recommandations éditées lors du programme européen PASCALIS 2003-2005 (cf. MALARD *et al.*, 2002 ; STOCH *et al.*, 2004). Dans les faits, cela correspond aux étapes suivantes :

- définition d'un nombre théorique de sites à prospector par département (sur la base de 30, comme dans l'étude précédente), modulé par les superficies départementales (variation du simple au double ici en l'occurrence, cf. tableau ci-après) ;
- détermination de la diversité hydrogéologique des habitats potentiels par département, en tenant compte des grands bassins versants qui parcourent la région jusqu'à l'océan, et en excluant notamment les nappes captives profondes et les sources chaudes hydrothermales (comme défini au § 5 précédent) ;
- détermination et prise en compte de la diversité spécifique préalablement connue par département (cf. § 4.3) ;
- complétion de la couverture géographique par la sélection finale des puits (très nombreux) pour combler les zones blanches.

Dans la mesure du possible un certain nombre de points de collecte (en fait, près de la moitié) ont été choisis sur des territoires classés ou protégés (ex. ZNIEFF, Réserve Naturelle Nationale, Parc Naturel Régionaux, etc.), de manière à s'assurer d'une certaine naturalité et pérennité des sites (préservation contre les destructions d'habitat, pollutions et autres menaces anthropiques), tout en donnant une

certaine « vie » aux données récoltées.

Depuis la refonte des régions en 2016, les ex-régions Poitou-Charentes, Limousin et Aquitaine font désormais de la Nouvelle-Aquitaine la plus grande région de France en termes de superficie au sol (84 036 km<sup>2</sup>, soit 1/8<sup>e</sup> du pays). Elle compte aussi les 3 plus grands départements de France métropolitaine avec plus de 9 000 km<sup>2</sup> (Gironde, Landes, Dordogne, voir tableau ci-dessous).

Rang	Départements NA	Superficie (km <sup>2</sup> )	Ratio	Nb sites
1	Gironde (33)	9 976	1.79	56
2	Landes (40)	9 243	1.67	52
3	Dordogne (24)	9 060	1.69	52
9	Pyrénées-Atlantiques (64)	7 645	1.09	34
16	Vienne (86)	6 990	1.00	52
20	Charente-Maritime (17)	6 864	0.98	28
46	Deux-Sèvres (79)	5 999	0.86	30
48	Charente (16)	5 956	0.85	13
54	Corrèze (19)	5 857	0.84	26
60	Creuse (23)	5 565	0.79	25
64	Haute-Vienne (87)	5 520	0.79	24
65	Lot-et-Garonne (47)	5 361	0.77	24
<b>Moyenne = 7003</b>			<b>Moyenne = 30</b>	

*Tableau 6.1 : statistiques départementales sur les superficies (source INSEE 2020, base 2016), et calcul du nombre théorique du nombre de sites à prospector par département. Le rang national est ici défini pour le territoire français métropolitain (hors Outre-Mer).*

Il est important de remarquer que si les 4 départements de l'ex-Poitou-Charentes sont d'étendues sensiblement similaires (entre 6000 et 7000 km<sup>2</sup>), il existe une grande disparité sur l'ensemble des départements de la Nouvelle-Aquitaine (du simple au double entre la Gironde et le Lot-et-Garonne, respectivement 10 000 km<sup>2</sup> et 5 000 km<sup>2</sup>). La surface moyenne d'un département néo-aquitain étant de d'environ 7 000 km<sup>2</sup>, le calcul du nombre théorique de sites à prospector se fait au prorata du ratio des surfaces départementales sur la base de 30 sites par département (moyenne sur les 4 départements de l'ex-Poitou-Charentes).

## 6.2 Choix des sites à prospector

Le choix des sites à prospector résulte à la fois de la stratégie d'échantillonnage qui a été déterminée (cf. § 6.1), en particulier pour tenir compte de la diversité géologique rencontrée, mais aussi de différents critères administratifs et/ou techniques (propriété, confidentialité, accessibilité, conditions de sécurité, facilité des prélèvements, ...). Enfin, un dernier critère de choix a été d'essayer de couvrir la totalité de la surface de chaque département.

Le choix des sites à prospector a ainsi été rendu difficile par la masse d'information obtenue à partir de la consultation des différentes bases de données et personnes ressources, mais cette phase de consultation était cependant indispensable. Une des conséquences directes de cela est que, pour chaque département, des sites ont également été retenus, sans être au final sélectionnés et pourront être choisis en remplacement de sites pour lesquels des difficultés pourraient compromettre les collectes lors de la phase terrain.

Pour chaque département, les sites sélectionnés sont listés en Annexe 2, en précisant le type d'habitat auxquels ils correspondent (karst, nappe alluviale ou sédimentaire, nappe de socle, milieu hyporhéique) et la présence/absence sur ces sites de données stygofaune.

Les types de site, en fonction des structures permettant l'accès à ces habitats, se répartissent de la façon suivante :

	Nb de sites	% sites avec stygo-faune	Type de site							
			Cavités sout.	Carrières sout. + galeries mines	Sources	Fontaines, lavoirs	Puits + aqueducs	Captages AEP	Piézo. (réseaux de suivi)	Milieu hyporhéique
<b>Limousin</b>										
Corrèze	23	43,50	6	2	0	0	3	0	4	8
Creuse	23	0,04	0	2	0	6	5	0	2	5
Haute-Vienne	22	9,10	0	7	0	0	9	0	2	4
<b>Total LIM</b>	<b>68</b>	<b>17,55</b>	6	14	0	6	17	0	8	17
<b>Aquitaine</b>										
Dordogne	35	14,30	14	0	11	0	0	6	0	4
Gironde	33	15,15	5	10	4	2	5	0	0	7
Landes	29	33,30	9	2	4	0	0	0	10	4
Lot-et-G.	27	22,20	13	0	3	0	4	0	3	4
Pyrénées-Atl.	35	27,30	18	0	11	0	0	0	2	4
<b>Total AQI</b>	<b>159</b>	<b>22,45</b>	59	12	33	2	9	6	15	23
<b>Total de sites</b>	<b>227</b>	<b>20,00</b>	65	26	33	8	26	6	23	40
<b>% relatif</b>			28,6	11,5	14,5	3,5	11,5	2,6	10,1	17,6

Tableau 6.1 : répartition des sites retenus par département et par type.

Les sites dans lesquels la présence de stygofaune est connue sont signalés et représentent, suivant les départements, entre 0,04 % pour la Creuse et 43,50 % pour la Corrèze. Par rapport au nombre total de sites retenus (N = 227), le pourcentage moyen obtenu est de 20 %.

La figure 6.1 ci-après permet de localiser les sites à prospector en phase 2 et de montrer leur distribution sur les ex-régions Aquitaine et Limousin.

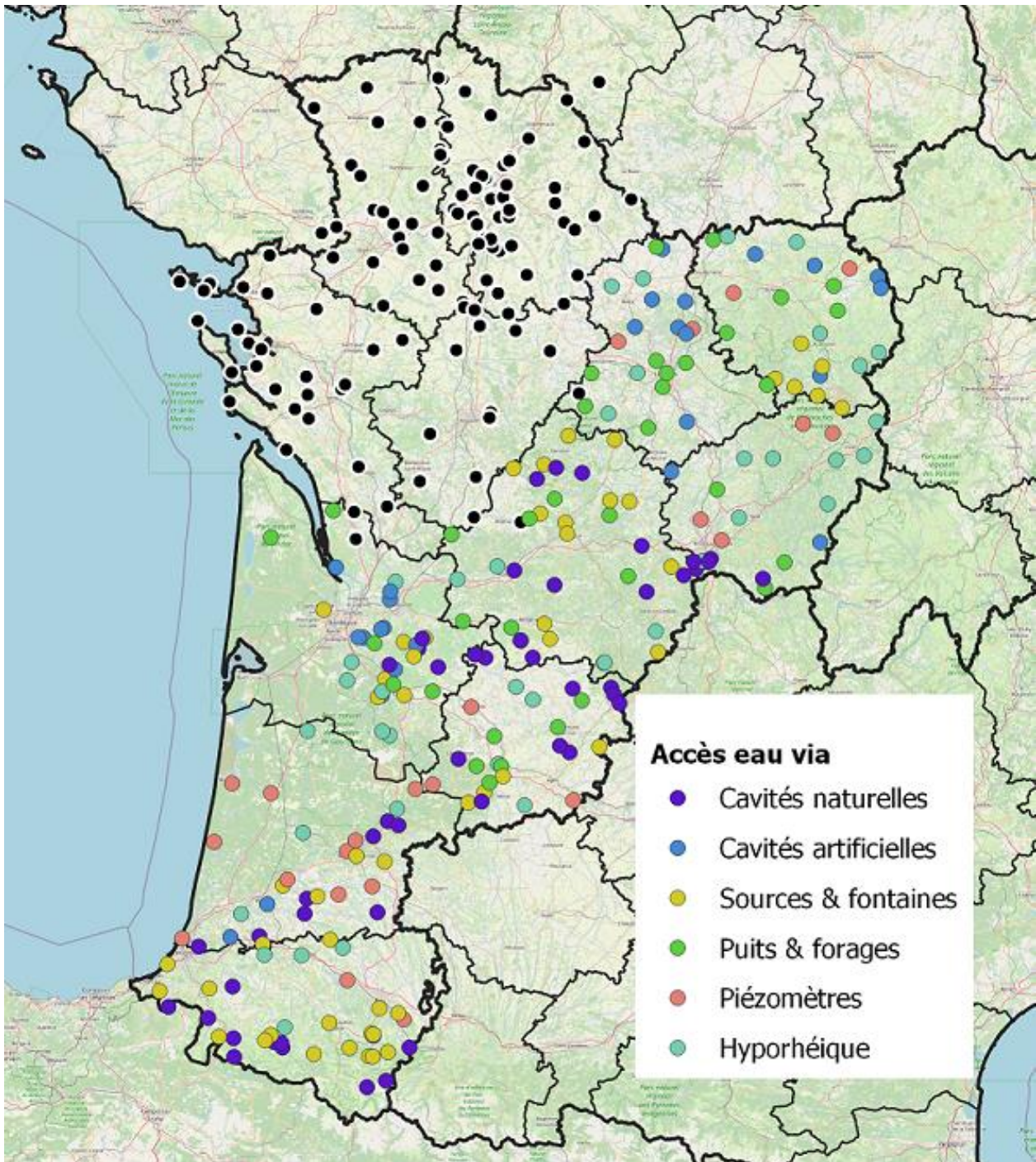


Fig. 6.1 : cartographie des sites à prospector sur les 8 départements de l'ex-Limousin et de l'ex-Aquitaine (en noir, les sites déjà prospectés sur les 4 départements de l'ex-Poitou-Charentes).

# 7 MOYENS & MÉTHODES À METTRE EN ŒUVRE

## 7.1 Moyens humains

### 7.1.1 Évaluation des besoins & Identification des personnes ressources

#### 7.1.1.1 Partenaires contactés en phase 1

La mise en œuvre d'un tel programme d'étude en phase 2, de par sa spécificité et ses difficultés, exigeait de s'entourer de multiples partenaires dont les rôles et les compétences sont différents, mais qui ont tous en commun une connaissance du territoire dont nous avons pu bénéficier.

Les noms et organismes/structures d'appartenance des partenaires qui ont été contactés lors de cette phase 1 figurent dans une liste en Annexe 1. Leur nombre, fin juin 2020, était de 109. Beaucoup resteront à mobiliser, en tant que partenaires associés, dans des cadres adaptés à définir (conventions, ...) en tout début de phase 2.

#### 7.1.1.2 Partenaires impliqués en phase 2

Plusieurs partenaires scientifiques et techniques, déjà contactés lors de cette phase 1, ont donné un accord de principe quant à leur implication dans la phase 2 du projet.

L'expertise taxonomique (cf. Annexe 3) qui représentera l'essentiel des résultats du programme d'étude, sera assurée par :

- Christophe DOUADY et Florian MALARD (LEHNA, université de Lyon 1, seul laboratoire spécialisé sur ces animaux aujourd'hui en France et leader d'un programme européen d'inventaire de la stygofaune) : poursuite de sa collaboration (déterminations fines morphologique et génétique des isopodes aquatiques souterrains), relais sur le terrain (prospections à la sonde Bou-Rouch dans les têtes de bassin du Limousin et d'Aquitaine) ;
- Alain BERTRAND (ABELA, ex-CNRS), spécialiste des mollusques aquatiques souterrains ;
- Michel BERTRAND (ex. univ. Montpellier), spécialiste des arachnides aquatiques souterrains ;
- Michel CREUZÉ des CHÂTELLIERS (LEHNA, univ. Lyon 1), spécialiste des annélides aquatiques souterrains ;
- Marie-José DOLE-OLIVIER (LEHNA, univ. Lyon 1), spécialiste des crustacés amphipodes souterrains ;
- Pierre MARMONIER (LEHNA, univ. Lyon 1), spécialiste des crustacés ostracodes souterrains ;
- Franck NOËL (Expertise environnement), spécialiste des achètes ;
- Fabio STOCH (université de Bruxelles, Belgique), spécialiste copépodes.

À ces experts s'ajoutent :

- Nicolas PÉDRON, Directeur régional, Olivier DOUEZ, Murielle THINON-LARMINACH, hydrogéologues (BRGM Nouvelle-Aquitaine) ;
- Pierre MARCHET (hydrogéologue, expert eaux souterraines à l'Agence de l'eau Adour-Garonne) ;
- Bernard LEBRETON (président du Comité de Spéléologie Régional Nouvelle-Aquitaine) ;
- Ruben CENTELLES (Spéléo-club d'Agen) ;
- autres personnes ressources (Claude BOU).

