



UNIVERSITÉ
FRANÇOIS - RABELAIS
TOURS



LIFE+
13BIOFR/001162
Conservation de la
Grande Mulette en
Europe

Université François Rabelais
de Tours

Étude historique et
biogéographique de la
Grande Mulette en France
31 octobre 2017



biotope

| | | |
|---------------------------------|--|---|
| Citation recommandée | Prié V. 2017.- Étude historique et biogéographique de la Grande Mulette en France. Biotope – Université François Rabelais de Tours. 92 pp. | |
| Version/Indice | V1 | |
| Date | 31 Octobre 2017 | |
| Nom de fichier | Biotope_2017_EtudeBiogeographiqueGrandeMulette.pdf | |
| N° de contrat | Projet 2015838 / Marché n°1501420 | |
| Maître d'ouvrage | Université François Rabelais de Tours CETU Elmis Ingénieries 11 Quai Danton 37500 CHINON | |
| Interlocuteur | Nina Richard Co-responsable CETU Elmis Ingénieries Chercheure associée UMR7324 CITERES (équipe IPAPE) | Contact : nina.richard@univ-tours.fr 02.47.36.78.20 |
| Interlocuteur | Vincent Prié | Contact : vprie@biotope.fr |
| Biotope, Responsable du projet | Vincent Prié | Contact : vprie@biotope.fr |
| Biotope, Responsable de qualité | Laurent Philippe | Contact : lphilippe@biotope.fr |

Sommaire

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Introduction et éléments de contexte | 5 |
| 2 | Etude historique : bibliographie et muséologique | 7 |
| 1 | Synthèse bibliographique | 8 |
| 2 | Recherches muséographiques | 9 |
| 3 | Etude de terrain | 13 |
| 1 | Prospections de 2016 | 14 |
| 2 | Prospections de 2017 | 16 |
| 4 | Éléments physico-chimiques des stations identifiées | 18 |
| 1 | Données physico-chimiques et qualité de l'eau | 19 |
| 1.1 | Méthodes | 20 |
| 1.2 | Résultats | 21 |
| 1.3 | Résultats commentés | 24 |
| 1 | Synthèse | 27 |
| 1 | Distribution historique | 28 |
| 2 | Effort de prospection et distribution actuelle | 29 |
| 2.1 | Connaissances préalables | 29 |
| 2.2 | Apports de cette étude de terrain | 29 |
| 3 | Exigences écologiques | 31 |
| 4 | Perspectives | 31 |
| 4.1 | Étude de la diversité génétique | 31 |
| 4.2 | Facteurs d'absence | 31 |
| 4.3 | Littérature grise | 41 |

Annexes

| | | |
|----------|--|----|
| Annexe 1 | : Publication scientifique des résultats | 33 |
| Annexe 2 | : Bibliographie thématique | 34 |
| 1.1 | Taxonomie - systématique | 34 |
| 1.2 | Histoire naturelle | 34 |
| 1.3 | Biogéographie | 36 |

| | |
|--|-----------|
| France | 36 |
| Hors France | 38 |
| 1.4 Conservation | 39 |
| 1.5 Généralités, listes taxonomiques et listes rouges | 40 |

Annexe 3 : Étude muséologique 45

| | |
|---|-----------|
| 1.1 Distribution passée de <i>M. auricularia</i> : recherche de données historiques de présence à partir des collections des muséums régionaux | 45 |
| 1.2 Matériel et méthodes | 46 |
| 1.3 Résultats | 48 |
| 1.4 Discussion | 50 |
| 1.5 Conclusion | 53 |

Annexe 4 : Rapport intermédiaire des prospections de 2016 58

| | |
|--|-----------------------------|
| 1.6 La Saône entre Port-sur-Saône et Chalon-sur-Saône ; l'aval du Doubs | Erreur ! Signet non défini. |
| 1.7 Le Cher à Chenonceau et Vierzon | Erreur ! Signet non défini. |
| 1.8 La Garonne à Agen et La Réole | Erreur ! Signet non défini. |
| 1.9 La Vézère et sa confluence avec la Dordogne | Erreur ! Signet non défini. |
| 1.10 L'Arros entre Marciac et sa confluence avec l'Adour | Erreur ! Signet non défini. |
| 1.11 ADN environnemental | 60 |
| 1.12 Limites | 61 |

Annexe 5 : Détail des prospections réalisées en 2017 62

| | |
|---|------------------------------------|
| 1.1 Bassin de la Seine | Erreur ! Signet non défini. |
| L'Oise | Erreur ! Signet non défini. |
| L'Aisne | Erreur ! Signet non défini. |
| 1.2 Bassin de l'Adour | Erreur ! Signet non défini. |
| 1.3 Bassin de la Loire | Erreur ! Signet non défini. |
| 1.4 Bassin de la Sèvre Niortaise | Erreur ! Signet non défini. |
| 1.5 Bassin de la Charente | Erreur ! Signet non défini. |

Annexe 6 : Matériel électronique supplémentaire **Erreur ! Signet non défini.**

| | |
|--|-----------------------------|
| 1.1 Photographies des spécimens de musée | Erreur ! Signet non défini. |
| 1.2 Photographies de terrain et des substrats | Erreur ! Signet non défini. |
| 1.3 Fichiers SIG | Erreur ! Signet non défini. |

Introduction et éléments de contexte

1 Introduction et éléments de contexte

La Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) autrefois largement répandue à l'Ouest d'une ligne reliant le Danemark à l'Italie selon la littérature ancienne. Elle a régressé drastiquement au cours du XX^e siècle au point qu'on la considérait comme disparue dans les années 1980, avant sa redécouverte en Espagne dans l'Ebre (Altaba 1990) puis en France dans la Vienne (Cochet 2000). Aujourd'hui, elle n'est connue que de quelques populations isolées en France (Prié et al. 2010) et continue de régresser en Espagne où aucune population nouvelle n'a été découverte hormis les quelques noyaux de l'Ebre.

Elle est depuis inscrite à l'annexe IV de la Directive Européenne Habitats – Faune – Flore et bénéficie d'un Plan d'Action Européen (Araujo & Ramos 2001).

Depuis 2007, Biotope a initié plusieurs programmes de sauvegarde de la Grande Mulette en France. Le Plan National d'Actions pour la Grande Mulette (Prié et al. 2011) a permis de réaliser une première synthèse des connaissances et de proposer, de manière concertée avec les différents acteurs qui composaient le Comité de Pilotage du Plan, les grandes orientations et les perspectives futures en vue de la conservation de l'espèce. Y figuraient notamment l'amélioration des connaissances et la sauvegarde des populations françaises par le biais de l'établissement d'une ferme d'élevage, dans la lignée des fermes développées pour d'autres espèces menacées ailleurs en Europe (la Mulette perlière *Margaritifera margaritifera* en particulier, mais également la Mulette épaisse *Unio crassus* ou les Mulettes espagnoles *Unio* spp.).

