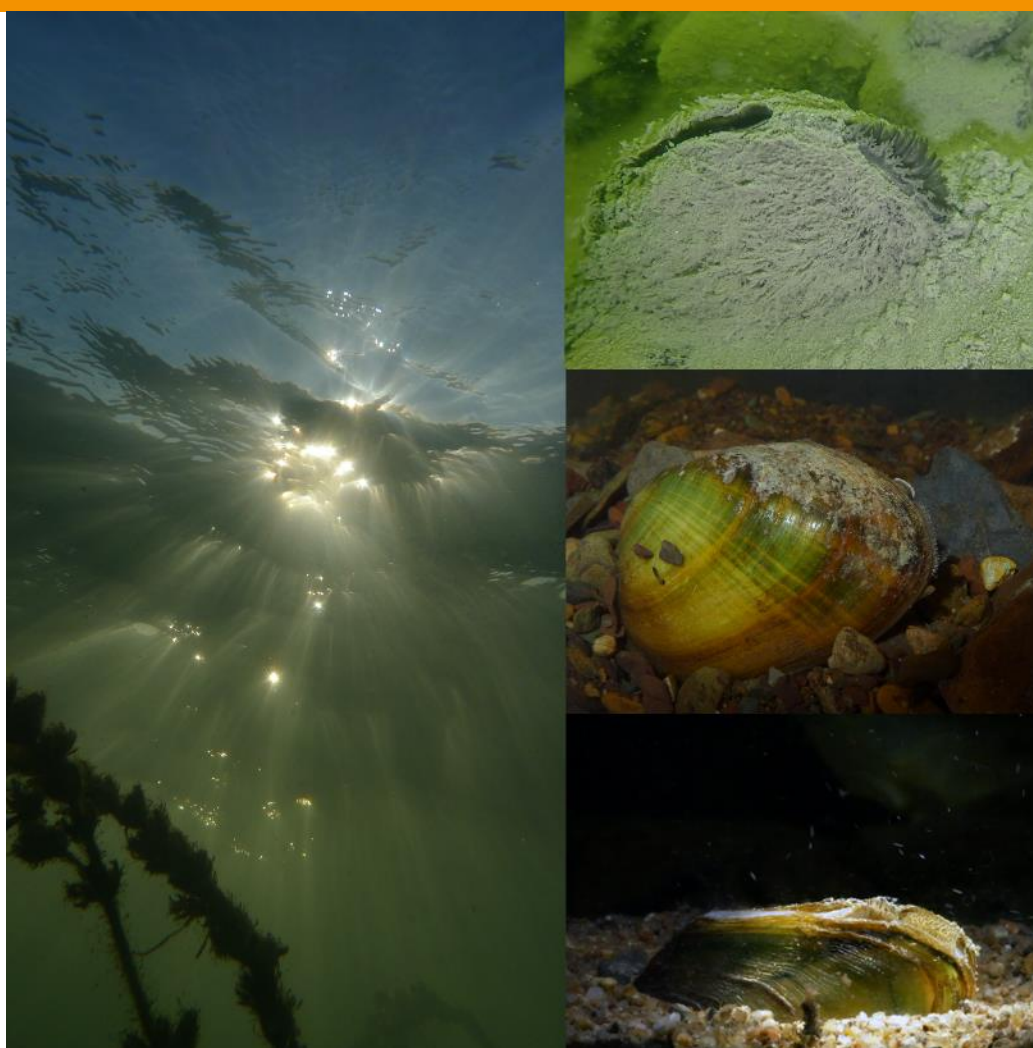


Le Fleuve Charente : Un hot-spot de biodiversité à préserver et restaurer

Bivalves d'intérêt communautaire de la Charente : inventaire global à partir de l'analyse de l'ADN environnemental.

Sites Natura 2000 FR5412006, FR5400472 & FR5402009



Financé par :



Partenaires du projet :



| | |
|--|--|
| Titre du projet | Bivalves d'intérêt communautaire de la Charente : inventaire global à partir de l'analyse de l'ADN environnemental |
| Citation recommandée | Colleu, M.-A. & Prié, V. 2023.- Bivalves d'intérêt communautaire de la Charente : inventaire global à partir de l'analyse de l'ADN environnemental. EPTB Charente – SPYGEN, 47 p. |
| Mots clef | ADN environnemental, bivalves, Charente |
| Porteur de projet | Établissement Public Territorial du Bassin de la Charente |
| Liste des sites Natura 2000 concernés par l'étude | Sites Natura 2000 FR5412006, FR5400472 & FR5402009 |
| Liste des espèces et/ou habitats d'intérêt communautaire concernés | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Grande Mulette <i>Pseudunio auricularius</i> ➤ Mulette épaisse <i>Unio crassus</i> ➤ Mulette méridionale <i>Unio manicus</i>, ➤ Habitat 3260-5 - Rivières eutrophes (d'aval), neutres à basiques, dominées par des Renoncules et des Potamots |

Remerciements :

Nous tenons à remercier tout particulièrement la DREAL Nouvelle-Aquitaine pour avoir financé et suivi ce projet. Nous remercions chaleureusement les partenaires techniques de cette étude qui ont largement collaborés par leurs échanges, leurs disponibilités et leurs données à l'obtention des résultats présentés dans ce rapport. Les différents programmes d'études ont enclenché une belle dynamique sur le bassin versant et à l'échelle de la Nouvelle-Aquitaine sur les bivalves.

Merci également à toute l'équipe de Spygen qui effectue les analyses au laboratoire et les traitements bio-informatique.

* Photo de couverture : vue subaquatique de la Charente, Grande Mulette, Mulette épaisse et Anodonte comprimée. ©Vincent Prié

Résumé exécutif

Contexte, présentation du projet

La Grande Mulette figure parmi les invertébrés les plus menacés au monde. Elle a été redécouverte dans la Charente en 2007. En 2010, une étude a permis d'estimer la taille de sa population dans la Charente entre 80 000 et 10 000 individus, ce qui fait de la population charentaise la plus importante en termes de conservation : la Charente héberge plus de 95 % des effectifs mondiaux de Grande Mulette.

Sa répartition a été principalement étudiée par des plongées hyperbares. La probabilité de détection en plongée étant assez faible, les populations sporadiques ou relictuelles dispersées sur les linéaires étendus des grands cours d'eau peuvent facilement échapper aux observateurs. Aujourd'hui, les méthodes d'analyse de l'ADN environnemental (ADNe) permettent d'augmenter significativement la probabilité de détection. L'analyse de l'ADNe repose sur le fait que chaque organisme perd des cellules dans son environnement (cellules de peau essentiellement). En analysant des prélèvements d'eau, on peut aujourd'hui détecter les fragments de gènes perdus par les organismes qui y vivent. L'analyse de ces fragments de gènes permet de réaliser l'inventaire de tout le vivant sur un linéaire de quelques kilomètres de rivière. Cette méthode est de plus en plus utilisée par les associations et les gestionnaires pour la recherche d'espèces rares ou difficiles à détecter, notamment les poissons migrateurs sur la Charente.

D'après les diverses investigations menées sur la Charente depuis 2007, l'aire de répartition de la Grande Mulette sur la Charente se limitait à un linéaire allant de Chaniers à Port d'Envaux (avec quelques observations anciennes d'individus isolés jusqu'à Cognac). Des coquilles collectées jusqu'à l'aval de Mansle témoignent d'une répartition passée plus importante. Or en 2020, un prélèvement ADNe réalisé par l'OFB sur la commune de Vindelle a mis en évidence la présence de Grande Mulette (confirmée par la suite par l'observation d'un individu). Cette détection se trouve environ 100km en amont de la population connue et laisse espérer de la persistance de noyaux de population inconnus sur le fleuve. L'EPTB Charente a donc proposé la mise en œuvre d'un échantillonnage systématique d'ADN environnemental sur la Charente, dans l'optique de préciser leur répartition.

Les analyses ADNe permettent à partir d'un échantillon de rechercher toutes les espèces de bivalves. Notre projet a donc intégré d'autres problématiques liées aux bivalves sur la Charente comme la recherche de la Mulette épaisse *Unio crassus* (protégée en France et listée à l'annexe II de la Directive Habitats), récemment redécouverte à l'amont de la Charente par ADNe, la Pisidie des marais *Euglesa pseudosphaerium* connue de quelques stations en France dont le Son, affluent de la Charente, l'Anodonte comprimée *Pseudanodonta complanata* qui est très menacée en France et connue de deux stations dans la Charente ; ainsi que la surveillance des espèces introduites envahissantes (Tableau 1). Huit échantillons prélevés par la Cellule Migrateurs Charente-Seudre (CMCS) pour étudier les poissons migrateurs ont été réanalysés pour les bivalves et 20 nouveaux échantillons, répartis de Chaniers à Mansle ont été prélevés en canoë (Figure 1). S'ajoutent quelques prélèvements réalisés par des associations, des bureaux d'études ou la CMCS indépendamment de ce projet. Notre plan d'échantillonnage couvre donc une bonne partie de la Charente. Ce projet pose ainsi les bases d'un suivi à long terme des bivalves de la Charente, reposant sur des méthodes standardisées et pouvant être mises en œuvre par des non-spécialistes.

Tableau 1 : liste des bivalves d'eau douce à enjeux présents ou potentiellement présents sur la Charente

| | Directive Habitats | Protection en France | Statut IUCN France |
|---|---------------------------------|----------------------|--------------------|
| Grande Mulette <i>Pseudunio auricularius</i> | Annexe IV | ✓ | CR |
| Mulette épaisse <i>Unio crassus</i> | Annexe II | ✓ | LC |
| Mulette méridionale <i>Unio mancus</i> | Annexe V | | LC |
| Mulette des rivières <i>Potomida littoralis</i> | | | EN |
| Pisidie des marais <i>Euglesa pseudosphaerium</i> | | | EN |
| Anodonte comprimé <i>Pseudanodonta complanata</i> | | | EN |
| Anodonte des rivières <i>Anodonta anatina</i> | | | VU |
| Anodonte des étangs <i>Anodonta cygnea</i> | | | VU |
| Anodonte chinoise <i>Sinanodonta woodiana</i> | Espèces exotiques envahissantes | | |
| Moule zébrée <i>Dreissena polymorpha</i> | | | |
| Corbicules <i>Corbicula spp.</i> | | | |

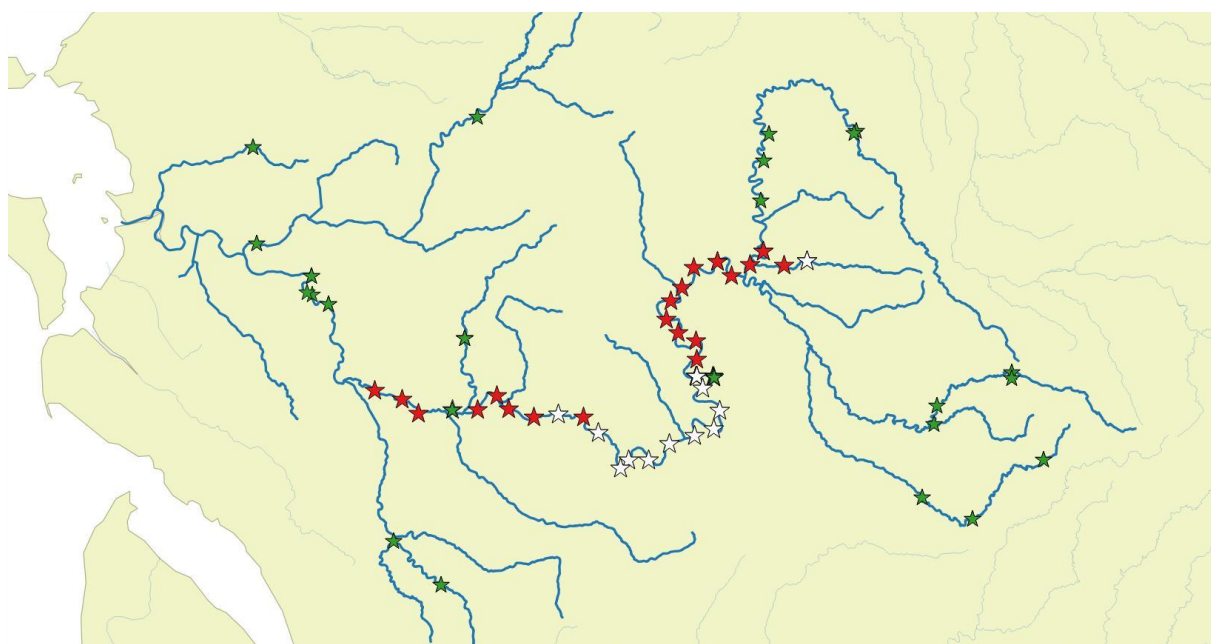


Figure 1 : Ensemble des échantillonnages ADNe bivalves sur la Charente jusqu'en 2022.

Etoiles blanches : prélèvements EPTB et OFB. Etoiles vertes : prélèvements associatifs (projet Mulettes Nouvelle-Aquitaine) et PNR Limousin. Etoiles rouges : ce projet.

Résultats

(Voir cartes p. 19)

► Richesse spécifique

Vingt-huit espèces de bivalves d'eau douce sont présentes sur le bassin-versant de la Charente, soit les deux-tiers de la faune de France (ANNEXE 1), ce qui fait de ce fleuve l'un des plus riches de France en bivalves d'eau douce.

► Espèces patrimoniales

Notre étude a permis de détecter de nouvelles stations de **Grandes Mulettes** entre Chaniers et l'amont de Cognac, confirmant les données historiques sur ce secteur. Ces données nouvelles étendent de 25 km la répartition de la Grande Mulette sur la Charente, ce qui **double le linéaire connu**.

Nous confirmons la présence de la **Mulette épaisse** sur l'amont du fleuve, avec six nouvelles stations.

La **Mulette des rivières** et la **Mulette méridionale** sont bien présentes sur tout le linéaire étudié, la Mulette méridionale de manière plus sporadique. L'**Anodonte des rivières** et l'**Anodonte des étangs** sont également présente sur l'ensemble du linéaire, l'**Anodonte des étangs** de manière plus éparse.

Nous n'avons pas détecté en revanche de nouvelles stations d'**Anodonte comprimée**, ni de **Pisidie des marais**. Le site où vit cette dernière doit se situer plus à l'amont sur le bassin-versant du Son.

► Espèces introduites

L'un des aspects remarquables mis en évidence par cette étude est la quasi-absence de la **Moule zébrée** et l'absence de l'**Anodonte chinoise**. La **Corbicule** est présente presque partout, mais on remarquera son absence sur l'amont du Bandiat, l'amont de la Boutonne et la Devise. **L'absence de l'Anodonte chinoise est le plus important**. Cette espèce présente pour les naïades autochtones une menace dont on commence seulement à appréhender l'ampleur. L'**Anodonte chinoise** est présente (et abondante) dans la Sèvre niortaise au Nord et poursuit sa colonisation de bassin de la Garonne au sud (elle est présente au moins jusqu'à La Réole selon les dernières données).

► Menaces et gestion

Si l'**Anodonte chinoise représente une menace majeure pour l'écosystème aquatique charentais**, les activités anthropiques ont aujourd'hui des impacts négatifs sur les bivalves. La ripisylve est fortement dégradée voire absente de certains secteurs, accentuant les effets du batillage, du lessivage des sols, augmentant les matières en suspension et les dépôts de vase qui colmatent les fonds. La qualité de l'eau est globalement dégradée par les activités humaines, domestiques et agricoles (ANNEXE 2)

Par quelques actions et travaux **tels que la plantation massive de ripisylve, la restauration du lit majeur, l'initiation de changements d'occupation du sol, la suppression/gestion des ouvrages** ou encore **la restauration des anciens secteurs anastomosés**, l'état du fleuve Charente pourrait s'améliorer significativement. Loin de ne toucher que les bivalves, les bénéfices de ces travaux – basés sur le concept de « Solutions Fondées sur la Nature » - pourraient améliorer très significativement l'ensemble des services écosystémiques tels que le soutien à l'étiage, la lutte contre les inondations, l'épuration naturelle de l'eau, la préservation de la biodiversité et donc placer le territoire dans une position forte de résilience face aux changements climatiques. Ces propositions, bien que non exhaustives, pourraient être largement réfléchies et mises en œuvre sur le territoire du bassin de la Charente... La place est à l'action.

Table des matières

| | |
|---|----|
| I. Introduction..... | 1 |
| 1. Services écosystémiques rendus par les moules d'eau douce..... | 1 |
| 2. Menaces pesant sur les bivalves d'eau douce | 3 |
| II Le projet d'amélioration des connaissances des bivalves sur la Charente | 4 |
| 1. Espèces patrimoniales et lacunes de connaissances..... | 4 |
| 2. Objectifs du projet..... | 6 |
| 3. Acteurs et autres projets sur les bivalves d'eau douce sur le bassin Charente | 6 |
| III Matériel et méthodes..... | 8 |
| 1. Principe de l'ADN environnemental | 8 |
| 2. Taxa cibles | 10 |
| 3. Échantillonnage terrain | 11 |
| 4. Plan d'échantillonnage | 12 |
| 5. Avenir des données collectées | 14 |
| 6. Organisation et partenariat..... | 15 |
| 7. Éléments de communication..... | 15 |
| IV Résultats..... | 16 |
| 1. Données antérieures | 16 |
| 2. Richesse spécifique..... | 16 |
| 3. Espèces patrimoniales..... | 18 |
| 4. Espèces introduites et menaces | 19 |
| 5. Atlas cartographique des espèces patrimoniales..... | 20 |
| IV. Amélioration future des connaissances sur le bassin Charente | 37 |
| V. Mesures opérationnelles pour la préservation des moules et la restauration du fleuve | 38 |
| 1. Empêcher l'arrivée de l'Anodonte chinoise | 38 |
| 2. La restauration du fleuve et de son lit majeur | 41 |
| 3. Séquence ERC et aspects réglementaire pour les travaux en cours d'eau | 44 |
| 4. Prise en compte dans le cadre de NATURA 2000..... | 46 |
| 5. Nouveaux périmètres de protection..... | 46 |
| Références..... | 48 |

Table des illustrations

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Un tapis de naïades dans une rivière en bon état, ici en Croatie..... | 2 |
| Figure 2 : Données de Grande mulette sur le département de la Charente avant le présent inventaire ADNe..... | 5 |
| Figure 3 : Sites NATURA 2000 du fleuve avec présence de mulettes | 5 |
| Figure 4 : Données des Unionidae..... | 7 |
| Figure 5 : Étapes de la méthode de l'ADN environnemental | 8 |
| Figure 6 : Prélèvement in-situ d'ADN environnemental et cartouche de filtration..... | 8 |
| Figure 7 : Schéma des différents niveaux d'exigences en fonction des objectifs des analyses d'ADNe.. | 9 |
| Figure 8 : Nombre d'espèces détectées par les analyses ADNe en fonction du volume d'eau filtré (Macher et al. 2021). | 11 |
| Figure 9 : Illustration de la capsule de filtration 0.45 µm VigiDNA | 11 |
| Figure 10 : Matériel de prélèvement..... | 11 |
| Figure 11 : Modélisation de la probabilité de détection des différentes espèces de bivalves d'eau douce de France avec un, deux, trois ou quatre répliques..... | 12 |
| Figure 12 : Échantillonnage ADNe bivalves sur la Charente en 2022..... | 13 |
| Figure 13 : Trajectoire de prélèvement en canoë sur la Charente..... | 13 |
| Figure 14 : Protocole d'échantillonnage terrain..... | 14 |
| Figure 15 : Comparaison des richesses spécifiques en France (à gauche) et dans le bassin Charente (à droite)..... | 16 |
| Figure 16 : Richesse spécifique sur les 28 sites échantillonnés..... | 17 |
| Figure 17 : Occurrences des espèces les plus présentes dans l'inventaire | 17 |
| Figure 18 : Occurrences des espèces patrimoniales de l'inventaire | 17 |
| Figure 19 : Illustration du mode de reproduction des Naïades (d'après Cucherat, Lamand & Prié 2022)..... | 19 |
| Figure 20 : Répartition en France de la Grande Mulette en 2020. | 21 |
| Figure 21 : Répartition sur le bassin de la Charente de la Grande Mulette en 2022 | 22 |
| Figure 22 : Répartition en France de la Mulette des rivières en 2020. | 23 |
| Figure 23 : Répartition sur le bassin de la Charente de la Mulette des rivières en 2022 | 24 |
| Figure 24 : Répartition en France de l'Anodonte des rivières en 2020..... | 25 |
| Figure 25 : Répartition sur le bassin de la Charente de l'Anodonte des rivières en 2022 | 26 |
| Figure 26 : Répartition en France de l'Anodonte des étangs en 2020..... | 27 |
| Figure 27 : Répartition sur le bassin de la Charente de l'Anodonte des étangs en 2022 | 28 |
| Figure 28 : Répartition en France de l'Anodonte comprimée en 2020..... | 29 |
| Figure 29 : Répartition sur le bassin de la Charente de l'Anodonte comprimée en 2022 | 30 |
| Figure 30 : Répartition en France de la Mulette méridionale en 2020 | 31 |
| Figure 31 : Répartition sur le bassin de la Charente de la Mulette méridionale en 2022 | 32 |
| Figure 32 : Répartition en France de la Mulette épaisse en 2020 | 33 |
| Figure 33 : Répartition sur le bassin de la Charente de la Mulette épaisse en 2022 | 34 |
| Figure 34 : Répartition en France de la Pisidie des marais en 2020..... | 35 |
| Figure 35 : Répartition sur le bassin de la Charente de la Pisidie des marais en 2022 | 36 |
| Figure 36 : Répartition de la Mulette épaisse en 2022 sur l'amont de la Charente | 37 |
| Figure 37 : Schéma des interconnexions entre grands bassins-versants et voies d'introduction des espèces de bivalves exotiques envahissantes..... | 40 |
| Figure 38 : L'Anodonte chinoise | 40 |
| Figure 39 : L'Anodonte chinoise en France | 40 |

| | |
|---|----|
| Figure 40 : Paysage du secteur de Cabariot, ripisylve absente sur une large portion des berges..... | 43 |
| Figure 41 : Estimation des densités de population de Grande Mulette sur la Charente en 2010..... | 45 |

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Synthèse des statuts de protection et de conservation des espèces patrimoniales de la Charente | 4 |
| Tableau 2 : Détail des amorces, répliques PCR et profondeur de séquençage demandée..... | 10 |
| Tableau 3 : Listes des espèces inventoriées sur les trois sites NATURA 2000 dans le cadre du projet | 17 |

Table des Annexes

| | |
|---|----|
| ANNEXE 1 : Liste des espèces de la faune de France présentes dans la Charente, détections en 2022 et statuts de conservation..... | 50 |
| ANNEXE 2 : Bilan de l'état de l'eau sur le Bassin Charente..... | 52 |
| ANNEXE 3 : Méthodologie de l'analyse ADNe et étape bio-informatique..... | 53 |
| ANNEXE 4 : Synthèse des caractéristiques des prélèvements | 55 |
| ANNEXE 5 : Campagne de communication sur les réseaux sociaux..... | 57 |
| ANNEXE 6 : Communiqué de presse de l'EPTB Charente..... | 58 |

I. Introduction

Les écosystèmes dulçaquicoles sont les plus menacés à l'échelle mondiale (Dudgeon 2019 ; Albert et al. 2020). Organismes filtreurs et sédentaires, les bivalves d'eau douce figurent par voie de conséquence parmi les espèces les plus menacées au niveau mondial (Lydeard et al. 2004 ; Böhm et al. 2022). Des études récentes témoignent de la raréfaction drastique de la plupart des espèces de bivalves d'eau douce à l'échelle européenne (Ollard & Aldridge 2023, Nakamura et al. 2023). En France, les données issues du déploiement de l'ADNe sur tout le territoire montrent que l'aire de répartition de certaines espèces s'est réduite énormément au cours des dernières décades (Prié et al. soumis). Ces espèces fragiles interrogent donc plus largement notre capacité à préserver et restaurer les milieux, en particulier dans un contexte de réchauffement climatique.

Sur le bassin Charente, un regard porté à trois données : le taux de rectification des cours d'eau (tronçons SYRAH), le Référentiel des Obstacles à l'Ecoulement, et le PDPG¹ permet d'apprécier l'état de dégradation de nos milieux aquatiques. La majorité des cours d'eau est en état moyen. L'Agence de l'Eau Adour-Garonne souligne dans son bilan 2019 : « plus de la moitié des cours d'eau de Nouvelle-Aquitaine risquent de ne pas atteindre les objectifs environnementaux à l'horizon 2027, en lien avec les pressions s'exerçant sur l'hydrologie, la continuité ou la morphologie ». Le chiffre est moins bon encore pour les affluents du bassin Charente.

Le cours principal de la Charente a fait lui aussi l'objet de nombreuses interventions qui sont parfois difficiles à percevoir car anciennes. Un des éléments les plus flagrants est la mise en place des seuils et barrages. Au nombre de 3 entre Rochefort et Cognac, leur nombre augmente drastiquement entre Cognac et Angoulême (un tous les 3 km environ) générant un taux d'étagement élevé et des faciès lentiques. Les faciès d'écoulement naturels sont quasiment absents, l'axe principal est remplacé par une succession de plans d'eau qui induisent des modifications morpho-dynamiques délétères au cortège naturel de Mulettes.