#### 7.1.2 Partenariats à mettre en place

Un certain nombre d'actions seront à réaliser en tout début de phase 2 qui permettront d'organiser la mise en œuvre de cette phase ainsi que sa gestion administrative et financière, parmi lesquelles :

- sollicitation des collectivités territoriales et propriétaires privés de sites ou d'ouvrages pour l'accès à leurs points d'eau ;
- établissement, si nécessaire, en accord avec les différents partenaires identifiés, d'un protocole d'actions et d'un calendrier de travail (calendrier prévisionnel de la phase 2 du projet) ;
- signature de conventions entre FNE Nouvelle-Aquitaine, qui porte le projet, et certaines structures permettant, entre autres, de définir et de préciser les conditions techniques et financières d'intervention de ces structures (mission d'assistance).

Tout particulièrement, une convention avec le Comité Spéléologique Régional de Nouvelle-Aquitaine sera établie dans la mesure où les prélèvements en rivières souterraines, grottes et sources profondes nécessiteront la collaboration (l'aide et l'appui technique) des différents Comités Départementaux de Spéléologie.

### **7.1.3 Formations des acteurs/intervenants à prévoir**

L'organisation de deux sessions de formations à la biospéléologie à destination de spéléologues a été envisagée, lors d'une rencontre avec le Président du Comité de Spéléologie Régional de Nouvelle-Aquitaine. Organisées en collaboration avec celui-ci et les Comités départementaux concernés, une session pourrait se dérouler en Corrèze et l'autre dans un des cinq départements de l'ex-Aquitaine.

## **7.2 Moyens matériels & Techniques**

### **7.2.1 Matériel de collecte/prospection**

En fonction des habitats prospectés, le matériel de collecte utilisé est différent, mais dans tous les cas, le vide de la maille des filets et tamis de filtration est inférieur ou égal à 250 µm (microns). Des illustrations du matériel de collecte utilisé en fonction des habitats prospectés sont présentées en Annexe 4.

- Puits ou tous regards donnant accès à une grande colonne d'eau :
  - filet phréatobiologique de type Cvetkov (fabriqué et prêté par Claude BOU) ;
- En milieu souterrain ou en sortie de source :
  - filet à mains (x2 modèles, fabriqués sur le modèle du LEHNA) ;
- En fond de source vaclusienne :
  - spéléoplongée et pose dans le flux d'eau d'un filet à mains (x2 modèles, fabriqués sur le modèle du LEHNA) ;
- En sortie de forage à fort débit :
  - filet à large ouverture ;
- Compartiment hyporhéique (sous-écoulement des cours d'eau et vasque de sources) :
  - sonde/pompe Bou-Rouch (x2 modèles, développés, fabriqués et prêtés par Claude BOU).

### **7.2.2 Matériels de saisie et d'analyses**

En plus du matériel de collecte, il sera nécessaire de disposer de différents matériels ou logiciels permettant de :

- caractériser le point de collecte et les conditions du milieu,
  - mesurer les paramètres physico-chimiques de l'eau souterraine,
  - faire le tri et à la détermination des espèces,
  - traiter l'ensemble des données recueillies.
- sonde manuelle de niveau d'eau (OTT, KL010-30) ;
  - sonde de mesures multiparamètres T°/pH/Ev (HANNA® HI9813-6) ;
  - kit "Winkler " de dosage O<sub>2</sub> dissous (HANNA® HI3810) ;
  - languettes de dosage colorimétrique NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>/CaCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (QUANTOFIX®) ;
  - flacons stériles 500 ml et 1 l, double bouchonnage (SDMO QUINIOU) ;
  - alcool non-dénaturé de laboratoire ≥ 99.9 % (Carlo ERBA®) ;
  - microtubes 2 ml à joint torique longue conservation (DUTSCHER®) ;
  - luxmètre ;
  - GPS ;
  - appareil photo numérique ;
  - équipements et matériels de spéléologie ;
  - loupe trinoculaire x10-x40 (OPTIKA® SZM 2LED) ;
  - caméra numérique (AMSCOPE® 500MU) ;
  - logiciel cartographique QGIS version 3.12.2 ;
  - logiciel statistique et graphique STATISTICA® version 6.0 (Statsoft, 2001) ;
  - logiciel statistique et graphique R (open source R Core Team, 2020) ;
  - logiciel de retouche graphique PAINT (Microsoft Windows 10) ;
  - logiciels bureautique WRITER et CALC (OpenOffice, 2020), WORD® et EXCEL® (Microsoft Office 365).

À noter que dans la liste du matériel ci-dessus, la totalité du matériel ne sera pas à acheter, dans la mesure où certains matériels seront prêtés et mis à disposition, tandis que d'autres, qui avaient été achetés pour l'étude réalisée en Poitou-Charentes, seront réutilisés.

L'ensemble des coûts relatifs aux matériels de collecte, de prospection et de détermination des espèces, ainsi que leur provenance, est indiqué dans l'annexe 6.

## 7.3 Méthodologie

### 7.3.1 Protocole de prélèvement

Les modalités de prélèvement se conformeront au Protocole standard européen, développé lors du programme PASCALIS et piloté entre autres par l'équipe du LEHNA (cf. MALARD *et al.*, 2002).

Dans le cas des sources, le protocole est à adapter au faciès de l'exutoire, en s'assurant de collecter au point le plus amont et obscur physiquement accessible, à l'aide d'un :

- « filet à mains » utilisé comme piège filtrant, et positionné (à la manière d'un filet Surber) au travers d'un flux d'eau, si celui-ci est suffisamment important (faciès rhéotique) pour y amener des éléments mis en suspension en amont par raclage/brassage du substrat ;
- « filet à mains » utilisé comme un tamis, et alimenté avec des prélèvements de substrat, si le flux d'eau est faible (faciès lentique), diffus ou le volume d'eau très important (concrètement quand un "œil de source" n'est pas individualisable ou accessible).

Remarques : relative facilité de mise en œuvre, mais problème de co-occurrence/concurrence avec des espèces aquatiques de surface (à l'exception notoire des sources vaclusiennes à très haut débit nécessitant l'intervention d'un plongeur et dont la force du courant prévient toute mixité avec les biocénoses de surface).

Dans le cas des nappes souterraines, la collecte se fait typiquement par le dessus :

- à l'aide d'un filet phréatobiologique (filet de type Cvetkov) équipé d'un cordage plus ou moins long, et dont une manipulation adaptée permet de brasser/filtrer la colonne d'eau, et ainsi de mettre en suspension et filtrer la faune susceptible de reposer sur le fond et les parois.

Remarques : accès et/ou échantillonnage parfois délicat (manipulation souvent à l'aveugle), mais pas de problème de co-occurrence/concurrence avec des espèces aquatiques de surface.

- par un pompage dans un piézomètre effectué à l'aide du même type de pompe que celle de la sonde Bou-Rouch, pompe manuelle de surface, à laquelle est raccordé un tuyau souple (diamètre ext. de 30 mm) introduit dans le tube constituant le piézomètre. Le tuyau souple se terminant par une partie crépinée est descendu jusqu'au fond du piézomètre, de façon à prélever les sédiments du fond, dans lesquels se trouvent les organismes recherchés et non pas ceux qui seraient seulement dans la colonne d'eau. Un volume d'eau de 5 fois 10 L doit être pompé et filtré en suivant pour être suffisamment représentatif.

Remarques : pour tous les ouvrages dans lesquels aucun pompage n'est effectué, ouvrages (= piézomètres) des réseaux de suivi qualité /quantité des eaux souterraines, piézomètres ayant une autre finalité (piézomètres à l'intérieur des périmètres de protection d'un captage AEP, piézomètres pour le suivi de sites industriels, ...), cette méthode de prélèvement est la seule possible, puisqu'il n'est pas envisageable d'utiliser une pompe immergée.

D'autre part, compte tenu de l'incidence de la pression atmosphérique sur la hauteur d'aspiration de la pompe, l'utilisation d'une pompe de surface n'est possible que lorsque la hauteur manométrique d'aspiration (HMA = différence de niveau entre le niveau de l'eau dans la source de puisage (rivière, puits, forage, ...) et la pompe) ne dépasse pas 8 m.

Dans le cas des rivières souterraines, la méthodologie d'échantillonnage consiste à poser un :

- filet à mains positionné au travers du flux d'eau (à la manière d'un filet Surber en milieu rhéotique) devant lequel on brasse la surface du sédiment ou tous supports de vie présents dans le lit du cours d'eau (pierres, rochers, bois morts, etc.).

Remarques : accès et/ou échantillonnage souvent compliqué par la logistique spéléo nécessaire pour y accéder, mais peu de problème de co-occurrence/concurrence avec des espèces aquatiques de surface.

Dans le lit des cours d'eau de surface, la collecte s'opère au moyen d'une :

- sonde/pompe (de type Bou-Rouch) dont la manipulation consiste à enfoncer profondément dans le substrat (20-120 cm) un tube métallique muni d'une crépine, à aspirer l'eau à l'aide d'une pompe montée sur l'autre extrémité, et enfin à filtrer la collecte en sortie de pompe.

Remarques : accès en général assez facile au lit du cours d'eau de surface, mais logistique matérielle assez lourde (ensemble sonde/pompe d'environ 1.5 m, masse-mallette en fer de 3-4 kg, filet, seau 10 L), etc.); procédé invasif et destructeur pour la stygofaune récoltée, et problème de co-occurrence/concurrence avec des espèces aquatiques de surface qui se trouvent aspirées par le flux d'eau.

Remarques générales : possibilité de complémentation de l'échantillonnage par "une chasse/collecte à vue" (à l'œil nu ou à la loupe de poche) par l'observation minutieuse des parois, du substrat et de tous supports de vie (bois morts, pierres, etc.) quand les conditions d'observation le permettent (immersion en milieu souterrain ou quasi-obscur, non perturbation préalable du milieu).

Cette méthode complémentaire et sélective peut s'appliquer à la plupart des habitats précités (fontaine couverte, nappe ou rivière souterraine physiquement accessibles), et permet de collecter en douceur les animaux pour éventuellement les observer/photographier vivants et/ou mettre en élevage/expérimentation. Elle ne peut s'appliquer toutefois aux sous-écoulements hyporhéique des lits de ruisseaux/rivières pour lesquels nous ne disposons que de la méthode de sondage/pompage.

### **7.3.2 Relevés de terrain & Conditionnement**

#### **Analyses physico-chimiques**

Avant collecte, les paramètres physico-chimiques de température (T°), d'acidité (pH), de conductivité électrique (Ev) seront pris sur site (au plus proche de la mi-hauteur de la colonne d'eau dans la mesure du possible) au moyen d'une sonde multiparamètres de terrain.

Un grand volume d'eau sera prélevé (toujours au plus proche de la mi-hauteur de la colonne d'eau) de manière à mesurer, au moyen de kits de terrain, les paramètres d'oxygène dissous (O<sub>2</sub>), d'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), de phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), de carbonate (CaCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), de sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), de nitrate (NO<sub>3</sub>) et de nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Un prélèvement de 1 l d'eau sera réservé et conditionné dans un flacon (à double bouchonnage et labellisation) de manière à pouvoir vérifier ultérieurement, au besoin, les mesures enregistrées.

Après filtration, le culot de collecte sera conditionné dans un flacon de moyenne contenance (200 à 500 ml, à double bouchonnage et labellisation), et fixé immédiatement sur site par ajout d'alcool 99.9 % en quantité suffisante (après dilution) pour obtenir une solution de conservation à 70 % d'alcool minimum.

#### **Conservation, tri & détermination des échantillons**

Après tri sous loupe binoculaire, les spécimens seront conditionnés par grands groupes taxonomiques dans des microtubes de 2 ml conçus pour la longue conservation (joint torique), labellisés intérieur-extérieur, et remplis en totalité avec de l'alcool 99,9 %. En milieu et fin d'échantillonnage, ils seront envoyés pour confirmation/détermination auprès de spécialistes de groupes préalablement contactés (cf. Annexe 3).

À noter qu'une fois extraits de leur milieu, tous les spécimens doivent être conservés dans une solution ≥ 70 % d'alcool, au risque de voir dégrader leurs molécules ADN, et de compromettre les analyses génétiques (séquençage) ultérieures.

### **7.3.3 Enregistrement des données**

En parallèle, une "Fiche Collecte" de terrain sera renseignée pour chaque site, de manière à consigner immédiatement, outre les paramètres physico-chimiques des eaux mesurés, les conditions de prélèvement et les principales caractéristiques du point de collecte, ainsi qu'un relevé faunistique et floristique des alentours immédiats.

Ces informations recueillies sur site serviront, entres-autres, à éditer une "Fiche Topo" pour chaque site qui regroupe des données de toponymie, topographie, géolocalisation, géologie-hydrogéologie, ainsi que données historiques et patrimoniales (sources diverses), et une illustration photographique des lieux.

Les données relatives à l'identification de la faune collectée seront quant à elles consignées dans une "Fiche Tri & Dét." qui, outre les effectifs dénombrés pour chacun des grands taxons identifiés, reproduit les clichés de travail sous la loupe, et attribue à chaque site et chaque spécimen un code unique de conservation.

Ces fiches de travail, une fois informatisées sous format PDF, seront archivées en ligne, et diffusées pour retour d'information auprès des principaux contributeurs (propriétaires, municipalités, riverains) et partenaires concernés. Un exemple de ces différentes fiches est donné en annexe 5.

## 8 INFORMATION, SENSIBILISATION & VALORISATION

### 8.1 Information & Sensibilisation

Les données acquises dans le cadre de ce projet porté par FNE N-A sont d'intérêt général et s'inscrivent dans une volonté de partage de l'information et des connaissances qui seront ainsi mises à disposition du public, et des acteurs de l'eau, du patrimoine naturel et de l'environnement en Région.

Pour ce faire, la création d'un site internet dédié au projet est envisagée, permettant ainsi d'avoir une meilleure visibilité, et de mettre en ligne des informations sur l'actualité du programme, ainsi que des publications et de renvoyer également vers les sites des organismes et structures partenaires.