Le but de l'étude biogéographique commandée par l'Université de Tours était d'améliorer les connaissances sur la répartition historique et actuelle de la Grande Mulette en France, dans le but (i) de s'assurer que toutes les populations survivantes sont connues et que des mesures de protection peuvent leur être appliquées efficacement et (ii) de pouvoir caractériser l'habitat de l'espèce à partir des paramètres physico-chimiques des stations actuelles et historiques.

Le présent rapport synthétise les travaux menés par Biotope dans le cadre de ce contrat, soit sur les années 2015, 2016 et 2017 ; ainsi que les connaissances acquises depuis 2000, date de la redécouverte de l'espèce en France. La publication scientifique de ces résultats est fournie en **Annexe I**.

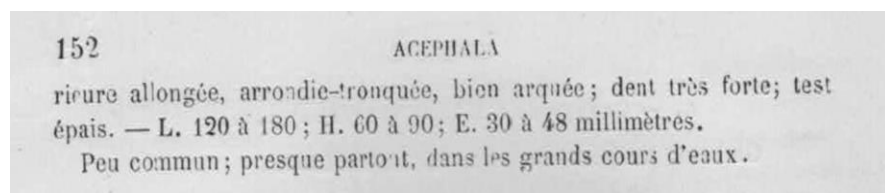
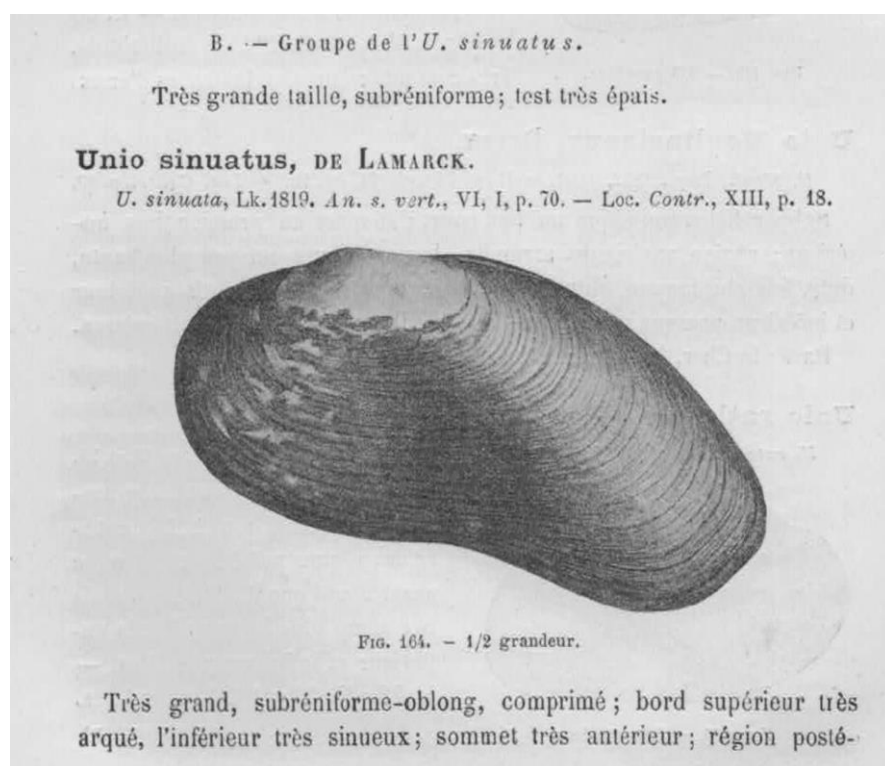
Etude historique : bibliographie et muséologique

2 Etude historique : bibliographie et muséologique

1 Synthèse bibliographique

Une synthèse bibliographique a été produite en 2016 et regroupe 72 références, organisées selon 5 thématiques : Taxonomie & systématique ; Histoire naturelle ; Biogéographie ; Conservation ; Généralités. La synthèse bibliographique est présentée en **Annexe 2**.

Concernant la biogéographie, cette synthèse a permis de mettre en évidence des secteurs connus historiquement pour héberger des populations de Grande Mulette, en particulier la Seine, la Saône et plusieurs rivières d'outre-Rhin. Certains secteurs ont pu être confirmés par la présence de spécimens de musées (ex. Seine, Saône) ; d'autres non (ex. amont du Cher, Auclair 1889 ; Somme, Bizet 1889).



Extrait de Locard, 1893. Les données bibliographiques sont souvent imprécises...

2 Etude historique : bibliographie et muséologique

2 Recherches muséographiques



Un spécimen de Grande mulette de la collection du Muséum de Bordeaux.

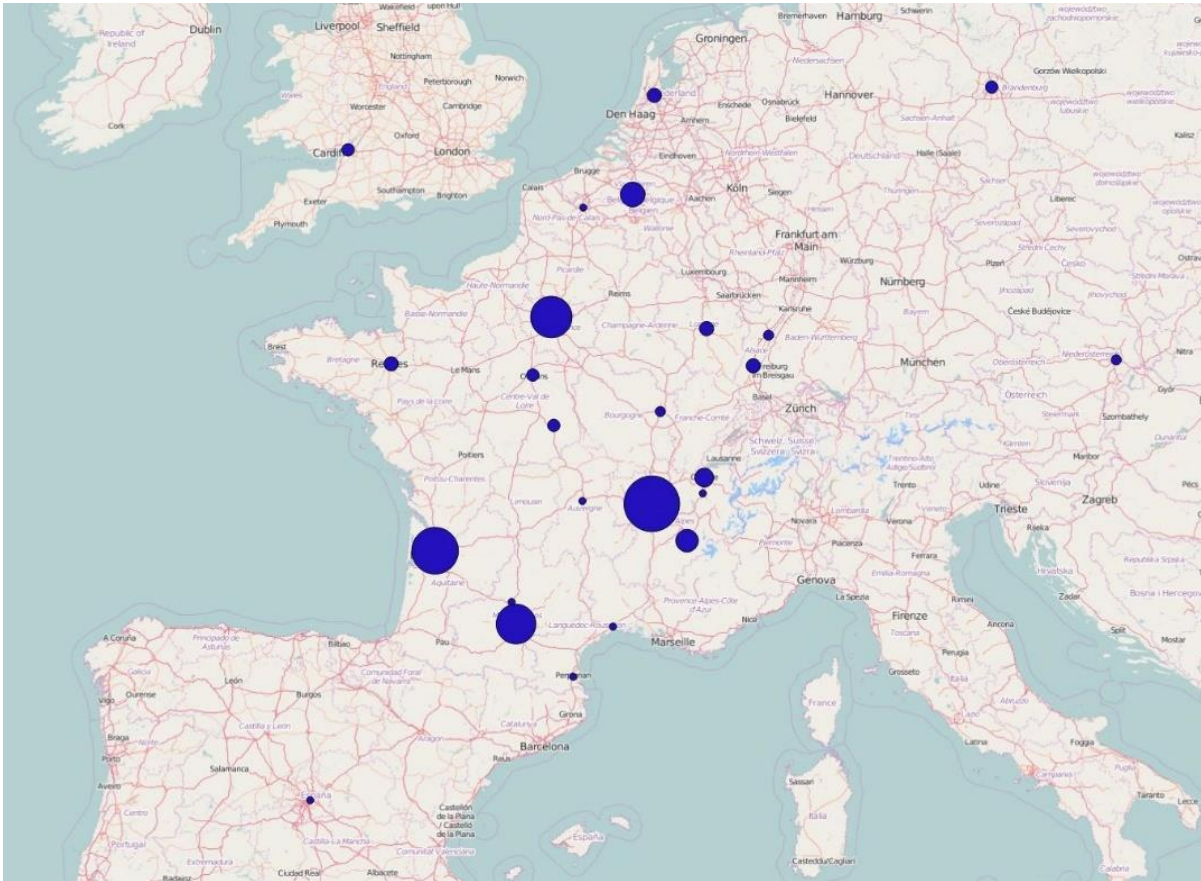
Les mollusques ont intéressé les hommes depuis des temps très anciens. En effet, leurs coquilles se conservent après leur mort et ont pu être utilisées comme outil, objet de parure et même monnaie. Plus récemment, des malacologues passionnés ont établi des collections personnelles, plus ou moins bien référencées, dont certaines sont parvenues jusqu'à nos jours et sont aujourd'hui conservées dans des musées.