La restauration des populations de mulettes ne pourra donc se faire sans une reconquête hydromorphologique des cours d'eau. Le travail des syndicats de bassin et l'arrêt des interventions lourdes comme les curages sont en ce sens très encourageants. Une fois l'hydromorphologie restaurée les compartiments biologiques pourront eux aussi s'améliorer si d'autres pressions significatives ne rentrent pas en jeu.

1. Services écosystémiques rendus par les moules d'eau douce

Les moules d'eau douce, excepté certains taxons envahissants, n'ont que peu d'effet sur l'écosystème en raison de leur faible abondance. Car leur nombre est bien la condition *sine qua non* pour avoir un effet significatif sur l'environnement aquatique. Des études sur les espèces exotiques envahissantes telles que les Corbicules (*Corbicula spp.*) en attestent.

Si l'on considère les densités décrites jadis, plusieurs centaines d'individus par mètres carrés (Figure 1), les moules d'eau douce étaient des architectes et espèces ingénieures des cours d'eau qui pouvaient fournir l'ensemble des bénéfices ci-dessous :

¹ PDPG : Plans Départementaux pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources piscicole. Il reflète l'adéquation du cortège piscicole à un cortège théorique basé sur les caractéristiques du cours d'eau

- Apport de biomasse dans le milieu (nourriture des poissons, organismes détritivores, mammifères aquatiques...)
- Protection du matelas alluvial par sa couverture, structuration du fond et décolmatage (grossissement juvénile, enfoncement, déplacement)
- Refuge pour les alevins, les macro-invertébrés, les œufs de poissons, et l'ensemble des organismes de petite taille
- Floculation
- Alimentation humaine, conception de bouton, perle nacre....
- Filtration de l'eau et amélioration de la qualité des eaux (particules organiques et polluants chimiques)

Ce dernier service écosystémique rendu par les bivalves est crucial. La filtration de l'eau améliore sa clarté et permet aux macrophytes de se développer par apport de lumière. Les herbiers aquatiques sont une niche écologique à part entière, support de biofilm, de développement de pontes de poissons mais aussi d'un large panel invertébrés brouteurs ou filtreurs qui sont autant d'organismes contribuant à la diversité des chaînes alimentaires. Au sein d'un milieu, plus les interactions sont nombreuses, plus l'écosystème est résilient face aux facteurs de pressions extérieurs. Les bivalves participent ainsi largement à ce processus.

En régression eux aussi, les herbiers aquatiques constitués par ces macrophytes sont pour certains classés d'intérêt communautaires (ex. habitat d'intérêt communautaire 3260 "Rivières à renoncules"). Leur dépendance aux mulettes fait peser une menace d'autant plus importante sur ces habitats.

Les services rendus par les bivalves aux milieux aquatiques, mais aussi aux populations humaines ne pourront donc s'exprimer pleinement que lorsque les individus seront en nombre suffisant pour influencer l'écosystème, qui a pour cela besoin d'être préservé ou restauré. Ils sont ainsi des bio-indicateurs qui peuvent également être qualifiés d'espèces « parapluie » puisque leur protection bénéficie à l'ensemble des espèces du milieu aquatique.



Figure 1 : Un tapis de naïades dans une rivière en bon état, ici en Croatie. De telles densités ont un rôle fonctionnel important si l'on considère que chaque individu filtre en moyenne 40 l. d'eau par jour.

2. Menaces pesant sur les bivalves d'eau douce

La liste des menaces sur les bivalves est longue. Elle l'est d'autant plus que leurs habitats et leurs poissons hôtes peuvent aussi être menacés, multipliant les sources de risques pour les populations. Ces pressions sont difficiles à hiérarchiser et ont été variables dans le temps et dans l'espace.

- La principale pression historique survenue au 20^{ème} siècle a été l'extraction des mulettes en grande quantité pour la production de perle (Mulette perlière) ou de boutons (Grande Mulette). La destruction des individus a directement impacté les populations.
- Les interventions sur les cours d'eau par curage, recalibrage, rectification, drainage et modification générale de l'hydromorphologie ont appauvri drastiquement les habitats et détruit les individus
- La réduction de la continuité écologique par l'édification des seuils et ouvrages qui constituent des obstacles à la circulation des poissons hôtes. Ils altèrent aussi les faciès d'écoulements jusqu'à créer des successions de plans d'eau, une carence en matériaux granuleux meubles à l'aval nécessaires à l'enfoncement des individus. Les forces de cisaillement sur le lit peuvent devenir trop importantes pour la viabilité des mulettes, les plans d'eau incompatibles avec leurs exigences écologiques
- Les pollutions : la polluo-sensibilité de certaines espèces comme la Mulette perlière a été démontrée vis-à-vis des nitrates et des phosphores.
- La hausse de la température des cours d'eau, provoquée par une retenue, une réduction/suppression de la ripisylve, des rejets, le réchauffement climatique etc... La température des eaux joue un rôle déterminant pour l'ensemble des organismes aquatiques. La viabilité des glochidies de mulette épaisse est par exemple amoindrie pour la Mulette épaisse au-delà de 17°C (Prié, 2017) ; quant à la Mulette perlière, elle pourrait bien reculer devant la réduction de l'aire de distribution des truites fario face au réchauffement climatique
- Les assèchs : entraînant des mortalités directes, ils sont fortement liés aux désordres provoqués dans le lit majeur par assèchement des zones humides, drainage des champs et pompages. Bien que certaines espèces puissent survivre valves fermées dans la vase (ceci durant un temps limité) leurs capacités de déplacement et donc de fuite sont extrêmement réduites. La réduction des débits de 30 à 40% d'ici 2050 augmentera le risque d'extinction locale de petites populations.
- Les espèces introduites comme les Corbicules asiatiques mais en particulier l'Anodonte chinoise dont la surabondante production de glochidie entraîne l'apparition de résistances à l'enkystement par les poissons à la suite desquelles les mulettes autochtones peinent à s'implanter.
- La réduction des poissons hôtes et notamment les poissons migrateurs. A titre d'exemple, la lamproie marine a fait face à l'absence de continuité écologique pendant des années et aujourd'hui à la forte prédation par le silure. L'esturgeon a lui disparu suite à la surpêche.

II Le projet d'amélioration des connaissances des bivalves sur la Charente

1. Espèces patrimoniales et lacunes de connaissances

Depuis les premiers inventaires réalisés, de nombreuses données ont été produites sur les espèces de bivalves du bassin Charente. Les espèces patrimoniales détectées sont aujourd'hui nombreuses malgré des prospections qui ne pourraient prétendre à l'exhaustivité (Tableau 1). Parmi les taxons à enjeux, la Mulette épaisse *Unio crassus* et la Grande Mulette *Pseudunio auricularius* sont toutes deux protégées. Avec la Mulette méridionale *Unio mancus*, elles sont les trois espèces classées d'intérêts communautaires par la directive Habitat-Faune-Flore de 1992.

Trois espèces rares et menacées - bien que non concernées par des mesures réglementaires - ont été recensées sur le bassin à l'aide des premiers inventaires ADNe : l'Anodonte comprimée *Pseudanodonta complanata*, la Pisidie jolie *Euglesa pulchella* et la Pisidie des marais *E. pseudosphaerium*. Toutefois leur distribution n'était pas pleinement connue sur l'axe principal et une cartographie plus précise s'avérerait nécessaire.

Bien que souvent présente en dehors des zones prospectées à l'aquascope, la Grande Mulette a fait l'objet de nombreuses données de valves mortes sur le fleuve (Figure 2). Le potentiel de découverte d'une nouvelle population en amont de Chaniers était donc bien réel malgré qu'un seul point ADNe sur la commune de Vindelle (OFB) ait pu permettre de déceler la présence d'individus vivants. Sur les affluents, les inventaires par ADNe réalisés par les associations et l'OFB ont parfois été placés spécifiquement pour cibler l'espèce, sans succès. La donnée située la plus à l'amont est localisée sur la commune de Lichères en amont de Mansle (donnée OFB 16).

Tableau 1 : Synthèse des statuts de protection et de conservation des espèces patrimoniales de la Charente

| | Directive Habitats | Protection en France | Statut IUCN France |
|--|---------------------------------|----------------------|--------------------|
| Grande Mulette <i>Pseudunio auricularius</i> | Annexe IV | ✓ | CR |
| Mulette épaisse <i>Unio crassus</i> | Annexe II | ✓ | LC |
| Mulette méridionale <i>Unio mancus</i> | Annexe V | | LC |
| Mulette des rivières <i>Potomida littoralis</i> | | | EN |
| Pisidie des marais <i>Euglesa pseudosphaerium</i> | | | EN |
| Anodonte comprimé <i>Pseudanodonta complanata</i> | | | EN |
| Anodonte des rivières <i>Anodonta anatina</i> | | | VU |
| Anodonte des étangs <i>Anodonta cygnea</i> | | | VU |
| Anodonte chinoise <i>Sinanodonta woodiana</i> | Espèces exotiques envahissantes | | |
| Moule zébrée <i>Dreissena polymorpha</i> | | | |
| Corbicules <i>Corbicula spp.</i> | | | |

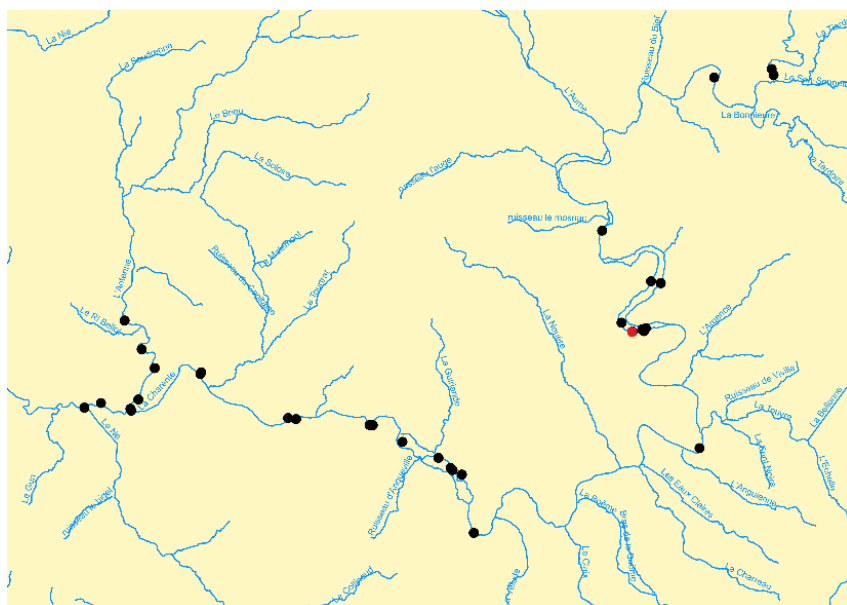


Figure 2 : Données de Grande mulette sur le département de la Charente avant le présent inventaire ADNe. Points noirs : individus morts (valves) ; point rouge : individu vivant. Données Charente Nature/OFB.

Trois des quatre sites NATURA 2000 du fleuve Charente sont concernés par la présence de mulettes (Figure 3), le site de la « Basse Vallée de la Charente » étant quant à lui soumis à la salure des eaux. A l'origine, les mulettes n'ont pas été intégrées en tant qu'espèces déterminantes des sites par manque de connaissances. Sur le fleuve, aucun inventaire spécifique à grande échelle n'avait été réalisé jusqu'à ce projet.

Devant l'étendue du bassin et des linéaires de talweg il paraît illusoire de vouloir inventorier avec précision (localisation, abondance) la totalité des espèces. Au regard de l'intérêt patrimonial du fleuve Charente et des espèces potentielles, un inventaire complet des espèces du cortège de bivalve a donc semblé nécessaire pour faire sortir l'axe de son statut de « boîte noire » et en préciser les enjeux.

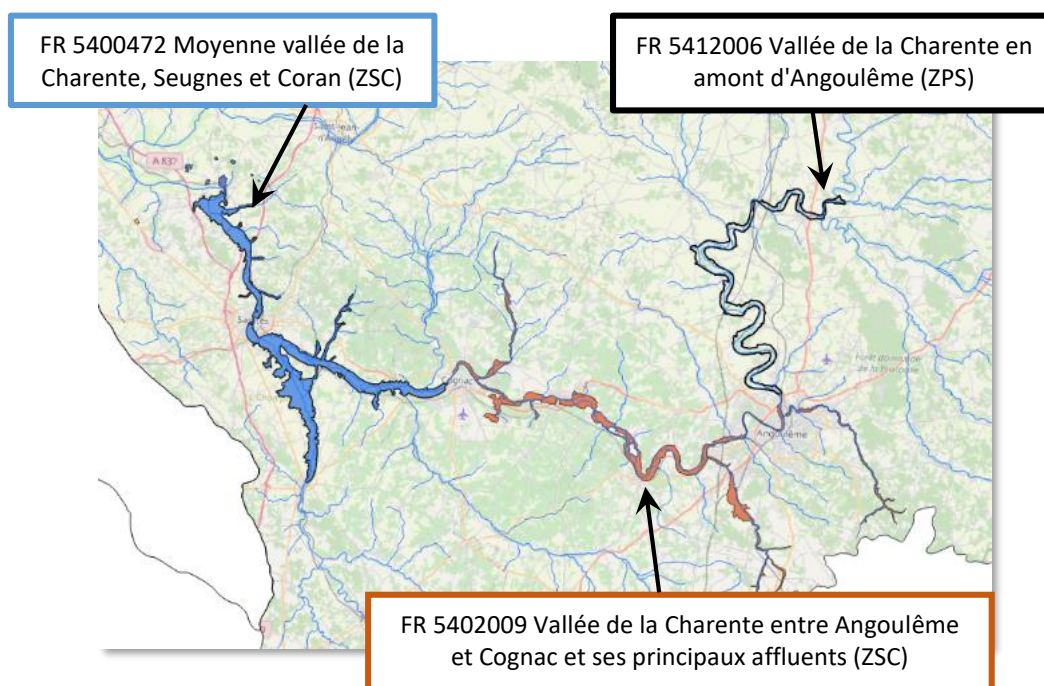


Figure 3 : Sites NATURA 2000 du fleuve avec présence de mulettes

2. Objectifs du projet

Compte tenu des données existantes sur l'abondance de la population de Grande Mulette, les populations relictuelles soupçonnées et les enjeux sur l'ensemble des espèces protégées et patrimoniales, il était nécessaire de construire un projet d'inventaire. L'EPTB Charente a donc soumis un dossier de demande de subvention à la DREAL Nouvelle-Aquitaine pour porter, avec l'aide de Vincent Prié (SPYGEN) chercheur rattaché au Muséum National d'Histoire Naturelle, le présent projet. La DREAL de Nouvelle-Aquitaine a financé 80% du montant total, le reste étant à charge de l'EPTB Charente.

L'objectif a été d'inventorier l'ensemble du cortège de bivalves pour en donner une image exhaustive sur une longue portion du fleuve Charente et ceci par la méthode de l'ADN environnemental. Les résultats de l'inventaire permettent :

- D'obtenir la liste de l'ensemble du cortège de bivalves du fleuve
- D'identifier les secteurs de présence de **trois espèces de bivalves d'intérêt communautaire** au titre de la Directive Habitats Faune-Flore que sont la Grande mulette *Pseudunio auriculatus* (Annexe IV), la Mulette épaisse *Unio crassus* (Annexe II) et la Mulette méridionale *Unio mancus* (Annexe V)
- De rechercher et d'inventorier d'autres **espèces rares et menacées**, en particulier l'Anodonte comprimée *Pseudanodonta complanata* et la Pisidie des marais *Euglesa pseudosphaerium*, toutes deux catégorisées En Danger d'extinction en France, qui ont déjà été détectées dans le bassin de la Charente mais dont la répartition reste inconnue
- De fournir un état des lieux sur les espèces exotiques envahissantes, en particulier l'Anodonte chinoise *Sinanodonta woodiana* qui n'est pas encore connue dans la Charente mais dont la progression en France est très inquiétante
- D'apporter des éléments sur les **écosystèmes et la qualité de l'eau** (en se basant sur les communautés et la qualité de bioindicateurs des bivalves d'eau douce)

3. Acteurs et autres projets sur les bivalves d'eau douce sur le bassin Charente

Depuis 2020, le programme Mulette de Nouvelle-Aquitaine a permis d'améliorer très largement la connaissance des bivalves sur le bassin versant. La première étape a consisté en une recherche des données diachroniques pour cibler les prospections à l'aquascope sur des secteurs à enjeux potentiels. Les compléments par prélèvement ADNe ont chaque année rendu plus exhaustive la connaissance sur l'ensemble du cortège notamment sur les affluents. La cartographie des données des Unionida sur les départements du bassin Charente (Charente-Maritime, Charente, Deux-Sèvres, Dordogne, Vienne, Haute-Vienne) l'atteste (Figure 4).

L'Office français de la Biodiversité a mené plusieurs fois des prélèvements ADNe sur la Charente pour évaluer la détectabilité sur les cours d'eau à bras multiples ou pour inventaire sur des affluents comme le Son.

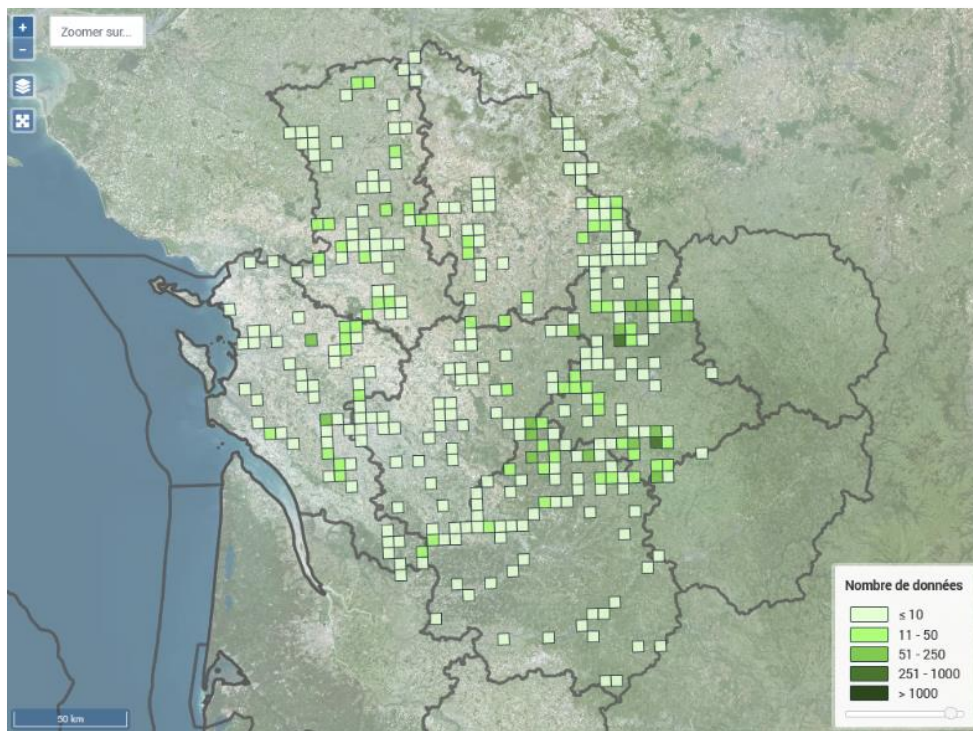


Figure 4 : Données des Unionidae. Source : Observatoire Fauna Nouvelle-Aquitaine.
03/2023

La Cellule Migrateurs Charente-Seudre, partenariat de 3 structures (EPTB Charente, MIGADO, CAPENA) réalise des inventaires ADNe pour établir le front de migration de la Grande alose et de la Lamproie marine sur le bassin versant depuis 2019. Un prélèvement par an fait l'objet d'un complément d'analyse pour l'identification du cortège de bivalves. Trois sites ADNe ont donc été inventoriés successivement par ce biais-là.

Ainsi, l'ensemble des points de prélèvements ADNe réalisés sur la Charente a été capitalisé pour définir au préalable la stratégie d'inventaire.

III Matériel et méthodes

1. Principe de l'ADN environnemental

L'ensemble des organismes (animal ou végétal) perd dans la nature des cellules qui contiennent de l'ADN. L'ADN environnemental est la technique d'inventaire de la biodiversité qui repose sur la détection des espèces par analyse de l'ADN contenu dans un échantillon d'eau prélevé dans le milieu. Des analyses en laboratoire permettent ensuite de déterminer l'espèce auquel appartient le fragment d'ADN retrouvé par comparaison avec des bases de références. L'ensemble du vivant peut être inventorié à l'aide de cette méthode qui implique plusieurs étapes (Figure 5). La première d'entre elle est le prélèvement *in situ* qui consiste en un pompage de l'eau durant 30 minutes. Le flux transite au travers une capsule de filtration qui retient l'ADN (Figure 6). La capsule est ensuite stockée et envoyée pour analyse au laboratoire qui réalise les étapes 2 à 6. Une fois la liste des espèces obtenue une analyse critique détermine la qualité du peuplement, apprécie la présence/absence des espèces patrimoniales etc...



Figure 5 : Étapes de la méthode de l'ADN environnemental



Figure 6 : Prélèvement in-situ d'ADN environnemental et cartouche de filtration

L'approche choisie lors du présent inventaire répond aux attentes les plus exigeantes en termes d'inventaire de la biodiversité, de recherche d'espèces rares, de détection précoce des espèces envahissantes, ainsi que de surveillance globale de l'environnement sur le long terme. Alors que des niveaux de standards inférieurs peuvent être suffisants pour la biosurveillance de la qualité des rivières (Figure 7, R1) ou pour l'analyse des communautés par exemple (Figure 7, R2), la détection d'espèces rares (Figure 7, R3) nécessite l'utilisation de méthodes optimisées à chaque étape du processus.

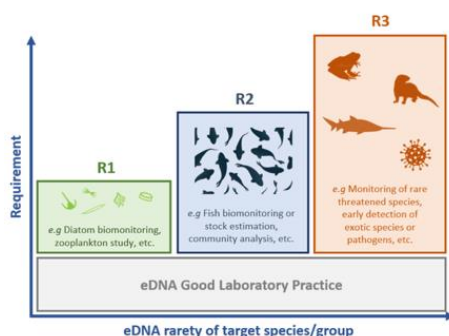


Figure 7 : Schéma des différents niveaux d'exigences en fonction des objectifs des analyses d'ADNe. SPYGEN a développé des protocoles spécifiques dédiés au plus haut niveau d'exigence (R3).

Le protocole d'échantillonnage et la méthodologie sont précis (ANNEXE 3). En résumé, le matériel et la méthodologie employés pour cet échantillonnage intègrent les éléments suivants :

- ▶ Des équipements de terrain et un protocole permettant une intégration spatiale et temporelle des conditions environnementales diverses et hétérogènes prévalant dans les grandes rivières
- ▶ Des filtres *DNA-free* avec une grande surface de filtration (500 cm²), permettant de filtrer des volumes d'eau importants (30 litres) ;
- ▶ Un tampon spécifique permettant une longue conservation de l'ADN à température ambiante ;
- ▶ Un protocole d'extraction optimisé pour maximiser le rendement en ADN des ADNe rares et des fragments courts ;
- ▶ L'extraction de l'ADNe en laboratoire selon les normes de qualité les plus élevées (pression positive, traitement aux UV, flux de travail unidirectionnel, etc.) afin d'éviter toute contamination croisée ;
- ▶ Des amorces développées pour chaque groupe taxonomique, recherchant un équilibre entre la détection d'ADN dégradé (fragments courts) et une résolution taxonomique maximale ;
- ▶ Des répliques PCR adaptés aux bivalves, aux conditions environnementales et au niveau d'exigence (voir tableau 2) ;
- ▶ Des bases de données de référence dûment vérifiées, validées sur le plan taxonomique et testées sur le terrain.

2. Taxa cibles

Les taxa ciblés dans le cadre de ce travail sont uniquement les bivalves d'eau douce (ordres des Unionida, des Venerida et des Sphaerida). Les analyses de l'ADN environnemental ont montré leur efficacité pour l'inventaire de ces bivalves ; elles sont plus efficaces que les méthodes traditionnelles pour la détection d'espèces rares pourvu que des protocoles optimisés soient mis en œuvre (Prié *et al.* 2021). Les précisions bioinformatique sont apportées ci-dessous (Tableau 2).

Les espèces ciblées permettent de mettre en évidence les **enjeux de conservation**, espèces endémiques, protégées, menacées (Prié *et al.* 2023) sur le fleuve qui donnent des indications sur la **santé des écosystèmes**.

Tableau 2 : Détail des amorces, répliques PCR et profondeur de séquençage demandée

| Taxa | References des amorces | Répliques PCR | Profondeur de séquençage demandée | qPCR |
|----------|---------------------------------------|---------------|-----------------------------------|------|
| Bivalves | Unio & Vene (Prié <i>et al.</i> 2021) | 12 | 300.000 | ✓ |

3. Échantillonnage terrain

Les questions scientifiques du projet portent sur la détection d'un large éventail d'espèces de bivalves, avec un enjeu particulier portant sur les espèces patrimoniales ou à statut réglementaires Mulette épaisse, Grande Mulette mais également les rares que sont la Pisidie des marais et l'Anodonte comprimée. Pour les espèces rares notamment, de nombreux articles scientifiques montrent que la détection est bien meilleure lorsque de grandes quantités d'eau sont filtrées sur chaque site d'échantillonnage (par exemple Cantera *et al.* 2019 ; Bessey *et al.* 2020 ; Lyet *et al.* 2021 ; Macher *et al.* 2021, Figure 8). Nous avons utilisé des kits de filtration dédiés, spécifiquement développés pour augmenter la détection des espèces et éviter la contamination de l'échantillon par l'ADN. Chaque kit est à usage unique, et il est composé d'une capsule de filtration, fournie dans un sac stérile, avec un filtre de grande surface permettant la filtration de très grandes quantités d'eau (Figure 9). Un tampon de conservation, un tube de pompage stérile avec une crépine et des gants sont fournis, ainsi qu'un couple de pompes dédiées à l'échantillonnage de l'ADNe (Figure 10).