L'archivage en ligne des données de collecte se fera, entres-autres, par l'intermédiaire :

- de l'Agence Régionale de la Biodiversité Nouvelle-Aquitaine (ARB N-A), *via* l'Observatoire Régional de la Biodiversité et son site internet (<http://geoportail.biodiversite-nouvelle-aquitaine.fr>, portail cartographique de la biodiversité et de la ressource en eau en Nouvelle-Aquitaine) ;

- et de l'Observatoire Aquitain de la Faune Sauvage (l'OAFS, <http://si-faune.oafs.fr>), pôle régional Faune du Système d'Information de la Nature et des Paysages (SINP) de Nouvelle-Aquitaine.

Le travail d'information et de sensibilisation sera mené en particulier avec :

- les APNE et autres associations affiliées à FNE N-A (<http://fne-nouvelleaquitaine.fr>) *via* notamment la SEPANSO Aquitaine (<https://site.sepanso.org>) et Limousin Nature Environnement (<https://lne-asso.fr>) ;

- les départements *via* leurs sites internet lorsqu'ils existent, à l'exemple de celui de la Gironde (<http://cartographie.nature33.fr>) ;

- les comités spéléologiques départementaux et la commission Biospéléologie de la Fédération Française de Spéléologie (<https://geb.ffspeleo.fr>) ;

- le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), *via* les sites internet des Systèmes d'information pour la gestion des eaux souterraines (SIGES) en Aquitaine (<http://sigesaqi.brgm.fr>) et en Limousin-Poitou-Charentes (<http://sigespoc.brgm.fr>) ;

- le Conservatoire d'Espaces Naturels de Nouvelle-Aquitaine (<https://www.cen-nouvelle-aquitaine.org>) ;

- l'Agence Régionale de la Biodiversité Nouvelle-Aquitaine (<http://www.biodiversite-nouvelle-aquitaine.fr>).

À ce titre, un article de sensibilisation/vulgarisation intitulé « *Les eaux souterraines : un milieu de vie pour toute une faune spécialisée* » a été rédigé pour la revue Sud-Ouest Nature de la SEPANSO (ALEZINE T. *et al.*, 2020 ; cf. Bibliographie en fin de rapport). De même, dans le cadre de la Stratégie Régionale pour la Biodiversité, une fiche intitulée « *Les milieux souterrains : une biodiversité encore méconnue* » est à paraître en 2021 sur le site de l'ARB N-A (coordinateur de rédaction : Baptiste RÉGNERY).

D'autre part, des premiers contacts ont été pris avec les personnes et structures suivantes, pour la rédaction de notes, la tenue de conférences de vulgarisation, et la réalisation d'animations :

- Académie de Bordeaux,

- APBG de Limoges et Poitiers (Gilbert FAURY),
- Centre des Classes Citadines,
- Limousin Nature Environnement (Michel GALLIOT, Jean-Jacques RABACHE),
- Association C.A.P.Terre,
- Société Géologique du Limousin (François-Xavier CHATENET),
- Réserve Naturelle Géologique de Saucats-La Brède (Yves GILLY),
- Association GéoVal (Annie LACAZEDIEU).

Enfin, l'exploitation pédagogique des connaissances acquises sera assurée auprès des établissements d'enseignement du second degré de l'Éducation Nationale et de l'Enseignement agricole, via la mise au point de documents par les Centres Régional et Départementaux de Documentation Pédagogique (Réseau Canopé), les corps d'inspection concernés, l'Association des Professeurs de Biologie et Géologie (APBG), et avec le concours de l'Institut de Formation et de Recherche à l'Éducation à l'Environnement (IFRÉE) et le Groupe Régional d'Animation et d'Initiation à la Nature et à l'Environnement (GRAINE).

## 8.2 Valorisation des connaissances et des résultats

Dans la continuité de l'étude menée en ex-Poitou-Charentes, la valorisation des connaissances et des résultats acquis sera assurée, entres-autres, grâce à :

- des notes d'inventaires et des articles dans les bulletins et sur les sites internet des associations spéléologiques et naturalistes et autres sociétés savantes de Nouvelle-Aquitaine. Ainsi, en accord avec son président B. CAHUZAC, une biographie scientifique du professeur J.-J. LEGRAND, fondateur du laboratoire de Zoologie de Poitiers et descripteur de la Gallaselle, une des espèces stygobies emblématiques du grand centre-ouest de la France, est à paraître prochainement dans le *Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux* ;
- des publications scientifiques en association avec les différents spécialistes et chercheurs associés (en particulier ceux de l'université de Lyon 1 et Alain BERTRAND, ex-CNRS Moulis). À ce titre, une première publication sur l'étude passée en ex-Poitou-Charentes, fruit d'une collaboration entre des étudiants-stagiaires de la filière Génie Écologique de l'université de Poitiers, le laboratoire E3S UMR-CNRS de Poitiers et une université finlandaise, est parue fin 2019 dans une revue scientifique internationale d'Écologie et de Conservation (ERCOLI *et al.*, 2019, cf. Bibliographie en fin de rapport) ;
- des participations et présentations à des congrès. Ainsi, une invitation par les organisateurs à présenter nos travaux à la session de Biospéologie du 18<sup>e</sup> Congrès International de Spéléologie (Savoie / Mont-Blanc, 25/07-01/08/2021) a été acceptée. La présentation orale et la publication subséquente dans les actes du Congrès devrait s'intituler : « The story of *Gallasella* : from the small to the big picture ».

Pour ce qui concerne les aspects Bio-indication et Qualité des eaux souterraines, les données de présence/absence et d'abondance seront analysées au regard des paramètres physico-chimiques mesurés sur site (pH, T°, conductivité, oxygène dissous O<sub>2</sub>, ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, phosphate PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, carbonate CaCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, sulfate SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, nitrate NO<sub>3</sub> et nitrite NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Par ailleurs, l'utilisation d'une pompe de surface permettra d'échantillonner des sites (N = 29 sites, captages AEP ou piézomètres) pour lesquels des analyses physicochimiques et bactériologiques existent déjà.

Les recherches en Bio-indication sont en plein développement et ont fait l'objet de nombreuses études eu égard à leur potentialité d'application. Elles n'ont à ce jour pas abouti à l'établissement d'un « IBGN (Indice Biologique Global Normalisé) souterrain » pour des raisons multiples et variées (difficulté de

collecte, abondance faible, effort d'échantillonnage limité, etc.). Nous disposerons à terme d'une banque de données très conséquente (N = 227 + 129 en ex-Poitou-Charentes) qui devrait nous permettre d'augmenter la résolution des tests statistiques appliqués (analyses multivariées entres-autres) et de conclure quant à la possibilité d'utilisation de la stygofaune en matière de bio-indication (ou à l'inverse à sa non-applicabilité).

## 9 BUDGET PRÉVISIONNEL DE LA PHASE 2 DU PROJET

La durée totale de la phase 2 est estimée à 3 ans (30 mois de travail effectif répartis sur 3 années budgétaires), estimation qui tient compte principalement du nombre de sites à prospecter et de jours de terrain à effectuer, du temps de retour des déterminations effectuées par les experts taxonomiques ainsi que de la liste des tâches à effectuer pour répondre aux différents objectifs fixés pour cette phase. De plus, un tel projet nécessite des temps d'organisation et de gestion (administrative et financière) conséquents.

Compte-tenu du nombre total de sites qui est de 227 sites, des caractéristiques de ces sites et de leur répartition sur une surface correspondant à celle de l'ensemble des 8 départements concernés, nous avons choisi d'affiner le calcul des coûts correspondant au kilométrage qui sera effectué pour réaliser la totalité des collectes ainsi que les temps passés pour chaque site de collecte, en le rationalisant, sur la base d'une organisation de travail.

Ainsi, pour essayer de réduire au maximum l'incertitude sur le calcul de ces paramètres (kilométrage et temps passés), nous avons considéré, pour le calcul des coûts associés ;

- Brive (lieu de résidence de François LEFEBVRE), comme point de départ des déplacements sur les différents sites sélectionnés en Aquitaine et Limousin ;
- des campagnes de terrain de plusieurs jours consécutifs de façon à réduire les frais de déplacement et optimiser les temps de travail ;
- un temps nécessaire aux collectes et aux mesures, en fonction du type de site, estimé à partir de l'expérience de terrain acquise (en particulier lors de l'étude en Poitou-Charentes ou par différents membres du CoPil) et de données publiées (PARAN & AUGÉARD, 2017).

Concernant les frais de mission, ils ont été calculés à partir du barème des indemnités kilométriques 2020, et, pour l'hébergement, sur la base de 125 €/jour et par personne, somme classiquement retenue pour des projets similaires.

Pour certains sites (cavités souterraines et certaines sources) nécessitant une assistance technique, les coûts d'intervention nous ont été donnés par les Comités Départementaux de Spéléologie 24 et 64 :

- accompagnement spéléologique (minimum 2 spéléos + déplacements) : 400 € HT par journée,
- plongée avec film GoPro à 2 plongeurs : forfait de 1.000 € HT.

Le coût du matériel nécessaire (cf. Annexe 6) a été chiffré à partir de catalogues de fournisseurs et/ou devis demandés.

Pour certains postes de dépense, un forfait a été simplement appliqué :

- frais de port pour les matériels et équipements à acheter,
- frais de conditionnement des spécimens collectés,
- frais d'envoi aux spécialistes taxonomiques (frais postaux).

Les postes de dépense les plus élevés sont relatifs au travail de terrain et correspondent aux :

- salaires des deux chargés de mission,
- frais de missions et de déplacements,
- assistance technique des Comités Départementaux de Spéléologie,
- achats de matériels et d'équipements.

Les autres postes de dépense sont relatifs à la communication ainsi qu'à la coordination et aux frais indirects (frais fixes de fonctionnement).

<b>Phase 2 (montants en euros TTC)</b>	<b>Sur 3 ans</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Frais salariaux (salaires de 2 chargés de mission et charges)	212 885,91	85 154,37	85 154,37	42 577,18
Stagiaires (2 x 3 mois)	3 600,00	1 800,00	1 800,00	0,00
Indemnités kilométriques	11 918,23	8 342,76	2 383,65	1 191,82
Frais de déplacement (repas, nuitées)	32 490,00	22 743,00	6 498,00	3 249,00
Achat de matériels (frais de port compris) + Frais de conditionnement et d'envoi des spécimens	7 640,83	6 675,00	965,83	0,00
Assistance technique des CD de Spéléologie	8 910,00	6 237,00	2 673,00	0,00
Plongées subaquatiques pour collecte	4 800,00	2 400,00	2 400,00	0,00
Site internet dédié	5 500,00	5 500,00	0,00	0,00
Frais inscription congrès + conférence de rendu	2 750,00	375,00	375,00	2 000,00
Frais de gestion	31 932,89	12 773,15	12 773,15	6 386,58
<b>Total projet</b>	<b>322 427,85</b>	<b>152 000,28</b>	<b>115 022,99</b>	<b>55 404,58</b>
Bénévolat valorisé	32 242,79	9 672,84	12 897,11	9 672,84
<b>Budget prévisionnel Phase 2</b>	<b>354 670,64</b>	<b>161 673,11</b>	<b>127 920,10</b>	<b>65 077,42</b>

## 10 Partenaires financiers

Pour la phase 1 du projet, seuls avaient été sollicités : le Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine, le Conseil Départemental de la Gironde, la DREAL Nouvelle-Aquitaine et l'Agence de l'Eau Adour-Garonne.

En toute logique, le mode de financement de la phase 2 du projet ne sera envisagé qu'à l'issue de la phase 1, celle-ci ayant permis une évaluation du budget prévisionnel de cette phase (cf. § précédent).

Compte-tenu de l'ambition de la phase 2, en termes de contenu et de budget, celle-ci fera l'objet de décisions à prendre en Conseil d'Administration de FNE Nouvelle-Aquitaine, structure porteuse du projet, en particulier concernant les demandes de co-financements auprès de partenaires financiers, institutionnels ou non, publics ou privés, qui devront être beaucoup plus nombreux que lors de la phase 1.

### Partenaires financiers pressentis :

- Partenaires institutionnels :
  - Conseil régional de Nouvelle-Aquitaine
  - Conseils départementaux ex-Aquitaine + ex-Limousin
  - DREAL Nouvelle-Aquitaine, Observatoire Français pour la Biodiversité
  - Agences de l'eau Adour-Garonne et Loire-Bretagne
  - Parc National des Pyrénées, PNR Plateau des Millevaches, PNR Périgord-Limousin, PNR Médoc, PNR Landes de Gascogne
- Autres :
  - Fondations privées

- Mécénat d'Entreprises
- ...
- Fonds propres.

## 11 CALENDRIER PRÉVISIONNEL DE LA PHASE 2

Phase 2 du projet	Actions, réalisations	Acteurs, intervenants
Troisième trimestre 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Demandes de subventions pour la phase 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ FNE Nouvelle-Aquitaine, SEPANSO Aquitaine</li> </ul>
Début 2021 (*)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recrutement des 2 chargés de mission ayant travaillé sur la phase 1 du projet : Th. ALEZINE, hydrogéologue &amp; F. LEFEBVRE, écologue des milieux souterrains, spécialiste des crustacés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ FNE Nouvelle-Aquitaine, SEPANSO Aquitaine</li> </ul>
Années 2021, 2022 et 2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Phase terrain et laboratoire. Rédaction et remise d'un rapport final faisant le bilan des actions réalisées (rapport de restitution du projet).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ FNE Nouvelle-Aquitaine, SEPANSO Aquitaine</li> </ul>

(\*) la date de début de la phase 2 sera fonction de l'obtention des financements qui seront demandés à l'issue de la phase 1.