La visite des collections anciennes détenues par les muséums nationaux ou régionaux a permis d'apporter des données inédites sur la répartition passée de la Grande Mulette. Si ces données sont rarement précises, certaines indications permettent, en connaissance de l'écologie de l'espèce, de retrouver des fourchettes de dates et des secteurs probables de collecte des échantillons.

Une liste de 58 muséums régionaux et universités a pu être établie. Parmi ceux-ci, 25 avaient au moins un spécimen de Grande Mulette.

Les résultats détaillés de cet inventaire sont présentés en **Annexe 3**. Les coquilles observées ont toutes été photographiées avec une échelle. Les photographies sont fournies sous la forme d'une annexe numérique (**Annexe 6**).

2 Etude historique : bibliographie et muséologique

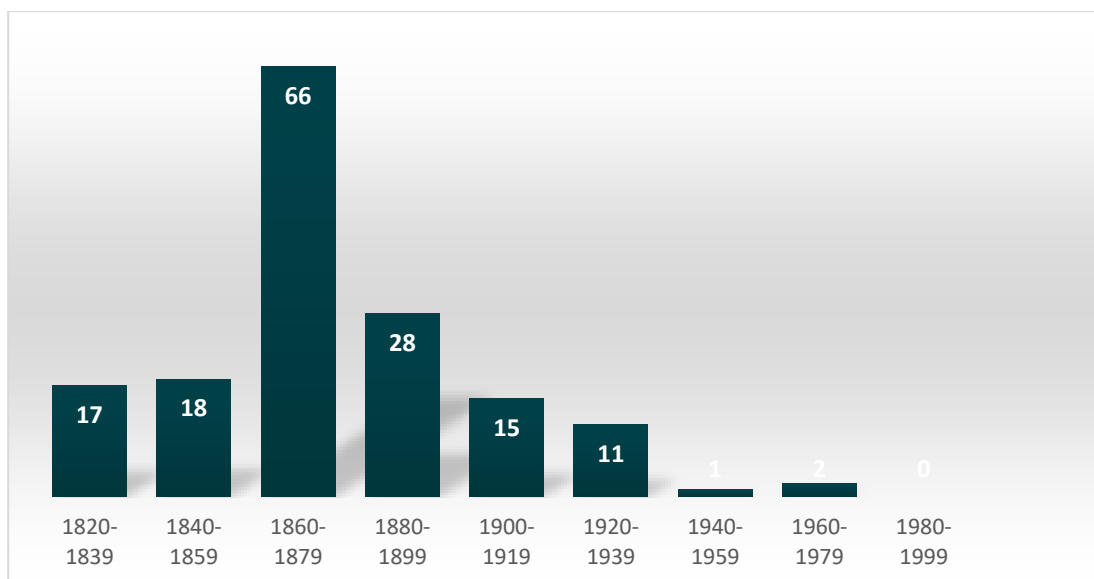


Localisation des muséums ayant au moins un spécimen originaire de France en collection (taille des ronds en fonction du nb de spécimens). Les plus belles collections se trouvent à Toulouse, Paris, Lyon et Bordeaux.

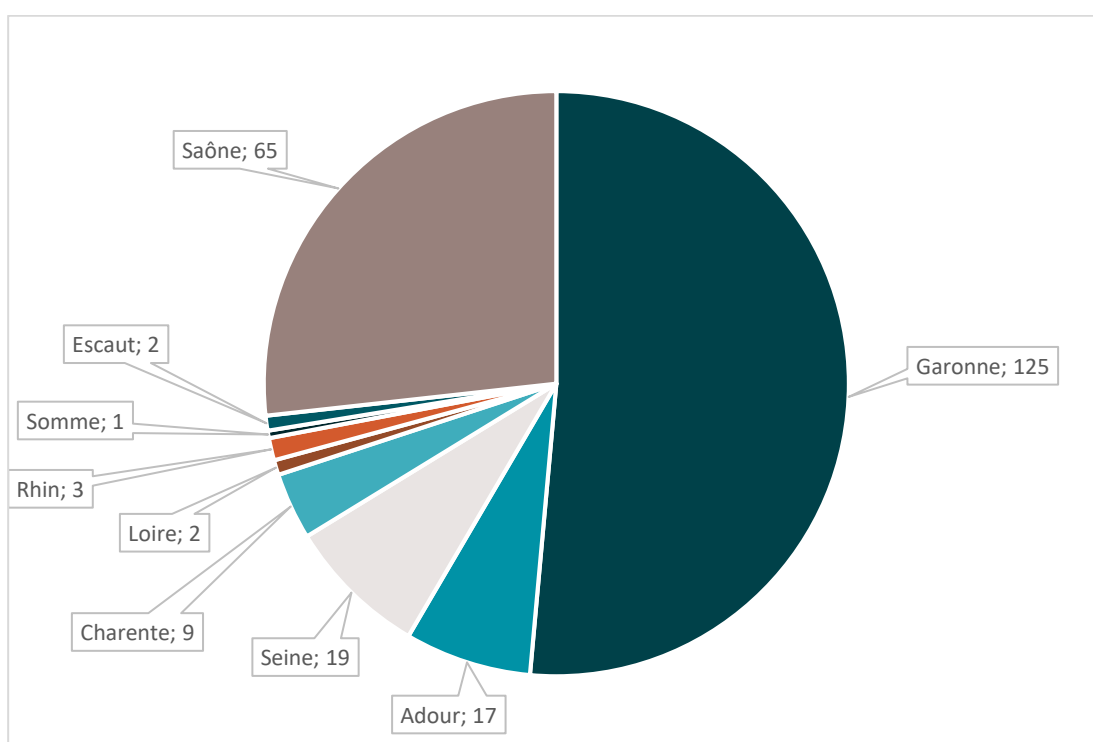
Au total, **394 spécimens** ont pu être identifiés dans les collections des muséums régionaux et nationaux, en incluant les données collectées précédemment par Araujo & Ramos (2001) ; dont **244 localisés** au moins à l'échelle du bassin-versant côtier (généralement un nom de rivière).