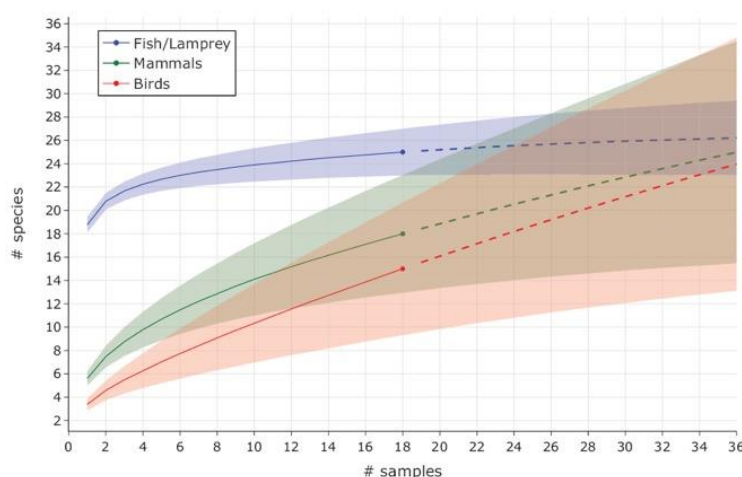


Figure 8 : Nombre d'espèces détectées par les analyses ADNe en fonction du volume d'eau filtré (Macher *et al.* 2021).

Figure 9 : Illustration de la capsule de filtration 0.45 μ m VigiDNA®, avec une surface totale de 500 cm² permettant la filtration de 30 litres d'eau.



Figure 10 : Matériel de prélèvement : pompe péristaltique montée sur une visseuse, filtres, bocaux de tampon et tuyau ; le tout garanti DNA-free.

4. Plan d'échantillonnage

La distance de détection de l'ADN dans le milieu dépend de nombreux paramètres (turbidité, vitesse du courant, température...). On considère qu'elle est autour de 5 à 10 km pour un fleuve comme la Charente (Prié et al. 2021) sans distinction d'espèces. Des données récentes issues de fleuves tropicaux suggèrent qu'elle pourrait être beaucoup plus courte (Cantera *et al.* 2021). Qui plus est, la probabilité de détection est variable selon les espèces, et malheureusement un peu plus faible pour certaines espèces patrimoniales ciblées par ce projet, comme la Grande Mulette ou l'Anodonte comprimée (Prié et al. 2023 ; Figure 11).

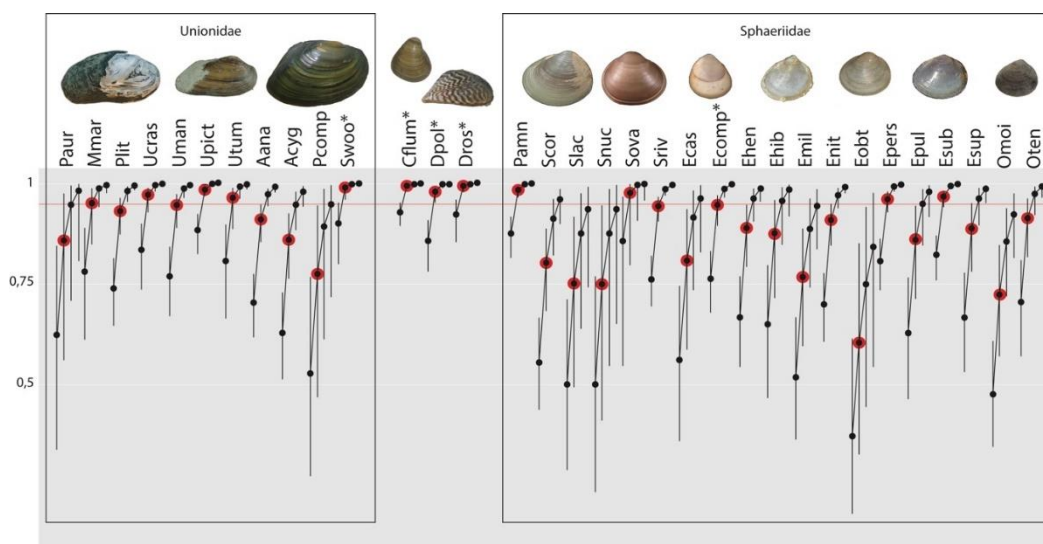


Figure 11 : Modélisation de la probabilité de détection des différentes espèces de bivalves d'eau douce de France avec un, deux, trois ou quatre réplicas. Avec deux réplicas (notre protocole), la probabilité de détection de la Grande Mulette serait d'environ 80%, elle dépasse à peine 75% pour l'Anodonte comprimée.

Tenant compte de cet élément crucial qu'est la distance de détection, l'extrémité aval de l'échantillonnage a été placée en limite amont des détections positives de Grandes Mulettes en 2012 aux environs de Chaniers (témoin positif puisque la Grande Mulette était déjà connue sur ces sites). Puis les échantillonnages ont été réalisés sur un pas de 5km en direction de l'amont pour placer les 20 nouveaux points prévus, le dernier étant localisé en amont de Mansle (Figure 12).

Les prélèvements de ce projet ont été agencés en tenant compte des prélèvements existants sur le fleuve, ceci en respectant au mieux la distance de 5 km entre sites échantillonnés.

Huit prélèvements réalisés par la Cellule Migrateurs Charente-Seudre et conservés dans les locaux de SPYGEN ont pu être réanalysés avec les amorces génétiques correspondant aux bivalves. Ces prélèvements ont l'avantage d'être réalisés sur la base d'un protocole similaire à celui des bivalves mais ciblé en aval des ouvrages bloquants pour les poissons migrateurs. Le rôle de la chute d'eau étant de générer un brassage de la colonne d'eau qui maximise les chances de détection. Le prélèvement a été fait par bateau et l'écartement entre relevés correspond aux exigences pour l'inventaire souhaité, l'ensemble des critères de réutilisation de ces prélèvements est donc respecté.

Les prélèvements réalisés par Charente Nature, Nature environnement 17, Vienne Nature et la LPO dans le cadre du programme Mulettes Nouvelle-Aquitaine sont intégrés à ce rapport. Des prélèvements réalisés à l'amont pour le PNR du Limousin sont également intégrés (Prié 2019).

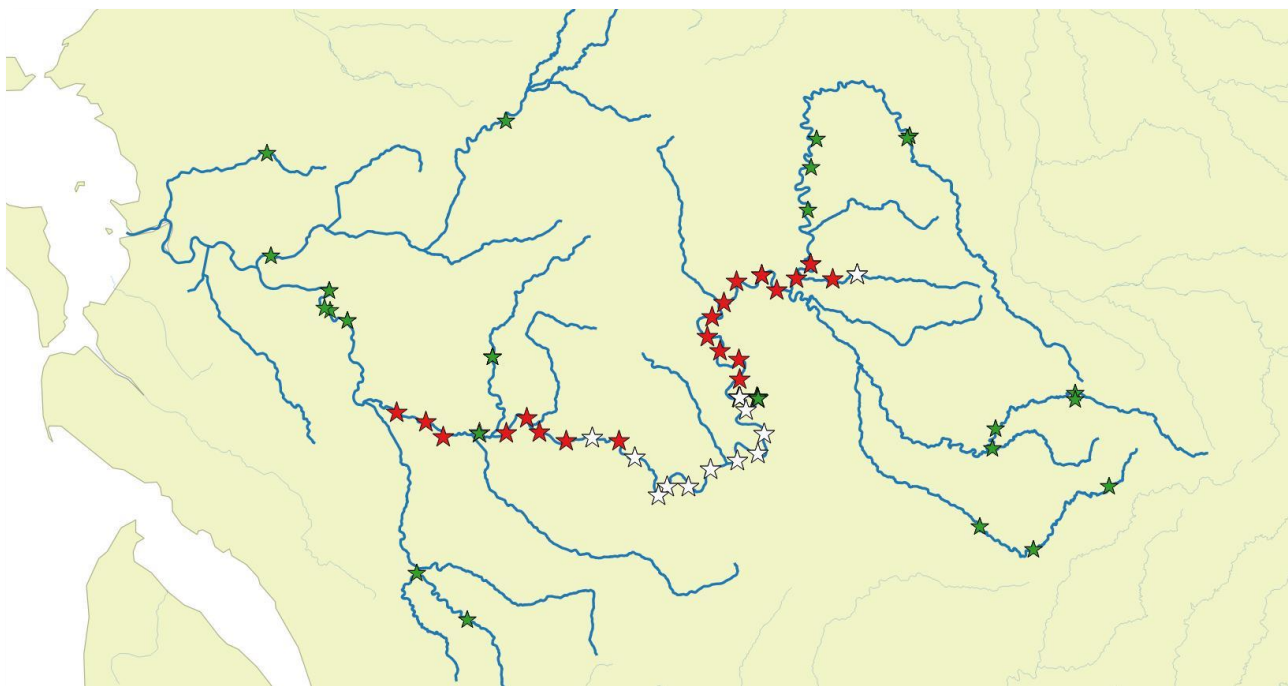


Figure 12 : Échantillonnage ADNe bivalves sur la Charente en 2022. Etoiles blanches : prélèvements EPTB et OFB. Etoiles vertes : prélèvements associatifs (projet Mulettes Nouvelle-Aquitaine) et PNR Limousin. Etoiles rouges : ce projet.

En phase finale de planification, quelques sites d'échantillonnages ont été sensiblement déplacés à l'aval d'affluents pour intégrer la détection de leur cortège. La détection d'une espèce rare dont les exigences écologiques ne correspondent pas à l'axe principal peut ainsi alerter sur sa présence dans l'affluent le plus proche. L'interprétation est cependant sujette à quelques réserves puisque certaines espèces peuvent être présentes sur les deux talwegs. La campagne de terrain a été réalisée sur une semaine 27 juin au 1^{er} Juillet. Les conditions étaient très favorables et une quantité d'eau standard a pu être filtrée dans la plupart des cas sauf lorsque la capsule, pleine, a engendré une éjection du tuyau (ANNEXE 4).

Au total, 54 points de prélèvements ont été analysés, réanalysés, ou leurs données prises en compte au cours de ce projet (Figure 12).

Les prélèvements ont été faits en canoë biplace ou depuis les ponts au-dessus de la Charente en plaçant la pompe la crépine de prélèvement dans les meilleures veines de courant. En canoë la prospection a été systématiquement réalisée d'aval vers l'amont par un transect berge à berge pour maximiser les chances de détection d'espèces en approchant les rives potentiellement plus favorables à certaines espèces tandis que d'autres affectionnent le milieu du talweg (Figure 13, 14).

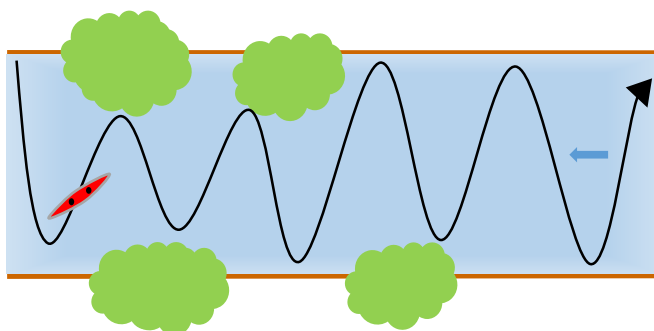


Figure 13 : Trajectoire de prélèvement en canoë sur la Charente.



Figure 14 : Protocole d'échantillonnage terrain. Pour le prélèvement embarqué, les deux pompes étaient lancées simultanément, fixées de part et d'autre du canoë sur une pagaie, à distance de la coque et à l'amont pour éviter les contaminations

5. Avenir des données collectées

Les données collectées ont été partagées entre les différents partenaires et déjà transmises dans le cadre des Atlas de la Biodiversité Communale (Angoulême notamment) A Charente Nature. Elles ont été versées à l'observatoire Fauna (SINP régional). Toutes les données collectées sont publiques et ont également été transmises directement à l'INPN via l'interface CardObs. L'identifiant unique de chaque donnée sera conservé lors de leur transmission pour éviter les doublons. L'EPTB Charente se tient à disposition des structures qui souhaiteraient obtenir les données.

6. Organisation et partenariat

Le projet est porté par l'EPTB Charente. Les partenaires sont Charente Nature, Nature Environnement 17 et la LPO, qui coordonnent de leurs côtés, sur la Charente et la Charente-Maritime, des inventaires dans le cadre du programme Mulettes de Nouvelle-Aquitaine en cours de réalisation depuis 2020. Vienne Nature, structure coordinatrice du programme Mulette de Nouvelle-Aquitaine a également été mobilisée pour la question des données et associée aux échanges et réunions.

Les Communautés d'Agglomérations de Saintes et de Cognac ont été associées au cours de la démarche, suite à la reprise de gestion des sites NATURA 2000 respectivement FR5412005 vallée de la Charente moyenne et Seugne et FR5402009 vallée de la Charente entre Angoulême et Cognac. Les prélèvements et leurs analyses ont été sous-traités au laboratoire SPYGEN, spécialisé dans les analyses ADN appuyé par Vincent Prié, spécialiste de la Grande Mulette et co-développeur de la méthode d'analyse de l'ADN environnemental pour les bivalves.

Les réunions ont mobilisé de nombreuses structures sur le bassin et aux alentours. Nous nous sommes attachés à inviter un maximum de partenaires notamment techniques (syndicats de bassin, Fédérations de pêche...) afin que les apports de connaissances puissent se traduire localement par une vigilance et des signalements aux associations de protections de la nature lors de découverte de nouvelles poches de populations. L'objectif étant que ces espèces soient davantage prises en compte par les structures opératrices de chantiers en rivières. Les départements, propriétaires du DPF et porteurs d'actions sur le lit mineur de la rivière ont également répondu présent aux invitations. L'ensemble des structures sur le bassin versant a donc eu par le biais de cette étude, des informations sur les bivalves du fleuve et des affluents.

7. Eléments de communication

Un taxon inconnu est un taxon d'autant plus vulnérable sur un fleuve aménagé comme la Charente. Dans le but de maximiser la dissémination des informations issues de ce travail plusieurs canaux ont été utilisés pour leur diffusion. Au cours du projet, Marc-Antoine Collet a été interviewé par Demoiselle FM qui a pu retranscrire ses propos dans une communication d'environ 3 minutes au cours du journal de fin de matinée du 11 Juillet 2022. Ajouté à cela, des publications ont été faites sur les réseaux sociaux à la suite des réunions ou durant la campagne d'inventaires sur le terrain (ANNEXE 5). Un communiqué de presse a également été publié (ANNEXE 6).

Ce rapport et l'ensemble des CR ont été envoyés aux structures concernées et sont disponibles sur le site de l'EPTB.

Post-projet il est prévu de réitérer un communiqué de presse succinct présentant les résultats, de publier un nouvel article sur les réseaux sociaux et de rédiger un article dans un journal spécialisé telle que la revue MalaCo. Au cours de la réunion de restitution, il a été émis l'idée de créer un groupe de plongée pour aller faire des inventaires sur la Charente, l'idée a suscité un fort intérêt, ce groupe sera donc créé via une application de tchat et permettra à chacun de proposer des sorties de prospections voire de coordonner un groupe d'échantillonnage pour inventorier certains secteurs d'intérêt. Ce groupe verra le jour au printemps 2023. Il a été évoqué que des temps forts tels que les « 24h naturalistes » puissent servir à l'organisation de nouvelles prospections, probablement à l'aquascope dans ce cas pour des raisons de sécurité. La majeure partie de ces éléments de communication n'était pas obligatoire dans le projet. Nous avons cependant souhaité qu'il soit un levier pour faire connaître ces taxons patrimoniaux sur le bassin de la Charente afin qu'ils soient de mieux en mieux pris en compte à l'avenir.

IV Résultats

1. Données antérieures

Nous compilons dans ce rapport (i) les données collectées par analyses ADNe lors de travaux antérieurs (Prié et al. 2021) et (ii) les données disponibles issues de prospections réalisées par des méthodes traditionnelles (Prié et al. 2008 ; Prié 2010 ; Prié et al. 2017 ; voir Prié et al. 2018 pour une synthèse) pour tout le bassin-versant de la Charente. (i) 116 analyses ont été réalisées sur le bassin-versant de la Charente entre 2015 et 2023 sur 58 sites (Figure 12).

2. Richesse spécifique

Vingt-huit espèces de bivalves d'eau douce sont présentes sur le bassin-versant de la Charente, soit les deux-tiers de la faune de France (ANNEXE 1, Figure 15), ce qui fait de ce fleuve l'un des plus riches de France en bivalves d'eau douce. Le nombre d'espèces par prélèvements est compris entre 3 et 15 avec une légère tendance à l'augmentation vers l'amont (Figure 16). Cinq espèces sont présentes sur plus de 15 prélèvements (Figure 17), notamment la Mulette des rivières (25 sites) qui est une des espèces cibles de cet inventaire. Trois espèces patrimoniales ont été observées sur plus de 10 sites : la Mulette épaisse, la mulette méridionale et l'anodonte des rivières ; tandis que quatre ont une occurrence plus faible : l'Anodonte des étangs (8), la Grande Mulette (5) la Mulette des rivières (5) et la Pisidie jolie (1) (Figure 18). Les listes d'espèces des sites NATURA 2000 s'en trouvent largement enrichies (Tableau 3).

L'aspect patrimonial que procure au bassin de la Charente cette richesse spécifique remarquable est encore accentué par (i) le nombre d'espèces patrimoniales, rares ou menacées et (ii) le fait qu'il soit encore relativement épargné par les espèces introduites envahissantes.

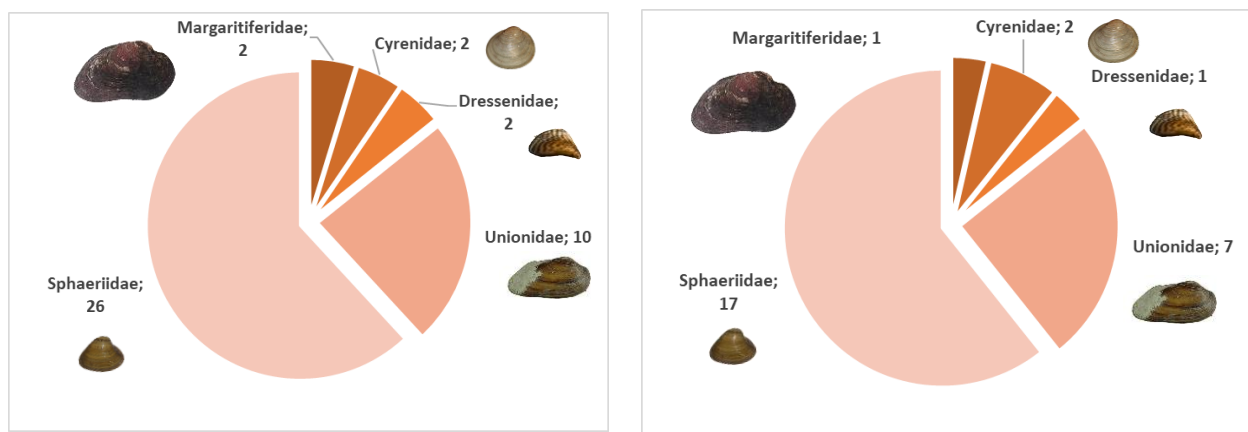


Figure 15 : Comparaison des richesses spécifiques en France (à gauche) et dans le bassin Charente (à droite)

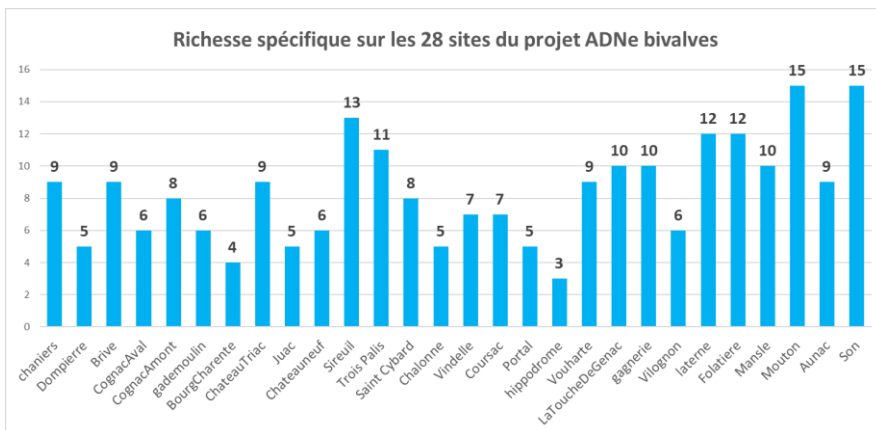


Figure 16 : Richesse spécifique sur les 28 sites échantillonnés

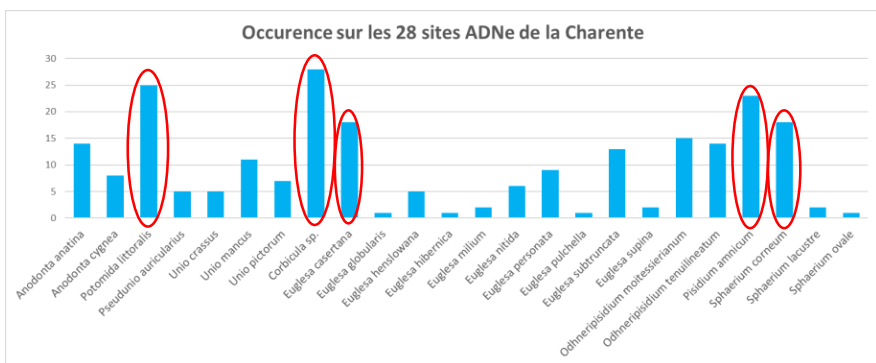


Figure 17 : Occurrences des espèces les plus présentes dans l'inventaire

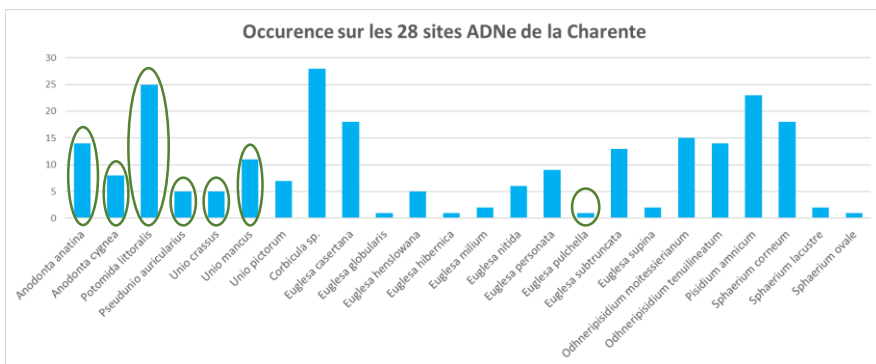


Figure 18 : Occurrences des espèces patrimoniales de l'inventaire

Tableau 3 : Listes des espèces inventoriées sur les trois sites NATURA 2000 dans le cadre du projet

| Moyenne Vallée de la Charente, Seugne et Coran (n = 11) | Vallée de la Charente entre Angoulême et Cognac et ses principaux affluents (n = 19) | Charente en amont d'Angoulême (n = 20) |
|---|--|--|
| <i>P. auricularius</i> <i>P. littoralis</i> <i>A. anatina</i> <i>A. cygnea</i> <i>U. mancus</i> <i>U. pictorum</i> <i>Corbicula sp.</i> <i>E. casertana</i> <i>E. supina</i> <i>O. moitessierianum</i> <i>P. amnicum</i> <i>S. corneum</i> | <i>P. auricularius</i> <i>E. pulchella</i> <i>A. anatina</i> <i>A. cygnea</i> <i>P. littoralis</i> <i>U. mancus</i> <i>Corbicula sp.</i> <i>E. casertana</i> <i>E. henslowana</i> <i>E. hibernica</i> <i>E. milium</i> <i>E. nitida</i> <i>E. personata</i> <i>O. moitessierianum</i> <i>O. tenuilineatum</i> <i>P. amnicum</i> <i>S. corneum</i> <i>S. lacustre</i> <i>S. ovale</i> | <i>U. crassus</i> <i>P. auricularius</i> <i>A. anatina</i> <i>A. cygnea</i> <i>P. littoralis</i> <i>U. mancus</i> <i>U. pictorum</i> <i>Corbicula sp.</i> <i>E. casertana</i> <i>E. globularis</i> <i>E. henslowana</i> <i>E. nitida</i> <i>E. personata</i> <i>E. subtruncata</i> <i>O. moitessierianum</i> <i>O. tenuilineatum</i> <i>P. amnicum</i> <i>S. corneum</i> <i>S. lacustre</i> <i>S. ovale</i> |

3. Espèces patrimoniales

Parmi les espèces remarquables, on notera bien sûr la **Grande Mulette**, pour laquelle le territoire du bassin de la Charente porte une responsabilité immense puisqu'il s'agit d'un des invertébrés les plus menacés de la planète et que la Charente héberge plus de 95% de sa population mondiale. La campagne de 2022 a permis de mettre en évidence de nouvelles stations de Grandes Mulettes entre Chaniers et Angoulême et de doubler l'étendue de sa répartition connue sur le fleuve

Moins connue et moins menacée en tant qu'espèce puisque largement répandue en Europe, la **Pisidie des marais** est extrêmement rare en France. Le bassin de la Charente héberge une petite population sur le Son. Il s'agit de la deuxième donnée ADNe pour cette espèce sur la France entière (sur plus de 500 stations analysées en ADNe). Elle n'a pas été retrouvée dans les prélèvements réalisés en 2022, ce qui indique que la station où elle vit doit se trouver plus en amont sur le Son.