## 12 ÉVALUATION FINALE DE LA PHASE 1 DU PROJET

L'évaluation finale de la phase 1 du projet a été faite sur la base d'indicateurs qui ont été définis au regard des objectifs présentés ci-avant (cf. § 3.2). Ces indicateurs, facilement chiffrables (au moins une valeur chiffrée facile à comptabiliser et à vérifier), qui ont été renseignés au fur et à mesure de l'avancement de la phase 1 sont :

- ✓ le nombre de contacts établis avec les services de l'Administration et de Collectivités, et avec les partenaires techniques et scientifiques lors de la concertation préalable **N = 109** (cf. Annexe 1) ;
- ✓ le nombre de sites à prospector établie après concertation **N = 227** (cf. Annexe 2) ;
- ✓ le nombre de personnes ressources, de partenaires techniques et scientifiques, qui seront impliqués dans la phase 2 du projet **N = 91**.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES (sélection succincte)

ALEZINE T., LEFEBVRE F. & CAILLON M., 2020. Les eaux souterraines : un milieu de vie pour toute une faune spécialisée. *Sud Ouest Nature*, 187 : 12-14.

BELLEGARDE R. & CHAMAYOU J., 1971. Évaluation des ressources en eau du département de la Dordogne. Rapport BRGM 71 SGN 205 AQL., 157 p.

CABARET O., ABASSQ L., DOUEZ O. & WUILLEUMIER A., 2016. Projet AZENA - Atlas des Zones à Enjeux Aval du SAGE Nappes profondes de Gironde - Phase 2. Rapport BRGM/RP-66335-FR, 81 p.

BOU C. & ROUCH R., 1967. Un nouveau champ de recherches sur la faune aquatique souterraine. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des sciences, Série D, Sciences Naturelles*, 265 : 369–370.

CVETKOV L., 1968. Un filet phréatobiologique. *Bulletin de l'Institut de Zoologie et Musée de l'Académie Bulgare de la Science*, 27 : 215–218.

DÖRFLIGER N., 1998. Synthèse hydrogéologique des systèmes karstiques du Sud Corrèze. Rapport BRGM R40259, 30 p.

DREAL Nouvelle-Aquitaine. Inventaire du patrimoine géologique Nouvelle-Aquitaine. Janvier 2020. 8 p.

ERCOLI F., LEFEBVRE F., DELANGLE M., GODÉ N., CAILLON M. RAIMOND R. & SOUTY-GROSSET C., 2019. Differing trophic niches of three French stygobionts and their implications for conservation of endemic stygofauna. *Aquatic Conservation*, 29 : 2193–2203.

ES T. & VONK R., 1987. Research on the groundwaterfauna of the northern part of the Aquitanian Basin, France - List of stations and firsts results. Report of the Instituut Taxonomische Zoölogie, Amsterdam, 38 p.

FERREIRA D., MALARD F., DOLE-OLIVIER M.-J. & GIBERT J., 2007. Obligate groundwater fauna of France: diversity patterns and conservation implications. *Biodiversity and Conservation*, 16 : 567–596.

LEMORDANT Y., 1998. Synthèse hydrogéologique du bassin de Gouzon – Creuse. Rapport BRGM R40214, 19 p.

MALARD F., DOLE-OLIVIER M.-J., MATHIEU J. & STOCH F., 2002. Sampling Manual for the Assessment of Regional Groundwater Biodiversity. PASCALIS project report, 74 p.

MARCHET P., 1991. Approche de la structure et de l'évolution des systèmes aquifères karstiques par l'analyse de leur fonctionnement - Application au NW du Causse de Martel (Quercy, France). Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 270 p.

MAUROUX B., PLATEL J.-P., BAUDRY D., OLIVIER J.-P., BERGERONNEAU S. & MARSAC-BERNEDE M.-J., 2003. Synthèse hydrogéologique du département de la Dordogne. Potentialités, qualité, vulnérabilité des nappes d'eaux souterraines. Rapport BRGM/RP-52259-FR, 139 p.

PARAN F. & AUGÉARD B. (coordinateurs), 2017. Guide technique Interactions nappe/rivière : des outils pour comprendre et mesurer les échanges. Agence française pour la biodiversité, collection *Guides et Protocoles*, 102 p.

PÉDRON N., ABOU AKAR A. & PLATEL JP., 2008. Évaluation de la ressource en eau de l'Éocène dans le Bergeracois. Phase 2. Finalisation de l'inventaire, intégration des données au modèle régional et simulations. Rapport BRGM/RP-56301-FR, 72 p.

PLATEL J.P., PÉDRON N. & GOMEZ E., 2008. Perspectives de gestion des nappes du Secondaire en Agenais-Périgord. Partie 1 - Synthèse géologique et hydrogéologique. Situation des nappes du Jurassique et du Crétacé supérieur. Rapport BRGM/RP-56419-FR, 154 p.

POITOU-CHARENTES NATURE, 2016. Étude et protection des gallaselles et de leurs habitats aquatiques souterrains en Poitou-Charentes. Rapport final, Fontaine-le-Comte, 90 p.

REY F., 2007. Ressources en eau souterraine dans les chaînons béarnais (Pyrénées-Atlantiques, France). Géométrie et fonctionnement hydrogéologique de quatre aquifères carbonatés. Thèse Université Sciences et Technologies - Bordeaux I, 435 p.

SAPLAIROLES M., MAUROUX B. & DUCASSE G., 2005. Gestion des Eaux Souterraines en Région Aquitaine. Appui à la mise en place des réseaux départementaux de suivi qualité et quantité. Rapport BRGM/RP-53647-FR, 139 p.

Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Adour-Garonne (SDAGE 2016-2021), 2016. Secrétariat Technique de Bassin, 281 p.

SKET B., 1999. The nature of biodiversity in hypogean waters and how it is endangered. *Biodiversity & Conservation*, 8 : 1319–1338.

SOUSSIEUX Ph., 1984. *Les Landes souterraines*. Edité par l'auteur, 249 p.

STOCH F., MALARD F., CASTELLARINI F., DOLE-OLIVIER M.-J. & GIBERT J., 2004. Statistical analyses and identification of indicators. PASCALIS project report, 156 p.

SUBRA Ph., 2000. Une des nombreuses richesses du Limousin : son Patrimoine Géologique et Minier. Rapport BRGM/RP-50659-FR, 31 p.

VANOUDHEUSDEN E., 2003. Actions 2011-2012 pour la mise à jour des inventaires cavités avec les fichiers des spéléologues et les données nouvellement acquises. Rapport BRGM/RP-62020-FR, 25 p.

VOUVÉ J. & SOURISSEAU B., 1996. Synthèse des connaissances géologiques et hydrogéologiques du département de Lot-et-Garonne (Univ. Bordeaux 1 & BRGM). Rapport R 39036, 70 p.

WINCKEL A., PETITJEAN J., BORIE M., MALLET C. & AUBIÉ S., 2004. État des connaissances hydrologiques et hydrogéologiques de la côte basque. Rapport BRGM/RP-53372-FR., 113 p.

## **LISTE DES ANNEXES :**

**ANNEXE 1 : LISTE DES CONTACTS ÉTABLIS**

**ANNEXE 2 : LISTE DES SITES À PROSPECTER**

**ANNEXE 3 : EXPERTS TAXONOMIQUES PARTENAIRES**

**ANNEXE 4 : MATÉRIELS DE COLLECTE**

**ANNEXE 5 : EXEMPLE DE FICHES DE TRAVAIL**

**ANNEXE 6 : COÛTS DU MATÉRIEL**

## ANNEXE 1 : LISTE DES CONTACTS ÉTABLIS

NOM Prénom	Organisme / Fonction	Objet contact	Phase 2
ANONYME	Hanna Instruments, Conseillère vente	Renseignements achats sondes multi-paramètres	0
ANONYME	Centre des Classes Citadines, Animation	Sensibilisation Eaux souterraines	1
ARTHEAU Malvina	Ex-univ. Toulouse, Biospéologue	Prise de contact & échange d'information	1
AUDRU Jean-Christophe	BRGM N-A, Poitiers, Directeur délégué	SIGES Poitou-Charentes-Limousin	1
AYACHE Bruce	BRGM N-A, Bordeaux	Réseaux suivi Eaux souterraines 24, 47 & 64	1
BADETS Mathieu	Indépendant, Biologiste	Sources et fontaines en Limousin	0
BARATAUD Julien	GMHL, Chiroptérologue	Établissement d'une liste de cavités en eau en Limousin	1
BARATAUD Michel	GMHL, Chiroptérologue	Établissement d'une liste de cavités en eau en Limousin	1
BAZINETTE Marion	EAU 47, Assistante de direction	Captages AEP 47	1
BENESTEAU Caroline	Société Orano	Anciennes mines du Limousin	1
BERGERON Mathieu	CDS 19, Biospéologue	Cavités actives et stygofaune 19	0
BERTRAND Alain	ABELA, Malacologue	Accord pour expertise/détermination des mollusques	1
BERTRAND Michel	Ex-univ. Montpellier, Arachnologue	Accord pour expertise/détermination des arachnides	1
BERTRAND Rémi	CDS 33, Président	Sélection de cavités 33	1
BOIREL Valérie	DREAL N-A, Coordinatrice Inventaires	Projet liste espèces à déterminance ZNIEFF	0
BONHOMME Mathieu	CEN Limousin, Chargé de projet	Financement inventaire	0
BOTHOREL Marie	ARS 47, Technicienne sanitaire	Captages AEP 47	1
BOU Claude	Indépendant, Biospéologue	Pompage en piézomètre & biblio	1
BRICHE Nathalie	CD 33, Bureau Ressource en Eau	Réseaux suivi Eaux souterraines 33	1
BRIE Jacques	FNE-NA, Référent Eau	CR Réunion SIGES Poitou-Charentes-Limousin	1
BROGNIEZ Sylvain	CD 33, Direction Environnement	Directives du CoPil & stratégies d'échantillonnage	1
BRUNETON Patrice	Ex-géologue minier	Carrières et mines en Limousin	1
CAHUZAC Bruno	Société Linnéenne Bordeaux, Président	Recherche & consultation bibliothèque SLB	1
CAILLON Michel	PCN, Hydrogéologue	Projet d'article APBG	1
CENTELLES Ruben	Spéléo-Club d'Agen, Biospéologue	Sélection de cavités actives en 47	1
CHABASSIER Marcel-Guy	Sources et Rivières du Limousin, Animateur	Présentation du projet en Limousin	0
CHATENET François-Xavier	Société Géologique du Limousin	Sélection anciennes mines Limousin	1
CHAVET-JABOT Francis	SAUR, Technicien	Prospection piézomètres au captage de Montvalent, 46	0
CHEVALIER Bertrand	DREAL N-A, Service Patrimoine Naturel	Directives du CoPil & stratégies d'échantillonnage	1
CHEVILLOT Xavier	SEPANSO Aquitaine, Directeur	Point avancement projet en rapport avec CoVid-19	1
CHRÉTIEN Mélanie	AE Adour-Garonne, Milieux aquat. & Espace rural	Avancement rapport de phase 1 & réunions de CoPil	1
COINEAU Nicole	Ex-Labo Arago, Hydrobiologiste	Personnes ressources en région pyrénéenne	1

<b>NOM Prénom</b>	<b>Organisme / Fonction</b>	<b>Objet contact</b>	<b>Phase 2</b>
COULAUD Sandrine	DREAL N-A, Hydrobiologiste	Possibilité de stockage des collectes	1
DE GRISSAC Bruno	SMEGREG, Directeur	Captages AEP, étude AZENA, lettre du SAGE & animations	1
DE LAVERGNE Sophie	FDAAPPMA 33	Sélection sites hyporhéiques 33	1
DEGEILH Marie	SEPANLOG, Chargé de mission	Sélection sites en 47	0
DEHARVENG Louis	MNHN, Taxonomiste	CoPil Stygofaune PNR Quercy	0
DEJEAN Gisèle	ARS 33, Ingénieur d'études sanitaires	Captages AEP 33 & SISE Eaux	1
DELMASURE Marie-Christine	FFS, Commission Scientifique	Sélection cavités 64 & travail de la Commission	0
DOREZ Dominique	CDS 64, Cadre technique	Sélection cavités 64	1
DOUEZ Olivier	BRGM N-A, Hydrogéologue	CR réunion de CoPil	1
DUBOIS Pascal	DREAL N-A, Bordeaux	SDAGE Adour-Garonne	1
DUREPAIRE Philippe	RNN Tourbière des Duges, Conservateur	Réseau piézomètres & étude hydrogéologique	1
ERCOLI Fabio	Univ. Jyväskylä, Finlande, Biologiste	Finalisation article Stygofaune en Poitou-Charentes	0
EYSNER Karine	SEPANSO Aquitaine, Secrétaire de direction	Publication article stygofaune Revue Sud-Ouest Nature	0
FAURY Gilbert	APBG Poitiers	Projet de publication dans le Bulletin National APBG	1
FLANDIN David	CD 40, Hydrogéologue	Réseaux suivi eaux souterraines 40	1
FOURNIER Isabelle	AE Adour-Garonne, Hydrogéologue	Réseaux de suivi Eaux Souterraines	1
FRONT Sophie	CSR Centre, Biospéologue	Partage de données stygofaune régions N-A et Centre	1
GALLAND Cathy	CEN Limousin, Responsable administrative	Sélection de sites en Limousin	0
GALLIOT Michel	LNE, Président	Présentation du projet en Limousin	1
GAUBERT Fabienne	CDS 47, Présidente	Sélection de cavités actives 47	1
GENDREAU Nicolas	Bordeaux Métropole, Direction Eau	Captages AEP Bordeaux Métropole	1
GILLES-BON Alix	ARP N-A, Coordinateur régional	Sélection sites hyporhéiques	1
GILLY Yves	RNN Géologique Saucats-La Brède, Conservateur	Inventaire Patrimoine Géologique en Aquitaine	1
GREAUME Cyrille	RNN Géologique Saucats-La Brède, Garde-animateur	Sélection sites hyporhéiques	1
IROLA Sébastien	SMABVC, Animateur SAGE Ciron	Sélection de sites sur BV du Ciron	1
JACQUEMAIN Nathalie	CD 24, Hydrogéologue	Réseaux suivi eaux souterraines 24	1
JEMIN Julien	GMHL, Chiroptérologue	Établissement d'une liste de cavités en eau en Limousin	1
JOMIER Ludovic	LNE, Coordination vie associative	Présentation du projet en Limousin	1
KERN Guillaume	Société Orano, Directeur de site	Anciennes mines Limousin	1
LACAZEDIEU Annie	GéoVal, Présidente	Sélection sites 64 & communication	1
LAGARRIGUE Daniel	Syndicat des Eaux de Montvalent, Président	Prospection piézomètres au captage de Montvalent	0
LE ROY Ellen	LNE/SLEM, Animation/Présidente	Présentation du projet en Limousin	1
LEBRETON Bernard	CSR N-A, Biospéologue	Sélection de sites 24	1
LO CASCIO Marie	RNN Géologique Saucats-La Brède, Animatrice	Inventaire Patrimoine Géologique en N-A	0