Pour les 158 spécimens auxquels nous avons pu attribuer une date de collecte, on constate que pour l'essentiel les coquilles ont été collectées avant 1940 (Fig. 6, Les collections récentes du Muséum de Toulouse [21 coquille de la Save, leg. ONEMA] et du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris [68 coquilles de Charente, leg. V. Prié] ne sont pas figurées).

2 Etude historique : bibliographie et muséologique

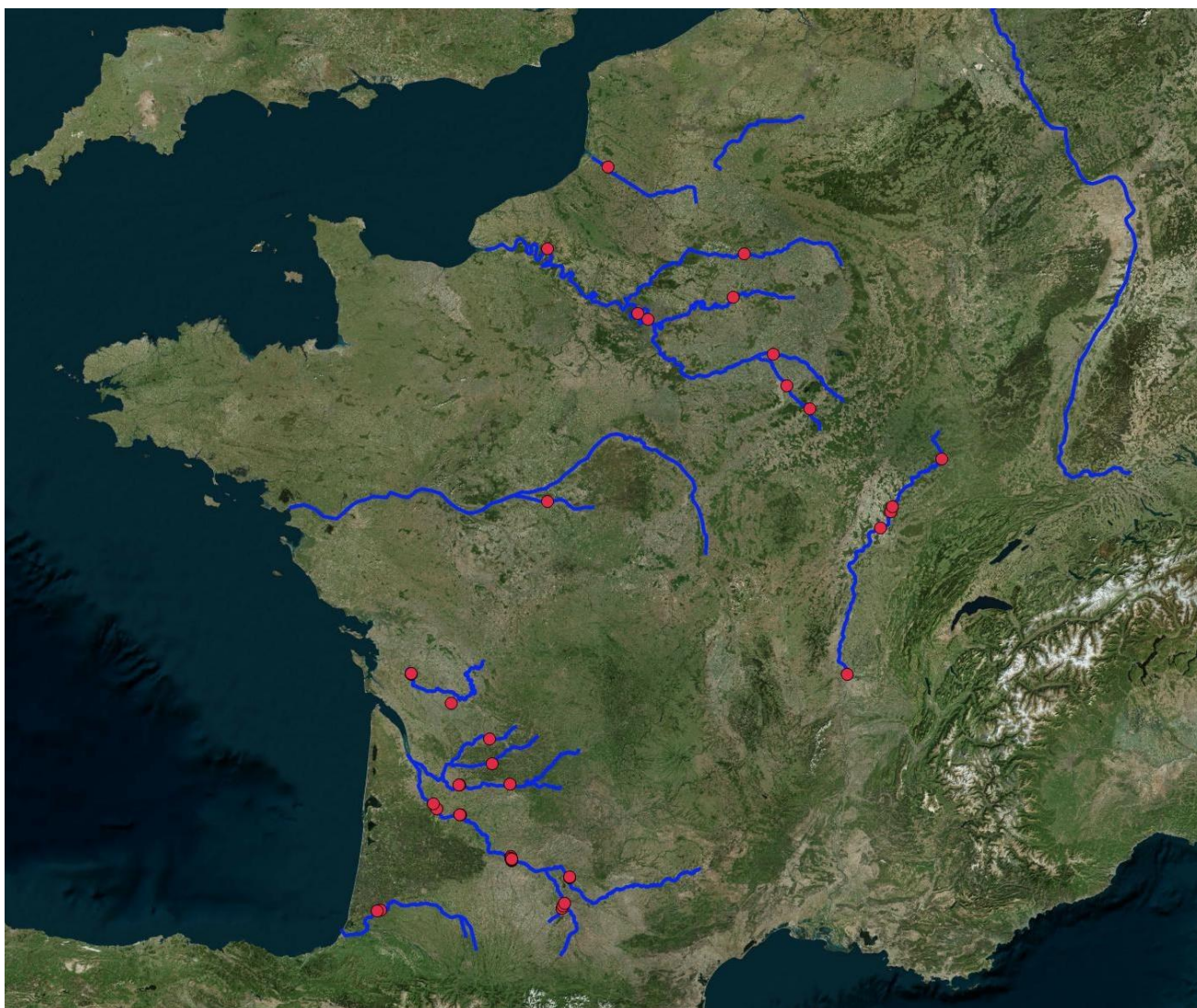


Distribution des effectifs en collection par intervalle de date. La différence entre le 19^e siècle, âge d'or de la malacologie, et le 20^e siècle pourrait s'expliquer par un moindre intérêt pour les coquilles et/ou par la raréfaction de la Grande Mulette.



Distribution des spécimens en collection en fonction des grands bassins-versants. Garonne, Saône et Seine sont majoritaires, alors qu'aujourd'hui les plus grosses populations sont connues dans la Charente, la Loire (Vienne-creuse) et l'Adour.

2 Etude historique : bibliographie et muséologique



Projection des données collectées pour la France à partir des collections muséologiques. En bleu les rivières uniquement (pas de données précises) ; en rouge les données communales.