L'**Anodonte comprimée** est également présente dans la Charente, elle a d'abord été détectée par ADNe au niveau de Crazannes en 2016, puis observée en plongée au niveau de Chaniers en 2021 (V. Prié, ined.). Elle est vraisemblablement rare dans la Charente puisqu'elle n'a pas été retrouvée lors de la campagne de 2022. On notera toutefois que la probabilité de détection de cette espèce figure parmi les plus faibles (Figure 11) et l'on peut espérer qu'elle soit un peu plus commune que nos prélèvements ne le suggèrent.

La **Mulette des rivières**, catégorisée « en danger » au niveau national et international est encore relativement abondante dans la Charente, comme sur une large part de la façade atlantique de la France. Toutefois, cette espèce a beaucoup régressé au nord et au sud de son aire de répartition (Lopes-Lima & Prié 2023) et son abondance dans la Charente ne doit pas masquer la responsabilité de l'EPTB dans la préservation de cette espèce à répartition limitée.

La **Mulette perlière** est présente à l'amont du bassin-versant de la Charente mais n'est pas concernée par le périmètre de cette étude qui visait essentiellement les écosystèmes de l'aval.

Enfin, les deux **Anodontes** autochtones sont bien présentes dans la Charente et ses affluents. Ces espèces sont considérées menacées en raison de l'impact négatif de l'introduction de l'*Anodonte* chinoise, espèce qui n'est pas encore présente dans la Charente (voir paragraphe suivant).

La **Mulette épaisse**, qui n'a pas été retenue parmi les espèces vulnérables lors de l'établissement de la Liste Rouge des mollusques de France, a d'abord été détectée à l'amont de la Charente sur le Son en 2018. La campagne de 2022 ajoute quelques stations supplémentaires sur la Charente et confirme sa présence sur le Son. La Mulette épaisse a aussi été détectée par Vienne Nature à l'amont de la Charente, vers Chatain, mais les prélèvements réalisés par Poitou-Charentes Nature et Vienne Nature entre Chatain et l'embouchure du Son n'ont pas permis de la détecter.

La répartition des espèces en France et sur le bassin versant sont disponibles dans l'atlas cartographique des espèces patrimoniales (Cf 4.5).

4. Espèces introduites et menaces

Parmi les aspects remarquables mis en évidence par cette étude, on note la très faible représentation des espèces introduites envahissantes – hormis la **Corbicule** qui est présente et abondante presque partout en France (Prié 2023).

La **Moule zébrée** est présente en petits effectifs à l'aval de la Charente uniquement. Cette espèce, qui se détecte très bien par les analyses ADNe (Figure 11), n'a pas été détectée ici.

La **Moule quagga** n'a pas été détectée non plus, ce qui était attendu étant donné l'état de sa progression en France (Prié 2023).

Beaucoup plus préoccupant pour la conservation des bivalves de la Charente, l'**Anodonte chinoise** est présente tout autour du bassin de la Charente (bassins de la Garonne et de la Loire), mais n'y a pas encore été détectée. Cette espèce constitue une menace très importante au moins pour les Anodontes, probablement aussi pour les autres Unionidae, bien que cela n'ait pas encore été démontré. En effet, comme toutes les Naiades, l'Anodonte chinoise se recrute par l'intermédiaire d'un poissons-hôte, qu'elle parasite pendant sa phase larvaire (Figure 19). En produisant énormément de glochidies et ce toute l'année (contrairement aux espèces autochtones), il a été montré qu'elle induisait une immunité chez les poissons, qui se retrouvent à nager en permanence dans une soupe de parasites (Donrovitch *et al.* 2017). Lorsque les Anodontes autochtones, qui ont un cycle de reproduction saisonnier, émettent leurs glochidies, la plupart des poissons sont immunisés et le recrutement n'a pas lieu. Les Anodontes autochtones disparaissent de mort naturelle au bout de 5 à 7 ans après l'introduction des Anodontes chinoises. Ce phénomène n'a pas été observé chez les autres unionidae, qui ont une longévité plus importante, mais **le mécanisme qui conduit à la disparition des Anodontes autochtones devrait produire exactement les mêmes effets chez les autres unionidae, y compris la Grande Mulette**. Rappelons que les glochidies de l'Anodonte chinoise peuvent parasiter toutes les espèces de poissons de France.

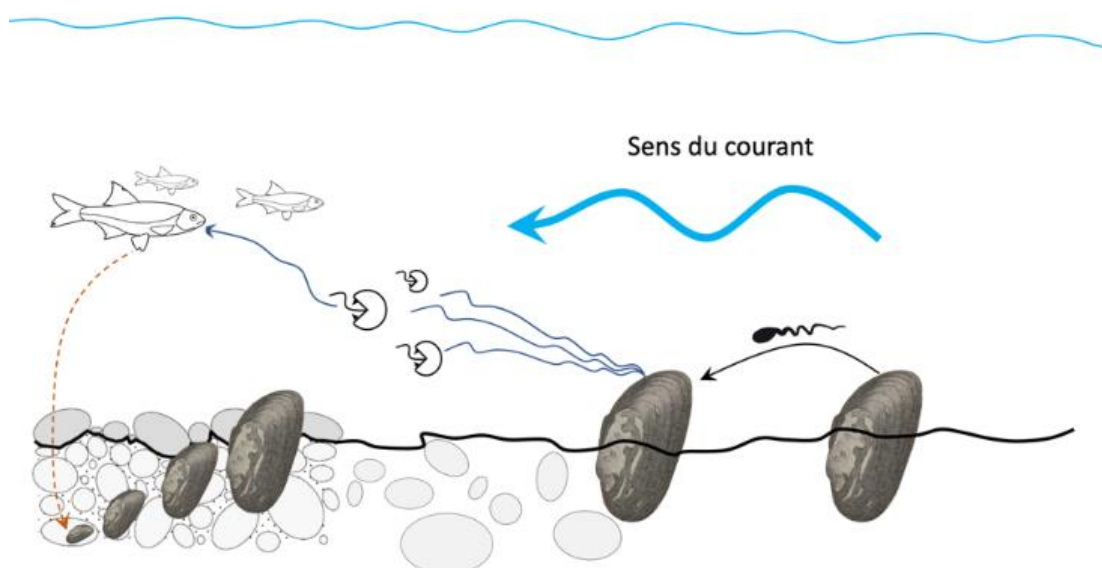


Figure 19 : Illustration du mode de reproduction des Naiades (ici la Mulette épaisse) qui fait intervenir une phase parasitaire et un poisson-hôte (d'après Cucherat, Lamand & Prié 2022).

5. Atlas cartographique des espèces patrimoniales

- ▶ Grande Mulette - *Pseudunio auricularius*
- ▶ Mulette des rivières - *Potomida littoralis*
- ▶ Anodonte des rivières - *Anodonta anatina*
- ▶ Anodonte des étangs - *Anodonta cygnea*
- ▶ Anodonte comprimé - *Pseudanodonta complanata*
- ▶ Mulette méridionale - *Unio mancus*
- ▶ Mulette épaisse - *Unio crassus*
- ▶ Pisidie des marais - *Euglesa pseudosphaerium*

Grande Mulette

Pseudunio auricularius (Spengler, 1793)

Liste rouge UICN France : **CR**

DHFF : **Annexe IV**

Protégée en France



La Grande Mulette figure parmi les invertébrés les plus menacés de la planète. Autrefois répandue du Danemark au Portugal, elle ne subsiste plus que sous la forme de 6 populations, presque toutes sénescentes. Elle est considérée aussi rare que le rhinocéros noir. La Charente abrite plus de 95% des effectifs mondiaux.

Ce projet a permis de montrer que l'espèce est beaucoup plus répandue vers l'amont de la Charente que l'on ne le pensait. Connue entre Port d'Envaux et Chaniers, l'inventaire ADNe a doublé sa zone d'occurrence en rajoutant 25 km de linéaire de présence entre Chaniers et l'amont de Cognac. Les nombreuses valves mortes retrouvées entre Chaniers et Angoulême laissent également supposer une population autrefois bien plus conséquente qui aurait donc fortement régressé.

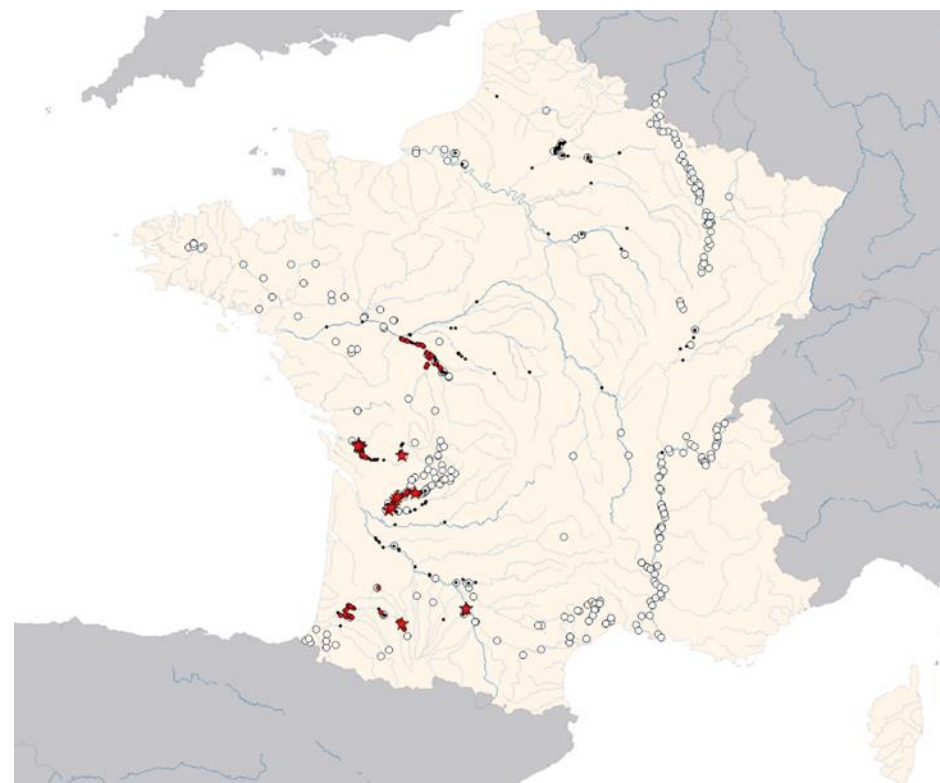


Figure 20 : Répartition en France de la Grande Mulette en 2020, d'après Prié et al. 2023. Points noirs : données disponibles ; points rouges : individus vivants depuis 2000 ; étoiles rouges : données ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe.

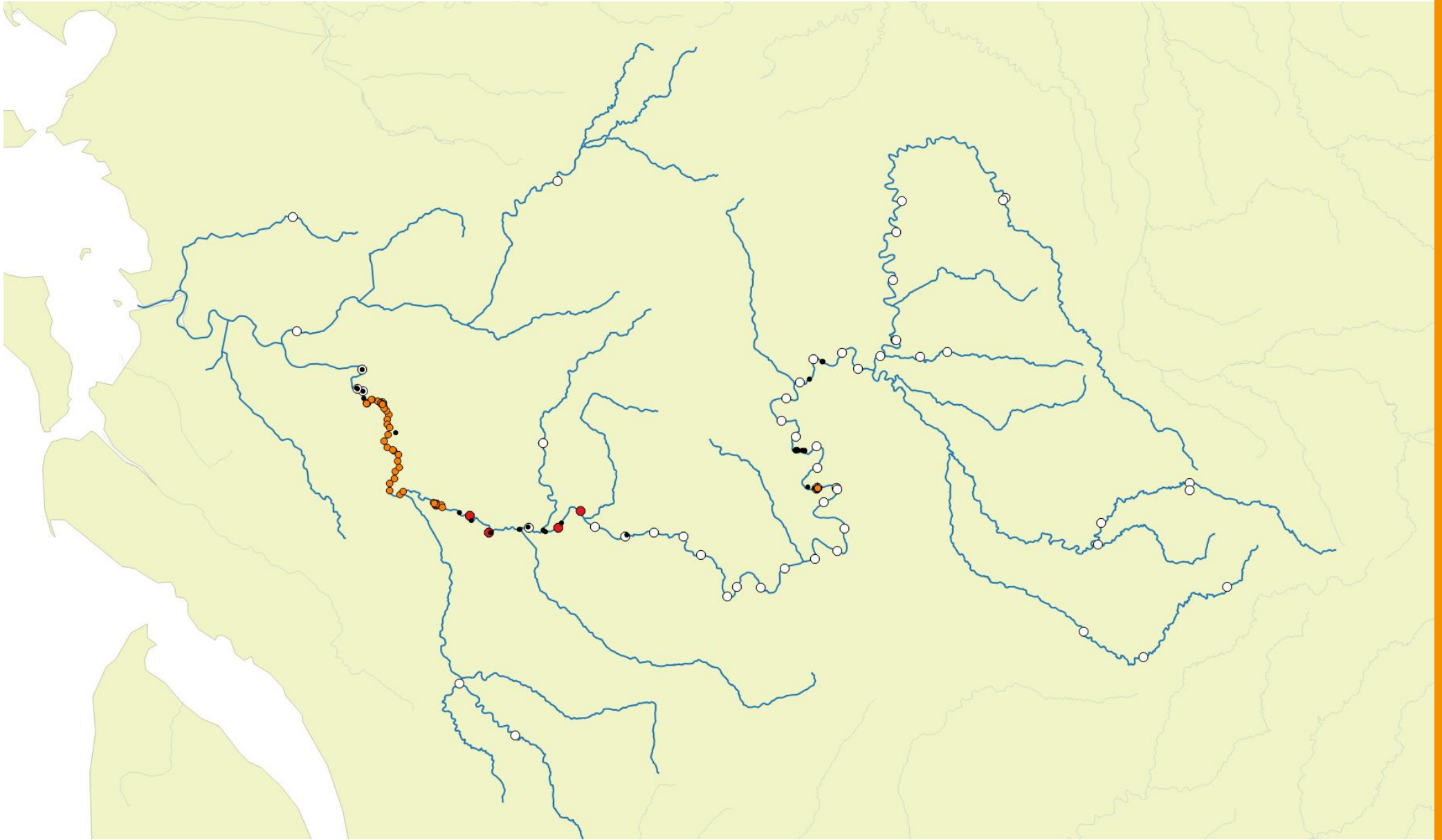


Figure 21 : Répartition sur le bassin de la Charente de la Grande Mulette en 2022, d'après Prié et al. 2023.

Points noirs : données disponibles ; points oranges : individus vivants détectés en plongée ; points rouges : donnée de présence ADNe dans le cadre de ce projet ; points blancs : données d'absence ADNe.

Mulette des rivières

Potomida littoralis

Liste rouge UICN France : **CR**

La répartition de la Mulette des rivières va du nord-Maroc au sud jusqu'au bassin de la Seine en France au nord-est. Elle a énormément régressé sur toute son aire de répartition, notamment en raison de la pression sur la ressource en eau en Afrique du Nord et dans la péninsule ibérique. La France constitue aujourd'hui le dernier bastion de l'espèce, c'est en France que l'on retrouve les plus belles populations.

La Charente héberge une population en bonne santé comme en témoigne son aire de répartition sur le bassin. Cette espèce semble vivre en grande partie dans le sous-écoulement et les prospections visuelles sous-estiment sa présence effective. Grâce aux analyses ADNe, nous montrons qu'elle est bien répandue en Charente, alors que les données d'observation étaient plus sporadiques.

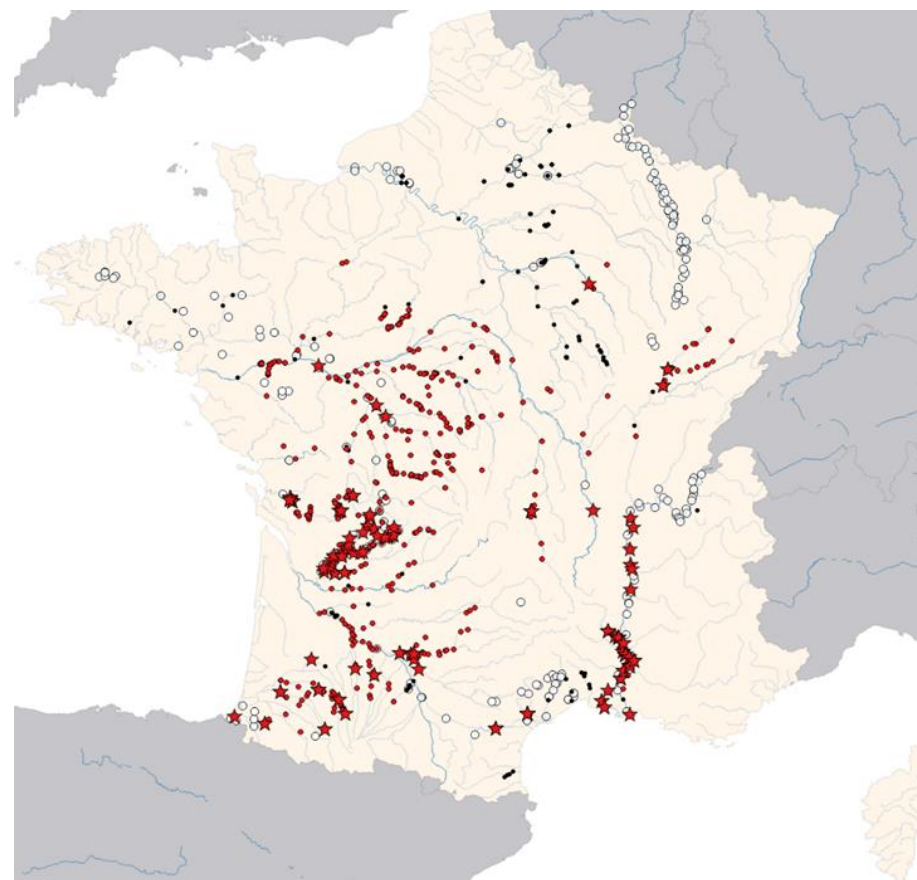


Figure 22 : Répartition en France de la Mulette des rivières en 2020, d'après Prié et al. 2023. Points noirs : données disponibles ; points rouges : individus vivants depuis 2000 ; étoiles rouges : données ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe.

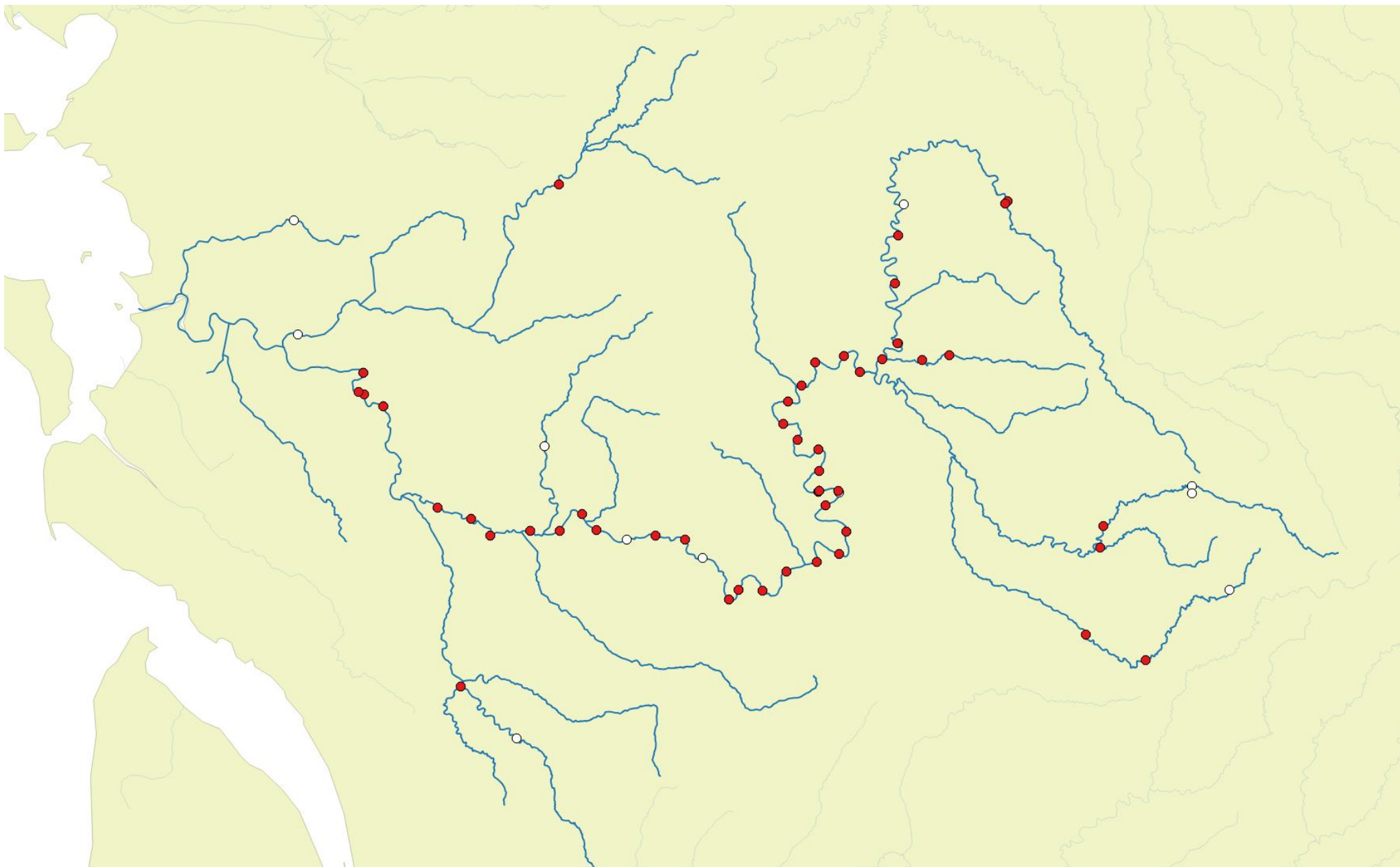


Figure 23 : Répartition sur le bassin de la Charente de la Mulette des rivières en 2022, d'après Prié et al. 2023.
Points rouges : donnée de présence ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe.

Anodonte des rivières

Anodonta anatina

Liste rouge UICN France : **VU**



L'Anodonte des rivières était probablement l'une des espèces les plus communes en France. Elle est toujours bien présente dans la plupart des rivières de France, malgré une régression marquée de son abondance. Elle a néanmoins été classée comme vulnérable en raison de la menace que représente pour elle l'arrivée en France de l'Anodonte chinoise (voir p. 40).

Elle est encore bien répandue sur l'ensemble du bassin-versant, plus que l'Anodonte des étangs, ce qui correspond à son écologie : comme son nom le suggère, elle affectionne les milieux plus courants que l'Anodonte des étangs.

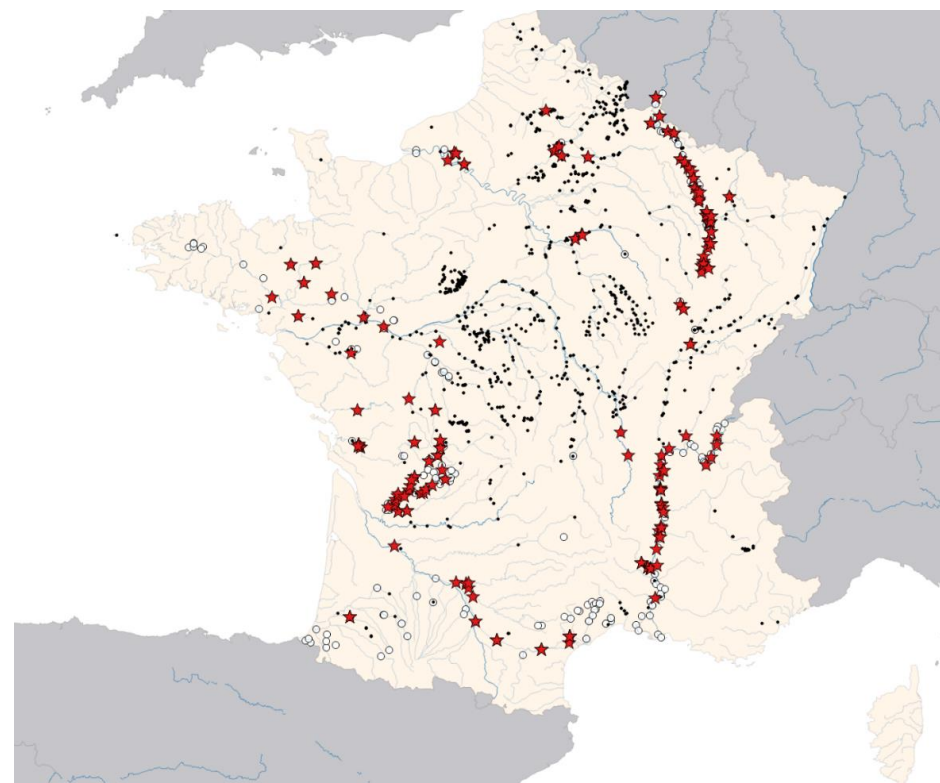


Figure 24 : Répartition en France de l'Anodonte des rivières en 2020, d'après Prié et al. 2023. Points noirs : données disponibles ; étoiles rouges : données ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe.