<b>NOM Prénom</b>	<b>Organisme / Fonction</b>	<b>Objet contact</b>	<b>Phase 2</b>
LORETTE Guillaume	PNR Quercy, Hydrogéologue	Inventaire stygofaune du PNR Quercy	0
LOULMET Isabelle	FNE-NA, Présidente	CR Activités 2019	1
LUCCHINI Didier	ARS 64, Ingénieur études sanitaires	Captages AEP 64	1
MALARD Florian	Labo LEHNA, CNRS/univ. Lyon1, Taxonomiste	Sélection de sites en milieu hyporhéique	1
MALORGA Elsa	SEPANLOG, Chargée de mission Natura 2000	Sélection sites 47	1
MALOUBIER Laëtitia	PNR du Médoc, Chargée de mission Pat. Nat.	Sélection puits dans PNR	1
MARCHAND Thierry	CDS 19, Président	Cavités actives et Stygofaune 19	1
MARCHET Pierre	AE Adour-Garonne, Hydrogéologue	Hydrogéologie du bassin Adour-Garonne	1
MOLINA Quentin	FDAAPPMA 47, Responsable technique	Sélection de sites en 47	1
MORANGE Aurélie	ARS 23, Ingénieur études sanitaires	Captages AEP 23	0
NAUDON David	LNE, Chargé de mission biodiversité	Établissement d'une liste de cavités en eau en Limousin	1
NAULEAU Benoît	Labo IC2M CNRS/univ. Poitiers, Hydrogéologue	Identification d'animaux stygobie sur vidéo	1
NOËL Franck	Expertise Environnement, Biologiste	Accord pour expertise/détermination des achats	1
NORE Thérèse	GMHL, Chiroptérologue	Établissement d'une liste de cavités en eau en Limousin	0
NUNEZ Mélanie	ARB N-A, Bordeaux, Chargée de mission	Répertoire d'initiatives en NA	0
OLIVIER Jean-Paul	SMDE24, Directeur technique	Captages AEP 24	1
PARETOUR Daniel	SMDE24, Ingénieur Ressource	Captages AEP 24	0
PEDRON Nicolas	BRGM N-A, Hydrogéologue	Appui technique au projet	1
PENIDON Gérard	EAU 47, Directeur	Captages AEP 47	1
PERAGALLO Jean	DFCI de Saumos, Président	Sélection puits dans le Médoc	0
PERRIER Stéphane	ARS 19, Technicien sanitaire	Captages AEP 19	1
QUENAULT Frank	SIAEBVELG, Animateur SAGE Lacs médocains	Étude hydrogéologique de la nappe du Plio-Quaternaire	0
QUERO Loïc	ARS 40, Ingénieur études sanitaires	Captages AEP 40	1
RABACHE Jean-Jacques	LNE, Directeur	Présentation du projet en Limousin	1
RAVANNE Alain	CDS 87, Président	Présentation du projet en Limousin	1
RÉGNERY Baptiste	ARB-NA, Responsable Pôle Accompagnement	Article sur inventaire stygofaune en PC et NA	1
ROCHE Antoine	GMHL, Chiroptérologue	Établissement d'une liste de cavités en eau en Limousin	1
ROLLAND Emmanuel	ARS 24, Ingénieur études sanitaires	Captages AEP 24	1
ROUQUIÉ Emmanuel	CD 47, Chargé de mission eau potable	Captages AEP 47	1
ROUSSEAU Patrick	CDS 24, Président	Sélection de sites 24	1
ROY Joël	CDS 40, Président	Sélection cavités 40	1
SARGOS François	SEPANSO, Conservateur RNN Étang de Cousseau	Piézométrie nappe du Plio-Quaternaire	0
SAURET Gabrielle	Cistude Nature, Chargée de projets	Création d'un site internet	0
SOULET David	CEN Aquitaine, Directeur adjoint	Sélection de sites en Aquitaine	1

<b>NOM Prénom</b>	<b>Organisme / Fonction</b>	<b>Objet contact</b>	<b>Phase 2</b>
SOUSSIEUX Philippe	CDS 40, Spéléologue	Cavités souterraines 40	1
SOUTY-GROSSET Catherine	Ex-CNRS/Univ. Poitiers, Biologiste	Finalisation article Stygofaune en Poitou-Charentes	1
STOCH Fabio	Univ. Bruxelles, Belgique, Taxonomiste	Biblio & Expertise taxonomique sur les copépodes	1
TAILLAT Mylène	FDAAPPMA 23, Chargée de mission	Sélection de sites hyporhéiques 23	0
TANNEAU Coralie	ARS 23, Responsable cellule Eau	Captages AEP 23	1
THINON-LARMINACH Murielle	BRGM N-A, Hydrogéologue	Réseau suivi & sources Limousin	1
THOMAIDIS Cyrille	CD 33, Bureau des carrières	Carrières souterraines 33	1
VERSANNE-JANODET Sébastien	Maison de l'Eau et de la Pêche 19, Directeur	Présentation du projet en Limousin	1
VITTIER Julien	GMHL, Chiroptérologue	Établissement d'une liste de cavités en eau en Limousin	1
<b>N = 109 contacts</b>	<b>N = 77 structures indépendantes</b>		<b>83</b>

## ANNEXE 2 : LISTE DES SITES À PROSPECTER

Dpt	Commune	Nom du site	Type d'habitat	Coord. X L93 (m)	Coord. Y L93 (m)	Données Stygofaune
19	Allasac	Piézomètre dans les alluvions de la Vézère	Nappe alluviale	579176	6462960	0
19	Argentat-sur-Dordogne	Puits sur la Dordogne	Nappe alluviale	616382	6443244	0
19	Beaulieu-sur-Dordogne	Alluvions de la Dordogne	Nappe alluviale	607545	6431949	1
19	Chartrier-Ferrière	Grotte de Ferrière	Karst	576749	6440998	1
19	Chasteaux	Évent des Jonquilles	Karst	579370	6443773	1
19	Chasteaux	Sous-écoulement du Sorpt	Milieu hyporhéique	579658	6444488	1
19	Favars	Sous-écoulement du Maumont blanc	Milieu hyporhéique	596306	6463521	0
19	Malemort	Piézomètre dans les alluvions de la Corrèze	Nappe alluviale	588395	6453578	0
19	Merlines	Sous-écoulement du Chavanon	Milieu hyporhéique	657996	6505441	0
19	Noailles	Gouffre du Briant	Karst	582624	6444174	1
19	Noailles	Abîme de la Fage	Karst	583380	6445438	1
19	Nonards	Grotte de la Garnie	Karst	606591	6436143	0
19	Peyrissac	Sous-écoulement de la Vézère	Milieu hyporhéique	599139	6489788	0
19	Saint-Angel	Sous-écoulement du Triouzoune	Milieu hyporhéique	639889	6488526	1
19	Saint-Cernin-de-Larche	Résurgence de la Doue	Karst	575628	6444371	1
19	Saint-Éloy-les-Tuileries	Ancienne mine d'antimoine des Biards	Nappe de socle	566537	6484495	0
19	Saint-Exupéry-les-Roches	Sous-écoulement de l'Ozange	Milieu hyporhéique	652402	6490375	1
19	Saint-Germain-Lavolps	Piézomètre du forage de Puy-la-Croix	Nappe de socle	638522	6500405	0
19	Saint-Julien-aux-Bois	Mine d'uranium de la Besse	Nappe de socle	632476	6452046	0
19	Saint-Merd-les-Oussines	Piézomètre du forage de Croix des Abeilles	Nappe de socle	625478	6504702	0
19	Saint-Pantaléon-de-Lapleau	Sous-écoulement du Vianon	Milieu hyporhéique	635997	6469048	1
19	Veix	Sous-écoulement du Galingard	Milieu hyporhéique	611841	6489615	0
19	Vigeois	Puits de Charliaguet	Nappe de socle	586780	6476188	0
23	Alleyrat	Sous-écoulement de la Creuse	Milieu hyporhéique	633371	6544496	0
23	Bazelat	Puits du Poirier	Nappe de socle	587167	6586133	0
23	Bord-Saint-Georges	Piézomètre du forage de Gouttes de Bord	Nappe de socle	646621	6572861	0
23	Budelière	Mine Est de Termont	Nappe de socle	659015	6569053	0
23	Châtelus-le-Marcheix	Souterrain d'adduction d'eau de Malmouche	Nappe de socle	592260	6545350	0
23	Crocq	Sous-écoulement du Chavanon	Milieu hyporhéique	650912	6530030	0
23	Crozant	Sous-écoulement de la Sédelle	Milieu hyporhéique	593339	6587546	1
23	Domeyrot	Mine d'uranium de la Ribière	Nappe de socle	631316	6574301	0
23	Évaux-les-Bains	Cavité de la Ribe Ouest	Nappe de socle	660364	6564038	0
23	Féniers	Lavoir communal	Nappe de socle	632008	6517066	0
23	Genouillac	Sous-écoulement du ruisseau des Poiriers	Milieu hyporhéique	623555	6584555	0

Dpt	Commune	Nom du site	Type d'habitat	Coord. X L93 (m)	Coord. Y L93 (m)	Données Stygofaune
23	Gentioux-Pigerolles	Lavoir communal	Nappe de socle	621845	6521032	0
23	Gioux	Mine d'uranium d'Hyverneresse	Nappe de socle	633226	6525969	0
23	Gouzon	Puits de la Prade	Nappe de socle	639670	6565290	0
23	La Celle-Dunoise	Ancienne mine d'or	Nappe de socle	605336	6579611	0
23	La Courtine	Lavoir du bas	Nappe de socle	642707	6511536	0
23	Le Grand-Bourg	Piézomètre du forage des Pêcheries	Nappe de socle	595540	6562793	0
23	Mérinchal	Sous-écoulement du Cher à sa source	Milieu hyporhéique	659210	6535892	0
23	Peyrat-la-Nonière	Puits des Courteix	Nappe de socle	641259	6554409	0
23	Royère-de-Vassivière	Lavoir de Masgrangeas	Nappe de socle	613395	6524806	0
23	Sainte-Feyre	Aqueduc du Château	Nappe de socle	616528	6560559	0
23	Saint-Michel-de-Veisse	Lavoir de Chasseline	Nappe de socle	625036	6540199	0
23	Saint-Quentin-la-Chabanne	Lavoir communal	Nappe de socle	634244	6529943	0
24	Augignac	Émergence de la Cornadelle	Karst	521172	6501615	1
24	Azerat	Grottes d'Azerat	Karst	552532	6451829	0
24	Beauregard et Bassac	Grotte de Bassac	Karst	513013	6435423	0
24	Bouzac	Source des Fontaines	Tithonien (Jurassique sup.)	558807	6404120	0
24	Capdrot	Sous-écoulement du Dropt	Milieu hyporhéique	534230	6399891	0
24	Cénac-Saint-Julien	Sous-écoulement de la Dordogne	Milieu hyporhéique	557977	6413454	1
24	Champeau-et-la-Chapelle-Pommiers	Source des Bernardières	Karst	509976	6489251	1
24	Château-l'Évêque	Fontaine du Godet	Karst	518753	6463112	0
24	Cours-de-Pile	Source de Ley Fonts	Maestrichtien (Crétacé sup.)	507946	6418199	0
24	Excideuil	Source du Sarconnat	Bajocien (Jurassique moyen)	547613	6471731	0
24	Eymet	Grotte de Saint-Sulpice-d'Eymet	Karst	497078	6410954	0
24	Firbeix	Source de la Jourde	Primaire (arènes granitiques)	541725	6499306	0
24	Jayac	Eydze d'En Brousse	Karst	571112	6438270	1
24	La Cassagne	Source du Coly	Jurassique	565645	6442240	0
24	La Chapelle-Montmoreau	Ruisseau souterrain de la Pépie	Karst	515313	6487589	0
24	La Rochebeaucourt-et-Argentine	Source de Font-de-Boudoire	Turonien (Crétacé)	496336	6487931	0
24	Lamonzie-Saint-Martin	Puits la Sionie	Nappe alluviale Dordogne	493028	6416908	0
24	Le Pizou	Sous-écoulement de l'Isle	Milieu hyporhéique	469593	6439424	0
24	Lisle	Source du Lavoir	Santonien (Crétacé)	507615	6467432	0
24	Monsec	Grotte Desfarges	Karst	506610	6482849	0
24	Montagrier	Puits des Nauves	Nappe alluviale de la Dronne	502712	6465426	0
24	Parcoule-Chenaud	Puits des Barges	Sables du Périgord (Tertiaire)	467609	6459486	0