Etude de terrain

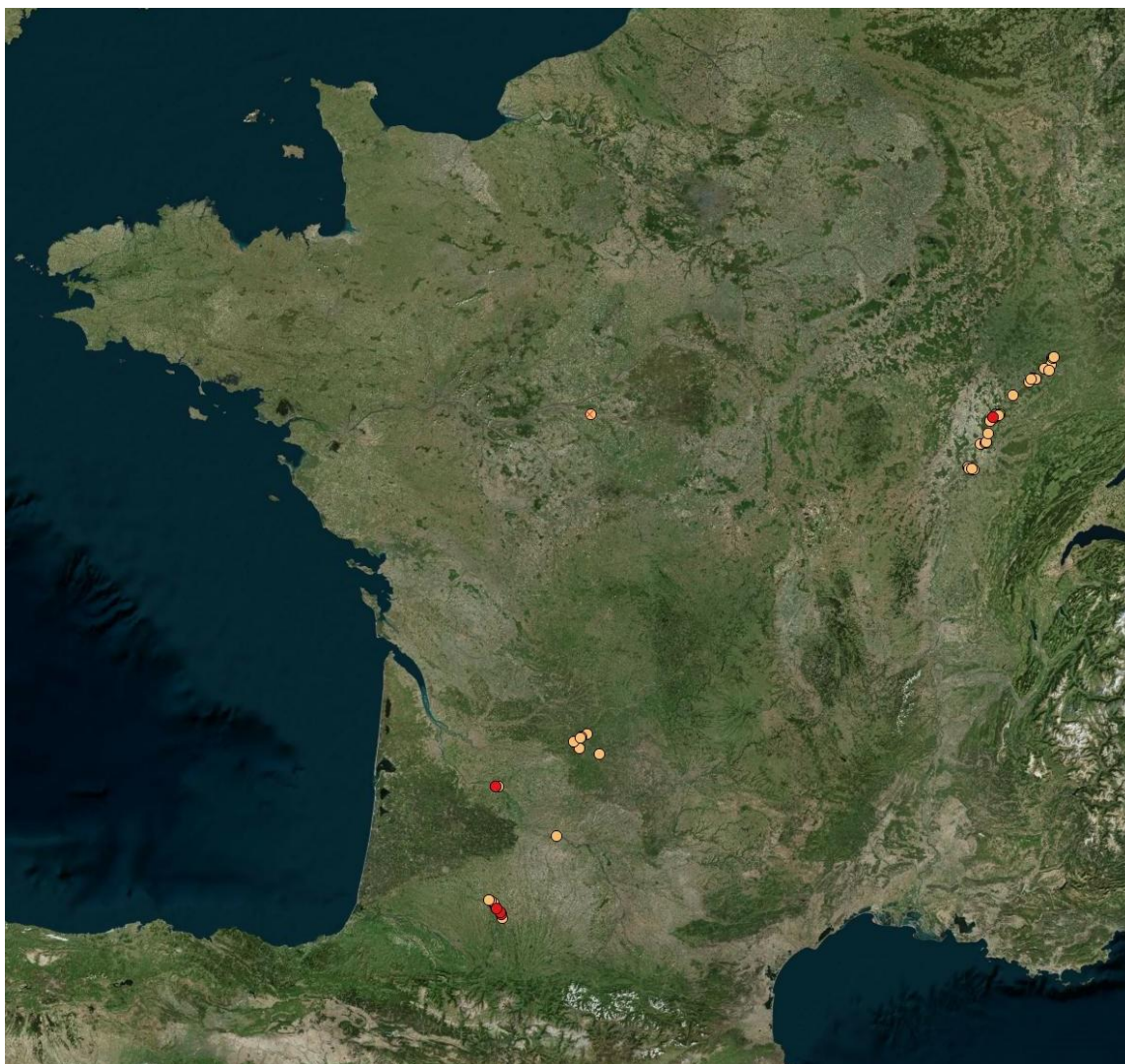
3 Etude de terrain

1 Prospections de 2016

Une première étude réalisée en 2009-2012 et financée par l'agence de l'eau Adour-Garonne avait permis de couvrir la plupart des secteurs présumés favorables dans le sud-ouest de la France (Prié et al. 2010).

Suivant les résultats obtenus en 2015 concernant les données bibliographiques et muséologiques, nous avons centré nos prospections sur des secteurs orphelins pour lesquels il existait des données historiques.

Cinq secteurs ont été ciblés en 2016 : la Saône, l'Arros, la Garonne, la Vézère et la Dordogne et le Cher au niveau de Chenonceau. Une équipe de 6 malacologues a été mobilisée, les prospections ont eu lieu à pied et en apnée dans les secteurs peu profonds, en plongée bouteille pour les secteurs plus profonds, et des prélèvements d'ADN environnemental (ADNe) ont été réalisés dans la Saône, la Garonne et l'Arros.



Résultats des prospections ciblées réalisées en 2016. Points beiges : portions de rivière prospectées sans succès ; points rouges données collectées (coquilles et/ou individus vivants).

3 Etude de terrain

Nous n'avons trouvé aucun indice de présence dans la Vézère, la Dordogne et le Cher.

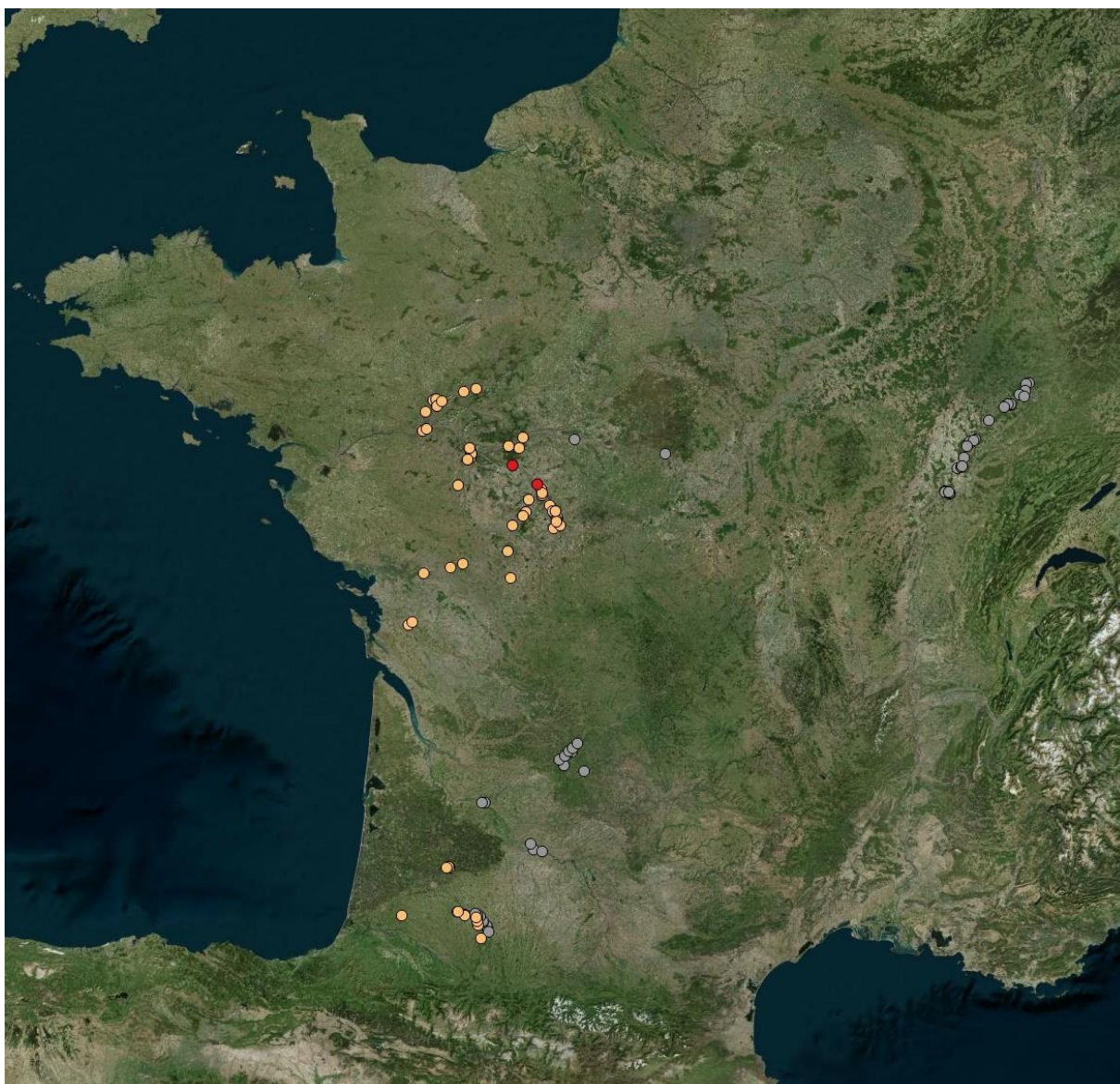
Nous avons pu confirmer la présence historique de l'espèce dans la Saône et la Garonne, où des fragments de coquilles ont été collectés. Les observations et les prélèvements d'ADNe réalisés n'ont en revanche pas permis de mettre en évidence d'individus vivants.