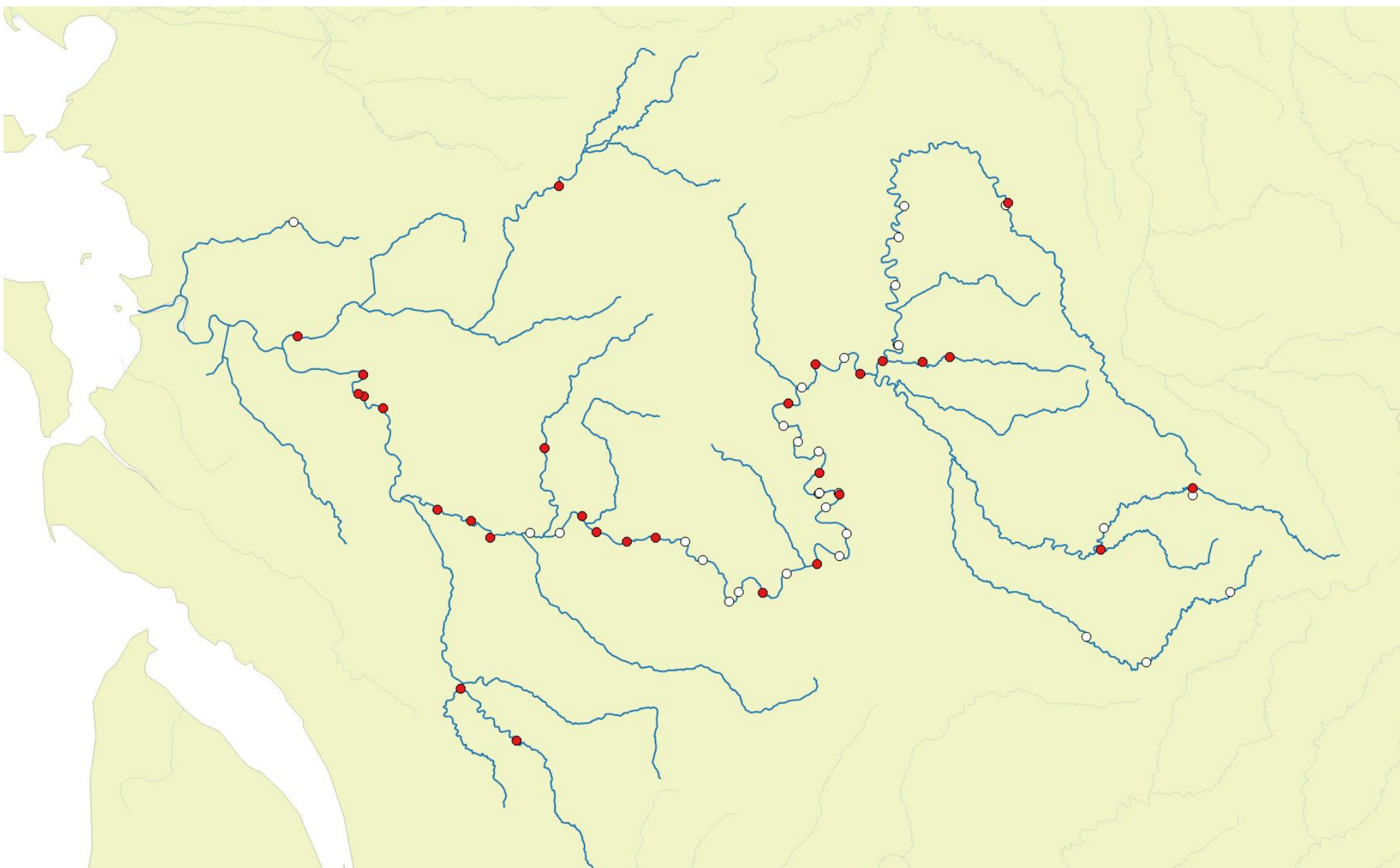


Figure 25 : Répartition sur le bassin de la Charente de l'*Anodonte* des rivières en 2022, d'après Prié et al. 2023.
Points rouges : donnée de présence ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe.

Anodonte des étangs

Anodonta cygnea

Liste rouge UICN France : **VU**



Comme l'Anodonte des rivières, l'Anodonte des étangs figurait parmi les espèces de bivalves les plus communes en France. Elle reste relativement commune sur tout le territoire, malgré une régression marquée de son abondance. Elle a néanmoins été classée comme vulnérable en raison de la menace que représente pour elle l'arrivée en France de l'Anodonte chinoise (voir p. 40).

Les données d'occurrence sont assez sporadiques sur la Charente, mais elle est répandue sur l'ensemble du linéaire.

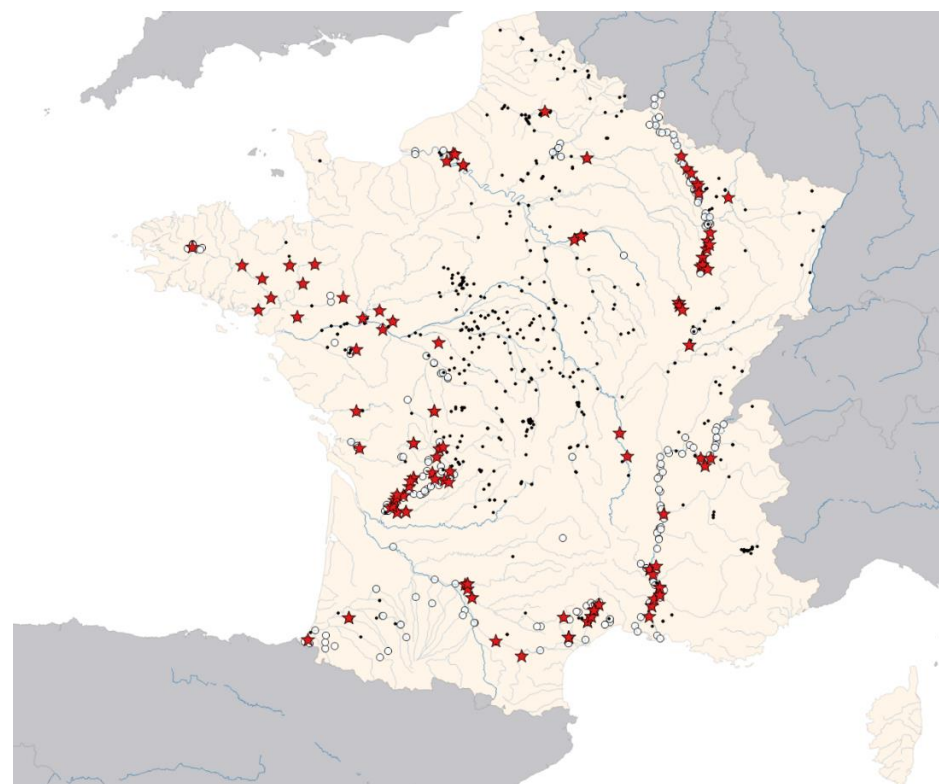


Figure 26 : Répartition en France de l'Anodonte des étangs en 2020, d'après Prié et al. 2023. Points noirs : données disponibles ; étoiles rouges : données ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe.

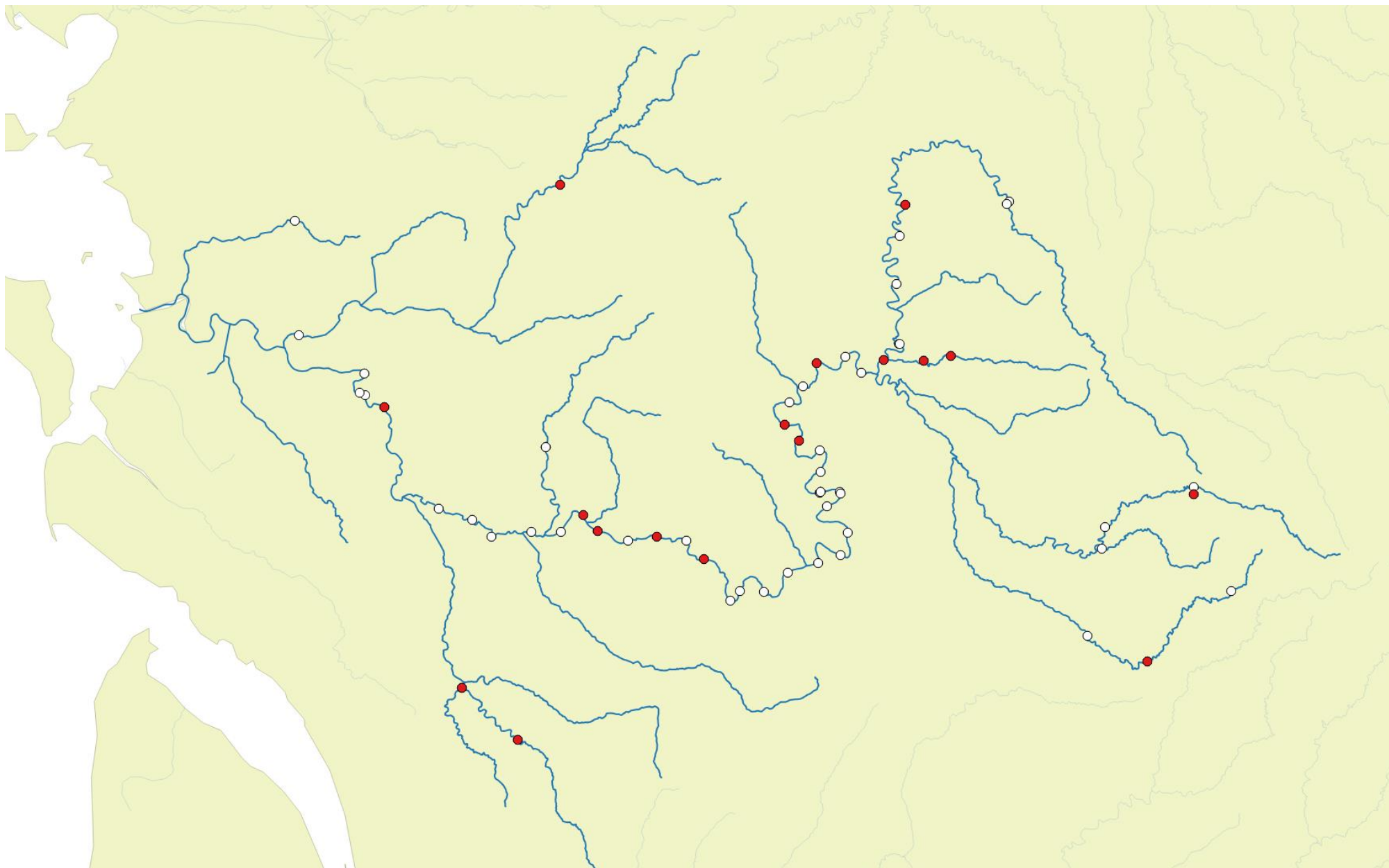


Figure 27 : Répartition sur le bassin de la Charente de l'*Anodonta des étangs* en 2022, d'après Prié et al. 2023.
Points rouges : donnée de présence ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe.

Anodonte comprimée

Pseudanodonta complanata

Liste rouge UICN France : **EN**

L'Anodonte comprimée était autrefois répandue dans toute la France, à l'exception de la zone méditerranéenne (d'après les données disponibles et la littérature ancienne). Son aire de répartition s'est contractée au cours du siècle dernier sur le nord-est de la France, avec quelques noyaux de populations détectés par analyse de l'ADNe, un dans le Rhône, un autre en Bretagne et le troisième dans la Charente. D'autres noyaux de population devraient être retrouvés avec la généralisation des inventaires ADNe, mais pour l'instant, avec plus de 500 points d'échantillonnage à travers la France, elle semble tout de même être devenue très rare sur les $\frac{3}{4}$ du pays.

Nous n'avons collecté aucune donnée nouvelle lors de cette étude, les deux stations connues restent le secteur de Crazannes (donnée ADNe) et Chaniers (observation d'un individu en plongée). Nous ne l'avons pas détectée à Chaniers en 2022, soit parce que la population a périclité entre-temps, soit en raison de la moins bonne probabilité de détection de cette espèce (Figure 11).

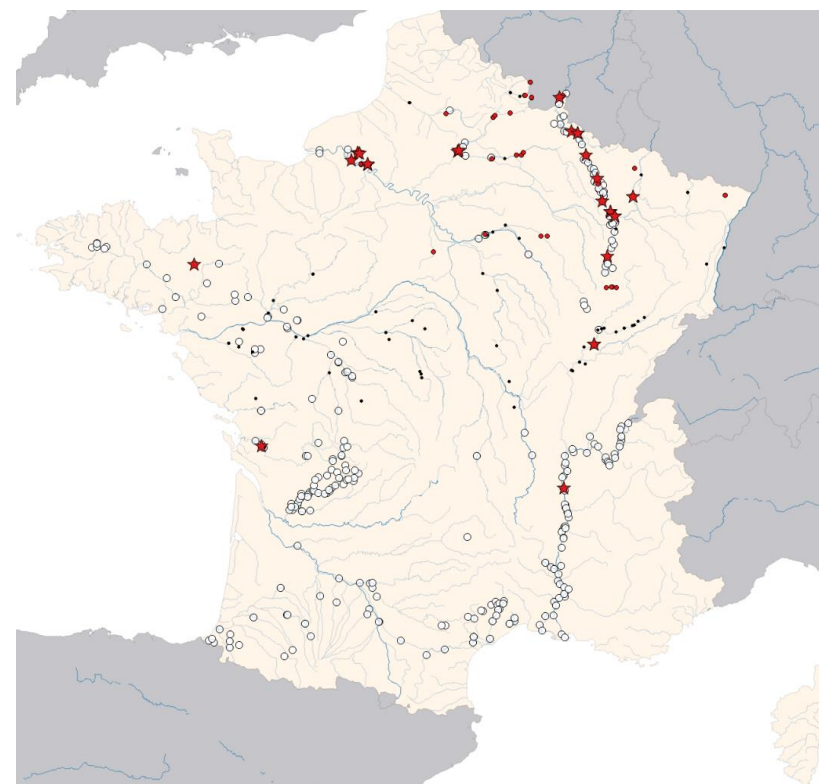


Figure 28 : Répartition en France de l'Anodonte comprimée en 2020, d'après Prié et al. 2023. Points noirs : données disponibles ; points rouges : individus vivants depuis 2000 ; étoiles rouges : données ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe.

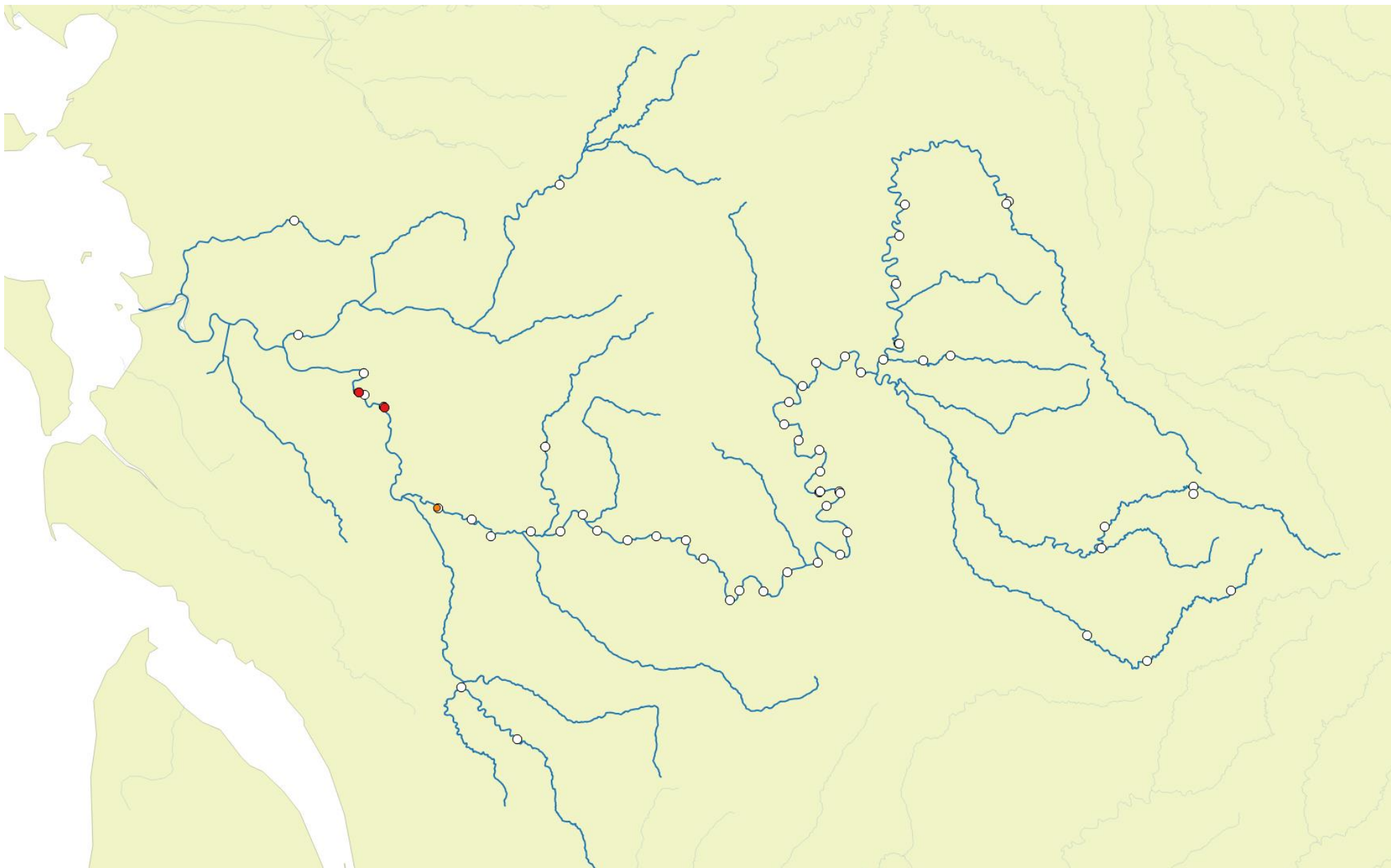


Figure 29 : Répartition sur le bassin de la Charente de l'*Anodonte* comprimée en 2022, d'après Prié et al. 2023.

Points rouges : donnée de présence ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe ; points oranges : individus vivants détectés en plongée.

Mulette méridionale

Unio mancus

Liste rouge UICN France : **LC**

DHFF : **Annexe V**



La Mulette méridionale est endémique du nord de la péninsule ibérique, de la France et d'une partie de l'Italie. En France, elle occupe la plupart des bassins-versants, devenant plus rare dans le nord-est. Difficile à distinguer de la Mulette des peintres *Unio pictorum*, les données ADNe montrent qu'elle est moins commune ; de nombreuses populations identifiées dans le sud-ouest comme Mulette méridionale sont en fait des Mulettes des peintres.

Elle est bien répandue sur le bassin de la Charente.

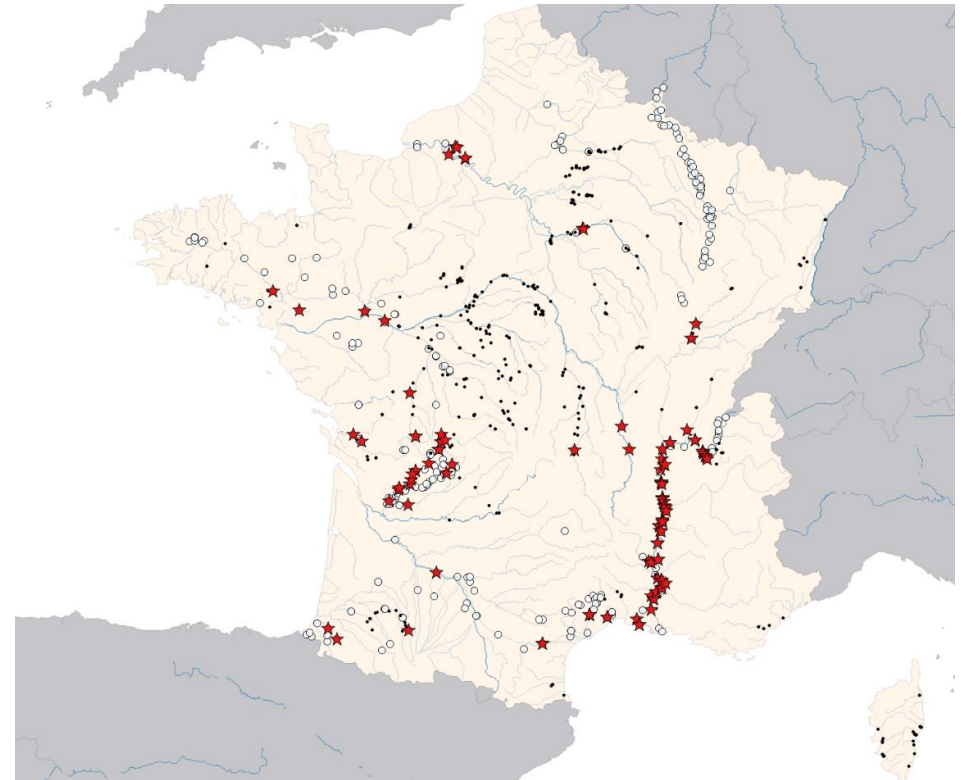


Figure 30 : Répartition en France de la Mulette méridionale en 2020, d'après Prié et al. 2023. Points noirs : données disponibles ; points rouges : individus vivants depuis 2000 ; étoiles rouges : données ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe.

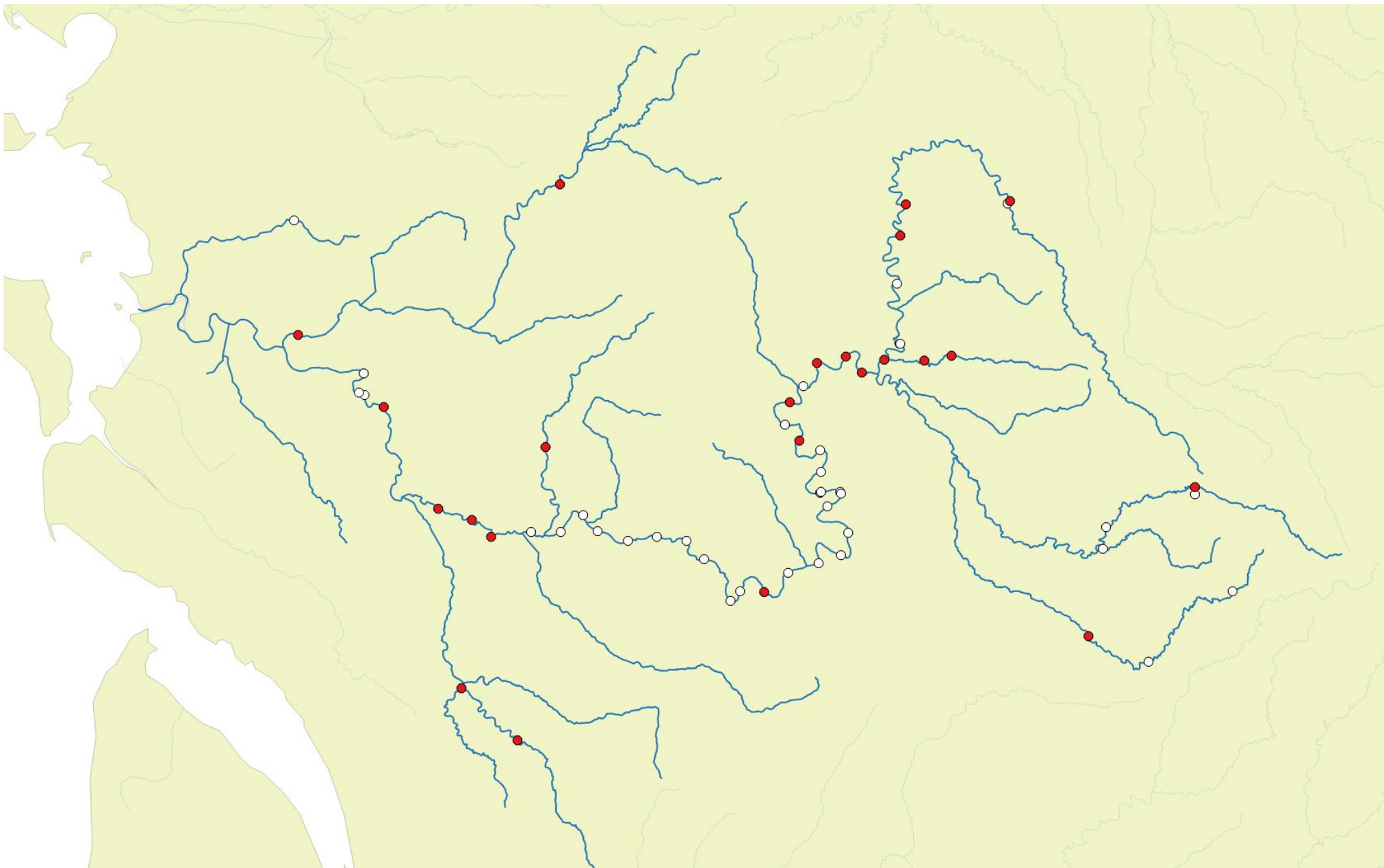


Figure 31 : Répartition sur le bassin de la Charente de la Mulette méridionale en 2022, d'après Prié et al. 2023.
Points rouges : donnée de présence ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe

Mulette épaisse

Unio crassus

Liste rouge UICN France : **LC**

DHFF : **Annexe II et IV**

Protégée en France



La Mulette épaisse est répandue sur l'ensemble du territoire, à l'exception du Sud-Ouest. On pensait jusqu'à récemment que sa limite de répartition au sud-ouest était le bassin de la Loire, mais à partir de 2019, des données ADNe, confirmées par des observations visuelles, montrent qu'elle est présente à l'amont de la Charente et de la Dronne.