Dpt	Commune	Nom du site	Type d'habitat	Coord. X L93 (m)	Coord. Y L93 (m)	Données Stygofaune
24	Périgueux	Source de l'Abîme	Coniacien-Turonien (Crétacé)	519420	6458149	0
24	Plazac	Source captée de Bellet	Coniacien (Crétacé supérieur)	546182	6438417	0
24	Rouffignac de Sigoulès	Ruisseau souterrain de Fontanguillère	Karst	496994	6411134	0
24	Saint-Capraise-d'Eymet	Grotte de la Coquette	Karst	502248	6403209	0
24	Saint-Cernin-de-Labarde	Source de Cantelouve	Éocène supérieur	510310	6411280	0
24	Saint-Jory-las-Bloux	Source de la Glane	Bathonien (Jurassique moyen)	539011	6472407	0
24	Saint-Martin-L'Astier	Sous-écoulement du Grolet	Milieu hyporhéique	487650	6444565	0
24	Savignac-les-Églises	Puits de la Varenne	Nappe alluviale de l'Isle	538552	6465861	1
24	Sourzac	Ruisseau souterrain de Sourzac	Karst	495190	6442486	0
24	Tamniès	Grotte de Tamniès	Karst	554284	6431235	0
24	Valeuil	Puits Amenot	Nappe alluviale de la Dronne	514219	6473806	0
24	Vélines	Puits de Granchamps	Nappe alluviale Dordogne	471364	6420543	0
24	Villars	Grotte de Villars	Karst	526848	6484953	0
33	Blasimon	Source de Villesèque	Karst	454103	6413703	0
33	Bommes	Carrière souterraine	Oligocène	433451	6388716	0
33	Budos	Source de Fontbanne	Oligocène	431642	6387999	0
33	Cabanac-et-Villagrains	Sous-écoulement du Gât-Mort	Milieu hyporhéique	418122	6396074	0
33	Cénac	Carrières de Cénac	Oligocène	426344	6414963	0
33	Cérons	Lavoir du Château Saint-Cricq	Oligocène	435290	6395981	0
33	Croignon	Carrière souterraine	Oligocène	435617	6418994	0
33	Faleyras	Émergence Pellegries	Karst	444265	6412303	0
33	Floudes	Puits de la Barthe	Plio-Quaternaire	456492	6389596	0
33	Frontenac	Karst du Grand-Antoine	Karst	450843	6408992	0
33	Gauriac	Carrière souterraine	Oligocène	415381	6447080	0
33	Hourtin	Puits de Haut-Bré	Plio-Quaternaire	386982	6461750	0
33	La Brède	Sous-écoulement du Saucats	Milieu hyporhéique	420469	6404282	0
33	La Rivière	Carrière souterraine	Oligocène	438961	6431629	0
33	Latresne	Carrière souterraine de l'aérocampus	Oligocène	424000	6415254	1
33	Le Pout	Carrière souterraine de Laborie	Oligocène	434440	6418516	1
33	Lucmau	Sous-écoulement du Ciron	Milieu hyporhéique	436212	6370489	0
33	Lugasson	Carrière souterraine	Oligocène	449938	6410779	0
33	Madirac	Puits « chez J. C. Leblanc »	Oligocène	431148	6412232	1
33	Omet	Carrière souterraine	Oligocène	439949	6400170	0
33	Préchac	Sous-écoulement du Ciron	Milieu hyporhéique	433014	6372421	0

Dpt	Commune	Nom du site	Type d'habitat	Coord. X L93 (m)	Coord. Y L93 (m)	Données Stygofaune
33	Pujols-sur-Ciron	Sous-écoulement de l'Arec	Milieu hyporhéique	433704	6390423	0
33	Rauzan	Rivière souterraine de la grotte Célestine	Karst	452785	6413508	1
33	Rions	Source de la grotte de Charles VII	Oligocène	437460	6402278	0
33	Saint-Ciers-sur-Gironde	Puits de Gourbeuil	Éocène inférieur à moyen	415354	6472368	0
33	Sainte-Croix-du-Mont	Puits le Peyrat	Plio-Quaternaire	438864	6393397	0
33	Saint-Genis-du-Bois	Lavoir communal	Oligocène	448589	6405618	0
33	Saint-Martin-du-Bois	Sous-écoulement de la Saye	Milieu hyporhéique	441806	6439492	0
33	Saint-Martin-du-Puy	Rivière souterraine de la grotte du Trou Noir	Karst	459438	6400393	1
33	Saint-Médard-en-Jalles	Source de Gamarde	Oligocène	408999	6428349	0
33	Saint-Pierre-de-Mons	Source Bellefontaine	Oligocène	443614	6388412	0
33	Saint-Vincent-de-Paul	Sous-écoulement de La Garonne	Milieu hyporhéique	534633	6400032	0
33	Villegouge	Carrières souterraines de Villegouge	Oligocène	439297	6435224	0
40	Arrengeosse	Sous-écoulement du Bès	Milieu hyporhéique	394877	6328110	0
40	Audignon	Captage du Marseillon	Crétacé	409745	6299236	0
40	Bourriot-Bergonce	Puits DFCI N° 118	Quaternaire (Sables des Landes)	446955	6345742	0
40	Campet-et-Lamolère	Puits de Loustalot-Sables	Quaternaire (Sables des Landes)	414494	6318823	0
40	Castelnau-Tursan	Ruisseau souterrain de la grotte des Fées	Karst	427285	6290323	1
40	Cauneille	Ruisseau souterrain de la grotte de Navaillan	Karst	372508	6281976	1
40	Donzacq	Ruisseau souterrain de la grotte d'Arrimblar	Karst	393818	6291201	1
40	Escource	Puits DFCI N° 186	Quaternaire (Sables des Landes)	381207	6346847	0
40	Gousse	Source non captée	Dano-Paléocène	384540	6304602	0
40	Grenade-sur-Adour	Piézomètre Courrèges	Nappe alluviale	425320	6302265	0
40	Lahosse	Grotte de Menjot	Karst	395178	6298023	1
40	Lucbardez-et-Bargues	Grotte de las Manes	Karst	426845	6325038	1
40	Mimizan	Piézomètre Route d'Escource	Quaternaire (Sables des Landes)	363639	6352187	0
40	Mont-de-Marsan	Source de la Poste	Helvétien	418764	6316479	1
40	Narrosse	Marnière de Lagelouse	Carrière souterraine	376912	6296398	1
40	Orist	Sous-écoulement de l'Adour	Milieu hyporhéique	364675	6292531	0
40	Pujo-le-Plan	Source du lavoir	Helvétien	431561	6313348	0
40	Roquefort	Grottes du Cros	Karst	433758	6331641	0
40	Saint-Aubin	Source de Peyradère	Dano-Paléocène	400138	6298844	0
40	Saint-Cricq-du-Gave	Grotte des Fées	Karst	373889	6278199	1
40	Sainte-Marie-de-Gosse	Galerie des plâtrières	Carrière sout. (gypse de Keuper)	359205	6282282	1
40	Saint-Gor	Sous-écoulement de l'Estampon	Milieu hyporhéique	438215	6337132	0

Dpt	Commune	Nom du site	Type d'habitat	Coord. X L93 (m)	Coord. Y L93 (m)	Données Stygofaune
40	Saint-Jean-de-Lier	Sondage N° 35	Nappe alluviale	386687	6307182	0
40	Saint-Justin	Grotte de Saint-Martin-de-Noët	Karst	438562	6329574	0
40	Saint-Martin-de-Seignanx	Grottes d'Audin	Karst	344399	6278680	1
40	Saunacq-et-Muret	Sous-écoulement de la Leyre	Milieu hyporhéique	399103	6374211	0
40	Tarnos	Forage R2 de la station de pompage	Plio-Quaternaire et Pliocène	337053	6282895	0
40	Uchacq-et-Parentis	Piézomètre de Perpignan-Sables	Quaternaire (Sables des Landes)	418685	6323493	0
40	Vielle-Saint-Girons	Forage F1	Plio-Quaternaire	354107	6326041	0
47	Allons	Forage de Largenté	Sables des Landes (Plio-Quaternaire)	454920	6347470	0
47	Arx et Sos	Résurgence de la Gueyze	Karst	470807	6338695	0
47	Barbaste	Source de Fon Chaude	Karst	478396	6343210	0
47	Bias	Puits de Favols	Nappe alluviale du Lot	512613	6371498	0
47	Blanquefort-sur-Briolance	Rivière souterraine de la grotte de Boutigues	Karst	537221	6388640	1
47	Buzet-sur-Baïse	Sous-écoulement de la Baïse	Milieu hyporhéique	485084	6355705	0
47	Casteljaloux	Rivière souterraine de la grotte des Fées	Karst	467053	6358627	1
47	Castella	Grotte de Fontirou	Karst	517536	6359954	0
47	Caubeyres	Résurgence de l'Ourbise	Karst	475126	6355132	0
47	Caudecoste	Puits de Fondelacoste	Nappe alluviale Garonne moyenne	518631	6338115	0
47	Cuzorn	Rivière souterraine de la grotte de la Poulétie	Karst	538462	6385516	1
47	Fumel	Grotte de l'Ours	Karst	540845	6381497	0
47	Lavergne	Sous-écoulement de la Dourdenne	Milieu hyporhéique	494341	6390242	0
47	Marmande	Puits n° 4	Nappe alluviale Garonne aval	473684	6381854	0
47	Massoulès	Source Jaubardet	Molasses du bassin du Lot	531231	6361994	0
47	Monbahus	Ruisseau du Tolzac de Verteuil	Milieu hyporhéique	501719	6384242	0
47	Monflanquin	Puits de la ferme de Marot	Nappe alluviale de la Lède	523806	6383204	1
47	Nomdieu	Sous-écoulement du Grand Auvignon	Milieu hyporhéique	496426	6336592	0
47	Réaup-Lisse	Rivière souterraine de la Pinténète	Karst	476877	6338942	1
47	Sainte-Colombe-de-Villeneuve	Grotte de Lastournelles	Karst	513299	6363068	0
47	Saint-Eutrope de Born	Grotte de Piis	Karst	519837	6388689	0
47	Saint-Sernin	Grotte de Castelgaillard n° 2	Karst	480885	6403810	1
47	Savignac-de-Duras	Grotte du Nourissat	Karst	476213	6405402	0
47	Thouars-sur-Garonne	Puits de Grand Courregeolles	Nappe alluviale Garonne moyenne	486415	6354716	0
47	Vianne	Source de Calezin	Calcaires et faluns du Miocène	487021	6349990	0
47	Villeton	Puits de la Petite Mazière	Nappe alluviale Garonne	483682	6368312	0
47	Xaintrailles	Source captée de Baillard	Calcaires et faluns du Miocène	480806	6347409	0

Dpt	Commune	Nom du site	Type d'habitat	Coord. X L93 (m)	Coord. Y L93 (m)	Données Stygofaune
64	Aincille	Grotte Aincille	Karst	358152	6235649	0
64	Alçay-Alçabéhéty-Sunharette	Source de la grotte de Bidalunia ko karbia	Karst	380608	6230179	1
64	Arette	Source Dorbé	Terrains plissés du BV des gaves	394997	6226505	0
64	Ascaïn	Source du Parc d'activités de la Prade	Terrains plissés des BV de la Nivelle	325186	6259299	0
64	Asson	Grottes de Bétharram	Karst	439462	6227570	1
64	Aussurucq	Grotte Etxanko Zola	Karst	376635	6233034	1
64	Beuste	Puits de Lagrange	Nappe alluviale du gave de Pau	437342	6240627	0
64	Bidart	Source de Contresta	Nappe du Plio-Quaternaire	329554	6271375	0
64	Bielle	Source de la Sauque	Terrains plissés du BV des gaves	420572	6224276	0
64	Bordes	Source de Gamarde	Nappe alluviale du gave de Pau	434903	6243632	0
64	Buzy	Source de la ferme Higuères	Karst	422160	6234783	1
64	Camou-Cihigue	Grotte Bijou	Karst	380173	6232354	1
64	Carresse-Cassaber	Sous-écoulement du Gave d'Oloron	Milieu hyporhéique	374349	6273273	0
64	Casteide-Candau	Sous-écoulement du Luy de Béarn	Milieu hyporhéique	410639	6274715	0
64	Castet	Source des Fées	Karst	422206	62240010	0
64	Eaux-Bonnes	Grotte et source du Lhey	Karst	427925	6212644	0
64	Estérençuby	Grotte des sources de la Nive	Karst	357961	6227025	0
64	Gelos	Grotte de Bétterette	Karst	426293	6246189	0
64	Idaux-Mendy	Sous-écoulement du Saison	Milieu hyporhéique	382099	6239480	1
64	Labastide-Cézéracq	Puits de Port de la Chapelle	Nappe alluviale du gave de Pau	412025	6259768	0
64	Laruns	Grande grotte Eaux-Chaudes	Karst	418950	6210006	1
64	Lasse	Source de Lasserre	Terrains plissés des BV de la Nive	351413	6236792	0
64	Louvie-Juzon	Source de Durand-le-Raton	Terrains plissés du BV des gaves	429405	6225801	0
64	Macaye	Source Ursuya 2	Nappe dans altérites gneiss	348229	6259177	0
64	Moumour	Source des Bruyères	Nappe alluviale du gave d'Oloron	402739	6240555	0
64	Oloron-Sainte-Marie	Source de la Sauque	Terrains plissés du BV des gaves	411637	6228588	0
64	Ordiarp	Grotte de Garaybie	Karst	375482	6236198	0
64	Orthez	Sous-écoulement du Gave de Pau	Milieu hyporhéique	391550	6272188	0
64	Rébénacq	Grotte de l'Oueil du Nééz	Karst	422940	6233734	1
64	Rébénacq	Source de Monjoux	Terrains plissés du BV des gaves	422942	6234261	0
64	Saint-Étienne-de-Baïgorry	Grotte Haitzalde	Karst	346892	6245590	1
64	Saint-Just-Ibarre	Sources de la Bidouze	Karst	370196	6241255	0
64	Saint-Martin d'Arberoue	Grotte d'Oxocelhaya	Karst	358973	6259508	0
64	Sare	Grottes de Sare	Karst	432916	6218369	1
64	Sault-de-Navailles	Source de Crampes de las Hades	Karst	404970	6278774	0