Une population importante a en revanche été découverte dans l'Arros. Les prospections, réalisées en deux temps, ont permis une première analyse quantitative et nous estimons que cette population pourrait comporter autour de 200 individus vivants.

Le détail de la phase de prospection de 2016 est donné en **Annexe 4**.

2 Prospections de 2017

Les prospections réalisées en 2017 visaient à compléter les prospections de 2016. Nous avons ciblé l'amont de l'Adour, dont le cours est proche de quelques kilomètres de celui de l'Arros ; l'amont du Luy, la Douze et la Midouze, pour lesquelles il existait des données d'individus vivants ; le secteur du Moulin de Bernède où une population est présumée éteinte récemment ; l'amont de la Creuse, le Loir, le Clain, la Clouère, l'Indre, La Sèvre Niortaise, la Boutonne. Par ailleurs, des prélèvements d'ADNe ont été réalisés sur l'Oise, l'amont de la Seine et l'Aisne.



Résultats des prospections ciblées réalisées en 2016. Points beige : portions de rivière prospectées sans succès ; points rouges données collectées (coquilles et/ou individus vivants) ; en gris les stations prospectées en 2016.

3 Etude de terrain

Pour la quasi-totalité des sites prospectés en 2017, nous n'avons pas pu mettre en évidence de populations de Grandes Mulettes supplémentaires ; à l'exception toutefois de l'amont de la Vienne où quelques individus vivants ont été observés au niveau de l'Île Bouchard et de Descartes. Les conditions de turbidité n'ont pas permis de prospecter efficacement la Boutonne et la Sèvre Niortaise pour lesquelles des prélèvements d'ADNe sont prévus. Cette quasi-absence de données nouvelles suggèrent qu'il ne reste probablement plus de populations vivantes à découvrir.

Le détail de la phase de prospection de 2017 est donné en **Annexe 5**.

Eléments physico- chimiques des stations identifiées

4 Éléments physico-chimiques des stations identifiées

Lors d'un premier travail de modélisation de l'habitat de la Grande Mulette (Prié et al. 2014), nous nous étions basés sur les données physiques disponibles à l'échelle nationale à savoir la géologie, la physique (la pente, l'altitude, le linéaire amont cumulé, la distance à la mer) et des données climatiques (la température, inférée à partir de la température de l'air, moyenne et maximale, la pluviométrie moyenne et maximale). Nous proposons aujourd'hui une approche basée sur les conditions physico-chimiques de l'eau et l'hydromorphologie, en intégrant les stations découvertes depuis 2012, date à laquelle nous avons initié le travail de modélisation.

Les prospections de terrain réalisées en 2016 et en 2018 ont permis une première approche des conditions physico-chimiques et hydromorphologiques (voir les fiches de terrain).

1 Données physico-chimiques et qualité de l'eau

Nous avons utilisé une sonde multi paramètres pour les conditions physico-chimiques et caractérisé la portion de cours d'eau de manière standardisée pour l'approche hydromorphologique.

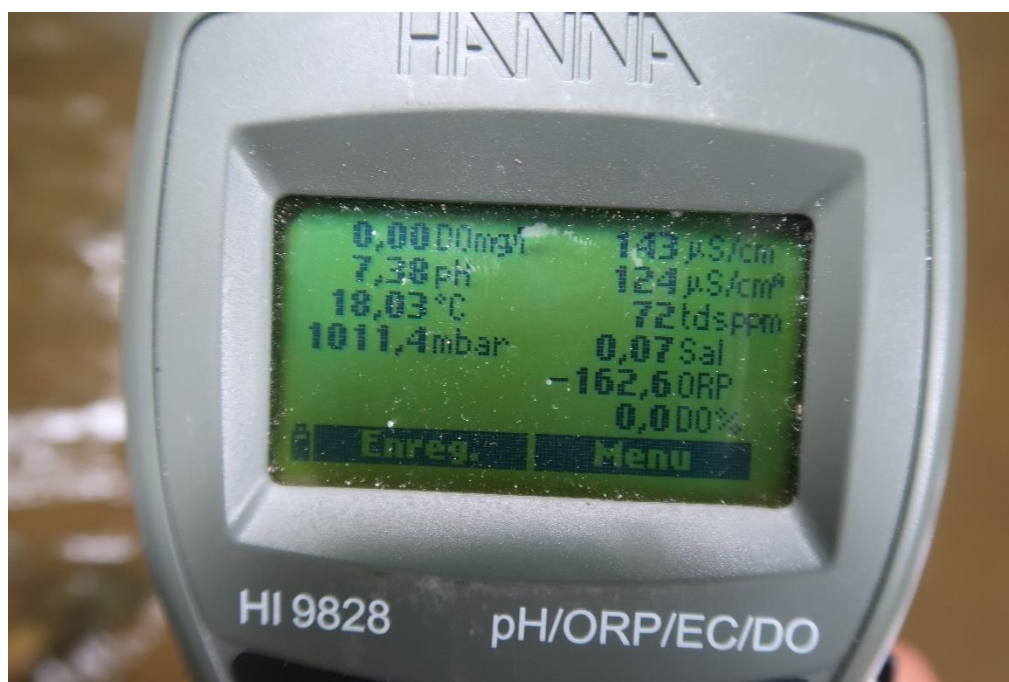


Illustration d'une mesure de qualité de l'eau, ici dans la Douze.

Toutefois, il nous a paru pertinent de compléter cette approche par l'utilisation des bases de données nationales qui complètent les valeurs de qualité de l'eau sur un laps de données plus important.