Sur le bassin de la Charente, elle a d'abord été détectée sur le Son (OFB, 2018). Ce projet avait comme objectif de mieux définir son aire de répartition notamment sur la Charente. Nos données montrent qu'elle est limitée au secteur de l'amont.

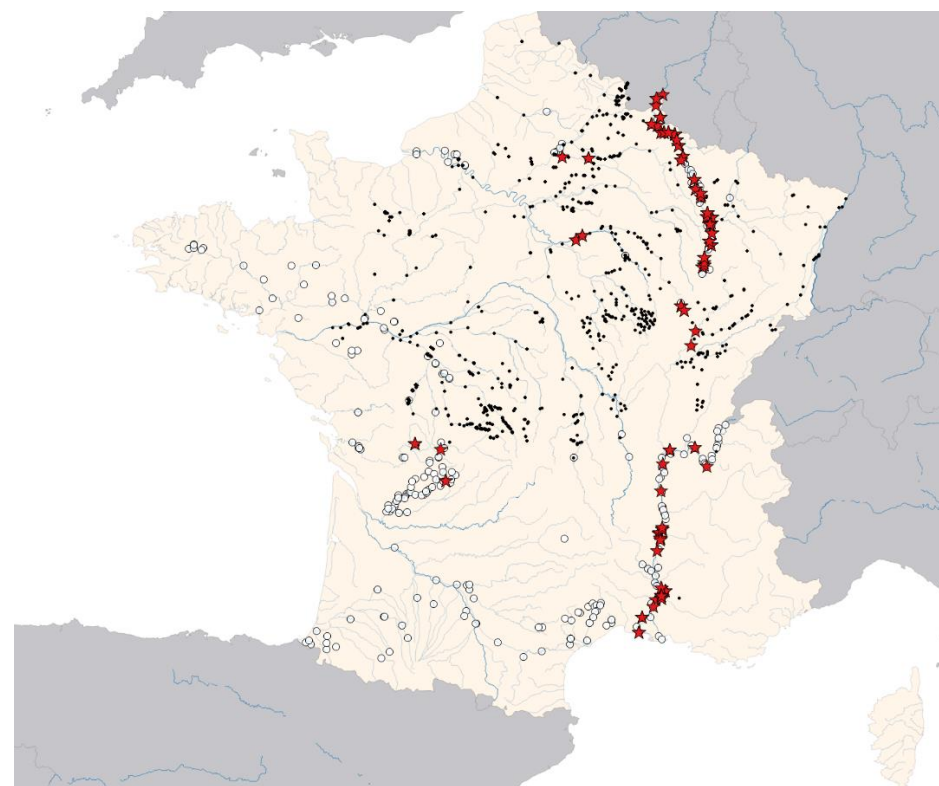


Figure 32 : Répartition en France de la Mulette épaisse en 2020, d'après Prié et al. 2023. Points noirs : données disponibles ; points rouges : individus vivants depuis 2000 ; étoiles rouges : données ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe.

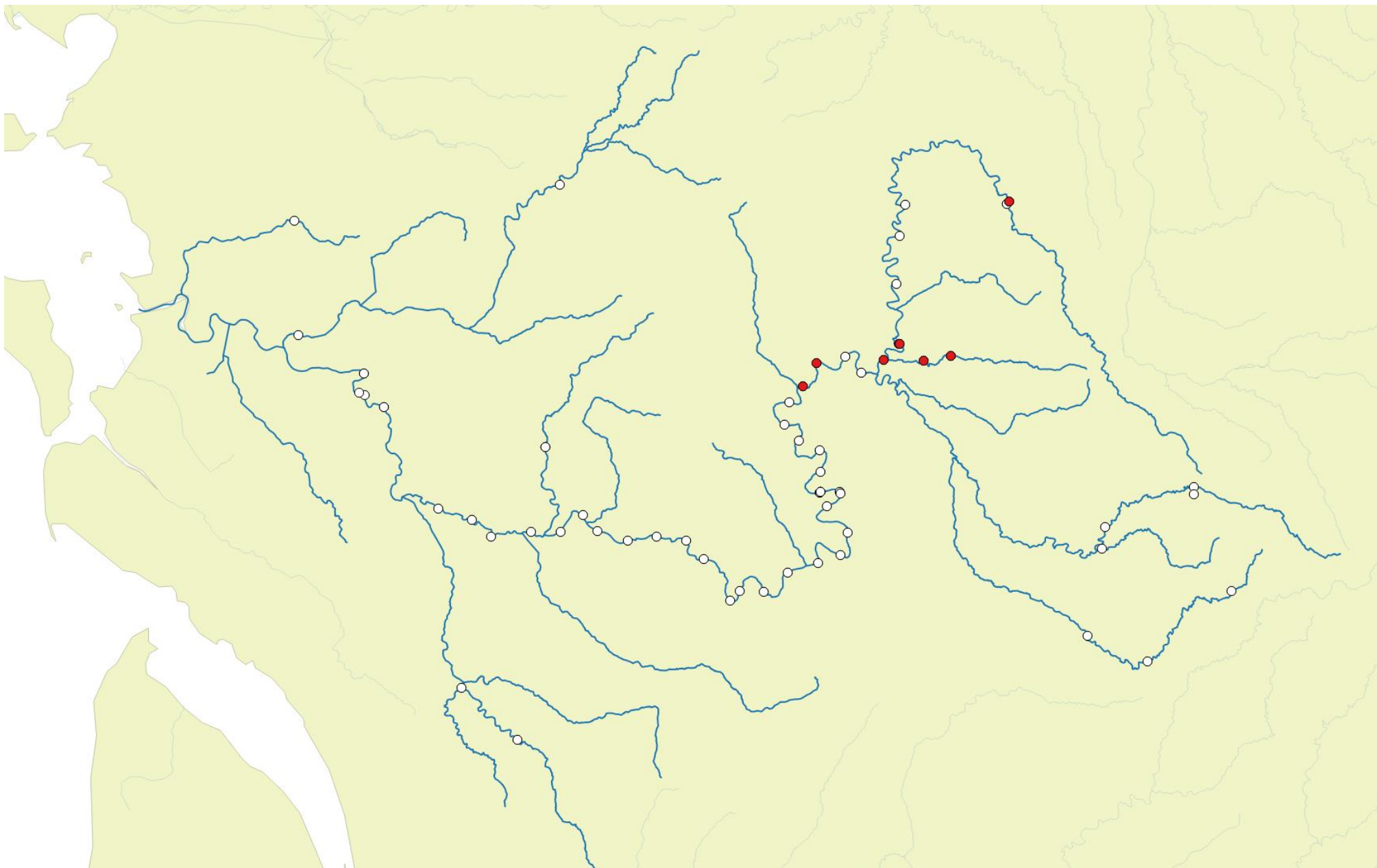


Figure 33 : Répartition sur le bassin de la Charente de la Mulette épaisse en 2022, d'après Prié et al. 2023.
Points rouges : donnée de présence ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe

Pisidie des marais

Euglesa pseudosphaerium

Liste rouge UICN France : **EN**

La Pisidie des marais figure parmi les espèces les plus rares de France. Pour l'heure, elle n'a été détectée que deux fois par analyses ADNe : dans le Son et en Bretagne. Il existe néanmoins quelques données éparses issues d'inventaires traditionnels. Cette espèce affectionne les marais alcalins, avec une eau de bonne qualité et un niveau constant. Ce type d'habitats est devenu très rare en France, et sa disparition sera encore accentuée par le réchauffement climatique.

Aucune donnée nouvelle n'a été apportée par notre campagne de prélèvement.

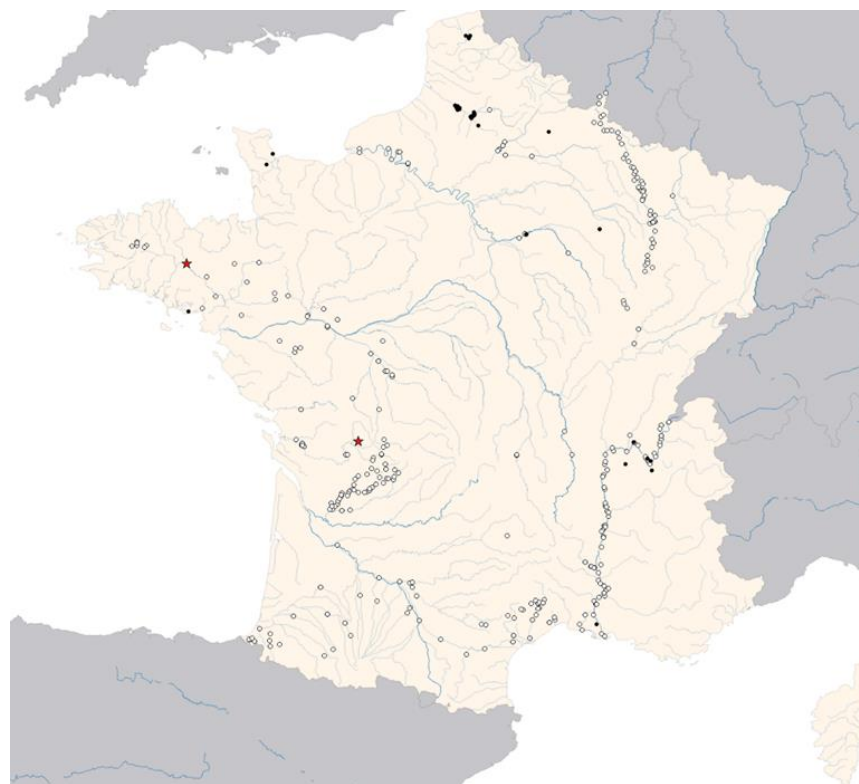


Figure 34 : Répartition en France de la Pisidie des marais en 2020, d'après Prié et al. 2023. Points noirs : données disponibles ; points rouges : individus vivants depuis 2000 ; étoiles rouges : données ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe.

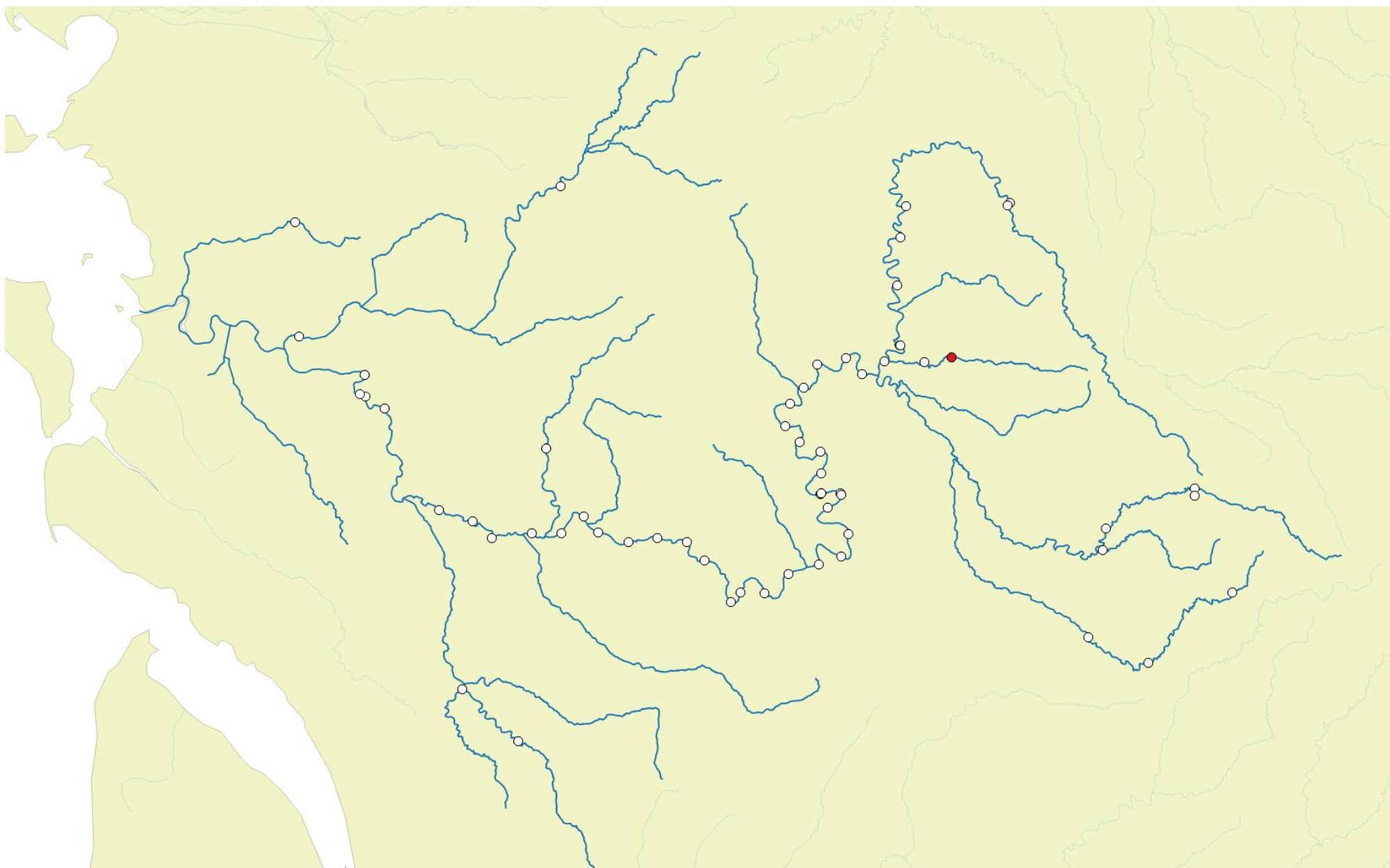


Figure 35 : Répartition sur le bassin de la Charente de la *Pisidia des marais* en 2022, d'après Prié et al. 2023.
Points rouges : donnée de présence ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe

IV. Amélioration future des connaissances sur le bassin Charente

Les derniers inventaires dans le cadre du programme Mulette de Nouvelle-Aquitaine et du présent projet ADNe ont amené une réelle amélioration des connaissances sur le bassin. D'après les derniers échanges, aucun nouvel échantillonnage ADNe n'est prévu prochainement pour les bivalves, mais les données ADNe acquises jusqu'ici peuvent être précisées par des plongées sur les stations identifiées afin de caractériser plus finement les populations, par exemple autour de Cognac pour la Grande Mulette. Il a également été évoqué de créer un groupe de plongeurs pour prospecter lors d'événements tels que les 24 heures naturalistes.

Sur l'aval de la Charente, des projets sont en réflexion pour réaliser des inventaires sur la population de Grande Mulette plus de 10 ans après les données de 2010. L'évolution de l'état de la population serait observée par plongées hyperbare selon le protocole suivi à l'époque.

Les données de Mulette épaisse suggèrent la présence de l'espèce sur l'amont du fleuve et/ou probablement sur les affluents qui se jettent en amont immédiat des prélèvements (Figure 36). Ces affluents pourraient faire l'objet de prospections prioritaires, notamment en vue de travaux de restauration écologique.

L'amont de la Charente est assez mal inventorié par rapport à l'aval. Si d'aventure de nouveaux programmes d'inventaire ADNe voyaient le jour, les secteurs de prospections pourraient être ciblés à l'amont de Mansle ou sur les affluents.

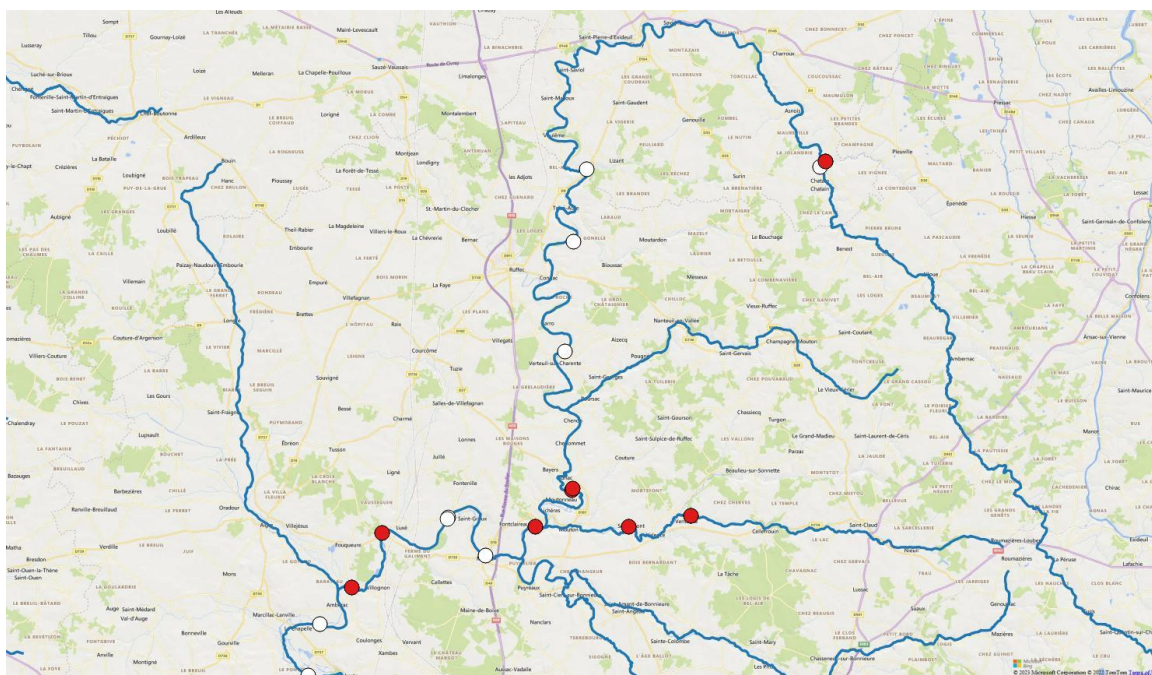


Figure 36 : Répartition de la Mulette épaisse en 2022 sur l'amont de la Charente. Points rouges : donnée de présence ADNe ; points blancs : données d'absence ADNe

V. Mesures opérationnelles pour la préservation des moules et la restauration du fleuve

Les impacts sur les moules sont en grande majorité d'origine anthropique. Les mesures opérationnelles qui suivent nous aiguillent donc sur la manière de les réduire à un niveau compatible avec le maintien des espèces à enjeux sur le territoire. Concrètement, ceci n'est pas chose facile. En marge des centaines de pages de rapports, publications et plans de gestion, la mise en œuvre opérationnelle des solutions reste le parent pauvre de ces démarches de conservation. Par ordre de priorité, les actions suggérées visent à :

1. Empêcher l'introduction d'Anodonte chinoises sur le bassin versant
2. Restaurer le fleuve et son lit majeur
3. Veiller à la prise en compte des moules dans les interventions sur le fleuve Charente et les affluents sur le plan réglementaire
4. Réviser les Formulaires Standards de Données (FSD) des sites NATURA 2000 pour y intégrer les données bivalves
5. Mettre en place des périmètres de protection pour réduire les pressions sur l'ensemble du cortège

1. Empêcher l'arrivée de l'Anodonte chinoise

La principale menace qui pèse aujourd'hui sur les bivalves de la Charente est la progression de l'Anodonte chinoise, qui concurrence les espèces autochtones allant au moins pour certaines jusqu'à les faire disparaître (Figure 37).

L'Anodonte chinoise (Figure 38) a deux principaux modes de dispersion : (i) de proche en proche, c'est ainsi que son aire de répartition est en train de s'étendre sur la majeure partie de l'Europe et (ii) par le transport de poissons, qui sont parasités par ses larves (glochidies).

(i) La Charente devrait être épargnée par la colonisation de proche en proche. La Charente est l'un des seuls bassins-versants majeurs de France qui ne soit pas interconnecté aux autres bassins-versants par des canaux - l'autre étant l'Adour. Elle pourrait représenter à l'avenir une zone refuge pour les bivalves autochtones, pourvu que l'on parvienne à empêcher l'introduction de l'Anodonte chinoise.

(ii) En revanche, la Charente est menacée par le transport de poissons. **C'est uniquement par transport de poissons que l'espèce est arrivée de Chine en Roumanie, puis en Hongrie, puis en France.** Le transport de poisson, l'alevinage, a trois origines principales : les pisciculteurs, les fédérations de pêche et les propriétaires de plans d'eau.

Les mesures à prendre seraient donc :

1. Une **information à tous les services de l'Etat** en charge de l'instruction des dossiers Plan d'eau et/ou piscicultures (DDT-DDCSPP) (mailing + réunion)
2. Une **information/sensibilisation à destination de tous les usagers** pouvant importer des poissons sur le territoire (production d'une lettre à destination des propriétaires d'étangs et des pisciculteurs, mise en place d'affiches ou communication dans les bulletins municipaux)
3. Une **information/sensibilisation à destination des fédérations de pêches et AAPPMA** qui peuvent être amenés à faire des opérations de ré-empoissonnements, de sauvetage ou de déplacement d'espèces.
4. La mise en place d'un cadre réglementaire local ou national empêchant son introduction et lui donnant un statut « d'espèce susceptible de générer des déséquilibres biologiques » au titre de **l'arrêté ministériel du 14 février 2018 relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces animales exotiques envahissantes sur le territoire métropolitain**. La mise en place d'une réglementation interdisant les transferts de poissons inter-bassin pour isoler le bassin Charente des bassins contaminés (APPB ciblé, arrêté préfectoral ou autre à discuter avec les services de l'Etat)

Cette dernière mesure pourrait paraître drastique pour certaines activités et notamment les piscicultures ; **elle est cependant la seule méthode réelle pour éviter l'introduction d'anodonte chinoise sur la Charente**. Un dialogue va donc devoir être amorcé avec les acteurs du territoire afin de bien comprendre les implications de cette action pour chacun et les solutions à trouver face cette nouvelle contrainte.

Nous pouvons d'ores et déjà dire qu'il est illusoire d'autoriser les transferts provenant de bassins qui se voudraient « non-contaminés » vers la Charente. Compte-tenu des lacunes de connaissances sur la répartition des Anodontes chinoises, des introductions non-intentionnelles pourraient tout de même avoir lieu de bassins encore non connus (Figure 39).

Le bassin versant de la Charente est aujourd'hui cerné par l'Anodonte chinoise, une réactivité importante sur ce point est jugée prioritaire pour la conservation de l'espèce.

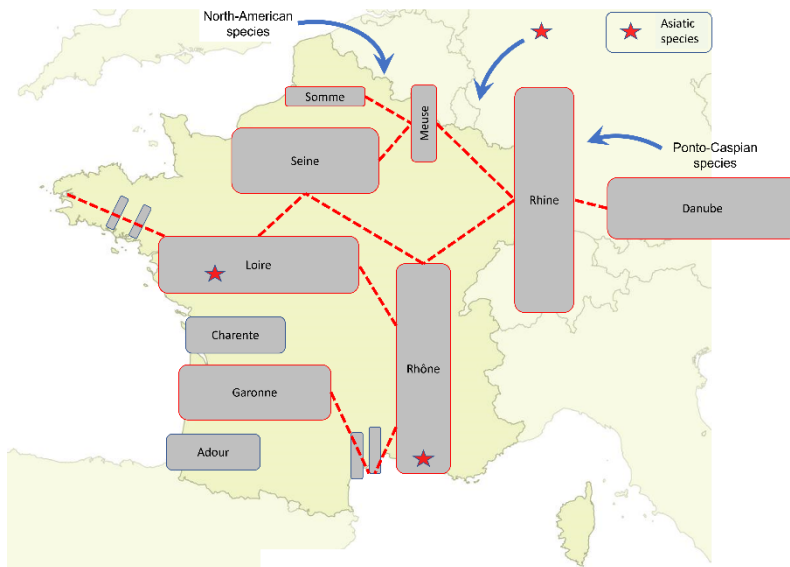


Figure 37 : Schéma des interconnexions entre grands bassins-versants et voies d'introduction des espèces de bivalves exotiques envahissantes (d'après Prié 2023).

Figure 38 : L'Anodonte chinoise est aujourd'hui le plus gros invertébré continental d'Europe. Ici un spécimen photographié dans l'Ardèche.