Dpt	Commune	Nom du site	Type d'habitat	Coord. X L93 (m)	Coord. Y L93 (m)	Données Stygofaune
87	Bessines-sur-Gartempe	Ancienne mine d'uranium de Bessines	Nappe de socle	574298	6559474	0
87	Châlus	Sous-écoulement de la Tardoire	Milieu hyporhéique	539189	6510907	0
87	Condat-sur-Vienne	Aqueduc souterrain du Picq	Nappe de socle	563571	6522074	0
87	Couzeix	Puits du Vallon de Coyol	Nappe de socle	561076	6533709	0
87	Javerdat	Piézomètre du forage du Pic	Nappe de socle	544344	6542572	0
87	Jouac	Ancienne mine d'uranium du Bernardan	Nappe de socle	564749	6582544	0
87	Limoges	Aqueduc souterrain de Limoges	Nappe de socle	565455	6528145	0
87	Lussac-les-Églises	Puits du Couret	Nappe de socle	562170	6583532	1
87	Magnac-Laval	Sous-écoulement de la Brame	Milieu hyporhéique	555990	6569863	0
87	Peyrat-le-Château	Puits d'Auphelle	Nappe de socle	609723	6522149	0
87	Rancon	Ancienne carrière de barytine	Nappe de socle	559728	6560614	0
87	Razès	Site uranifère de Silord	Nappe de socle	570953	6548090	0
87	Rochechouart	Puits de Chabaudie	Nappe de socle	532121	6528900	0
87	Saint-Bonnet-de-Bellac	Sous-écoulement de la Gartempe	Milieu hyporhéique	542137	6566808	0
87	Saint-Hilaire-les-Places	Puits de la ferme des Bourdachoux	Nappe de socle	556668	6504220	1
87	Saint-Léger-la-Montagne	Piézomètres de la Tourbière des Dagues	Nappe de socle	577314	6547370	0
87	Saint-Mathieu	Puits de la Forge	Nappe de socle	529004	6514454	0
87	Saint-Priest-Taurion	Aqueduc souterrain de la Ribière	Nappe de socle	573995	6532453	0
87	Saint-Sylvestre	Anc. carrière de pegmatite de Chabannes	Nappe de socle	574379	6545305	0
87	Vaulry-Chamboret	Ancienne mine de wolfram et cassitérite	Nappe de socle	551938	6548768	0
87	Verneuil-sur-Vienne	Sous-écoulement de la Vienne	Milieu hyporhéique	552471	6528545	0
87	Vicq-sur-Breuilh	Ancienne mine de plomb	Nappe de socle	573927	6506467	0

Liste classée par numéro de département et par ordre alphabétique des communes (N = 227). Pour les sites classés « confidentiels », seules les coordonnées géographiques du centroïde de la commune sont indiquées. La dernière colonne « Données Stygofaune » renseigne sur la présence/absence (1/0) de données historiques d'observation d'espèces stygobies à ce même site.

### ANNEXE 3 : EXPERTS TAXONOMIQUES PARTENAIRES

Grands taxons	Taxons	Experts	Organismes (localisation)
Crustacés	isopodes	Florian MALARD & Christophe DOUADY François LEFEBVRE	LEHNA / univ. Lyon 1 indépendant (Brive)
	amphipodes	Marie-José DOLE-OLIVIER Claude BOU	LEHNA / univ. Lyon 1 indépendant (Albi)
	ostracodes	Pierre MARMONIER	LEHNA / univ. Lyon 1
	copépodes	Fabio STOCH Diana GALASSI	univ. Bruxelles (Belgique) univ. L'Aquila (Italie)
Mollusques	gastropodes	Alain BERTRAND	indépendant (Ariège)
Annélides	oligochètes	Michel CREUZÉ DES CHÂTELIERS	LEHNA / univ. Lyon 1
	achètes	Franck NOËL	indépendant (Mayenne)
Arachnides	hydracariens	Michel BERTRAND	indépendant (Hérault)

*Christophe DOUADY et Florian MALARD (université Lyon 1 / CNRS) sont respectivement directeur du laboratoire LEHNA (Laboratoire d'Écologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés) et directeur de la sous-équipe E3S (Écologie, Évolution, Écosystèmes Souterrains), seul organisme de recherche spécialisé sur ces animaux aujourd'hui en France et leader d'un programme européen d'inventaire de la stygofaune ; Marie-José DOLE-OLIVIER, Pierre MARMONIER et Michel CREUZÉ DES CHÂTELIERS sont des experts de groupes taxonomiques stygobies au sein de cette unité. Claude BOU est un biospéologue indépendant, spécialisé sur les amphipodes, et bricoleur de génie (il est le co-inventeur de la pompe éponyme Bou-Rouch). Diana GALASSI et Fabio STOCH sont des universitaires italien et belge qui travaillent en étroite collaboration sur la systématique des copépodes à l'échelle européenne. Alain BERTRAND est un ex-chercheur CNRS du laboratoire souterrain de Moulis, aujourd'hui travaillant en indépendant à l'association ABELA (Étude et Conservation des Mollusques Continentaux). Franck NOËL est un naturaliste indépendant (Expertise Environnement), avec une expertise taxonomique – entres-autres – sur les achètes (sangues). Michel BERTRAND est un ex-chercheur de l'université Montpellier 3, aujourd'hui un des rares spécialistes européens travaillant sur les arachnides aquatiques.*

## ANNEXE 4 : MATÉRIEL DE COLLECTE

- **Compartiment hyporhéique (sous-écoulement des cours d'eau et vasque de sources)**



Pompe Bou-Rouch : détail et maniement *in situ*

- **Puits (ou tous regards donnant accès à une grande colonne d'eau)**



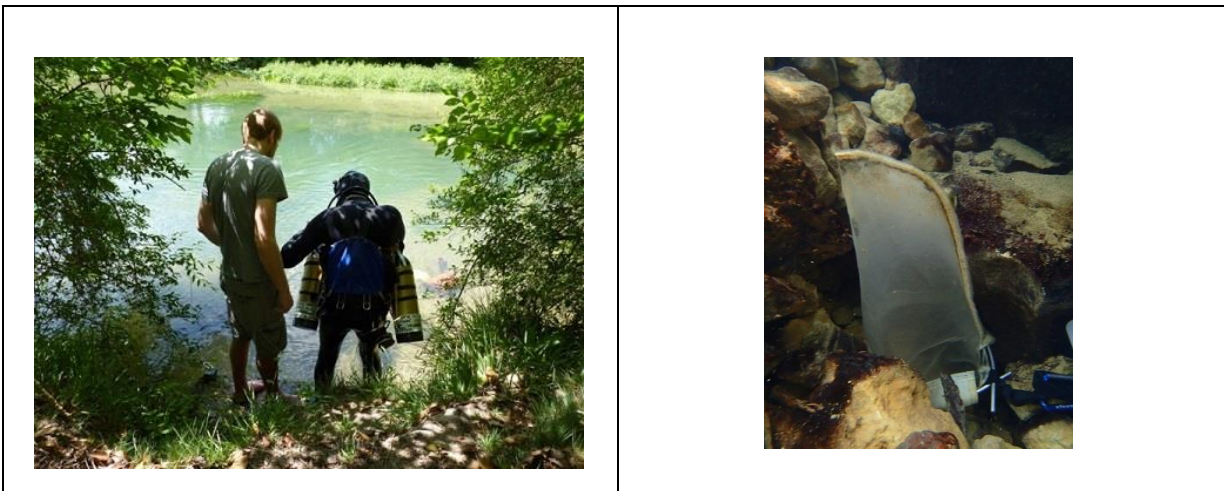
Filet Cvetkov ou phréatobiologique : détail et maniement *in situ*

● En milieu souterrain ou sortie de sources



Filet à main : détail et maniment *in situ*

● En fond de grande source vauclusienne



Filet à main : spéléoplongée et pose sur le flux d'eau

● Forage et captage à gros débit



Filet à large ouverture : détail et pose *in situ*

● **Pompage en piézomètre**



Appareillage pour pompage en piézomètre : détail et fonctionnement *in situ*



*Dans tous les cas, le vide de maille des filets et tamis de filtration est inférieure ou égale à 250 microns.*

## ANNEXE 5 : EXEMPLE DE FICHES DE TRAVAIL



### Fiche Topo - Captage de Montvalent

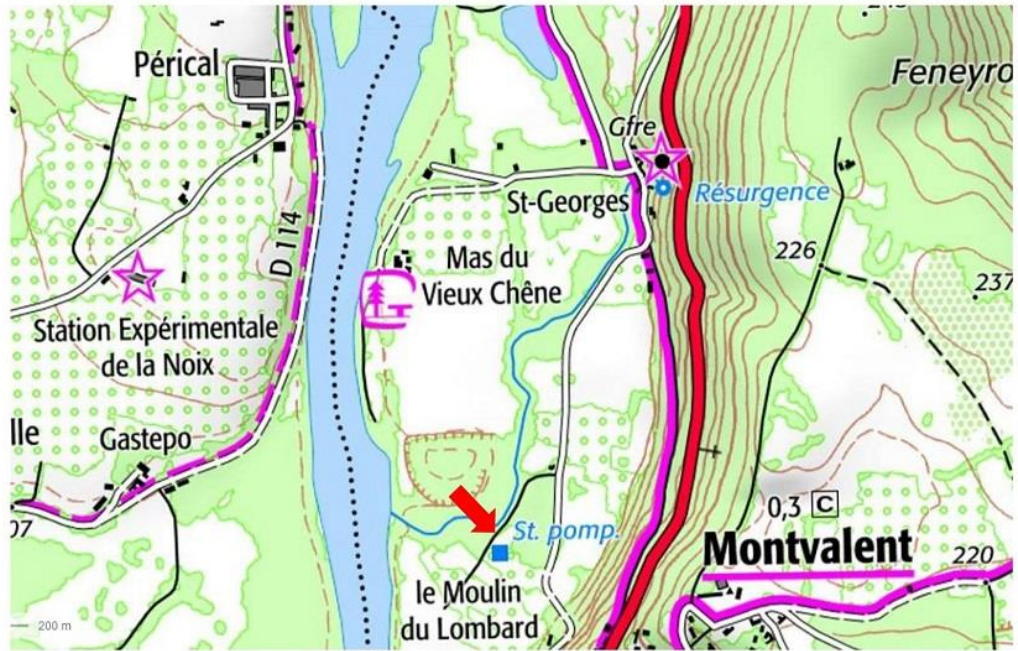
<b>Département :</b> 46	
<b>Commune :</b> Montvalent	(COG/INSEE)
<b>Lieu-dit/Toponymie :</b> prox. le Moulin du Lombard	(Géoportail/IGN)
<b>Coordonnées géographiques :</b>	
- latitude / longitude (DS) : 44°52'59"N / 01°36'55"E	(Géoportail/IGN)
- X / Y / Z (L93) : 590656 / 6421407 / 107 m	(Géoportail/IGN)
<b>Étage géologique :</b> alluvions de la Dordogne (Quaternaire)	(InfoTerre/BRGM)
<b>Aquifère :</b> aquifère poreux de nappe alluviale	(BRGM)
<b>Bassins versants :</b> ruisseau Saint-Georges < Dordogne < Garonne < Gironde	(Géoportail/IGN)
<b>Code BSS :</b> BSS001YTER (08096X0018/F)	(InfoTerre/BRGM)
<b>Code Masse d'eau souterraine :</b> FG024	(SDAGE2016-2021/AEAG)

**Histoire & Patrimoine local :** nappe alluviale en relation avec la Dordogne, et alimentée en partie par le karst environnement et l'impluvium du réseau de Padirac, prolongé par la résurgence Saint-Georges et le ruisseau Saint-Georges

**Remarques :** une campagne de pompage par Claude Bou (1998-1999), dans les piézomètres autour de la station de captage, avait révélé une faune exceptionnellement riche (14 taxons stygobies), notamment en crustacés (Thermosbaenacés *Limnosbaena* n. sp.). L'abondance relative de certaines espèces (ex. *Stenasellus virei*) suggère des connexions, voire des migrations, vers le milieu karstique drainé par la rivière souterraine de Padirac (thèse de Guy Magnez, 1976, cf. Claude Bou).

**Biblio/Média :** Syndicat des Eaux d'Alvignac-Montvalent (mairie d'Alvignac ; président Daniel Lagarrigue au 06 89 35 58 38) + thèse de Guy Magnez, 1976 + visite FL du 2 déc. 2019 + comm. pers. C. Bou, le 02/03/2020.