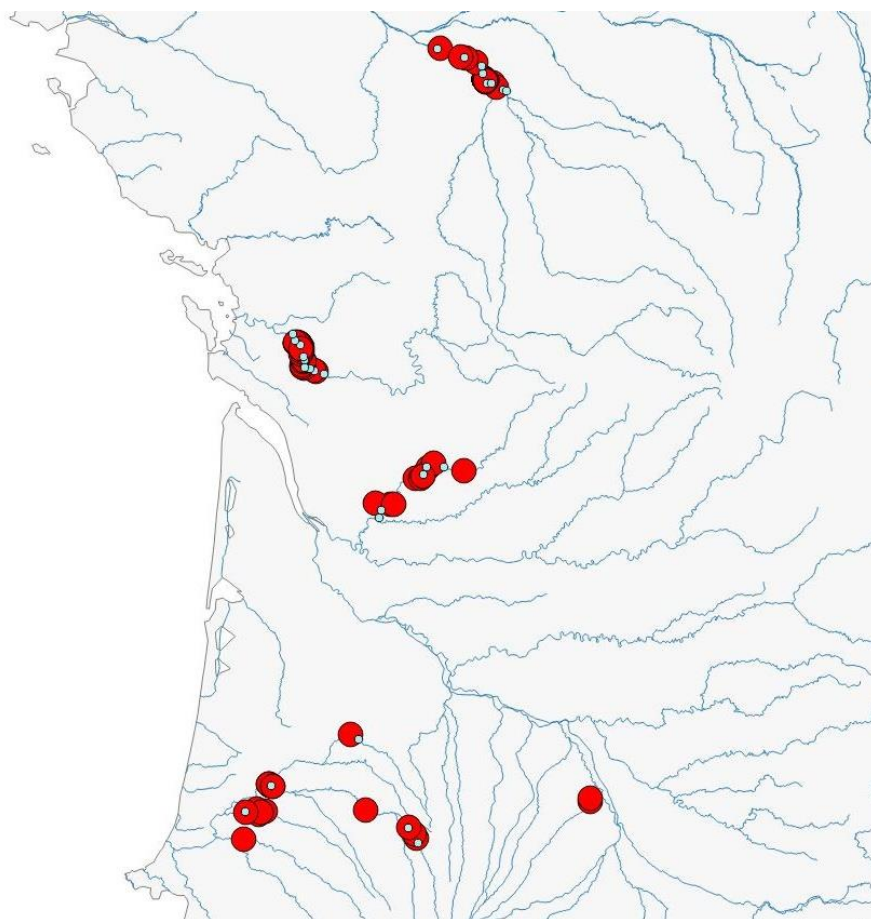
4 Éléments physico-chimiques des stations identifiées

1.1 Méthodes

Les bases de données de bassin ont été interrogées pour extraire les données relatives aux tronçons connus pour héberger des populations de Grande Mulette. L'intégralité des données disponibles pour la période allant de 1979 à 2017 a été téléchargée. Les données ont été mises en forme en utilisant le système AquaTIC (Aquascope ©).

Nous avons regroupé les stations disponibles en six catégories correspondant aux six populations connues : Adour, Arros, Charente, Creuse, Dronne et Vienne. Pour la Dronne, les stations de mesures à l'aval sont nettement à l'aval des populations vivantes. La dégradation de la qualité de l'eau à l'aval pourrait être à l'origine de la limite aval des populations vivantes. Nous avons donc distingué Dronne (ave des populations de Grandes Mulettes

Des statistiques descriptives exploratoires ont été réalisées sous R.



Superposition des données de Grande mulettes vivantes (points rouges) et de la localisation des stations de mesure de la qualité de l'eau prises en compte dans cette étude (points bleus).

4 Eléments physico-chimiques des stations identifiées

1.2 Résultats

Cette première étude exploratoire compile les données disponibles sur un laps de temps compatible avec la longévité de la Grande Mulette et sur l'ensemble de son aire de répartition en France (excepté la population de la Save pour laquelle il n'existe pas de station de mesure à proximité des individus vivants connus). Elle permet donc de délimiter les valeurs de qualité d'eau dans lesquelles vivent les Grandes Mulettes de France pour les variables choisies. Nous reprenons dans le tableau 1 ces valeurs. Les valeurs extrêmes ont été volontairement exclues : dans le cas d'évènement extrême (ex. pollution ponctuelle), nous supposons que les Grandes Mulettes sont capables de se protéger en refermant leurs valves dans l'attente de conditions meilleures. Le tableau reprend donc seulement les quantiles à 25% (Q1) et 75 % (Q3), ainsi que la médiane.

Tableau 1

| | Température | | | pH | | | Oxygène dissous | | | Conductivité 25° (*20°C) | | | MES | | | Phosphore total | | |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-----------------|------------|-------------|-----------------------------|------------|------------|----------|----------|-----------|-----------------|-------------|-------------|
| | Q1 | Mediane | Q3 | Q1 | Mediane | Q3 | Q1 | Mediane | Q3 | Q1 | Mediane | Q3 | Q1 | Mediane | Q3 | Q1 | Mediane | Q3 |
| Adour | 10,2 | 15,5 | 20,3 | 7,8 | 7,9 | 8,0 | 8,4 | 9,4 | 10,6 | 281 | 299 | 320 | 8 | 12 | 23 | 0,04 | 0,06 | 0,09 |
| Arros | 10,4 | 15,5 | 19,5 | 7,9 | 8,0 | 8,2 | 8,3 | 9,4 | 10,6 | 341 | 375 | 394 | 7 | 10 | 14 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |
| Charente | 11,8 | 15,0 | 20,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 9,3 | 10,1 | 553 | 578 | 605 | 5 | 7,3 | 14 | 0,05 | 0,06 | 0,07 |
| Creuse | 9,0 | 14,9 | 19,6 | 7,6 | 7,9 | 8,1 | 8,9 | 10,0 | 11,3 | 220* | 258* | 295* | 5 | 9 | 16 | 0,06 | 0,09 | 0,15 |
| Dronne | 10,6 | 14,9 | 18,5 | 8,1 | 8,1 | 8,2 | 8,9 | 9,8 | 10,9 | 425 | 460 | 486 | 3 | 5 | 9 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| Dronne aval | 10,4 | 15,1 | 19,9 | 8,0 | 8,2 | 8,3 | 8,4 | 9,6 | 11,0 | 444 | 480 | 500 | 3 | 6 | 10 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| Vienne | 9,2 | 15,9 | 20,6 | 7,6 | 7,8 | 8,1 | 8,7 | 9,9 | 11,3 | 222* | 255* | 282* | 6 | 11 | 17 | 0,07 | 0,15 | 0,17 |
| SYNTHESE | 9,0 | 15,2 | 20,6 | 7,6 | 8,0 | 8,3 | 8,0 | 9,6 | 11,3 | 281 | 438 | 605 | 3 | 9 | 23 | 0,02 | 0,07 | 0,17 |