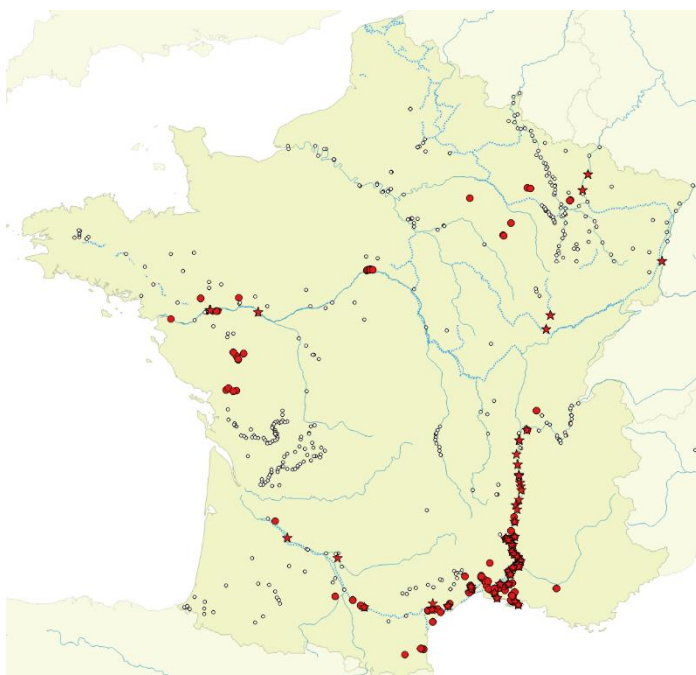


Figure 39 : L'Anodonte chinoise en France (Prié 2023). La Charente et la Dronne, deux rivières à Grandes Mulettes, sont pour l'instant préservées de sa progression. La Dronne faisant partie du bassin versant de la Garonne, qui est déjà infesté, il est fort probable que l'Anodonte chinoise la colonise dans un futur proche. La Charente en revanche pourrait être épargnée.

2. La restauration du fleuve et de son lit majeur

Les actions suivantes de diagnostic/restauration des milieux et des espèces font office de propositions qui, de manière large, peuvent conduire à une amélioration significative de l'état des milieux et du fleuve et donc de fait à la préservation des mulettes. L'état de conservation de la biodiversité reste en effet le meilleur indicateur du bon fonctionnement de cet écosystème. Des populations de mulettes en bon état seront donc le signe d'un bon fonctionnement de l'hydrosystème de manière générale. Elles sont en cela des espèces pouvant être qualifiées de « parapluies ».

Non exhaustives ici, les actions exposées apportent également des solutions (certes partielles) aux problématiques actuelles sur la ressource en eau tant sur plan quantitatif que qualitatif, qu'en faveur de la restauration de la biodiversité. Rappelons que les services écosystémiques sont maximisés quand la dégradation de l'écosystème est minimale. Des mesures de restauration seront donc bénéfiques à de multiples niveaux et pourraient être incluses au sein d'un programme de restauration/gestion du fleuve qui tiendrait compte des particularités hydro-écologiques (faible énergie, anastomoses) et des problématiques spécifiques à la Charente pour faire émerger des solutions techniques adaptées. Dans le département de la Charente-Maritime, un « schéma des occupations du fleuve » (incluant des diagnostics Faune-Flore) est en cours de révision, peut-être une première pierre à un « plan fleuve » visant à la gestion intégrée de la Charente. Les actions proposées sont :

1

Etablir un état des lieux/diagnostic du fleuve et de son lit majeur, sur la base des critères de la méthode REH (Réseau d'Evaluation des Habitats) par exemple. Il sera le socle de connaissances indispensable aux actions concrètes.

2

Construire un programme de plantation massif de ripisylve sur les berges par :

- La mise en place d'une Déclaration d'Utilité Publique sur les berges du fleuve pour réaliser des travaux de grande ampleur
- Conventionnement avec les propriétaires
- Elaboration d'une programmation foncière d'acquisition et de préemption pour garantir la pérennité des plantations dans le temps et faciliter les plantations

3

Engager des actions sur la gestion des ouvrages pour permettre 1/ la remontée des poissons migrateurs en réduisant les obstacles et blocages sur leur route migratoire 2/ la reconquête (à minima temporaire) de faciès d'écoulements naturels sur certaines portions du fleuve, voire définitive par effacement d'ouvrages et restauration des lignes d'eau naturelles.

4

Accompagner les agriculteurs et sylviculteurs au changement de pratique sur les parcelles adjacentes du fleuve afin :

- De favoriser la mise en place de prairies et pratiques extensives
- D'aménager les points d'abreuvements pour limiter l'accès direct au fleuve par les animaux
- De réduire significativement l'implantation de peupleraies mono-spécifiques en bordure de fleuve pour favoriser les peuplements mixtes

5

Engager des travaux de restauration des îles et secteurs d'anastomoses qui sont également des secteurs importants d'expansion des crues.

Focus : Le besoin d'un diagnostic du fleuve

L'établissement d'un diagnostic est **l'étape indispensable pour préciser l'ensemble des actions à conduire dans le cadre de la restauration du fleuve et de son lit majeur**, dont le fonctionnement est par endroit dégradé. Ces actions procureront des bénéfices non pas uniquement au cortège de bivalves d'eau douce, mais bien à l'ensemble des services écosystémiques attendus de ces milieux : soutien à l'étiage, résilience face aux inondations, filtration des eaux et échanges nappes-rivières, support de biodiversité, production agricole et forestière etc. L'ensemble s'intégrant parfaitement dans la démarche Charente 2050 d'adaptation au changement climatique. La méthode de diagnostic serait à définir plus précisément mais elle doit pouvoir *a minima* renseigner les compartiments de la méthode REH à savoir :

- Les lignes d'eau
- La fonctionnalité du lit mineur
- Les caractéristiques des berges et ripisylve
- La continuité écologique et sédimentaire
- La fonctionnalité des annexes alluviales, du lit majeur et de l'espace de bon fonctionnement du fleuve

A noter que la prise en compte du style fluvial anastomosé et de son évolution sera cruciale pour la mise en place d'actions de restauration pertinentes. Ces connaissances ont été acquises au travers de la thèse d'Amélie Duquesne : « **Trajectoire d'évolution d'un cours d'eau à faible énergie au cours du second Holocène : La Charente entre Angoulême et Saintes.** ». Ce manuscrit est une base de travail incontournable pour celui qui souhaite travailler à la restauration du fleuve Charente.

Focus sur un facteur de résilience déterminant : La ripisylve

La plantation massive d'arbres sur les bords de la Charente est l'une des étapes nécessaires à l'amélioration de la qualité de l'eau, à la lutte contre l'érosion, contre les effondrements de berges et à la biodiversité du fleuve et de ses milieux annexes.

De sérieuses menaces pèsent actuellement sur cette ripisylve tel que le **déchaussement lié au batillage**, la **mortalité des frênes par la Chalarose** ou celle des aulnes par le ***Phytophthora alni*** (sorte de champignon) qui plébiscite les fleuves à écoulement lents et aux eaux chaudes. Le réchauffement climatique entraîne également un stress hydrique et des mortalités notamment chez les vieux sujets.

La ripisylve sur le fleuve est par endroits inexistante ou se résume à une simple bordure d'arbres peu dense qui ne **garantira pas le remplacement des vieux sujets dépérissant et la stabilité des berges**. Les problématiques d'effondrement de berges iront de fait en s'accroissant, avec des conséquences multiples comme la **réduction des terrains adjacents** ou le **colmatage du substrat du lit mineur** réduisant les échanges nappes-rivières et la qualité du fond. La plantation à grande échelle d'espèces autochtones produites localement est une action simple et efficace pour éviter ces problématiques.

Elle se heurtera cependant à des **complexités cadastrales et administratives qui ne permettront pas une réactivité en adéquation avec la pression des changements climatiques actuels**. Il est donc suggéré d'employer des outils comme une Déclaration d'Utilité Publique sur les berges de la Charente pour agir dans les temps. Cet outil a déjà été utilisé à des fins touristiques pour la mise en place de la FlowVélo, **il pourrait être utilisé légitimement pour améliorer la qualité du fleuve et des services écosystémiques rendus**.



Figure 40 : Paysage du secteur de Cabariot, ripisylve absente sur une large portion des berges

3. Séquence ERC et aspects réglementaires pour les travaux en cours d'eau

Sur la partie aval du fleuve de Saint-Savinien à l'amont de Cognac, les enjeux sont marqués par la présence de la Grande Mulette qui est protégée :

- A l'échelle internationale par la convention de Berne (Annexe II)
- En Europe au titre de la DHFF (Annexe IV)
- Au niveau national par son inscription à :
 - L'article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007.
 - La liste des espèces animales et végétales à la protection desquelles il ne peut être dérogé qu'après avis du Conseil national de la protection de la Nature : Annexe 1

Sur la partie amont les enjeux réglementaires concernent la Mulette épaisse qui est protégée :

- En Europe au titre de la DHFF (Annexe II et IV)
- Au niveau national par son inscription à :
 - L'article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007.
 - La liste des espèces animales et végétales à la protection desquelles il ne peut être dérogé qu'après avis du Conseil national de la protection de la nature (Annexe I)

Les atteintes à cette espèce étant interdites, le guide de Cucherat et *al.*, (2021) qui établit la démarche à suivre pour la Mulette épaisse voit ses recommandations en partie transposables à la Grande Mulette. Les préconisations y sont nombreuses et détaillées, en voici quelques exemples :

- « les porteurs de projets doivent s'assurer de sa prise en compte, et donc engager des diagnostics spécifiques dans les études préalables aux projets **ayant des effets sur les cours d'eau où elle est présente ou potentiellement présente**. En cas de présence, l'évitement est le premier réflexe. Sinon, une dérogation aux interdictions d'atteinte peut être envisagée, aux conditions fixées par le L.411-2 (motifs de dérogation, absence d'autre solution, non remise en cause de l'état de conservation), fixant les mesures « ERC » à la clé. »
- « Lors de la réalisation de l'état initial de l'étude d'impact (répartition et abondance des individus) il doit être permis au pétitionnaire d'apprécier les impacts sur les différents compartiments du cycle biologique (...) »
- « Les impacts résiduels sont ceux qui, quel que soit le compartiment du cycle biologique considéré, vont contribuer à détériorer l'état actuel de conservation de la population cible, après la mise en place des mesures de réduction (...) Si, à l'issue des filtres des mesures d'évitement et de réduction, il existe des impacts résiduels sur au moins un des trois compartiments cités ci-dessus, alors il y a enclenchement de mesures compensatoires proportionnées ».

La meilleure prise en compte des mulettes dans le cadre des études réglementaires est identifiée comme un axe de travail prioritaire du Plan National D'action II Grande Mulette (PNA) (Richard & Prie, 2022) au travers l'action 5.2 : « Assurer la prise en compte de l'espèce dans les études réglementaires ».

Sur la Charente aval, les zones concernées pourraient donc correspondre aux secteurs où la présence de Grande Mulette a été attestée depuis 2010 (Figure 41) et s'étendre jusqu'aux nouveaux secteurs connus autour de Cognac (Figure 21). Les services de l'état peuvent ainsi s'emparer de ces informations pour l'instruction des dossiers.

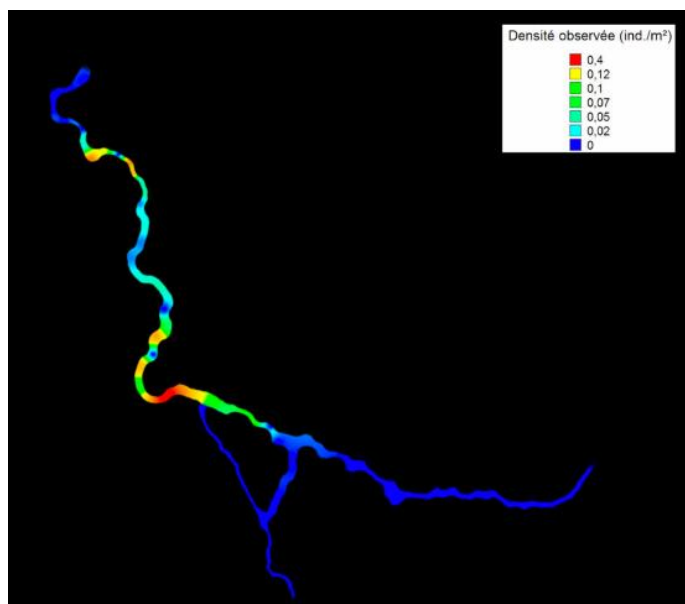


Figure 41 : Estimation des densités de population de Grande Mulette sur la Charente en 2010 (Prié, 2010). Les résultats de notre étude montrent que des Grandes mulettes se trouvent beaucoup plus à l'amont qu'on ne le pensait en 2010, bien que probablement en faible densité.

La dépendance des bivalves vis-à-vis des poissons hôtes et notamment les lamproies marines pour la Grande Mulette induit un effet en cascade de la séquence ERC puisque les projets impactant les poissons hôtes impacteront de fait les Grandes Mulettes. L'ensemble de cette « chaîne d'interaction » est donc à prendre en compte ce qui peut contrarier les habitudes réglementaires considérant : « une espèce = un enjeu ». A l'inverse, les actions de restauration des migrateurs seront bénéfiques pour certaines espèces de bivalves.

Sur la partie amont du fleuve, la Mulette épaisse peut induire des contraintes réglementaires. Les syndicats peuvent la rencontrer sur des sites de travaux ciblés par les Programmes Pluriannuels de Gestion (PPG). Dans ce cas, il est possible de se référer au logigramme du guide méthodologique mentionné ci-dessus pour anticiper la procédure à suivre. Ces programmes d'actions sont déterminants dans la restauration des cours d'eau du bassin et donc dans la reconquête de populations de mulettes actuellement en piteux état. Il serait ainsi contre-productif que ces viennent impacter de manière significative les populations de bivalves censées en bénéficier.

Une solution à généraliser ?

Un exemple concret de prise en compte des mulettes lors des travaux en cours d'eau provient de l'association Vienne Nature. Après échange avec les syndicats de bassin, l'association est inscrite en tant que Maître d'ouvrage des actions d'inventaires et de déplacement de mulettes dans le cadre des Contrats Territoriaux de Milieux Aquatiques (CTMA). Financée à 100% par l'agence de l'Eau Loire-Bretagne, cette mesure n'ajoute pas de surplus financier aux syndicats. Elle engendre cependant du temps supplémentaire pour le technicien médiateur de rivière. Des pêches de sauvetages pour les poissons sont déjà réalisées, le principe serait le même pour les mulettes qui n'ont, elles, pas de nageoires pour fuir et dont l'état de conservation est davantage critique.

4. Prise en compte dans le cadre de NATURA 2000

Les Formulaires Standards de Données sont les « Fiches d'identité » des sites NATURA 2000 et sont le support des informations transmises à la Commission Européenne sur le réseau de sites national. Une mise à jour des listes d'espèces pourra être effectuée afin de valoriser pleinement les nouvelles données acquises et assurer ainsi la bonne prise en compte des bivalves à forts enjeux. Les politiques de gestion des sites pourraient en effet se voir évoluer.

De même, certains secteurs ont été exclus du classement NATURA 2000 à l'époque de la création des sites, l'île Domange par exemple. Une révision des périmètres serait à envisager pour inclure ces secteurs afin que des actions puissent émerger plus facilement.

5. Nouveaux périmètres de protection

Compte-tenu de l'enjeu sur les populations de bivalves de la Charente, la mise en place de nouveaux zonages de protection règlementaires peut être évoquée. Ils pourraient s'inscrire dans la nouvelle Stratégie Nationale pour les Aires Protégées à horizon 2030 dont un des objectifs est l'atteinte du seuil de 30% du territoire en zone protégée dont 10% en zone de protection forte. Les propositions d'amendements peuvent se faire à plusieurs reprises dans les années qui viennent, il s'agira de coupler les données du présent rapport à l'ensemble des données des partenaires afin de prioriser les secteurs. Les classements juridiques étant un levier fort pour la mise en place d'actions de restauration ou de réduction des impacts, ils sont un outil à mobiliser pour la protection de certains secteurs sur le fleuve. Cette action coïncide pleinement avec l'action 5.1 du Plan National D'action II Grande Mulette : « Mettre en place des périmètres de protection de l'espèce ».

Les données produites ici pourront être employées dans le cadre de la réflexion sur la désignation du site NATURA 2000 de la Charente en amont d'Angoulême en tant que Zone Spéciale de Conservation.

Au jour d'aujourd'hui, l'Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope (APPB) peut être employé pour le cadrage/restrictions de certaines activités sur un secteur donné. Il pourrait être envisagé pour intervenir sur les pratiques de lâchers et de transferts de poissons, éviter l'introduction de l'Anodonte chinoise ou encore venir protéger les secteurs de présence d'espèces patrimoniales.

6. Conclusion

Le présent inventaire améliore fortement la connaissance des bivalves du bassin versant et place le fleuve Charente parmi les mieux connus de France. Les résultats parlent d'eux-mêmes, la Grande mulette **occupe un linéaire deux fois plus étendu que le secteur connu avant inventaire**. La Mulette épaisse, inconnue sur le fleuve en 2022 a été **retrouvée sur plusieurs stations qui laissent entrevoir sa présence potentielle sur les affluents proches**. Pour la Grande Mulette, le travail mené s'inscrit pleinement dans l'objectif spécifique n°1 : « Affiner la connaissance sur l'aire de répartition et les effectifs actuels de l'espèce » du PNA. En déployant ici un inventaire basé sur des méthodes standardisées (ADNe), nous ouvrons également la porte à un suivi régulier du fleuve, qui pourrait être étendu aux poissons et à l'ensemble de la biodiversité en ajoutant des amorces pour l'analyse des prélèvements (ex. "vertébrés", "poissons", voire "Eucaryotes" et "Procaryotes") qui sont par exemple utilisées pour caractériser l'ensemble du vivant dans le cadre du **programme Fleuves Sentinelles** de Vigilife.

Vu sous l'angle de la Biologie de la Conservation, cet inventaire met nettement en exergue la raréfaction de certaines espèces de bivalves et interpelle sur les mesures de gestion à initier dans les mois et années à venir pour restaurer leurs populations. Loin de ne concerner que les bivalves, les actions proposées dans ce rapport ciblent davantage la **reconstitution d'un hydrosystème fleuve fonctionnel, qui lui seul garantira le maintien des espèces associées**. Elles alimentent ou peuvent être reprises dans les objectifs spécifiques n°5, 6, 7 (« protection et réglementation », « continuité », « naturalité »), du PNA et dans le programme d'action Mulettes actuellement en cours de rédaction.

Dans le choix d'une gestion plus intégrée et opérationnelle du fleuve, la spécificité du style fluvial anastomosé de la Charente et la biodiversité patrimoniale qu'il abrite (Vison d'Europe, Grande mulette, Loutre, poissons migrateurs...) sont des **atouts incontournables à saisir et à valoriser**. Ils pourraient constituer une « **image de marque** » du fleuve Charente dont la gestion aurait entre autre pour but de mener des actions de **restauration/préservation à grande échelle**, sur l'ensemble du linéaire.

Le **LIFE Dordogne** est le parfait exemple d'un programme opérationnel de gestion et de restauration intégrée d'une rivière de grande envergure. Il s'inscrit dans la mouvance actuelle des gestionnaires de grands cours d'eau vers une **gestion intégrée laissant à l'hydrosystème une latitude nouvelle d'évolution, favorisant par ailleurs la résilience du territoire face au changement climatique**. Cela nécessite de co-construire cette gestion autour de la restauration des fonctionnalités naturelles du fleuve, le corpus des **Solutions Fondées sur la Nature** pouvant être largement mobilisé en ce sens.

Références

- Albert, J.S., G. Destouni, S.M. Duke-Sylvester, A. E. Magurran, T. Oberdorff, R. E. Reis, K. O. Winemiller & W. J. Ripple 2020.- Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. *Ambio*.
- Boratyn G. M., C. Camacho, P. S. Cooper, G. Coulouris, A. Fong, N. Ma, T. L. Madden, W. T. Matten, S. D. McGinnis, Y. Merezuk, Y. Raytselis, E. W. Sayers, T. Tao, J. Ye & I. Zaretskaya 2013.- BLAST: a more efficient report with usability improvements, *Nucleic Acids Research*, Volume 41, Issue W1, 1 July 2013, Pages W29–W33
- Cantera, I., Cilleros, K., Valentini, A., Cerdan, A., Dejean, T., Iribar, A., Taberlet, P., Vigouroux, R. & Brosse, S., 2019. Optimizing environmental DNA sampling effort for fish inventories in tropical streams and rivers. *Sci Rep-uk* 9, 3085.
- Charente nature, Poitou Charente Nature (2021). Etude de la répartition de la Grande Mulette en Charente, Bilan 2020. LISEA, 34p.
- Cilleros, K., Valentini, A., Allard, L., Dejean, T., Etienne, R., Grenouillet, G., Iribar, A., Taberlet, P., Vigouroux, R., Brosse, S. 2017. Unlocking biodiversity and conservation studies in high-diversity environments using environmental DNA (eDNA): A test with Guianese freshwater fishes. *Mol. Ecol. Res.* 19: 27-46.
- Civade, R., Dejean, T., Valentini, A., Roset, N., Raymond, J.-C., Bonin, A., Taberlet, P. & Pont, D., 2016. Spatial Representativeness of Environmental DNA Metabarcoding Signal for Fish Biodiversity Assessment in a Natural Freshwater System. *Plos One* 11, e0157366. DOI 10.1371/journal.pone.0157366
- Coutant, O., Hansen, C.R., Thoisy, B. de, Decotte, J.B., Valentini, A., Dejean, T., Vigouroux, R., Murienne, J. & Brosse, S., 2021. Amazonian mammal monitoring using aquatic environmental DNA. *Molecular Ecology Resources*. DOI 10.1111/1755-0998.13393
- Cucherat, X., F. Lamand & V. Prié 2021.- Guide technique : Mulette épaisse *Unio crassus* et autres bivalves : quels projets doivent les prendre en compte et comment ? DREAL Grand-Est, DRIEAT Île-de-France, 106 pp.
- Dejean, T., Valentini, A., Miquel, C., Taberlet, P., Bellemain, E., Miaud, C., 2012. Improved detection of an alien invasive species through environmental DNA barcoding: the example of the American bullfrog *Lithobates catesbeianus*. *J Appl Ecol* 49, 953–959. DOI 10.1111/j.1365-2664.2012.02171.x
- Donrovich, S. W., K. Douda, V. Plechingerová, K. Rylková, P. Horký, O. Slavík, H.-Z. Liu, M. Reichard, M. Lopes-Lima & R. Sousa, 2017. Invasive Chinese Pond Mussel *Sinanodonta woodiana* threatens native mussel reproduction by inducing cross-resistance of host fish. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 27: 1325– 1333.
- Dudgeon, D., 2019. Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology* 29: R960-R967.
- FNE NA, VIENNE NATURE (Coord), 2022. Les Mulettes de Nouvelle-Aquitaine – Rapport d'activité 2021 FNE NA, Angoulême, 129 p.
- Gargominy, O., Tercerie, S., Régnier, C., Dupont, P., Daszkiewicz, P., Antonetti, P., Léotard, G., Ramage, T., Idczak, L., Vandel, E., Petitteville, M., Leblond, S., Boulet, V., Denys, G., De Massary, J.C., Dusoulier, F., Lévêque, A., Jourdan, H., Touroult, J., Rome, Q., Le Divelec, R., Simian, G., Savouré-Soubelet, A., Page, N., Barbut, J., Canard, A., Haffner, P., Meyer, C., Van Es, J., Poncet, R., Demerges, D., Mehran, B., Horellou, A., Ah-Peng, C., Bernard, J.-F., Bounias-Delacour, A., Caesar, M., Comolet-Tirman, J., Courtecuisse, R., Delfosse, E., Dewynter, M., Hugonnot, V., Lavocat Bernard, E., Lebouvier, M., Lebreton, E., Malécot, V., Moreau, P.A., Moulin, N., Muller, S., Noblecourt, T., Noël, P., Pellens, R., Thouvenot, L., Tison, J.M., Robbert Gradstein, S., Rodrigues, C., Rouhan, G. & Véron, S. 2022. *TAXREF v16.0, référentiel taxonomique pour la France*. PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- Guardiola M., M.J. Uriz, P. Taberlet, E. Coissac, O. S. Wangensteen & X. Turon 2015.- Deep-sea, deep-sequencing: metabarcoding extracellular DNA from sediments of marine canyons. *PLoS One*, 10, e0139633.
- ICPDR 2020. JDS4 Scientific Report: A Shared Analysis of the Danube River. 564 pp.
- Lopes, C.M., Baêta, D., Valentini, A., Lyra, M.L., Sabbag, A.F., Gasparini, J.L., Dejean, T., Haddad, C.F.B. & Zamudio, K.R., 2020. Lost and found: frogs in a biodiversity hotspot rediscovered with environmental DNA. *Mol Ecol*. DOI 10.1111/mec.15594
- Lydeard, C., R. H. Cowie, W. F. Ponder, A. E. Bogan, P. Bouchet, S. A. Clark, K. S. Cumming, T. J. Frest, O. Gargominy, D. G. Herbert, R. Hershler, K. E. Perez, B. Roth, M. Seddon, E. E. Strong & F. G. Thompson 2004.- The global decline of nonmarine mollusks. *BioScience* 54: 321–330.
- Richard, N. & Prie, V. (2022). Plan National d'Actions en faveur de la Grande Mulette *Pseudunio auricularius*

- 2022-2031. Université de Tours (CETU Elmis Ingénieries) - MNHN - DREAL Centre-Val de Loire - Ministère de la Transition Écologique : 68 p.
- Marques, V., P.-É. Guérin, M. Rocle, A. Valentini, S. Manel, D. Mouillot & T. Dejean 2020.- Blind assessment of vertebrate taxonomic diversity across spatial scales by clustering environmental DNA metabarcoding sequences. *Ecography* DOI: 10.1111/ecog.05049
- Mouthon, J. 2018. - Répartition en France des formes actuelle et fossile d'*Euglesa pulchella* Jenyns, 1832 (Bivalvia, Sphaeriidae), une espèce rare. *Folia conchyliologica* 45 : 3-8.
- Murienne, J., Cantera, I., Cerdan, A., Cilleros, K., Decotte, J.-B., Dejean, T., Vigouroux, R., Brosse, S. 2019. Aquatic eDNA for monitoring French Guiana biodiversity. *Biodiversity Data Journal* 7.e37518. DOI: 10.3897/BDJ.7.e37518
- Nakamura, K., R. Sousa & F. Mesquita-Joanes 2023.- Collapse of native freshwater mussel populations: Prospects of a long-term study. *Biological Conservation* 279: 109931.
- Ollard, I., & Aldridge, D. C. 2023.- Declines in freshwater mussel density, size and productivity in the River Thames over the past half century. *Journal of Animal Ecology* 92 : 112– 123.
- Pont, D., Rocle, M., Valentini, A., Civade, R., Jean, P., Maire, A., Roset, N., Schabuss, M., Zornig, H. & Dejean, T., 2018. Environmental DNA reveals quantitative patterns of fish biodiversity in large rivers despite its downstream transportation. *Sci Reports* 8, 10361. DOI 10.1038/s41598-018-28424-8
- Prié V. 2017.- Étude historique et biogéographique de la Grande Mulette en France. Biotope – Université François Rabelais de Tours. 92 pp.
- Prié, V. 2019.- La Mulette perlière *Margaritifera margaritifera* dans le PNR du Limousin – Recherche par analyse de l'ADN environnemental. Parc Naturel Régional du Limousin, 12 pp
- Prié, V., A. Valentini, M. Lopes-Lima, E. Froufe, M. Rocle, N. Poulet, P. Taberlet & T. Déjean, 2021. - Environmental DNA metabarcoding for freshwater bivalves biodiversity assessment: methods and results for the Western Palearctic (European sub-region). *Hydrobiologia*, 848(12): 2931-2950. DOI 10.1007/s10750-020-04260-8
- Prié, V. 2023.- How was France invaded: 170 years of colonisation by freshwater mussels. *Hydrobiologia Spec. Issue Invasive freshwater molluscs*
- Prié, V., A. Danet, A. Valentini, M. Lopes-Lima, P. Taberlet, A. Besnard, N. Roset, O. Gargominy & T. Dejean. 2023.- Conservation assessment based on large-scale monitoring of freshwater bivalves: an eDNA point of view. *Biological Conservation*
- Riaz, T., W. Shehzad, A. Viari, F. Pompanon, P. Taberlet & E. Coissac 2011.- ecoPrimers: inference of new DNA barcode markers from whole genome sequence analysis. *Nucleic Acids Research*, 39, e145.
- Richard, N., 2018. Plan National d'Actions en faveur de la Grande Mulette, Bilan technique et financier, évaluation du Plan. Université de Tours – CETU Elmis Ingénieries & Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Centre Val de Loire. 60 pp.
- Taberlet, P., A. Bonin, L. Zinger & E. Coissac 2018.- *Environmental DNA : for biodiversity Research and Monitoring*. Oxford university Press, 253 pp.
- Valentini, A., P. Taberlet, C. Miaud, R. Civade, J. Herder, P.F. Thomsen, E. Bellemain, A. Besnard, E. Coissac, F. Boyer, C. Gaboriaud, P. Jean, N. Poulet, N. Roset, G.H. Copp, P. Geniez, D. Pont, C. Argillier, J. Baudoin, T. Peroux, A.J. Crivelli, A. Olivier, M. Acqueberge, M.L. Brun, P.R. Møller, E. Willerslev & T. Dejean 2016.- Next-generation monitoring of aquatic biodiversity using environmental DNA metabarcoding. *Molecular Ecology* 25: 929-942.