Localisation (Géoportail/IGN - 1/6700°) :



Au nord-ouest du bourg de Montvalent, dans la vallée de la Dordogne ; accès depuis de la D840 en direction de Martel, par le chemin descendant à la résurgence Saint-Georges et au Moulin du Lombard

#### Illustrations et Photos



Résurgence Saint-Georges de Padirac



Site de captage de Montvalent

SEPANSO Aquitaine : 1, rue Tauzia, 33800 Bordeaux  
Tél. 05 56 91 33 65 / Courriel : eau.sep@orange.fr



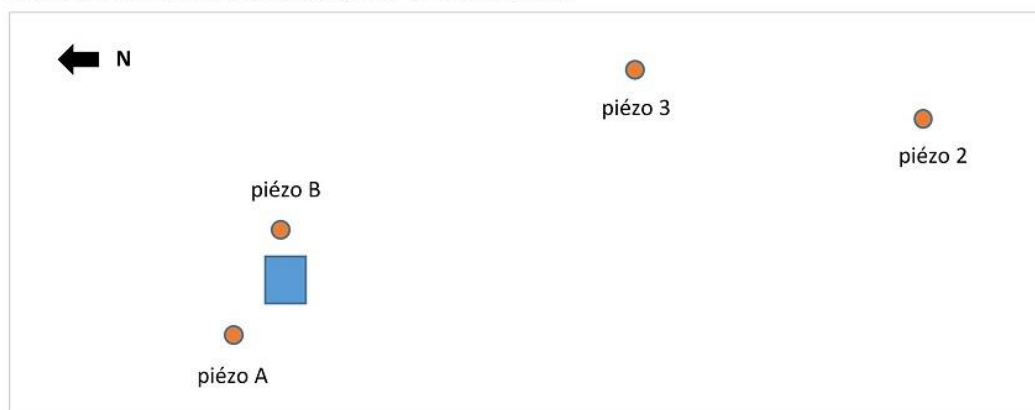
## Fiche de collecte - Stygofaune en Nouvelle-Aquitaine

Collecteur(s) / Observateur(s) : F L + C B O U + T A L E Z I N E  
Date : 0 2 / 0 3 / 2 0 2 0 H. arrivée : 1 4 h 3 0 min H. départ : 1 6 h 3 0 min

Nom Station : C A P T A G E D E M O N T V A L E N T  
Lieu-dit : M O U L I N L O M B A R D  
Commune : M O N T V A L E N T Département : 4 6  
Latitude (DS) : 4 4 ° 5 2 ' 6 0 . " N Longitude (DS) : 0 1 ° 3 6 ' 5 5 . " E  
Altitude : 1 0 7 m Autres systèmes / Remarques : coordonnées approximatives, sur la station de  
captage Photo :

Habitat : rivière souterraine  nappe souterraine  œil source  hyporhéos   
Point(s) d'accès : galerie souterraine  source  fontaine  lavoir   
puits  forage  piézomètre  sous-écoulement

Croquis / Faciès (circulation d'eau, points de collecte, etc.) :



**Nature du substrat :** matière organique  argile/limon ( $\approx \mu\text{m}$ )  sable (< 2 mm)   
graviers (2-10 mm)  cailloux (10-100 mm)  pierre/bloc (>10 cm)

**Courant :** nul  faible  moyen  fort

**Profondeur niveau d'eau (/sol) :** 5 . 5 m **Profondeur au fond (/sol) :** 5 . 0 m

**Qualité d'eau :** T : . °C pH : . Ev : . mS/cm TDS : ppm  
Oxygène (O<sub>2</sub>) : . mg/L Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) : mg/L Phosphate (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) : mg/L  
Sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) : mg/L Nitrate/ite (NO<sub>3/2</sub><sup>-</sup>) : / mg/L  
Carbonate (CaCO<sub>3</sub>) : ° (x17.8) : mg/L Pollution /détritus : aucune mesure prise

**Biotope (amont) :** g<sup>des</sup> cultures  bocage/prairies  cours d'eau  mares/étangs   
marais  tourbières  zones urbaines  forêts  pelouses sèches  landes   
falaises calcaires  roches siliceuses  galeries souterraines  littoral halophile

**Flore** (alentours immédiats) : Noyer cultivé *Juglans regia* (x100)

**Faune** (alentours immédiats) : noms français + latin TaxRef...

**ID Prélèvement** (PC + N° Dpt + 3 Initiales Station + N° collecte) O C 4 6 M O N 3 (ex. : PC86GAS1)

**Méthode(s) :** à vue  filtrage substrat  sondage Bou-Rouch  filet Cvetkov   
piège à appât  piège à habitat  piège filtrant  pompage en piézo

**Effort d'échantillonnage** (durée, nombre, volume) : 10 L x5

**ID Prélèvement** (PC + N° Dpt + 3 Initiales Station + N° collecte) O C 4 6 M O N 4 (ex. : PC86GAS1)

**Méthode(s) :** à vue  filtrage substrat  sondage Bou-Rouch  filet Cvetkov   
piège à appât  piège à habitat  piège filtrant  pompage en piézo

**Effort d'échantillonnage** (durée, nombre, volume) : .10 L x5

**Remarques :** MON3 : pompage dans le piézo 3 (sous les noyers, prox. chemin menant au Moulin du Lombard) + MON4 : pompage dans le piézo 2 (sous les noyers, en face du Moulin du Lombard), à env. 5 m de profondeur

## Fiche Tri & Dét. Stygo-Faune en Nouvelle-Aquitaine

ID Station : C A P T A G E M O N T V A L E N T P z 3

ID Prélèvement : O C 4 6 M O N 3

Observateur(s) : + C B O U

Date : 0 7 / 0 3 / 2 0 2 0

Grands Taxa Morpho	Comptage	N tot.	N spp.	Commentaires	Analyses ++ (det.CB)
Turbellariés	II	2	≥1		(det.CB)
Nématodes					
Annélides Oligochètes					
Achètes					
Mollusques Gastéropodes	#### ## II	12	≥1		<i>Islamia</i> sp. (det.CB)
Bivalves					
Hydracariens					
Crustacés Cladocères					
Ostracodes					
Copépodes	#### ####	5 5	≥1 ≥1		Cyclopes (det.CB) Harpacticoides (det.CB)
Amphipodes	#### ## ## ## ## II	22	1		<i>Niph. admiraulti</i> (det.CB)
Isopodes	I	1	1		<i>Salentinella petiti</i> (det. CB)
Insectes Collemboles					
Autres					
Curiosités					
Substrat					

**Remarques** : ce piézomètre Pz3 n'avait semble-t-il jamais été prospecté (où il n'avait rien révélé) (cf. données de C. Bou) ; sur les 4 échantillonnés en 2020, c'est le plus riche en termes d'abondance et de diversité spécifique (avec au minimum 6 espèces).



Crustacé *Niphargus* sp. (env. 12 mm)



Mollusque *Islamia* sp. (env. 2 mm)



Crustacé *Salentinella* sp. (env. 4 mm)

SEPANSO Aquitaine : 1, rue Tauzia, 33800 Bordeaux  
Tél. 05 56 91 33 65 ou 07 82 79 80 32 / Courriel : françois.lefebvre@eco-analyses.com

## ANNEXE 6 : COÛTS DU MATÉRIEL

Matériel nécessaire	Disponibilité / Provenance	Quantité à l'achat	Prix unitaire (€ TTC)	Montant (€ TTC)
<b>Matériel pour prélèvements et analyses</b>				
Pompe BOU-ROUCH (pompe à main)	prêt C. Bou (x1) + achat société Rhône Saône	1	160,00	160,00
Sonde BOU-ROUCH (tubes)	prêt C. Bou (x1) + achat société Rhône Saône	1	180,00	180,00
Tête de frappe pour sonde BOU-ROUCH	prêt C. Bou (x1)	0		
Masse pour sonde BOU-ROUCH	à disposition, reliquat étude PC (x1)	0		
Pompe de surface pour piézomètre	prêt C. Bou (x1) + achat société Rhône Saône	1	150,00	150,00
Sonde piézométrique KL010-30 (OTT)	PLM EQUIPEMENTS	1	366,00	366,00
Filet CVETKOV	achat ou fabrication ateliers univ. Lyon 1 (x1)	2	200,00	400,00
Cordage (10 et 30 m)	à disposition, reliquat étude PC (x1)	0		
Filet à mains	à disposition, reliquat étude PC (x2) + à fabriquer (x2)	4	15,00	60,00
Filet/tamis à maille fine (NITEX® 200 µm)	achat société Mougél	2 m <sup>2</sup>	54,00	108,00
Seaux (10 L)	à disposition, reliquat étude PC (x1) + achat généraliste	2	10,00	10,00
Luxmètre (PCE-EM 883)	achat société PCE-Instruments	1	168,00	168,00
GPS (Garmin Etrex 22 X WE)	achat société SDMO QUINIOU	1	200,00	200,00
Décamètre déroulant	achat généraliste	1	50,00	50,00
Montre chronomètre étanche	à disposition	0		
<b>Matériel pour tri et détermination</b>				
Sonde multiparamètres T°/pH/Ev/TDS (HANNA® HI9813-6)	achat société Hanna Instruments	1	200,00	200,00
Kit "Winkler" de dosage O2 dissous (HANNA® HI3810)	achat société Hanna Instruments	3 kits de 100 tests	70,00	210,00
Languettes colorimétrique PO43- (QUANTOFIX®)	achat société SDMO QUINIOU	3 kits de 100 tests	76,00	228,00
Languettes colorimétrique SO42- (QUANTOFIX®)	achat société SDMO QUINIOU	3 kits de 100 tests	52,00	156,00
Languettes colorimétriques CaCo3 (QUANTOFIX®)	achat société SDMO QUINIOU	3 kits de 100 tests	33,00	99,00
Languettes colorimétriques NO3/NO2 (QUANTOFIX®)	achat société SDMO QUINIOU	3 kits de 100 tests	55,00	165,00
Languettes colorimétriques NH4+ (QUANTOFIX®)	achat société SDMO QUINIOU	3 kits de 100 tests	90,00	270,00
Alcool non-dénaturé 96° (Carlo ERBA®)	achat société Dutscher	5 bidons de 10 L	110,00	550,00
Flacons 500 mL, double bouchonnage (SDMO QUINIOU)	achat société SDMO QUINIOU	1 carton de 175 pièces	174,00	174,00
Flacons 1 L, double bouchonnage (SDMO QUINIOU)	achat société SDMO QUINIOU	1 carton de 90 pièces	119,00	119,00

<b>Matériel nécessaire</b>	<b>Disponibilité / Provenance</b>	<b>Quantité à l'achat</b>	<b>Prix unitaire (€ TTC)</b>	<b>Montant (€ TTC)</b>
Microtubes 2 mL à joint torique longue conservation (DUTSCHER®)	achat société Dutscher	4 packs de 500 pièces	75,00	300,00
Trousse de terrain (pinces, pinceau, loupes, tubes, stylos, étiquettes, etc.)	à disposition (reliquat étude PC)	1		
Trousse à dissection (pinces, scalpel, etc.)	à disposition (reliquat étude PC)	1		
Matériel de tri & d'observation (coupelles, pissettes, pipettes, tamis, etc.)	à disposition (reliquat étude PC)	1		
Appareil photo numérique (Olympus Tough TG-5)	achat société RAKUTEN	1	329,00	329,00
Loupe trinoculaire x10-x40 (OPTIKA® SZM 2LED)	achat société Labandco	1	530,00	530,00
Caméra numérique (AMSCOPE® 500MU)	achat société AMSCOPE	1	195,00	195,00
<b>Équipements spéléologique</b>				
Casque de spéléologie (PETZL Boreo Caving)	achat société Expé	1	105,00	105,00
Lampe frontale de spéléologie (PETZL Duo Z2)	achat société Expé	1	266,00	266,00
Combinaison étanche de spéléologie (Midroï AVENTURE)	achat société Expé	1	147,00	147,00
Bottes de spéléologie (ATS)	achat société Expé	2	99,00	198,00
Waders (Néoprène)	à disposition (reliquat étude PC)	1		
<b>Matériel informatique</b>				
PC portable Asus X512DA-EJ312T	à disposition (achat de phase 1)	1		
Disque dur externe (Maxtor, 1 To)	à disposition (achat de phase 1)	1		
<b>TOTAL (arrondi) en € TTC</b>				<b>6 100,00</b>

En 2018, FNE Nouvelle-Aquitaine a validé un projet d'étude intitulé « *Inventaire de la faune aquatique souterraine & qualité des milieux en Nouvelle-Aquitaine* », ayant pour objectif d'étendre l'inventaire de la faune aquatique souterraine (i.e., stygofaune), préalablement mené en ex-région Poitou-Charentes, au reste de la Nouvelle – grande région – Aquitaine. Par délégation, la SEPANSO Aquitaine est devenue la structure chargée de mettre en œuvre le projet, dont la finalité affichée à terme est de dresser un inventaire taxonomique de la stygofaune en région, et d'appréhender la relation entre la présence de cette faune dans ses habitats naturels et la qualité des eaux souterraines.

Pour mener à bien ce projet un Comité de Pilotage a été constitué avec des représentants des organismes financeurs, et différents experts techniques et scientifiques (hydrogéologues, biospéologues, taxonomistes). Il a ainsi été décidé d'établir en préalable une compilation aussi exhaustive que possible des données stygofaune historiques en région (pré-inventaire), et d'envisager les potentialités hydrogéologiques des ex-régions Limousin et Aquitaine en termes d'habitats. Ce travail de mobilisation des connaissances a nécessité la prise de contact avec un grand nombre de personnes des services de l'Administration, des Collectivités, des structures spéléologiques et universitaires (N = 109).

Le présent document (rapport de phase 1) fait le point sur la faisabilité du projet d'un point de vue administratif, technique, scientifique et budgétaire, tout en constituant le document préparatoire (étude de préfiguration) à la phase opérationnelle du projet (phase 2 : échantillonnage de terrain, analyse en laboratoire, diffusion et valorisation des connaissances acquises).

Sur la base de l'expérience acquise en Poitou-Charentes, et des potentialités en termes d'habitats et de nouveaux taxons, une sélection de 227 sites à prospecter est donnée en Annexe. Le nombre de personnes ressources, de partenaires scientifiques et techniques qui se sont engagés et seront impliqués en phase 2 se porte à 91. Un budget et un calendrier prévisionnel pour la phase 2 sont également présentés.

*Cette phase 1 du projet a bénéficié du soutien financier du Conseil Régional de Nouvelle-Aquitaine, du Conseil Départemental de la Gironde, de la DREAL Nouvelle-Aquitaine et de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne.*