ANNEXE 1 : Liste des espèces de la faune de France présentes dans la Charente, détections en 2022 et statuts de conservation

| Faune de France | Statut | Présence Charente | Détection ADNe 2022 |
|---|------------|----------------------|------------------------|
| Order Unionida Stoliczka, 1871 | | | |
| Family Margaritiferidae Haas, 1940 | | | |
| <i>Pseudunio auricularius</i> (Spengler, 1793) | CR | 1 | 1 |
| <i>Margaritifera margaritifera</i> (Linnaeus, 1758) | EN | 1 | 0 |
| Family Unionidae Rafinesque, 1820 | | | |
| <i>Anodonta anatina</i> (Linnaeus, 1758) | VU | 1 | 1 |
| <i>Anodonta cygnea</i> (Linnaeus, 1758) | VU | 1 | 1 |
| <i>Pseudanodonta complanata</i> (Rossmässler, 1835) | EN | 1 | 0 |
| <i>Sinanodonta woodiana</i> (Lea, 1834) | Introduite | | |
| <i>Potomida littoralis</i> (Cuvier, 1798) | EN | 1 | 1 |
| <i>Unio crassus</i> Philipsson, 1788 | LC | 1 | 1 |
| <i>Unio mancus</i> Lamarck, 1819 | LC | 1 | 1 |
| <i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758) | LC | 1 | 1 |
| <i>Unio tumidus</i> Philipsson, 1788 | NT | | |
| Order Venerida J.E. Gray, 1854 | | | |
| Family Cyrenidae J.E. Gray, 1840 | | | |
| <i>Corbicula fluminalis</i> (O.F. Müller, 1774) | Introduite | 1 | 1 |
| <i>Corbicula fluminea</i> (O.F. Müller, 1774) | Introduite | | |
| <i>Corbicula leana</i> Prime, 1867 | Introduite | | |
| Family Dreissenidae J.E. Gray, 1840 | | | |
| <i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771) | Introduite | 1 | |
| <i>Dreissena rostriformis bugensis</i> (Andrusov, 1897) | Introduite | | |
| Family Sphaeriidae Deshayes, 1855 (1820) | | | |
| <i>Englesa casertana</i> (Poli, 1791) | LC | 1 | 1 |
| <i>Englesa compressa</i> (Prime, 1852) | Introduite | | |
| <i>Englesa globularis</i> (Clessin, 1873) | DD | 1 | 1 |
| <i>Englesa henslowana</i> (Sheppard, 1823) | LC | 1 | 1 |
| <i>Englesa hibernica</i> (Westerlund, 1894) | LC | 1 | 1 |
| <i>Englesa interstitialis</i> Bössneck, Groh & Richling | LC | | |
| <i>Englesa liljeborgii</i> (Clessin, 1886) | NT | | |
| <i>Englesa milium</i> (Held, 1836) | LC | 1 | 1 |
| <i>Englesa nitida</i> (Jenyns, 1832) | LC | 1 | 1 |
| <i>Englesa obtusalis</i> (Lamarck, 1818) | LC | | |
| <i>Englesa personata</i> (Malm, 1855) | LC | 1 | 1 |
| <i>Englesa pseudosphaerium</i> (J. Favre, 1927) | EN | 1 | 0 |
| <i>Englesa pulchella</i> (Jenyns, 1832) | DD | 1 | 1 |
| <i>Englesa subtruncata</i> (Malm, 1855) | LC | 1 | 1 |

| Faune de France | Statut | Présence Charente | Détection ADNe 2022 |
|--|------------|----------------------|------------------------|
| <i>Englesa supina</i> (A. Schmidt, 1851) | LC | 1 | 1 |
| <i>Odbneripisidium conventus</i> (Clessin, 1877) | VU | | |
| <i>Odbneripisidium moitessierianum</i> (Paladilhe, 1866) | LC | 1 | 1 |
| <i>Odbneripisidium tenuilineatum</i> (Stelfox, 1918) | LC | 1 | 1 |
| <i>Pisidium amnicum</i> (O.F. Müller, 1774) | LC | 1 | 1 |
| <i>Sphaerium corneum</i> (Linnaeus, 1758) | LC | 1 | 1 |
| <i>Sphaerium lacustre</i> (O.F. Müller, 1774) | LC | 1 | 1 |
| <i>Sphaerium nucleus</i> (S. Studer, 1820) | DD | | |
| <i>Sphaerium ovale</i> (A. Férussac, 1807) | DD | 1 | 1 |
| <i>Sphaerium rivicola</i> (Lamarck, 1818) | EN | | |
| <i>Sphaerium solidum</i> (Normand, 1844) | EN | | |
| <i>Sphaerium transversum</i> (Say, 1829) | Introduite | | |
| 42 | 8 | 28 | 24 |

Synthèse de bassin (partie fluviale du SAGE Charente)

BILAN DE L'ETAT DU BASSIN CHARENTE

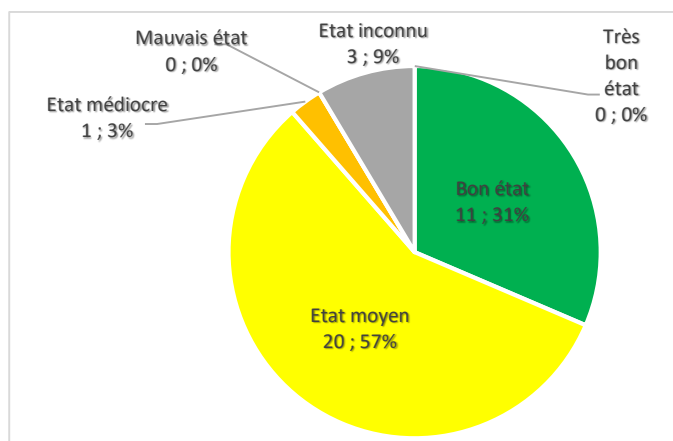
✓ Etat écologique : souvent bon mais le plus souvent moyen et médiocre sur le Bief

- Des fluctuations de l'état entre l'amont et l'aval
- Des dégradations dues aux :
 - ✓ Perturbations des peuplements biologiques :
 - **Poissons** : principal indice déclassant sur le bassin lorsqu'il est suivi (10 déclassements pour 16 mesures d'indices) ← analyse fédérations pêche (indice défavorable au fleuve ?)
 - **Diatomées** : sur le fleuve entre Barro et Luxé, puis à Saint-Brice et sur les Eaux-Clares, la Tardoire et le Trieux ← eutrophisation ?
 - **Macroinvertébrés** : sur la tête de bassin du fleuve (amont et aval Lavaud : instabilité hydrologique, matières organiques, pesticides) et sur les Eaux-Clares (anthropisation du bassin, pesticides)
 - ✓ **Teneurs en matières organiques** sur les bassins Né, Seugne, Tardoire et Bonnieure : la concentration et le taux de saturation en oxygène y chutent en automne sous l'effet potentiellement combiné de :
 - consommation par les bactéries dégradant une matière biologique morte produite au printemps et en été, en excès, en raison d'**apports excessifs de nutriments** (azote, phosphore) ;
 - pressions organiques liés à des **rejets ponctuels chroniques d'eaux usées et/ou pluviales** ;
 - **faibles débits d'étiage** occasionnant un moindre brassage, une moindre oxygénation et une moindre dilution des matières organiques.

✓ Aptitude en tant que ressource pour l'eau potable : globalement mauvaise (pesticides lorsqu'ils sont suivis) ou médiocre (nitrates) :

- Les **pesticides** entraînent un déclassement de cette **aptitude** en **mauvaise** sur l'ensemble des stations où ils sont suivis avec des quantifications au-delà du seuil de potabilité. Les molécules impliquées proviennent principalement d'**herbicides toutes cultures**.
- Les **nitrates** sont à l'origine d'une **aptitude** :
 - ✓ **bonne** uniquement sur socle granitique : amont du Bandiat et Trieux ;
 - ✓ **moyenne** sur secteur de transition : fleuve amont Lavaud, Bonnieure, Tardoire, Touvre ;
 - ✓ **médiocre pour la plus grande partie du bassin** sur tables calcaires ;
 - ✓ **mauvaise** sur le Bief.

Les nitrates apparaissent essentiellement d'**origine agricole** (intrants azotés) sur le secteur des tables calcaires, avec une forte incidence de l'occupation des sols par les grandes cultures. Les concentrations en nitrates présentent une variation saisonnière en raison du **lessivage des sols par les pluies**, puis de leur consommation (**auto-épuration**) par la végétation aquatique **en période printanière et de début d'été**.



Source : Evaluation 2016-2018 de l'état des eaux sur la base du suivi plancher regroupant les données de 35 stations

ANNEXE 3 : méthodologie de l'analyse ADNe et étape bio-informatique

Processus d'extraction

L'extraction de l'ADN a été réalisée dans une salle dédiée à l'extraction des échantillons d'ADN de l'eau, équipée d'une pression d'air positive, d'un traitement UV et d'un renouvellement fréquent de l'air. Avant d'entrer dans cette salle d'extraction, le personnel se change en tenue de protection complète comprenant une combinaison corporelle jetable avec capuche, un masque, des chaussures de laboratoire, des surchaussures et des gants avec une zone de liaison. Toutes les paillasses ont été décontaminées avec de l'eau de javel commerciale à 10% avant et après chaque manipulation. Pour l'extraction de l'ADN, chaque capsule de filtration, contenant le tampon CL1, a été agitée pendant 15 min sur un agitateur S50 (cat Ingenieurbüro™) à 800 tpm puis le tampon a été vidé dans un tube de 50 ml avant d'être centrifugé pendant 15 min à 15 000×g. Le surnageant a été retiré à l'aide d'une pipette stérile, laissant 15 mL de liquide au fond du tube. Ensuite, 33 mL d'éthanol et 1,5 mL d'acétate de sodium 3M ont été ajoutés à chaque tube de 50 mL et conservés pendant au moins une nuit à -20°C. Les tubes ont été centrifugés à 15 000 × g pendant 15 min à 6°C, et les surnageants ont été jetés. Après cette étape, 720 µL de tampon ATL provenant du kit d'extraction de sang et de tissus DNeasy (Qiagen) ont été ajoutés. Les tubes ont ensuite été agités au vortex, puis les surnageants ont été transférés dans des tubes de 2 ml contenant 20 µL de protéinase K. Les tubes ont enfin été incubés à 56 °C pendant deux heures. Par la suite, l'extraction de l'ADN a été réalisée à l'aide du kit NucleoSpin®Soil (MACHEREY-NAGEL GmbH & Co., Düren Germany) en suivant les instructions du fabricant à partir de l'étape 6. L'élution a été réalisée en ajoutant deux fois 100 µL de tampon SE. Après l'extraction de l'ADN, les échantillons ont été testés pour l'inhibition par qPCR (Biggs *et al.* 2015). Si l'échantillon a été considéré comme inhibé, il a été dilué 5 fois avant l'amplification.

Les amplifications d'ADN ont été réalisées dans un volume final de 25 µL, en utilisant 3 µL d'extrait d'ADN comme matrice. Le mélange d'amplification contient 1 U d'AmpliTaQ Gold DNA Polymerase (Applied Biosystems, Foster City, CA), 10 mM Tris-HCl, 50 mM KCl, 2,5 mM MgCl₂, 0,2 mM de chaque dNTP, 0,2 µM chaque amorce et 0,2 µg/µL d'albumine sérique bovine (BSA, Roche Diagnostic, Bâle, Suisse). Les amorces sont marquées en 5' avec une étiquette de huit nucléotides unique à chaque réplica PCR (avec au moins trois différences entre toute paire d'étiquettes). Pour les autres paires d'amorces, les amorces sont marquées en 5' avec un tag de huit nucléotides unique pour chaque échantillon. Cela permet d'assigner chaque séquence à l'échantillon correspondant lors de l'analyse des séquences.

Les étiquettes des amorces forward et reverse sont identiques pour chaque réplica PCR. Le mélange PCR est dénaturé à 95°C pendant 10 min, suivi de 50 cycles de 30 s à 95°C, 30 s à 55°C et 1 min à 72°C et d'une étape finale d'élongation à 72°C pendant 7 min dans une salle dédiée à l'ADN amplifié avec une pression d'air négative et une séparation physique des salles d'extraction d'ADN (qui ont une pression d'air positive). Le détail des répliques PCR est donné dans le Tableau 2. La préparation des librairies et le séquençage de l'ADN ont été effectués au laboratoire DNA Genesee (Le Bourget-du-Lac, France). Deux contrôles d'extraction négatifs et un contrôle PCR négatif par marqueur (eau ultrapure, 12 répliquats) sont amplifiés et séquencés en parallèle des échantillons afin de contrôler les éventuels contaminants.

Bioinformatique et ré-assignation taxonomique

Les résultats du séquençage ont été analysés à l'aide du pipeline Wingi, développé par SPYGEN. Tout d'abord, les lectures forward et reverse ont été assemblées et ensuite attribuées à chaque échantillon. Un jeu de données distinct a été créé pour chaque échantillon en divisant l'ensemble des données d'origine en plusieurs fichiers. Après cette étape, chaque échantillon a été analysé individuellement avant de fusionner la liste des taxons pour l'analyse écologique finale. Les lectures de séquençage identifiées comme des erreurs ont été écartées, ainsi que les séquences dont l'occurrence est inférieure à 10 lectures et qui ont été interprétées comme des fuites de puits (Schnell *et al.* 2015).

Les différentes séquences d'ADNe détectées ont été assignées à des espèces ou à des MOTU (Molecular Operational Taxonomic Units) en fonction de leur correspondance avec les bases de données de référence. Les assignations taxonomiques ont été réalisées en priorité à partir de la base de références SPYGEN. En cas de non-assignation avec la base de référence SPYGEN, ou en l'absence de base de référence SPYGEN (cas des bactéries p. ex.), les assignations ont été réalisées avec la base de données SPYGEN (Prié *et al.* 2021). Les séquences correspondant à plus de 98% à une séquence de référence disponible dans la base de référence SPYGEN (ou dans GenBank dans un second temps) ont été assignées au niveau de l'espèce. Si la correspondance était comprise entre 96% et 98%, elle est assignée au niveau du genre, et enfin au niveau de la famille si elle était comprise entre 90% et 96% (Marques *et al.* 2020). Toutes les séquences dont la correspondance était inférieure à 90 % ont été écartées de l'analyse.

Chaque séquence non identifiée au niveau de l'espèce par notre pipeline bioinformatique a été vérifiée manuellement à l'aide de NCBI BLAST (Boratyn *et al.* 2013).


La taxonomie suit le référentiel de l'INPN, TaxRef v. 16.0 (Gargominy *et al.* 2022) sauf indication contraire.

ANNEXE 4 : Synthèse des caractéristiques des prélèvements

| Code Filtre SPYGEN | Nom du site | N° station INPN | Date d'échantillonnage | Durée filtration (minutes) | Volume mesuré (débitmètre, l.) |
|--------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| SPY2222049 | ADNe_ch_Son | 1904353 | 27/06/2022 14:22:04 | 11 | |
| SPY2222050 | | | | 11 | |
| SPY2222051 | ADNe_ch_Aunac | 1904354 | 27/06/2022 15:33:20 | 11 | |
| SPY2222052 | | | | 12 | |
| SPY2222053 | ADNe_ch_mouton | 1904356 | 27/06/2022 17:12:56 | 16 | |
| SPY2222054 | | | | 14 | |
| SPY2222055 | ADNe_ch_Mansle | 1904357 | 28/06/2022 09:23:30 | 20 | 16,5 |
| SPY2222056 | | | | 14 | |
| SPY2222057 | ADNe_ch_Folatiere | 1904358 | 28/06/2022 10:45:57 | 21 | 24,6 |
| SPY2222058 | | | | 30 | |
| SPY2222059 | ADNe_ch_laterne | 1904360 | 28/06/2022 11:54:10 | 30 | 24,1 |
| SPY2222060 | | | | 21 | |
| SPY2222061 | ADNe_ch_Villognon | 1904361 | 28/06/2022 14:01:25 | 35 | |
| SPY2222062 | | | | 26 | 37,0 |
| SPY2222063 | ADNe_ch_gagnerie | 1904362 | 28/06/2022 15:41:39 | 30 | 35,4 |
| SPY2222064 | | | | 30 | |
| SPY2222065 | ADNe_ch_LaToucheDeGenat | 1904363 | 28/06/2022 17:10:00 | 30 | 42,5 |
| SPY2222066 | | | | 35 | |
| SPY2222067 | ADNe_ch_Vouharte | 1904364 | 28/06/2022 18:47:44 | 30 | 33,1 |

| | | | | | |
|------------|-----------------------|---------|---------------------|----|------|
| SPY2222068 | | | | 35 | |
| SPY2222069 | ADNe_ch_hippodrome | 1904577 | 29/06/2022 10:20:02 | 30 | 47,3 |
| SPY2222070 | | | | 35 | |
| SPY2222071 | ADNe_ch_portal | 1904578 | 29/06/2022 12:06:42 | 30 | 45,1 |
| SPY2222072 | | | | 35 | |
| SPY2222073 | ADNe_ch_ChateauTriate | 1904579 | 29/06/2022 15:32:13 | 30 | 52,1 |
| SPY2222074 | | | | 35 | |
| SPY2222075 | ADNe_ch_BourgCharente | 1904581 | 29/06/2022 16:55:51 | 30 | 55,3 |
| SPY2222076 | | | | 35 | |
| SPY2222077 | ADNe_ch_gabemoulin | 1904583 | 29/06/2022 18:40:00 | 30 | 53,1 |
| SPY2222078 | | | | 35 | |
| SPY2222079 | ADNe_ch_chaniers | 1904584 | 30/06/2022 10:07:55 | 30 | |
| SPY2222080 | | | | 35 | |
| SPY2222081 | ADNe_ch_Dompierre | 1904585 | 30/06/2022 11:55:03 | 30 | 49,7 |
| SPY2222082 | | | | 35 | |
| SPY2222083 | ADNe_ch_Brive | 1904586 | 30/06/2022 13:03:26 | 30 | 50,9 |
| SPY2222084 | | | | 35 | |
| SPY2222085 | ADNe_ch_CognacAval | 1904587 | 30/06/2022 14:45:52 | 30 | 51,0 |
| SPY2222086 | | | | 35 | |
| SPY2222087 | ADNe_ch_CognacAmont | 1904588 | 30/06/2022 16:09:29 | 30 | 47,7 |
| SPY2222088 | | | | 35 | |

ANNEXE 5 : Campagne de communication sur les réseaux sociaux

**EPTB Charente**
Publié par Clément Boura Pro · 1 juillet 2022 ·




[Poissons Migrateurs]


Nos techniciens ont lancé, lundi 27 juin, les premières opérations d'un programme d'acquisition des connaissances sur les bivalves d'eau douce sur le Fleuve Charente !

Financé par la DREAL Nouvelle-Aquitaine, ce programme a pour ambition d'inventorier le cortège de bivalves d'eau douce et d'améliorer la connaissance sur la répartition de ces espèces emblématiques et indicatrices de la qualité des eaux.

Première étape de cette opération : le prélèvement sur la Charente d'ADN environnemental entre Chaniers et Mansle, en partenariat avec le laboratoire SPYGEN.

Sur 20 points de prélèvements, l'ADN récupéré par filtration de l'eau permettra de détecter les bivalves présents et de préciser leur distribution géographique sur le linéaire du fleuve.



 21

6 commentaires 1 partage

Communiqué de presse

L'EPTB Charente déploie un programme d'amélioration des connaissances sur les bivalves d'eau douce

Méconnus du grand public, les bivalves d'eau douce font partie des espèces les plus menacées au monde. L'EPTB Charente mets en œuvre un programme d'acquisition des connaissances à l'échelle du fleuve. Les premières opérations débutent par des prélèvements d'ADN environnemental afin de les inventorier.

Grande mulette, Mulette épaisse ou encore Pisidie des marais... Ces noms ne vous disent rien ? Ces bivalves ou moules d'eau douce, méconnus du grand public, sont pourtant des espèces emblématiques du fleuve Charente dont la survie est aujourd'hui menacée. **À titre d'exemple, la Grande Mulette, dont la France concentre, à elle seule 95 % de la population mondiale, est aujourd'hui classée « en danger critique d'extinction », au même titre que le Rhinocéros noir.** Le fleuve Charente héberge ainsi 3 des bivalves d'eau douce les plus menacés de l'hexagone. Véritable havre de biodiversité, on y trouve au total 27 espèces soit les ¾ des bivalves de France.

Pleinement engagé dans la préservation des espèces aquatiques, **l'EPTB Charente déploie, à compter du lundi 27 juin 2022 un programme d'acquisition de connaissances de ces bivalves d'eau douce. Financé par la DREAL Nouvelle-Aquitaine, il a pour ambition d'inventorier le cortège de bivalves d'eau douce** et d'améliorer la connaissance sur la répartition de ces espèces emblématiques et indicatrices de la qualité des eaux.

Première pierre de cette opération : **la réalisation de prélèvements d'ADN environnemental entre Chaniers et Mansle.** Sur 20 points de prélèvements, l'ADN récupéré par filtration de l'eau permettra de détecter les bivalves présents et de préciser leur distribution géographique sur le linéaire du fleuve.

De nouvelles espèces ou des espèces exotiques envahissantes comme l'Anodonte chinoise, actuellement en expansion en France, pourraient également être détectées. **En fonction des résultats, des prospections de terrain complémentaires et des préconisations de gestion seront réalisées.**

Pour aller plus loin

Les grands bivalves d'eau douce ont un cycle remarquable qui fait intervenir un poisson hôte : leur larve se développe pendant quelques semaines dans ses ouïes avant de rejoindre le fond du fleuve pour grandir. **Les moules d'eau douce ont un rôle prépondérant dans l'écosystème et la transparence des eaux du fleuve : on estime qu'un seul individu filtre environ 40 litres par jour.** La préservation des bivalves d'eau douce est aujourd'hui un enjeu global. Sur les 1 200 espèces répertoriées sur Terre, plus de la moitié sont en danger d'extinction. La qualité de l'eau, l'hydromorphologie, les assècs et l'introduction d'espèces invasives sont les principales menaces qui pèsent sur ces espèces.