Tableau 1 (suite)

| | Nitrates | | | Nitrites | | | Orthophosphate | | | Calcium | | | Carbone organique | | |
|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|
| | Q1 | Mediane | Q3 | Q1 | Mediane | Q3 | Q1 | Mediane | Q3 | Q1 | Mediane | Q3 | Q1 | Mediane | Q3 |
| Adour | 10,0 | 13,1 | 18,0 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,10 | 0,17 | 40,6 | 43,6 | 44,7 | 1,91 | 2,50 | 3,53 |
| Arros | 5,0 | 6,8 | 9,7 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,06 | 0,10 | | | | 1,60 | 2,10 | 2,70 |
| Charente | 18,0 | 24,0 | 28,8 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,10 | 0,13 | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 2,25 | 2,50 | 3,00 |
| Creuse | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,08 | 0,13 | 0,20 | 33,7 | 42,0 | 53,7 | 4,40 | 5,20 | 6,20 |
| Dronne | 7,0 | 10,0 | 13,7 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,07 | 78,1 | 83,0 | 92,0 | 2,50 | 3,00 | 3,83 |
| Dronne (aval) | 7,9 | 13,0 | 17,0 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 74,0 | 81,0 | 87,9 | 3,20 | 3,75 | 4,80 |
| Vienne | 9,0 | 11,7 | 14,0 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,13 | 0,19 | 0,28 | 35,7 | 41,7 | 49,7 | 4,30 | 4,99 | 5,84 |
| SYNTHESE | 5,0 | 12,5 | 28,8 | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 0,04 | 0,10 | 0,28 | 33,7 | 64,4 | 95,0 | 1,60 | 3,43 | 6,20 |

1.3 Résultats commentés

La Directive Cadre sur l'Eau (Directive 2000/60/CE du 23 octobre 2000 du Parlement européen et du Conseil établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, dite DCE) a établi un faisceau de critères permettant de qualifier l'état écologique des cours d'eau européen. Parmi ceux-ci, certains critères physico-chimiques sont proposés dans le *Guide technique Relatif à l'évaluation de l'état des eaux de surface continentales cours d'eau, canaux, plans d'eau*, version de 2016. Ce sont ces critères que nous suivons ici.

1.3.1 Bilan de l'oxygène

Concernant le **bilan de l'oxygène**, les valeurs d'oxygène dissous et le taux de saturation en O₂ sont élevés ; la DBO₅ et les valeurs de carbone organique dissous sont faible. Ces valeurs correspondent à des cours d'eau en très bon état selon les grilles de la DCE.

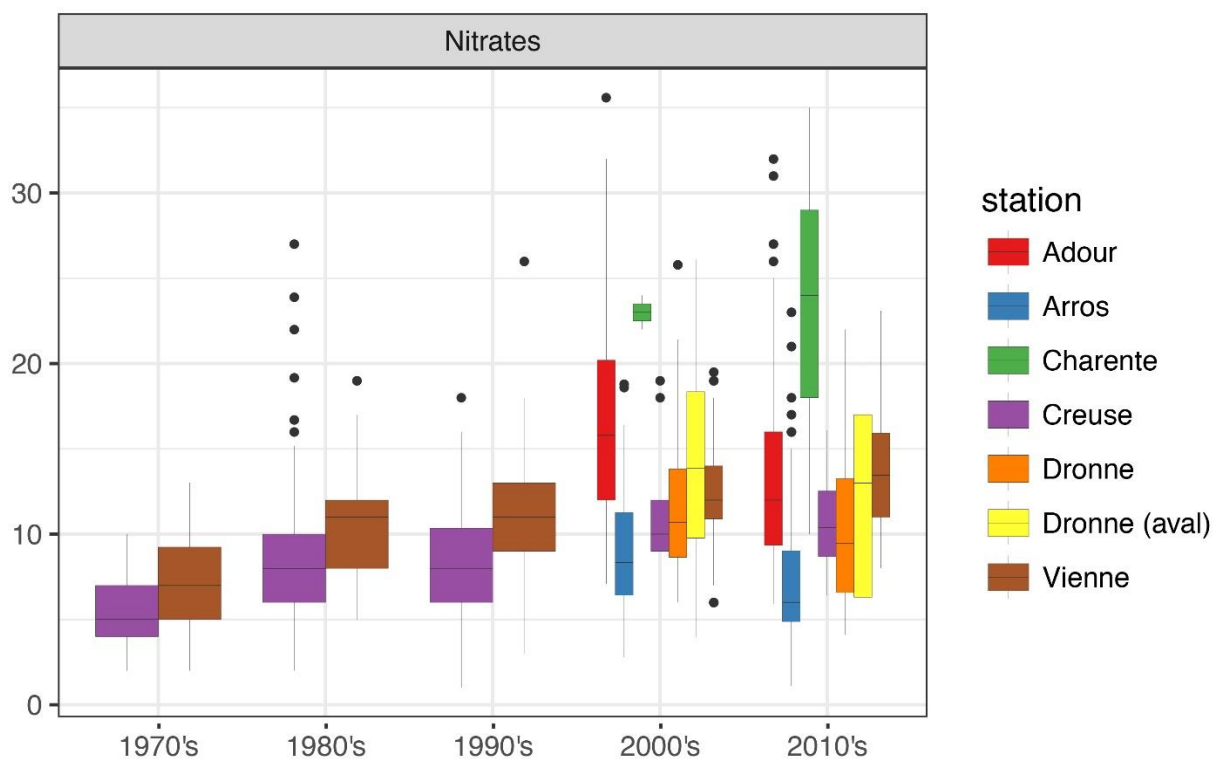
| Tableau 2 Bilan oxygène | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|------------|-------------|--------------------------------|-----------|------------|------------------|------------|------------|-------------------|-------------|-------------|
| | Oxygène dissous | | | Taux saturation O ₂ | | | DBO ₅ | | | Carbone organique | | |
| | Q1 | Médiane | Q3 | Q1 | Médiane | Q3 | Q1 | Médiane | Q3 | Q1 | Médiane | Q3 |
| Adour | 8,4 | 9,4 | 10,6 | 92 | 96 | 99 | 1,2 | 1,8 | 2,4 | 1,91 | 2,50 | 3,53 |
| Arros | 8,3 | 9,4 | 10,6 | 88 | 94 | 98 | 1,1 | 1,7 | 3,0 | 1,60 | 2,10 | 2,70 |
| Charente | 8,0 | 9,3 | 10,1 | 85 | 90 | 96 | 0,6 | 1,0 | 1,3 | 2,25 | 2,50 | 3,00 |
| Creuse | 8,9 | 10,0 | 11,3 | 92 | 97 | 102 | 1,8 | 2,1 | 3,2 | 4,40 | 5,20 | 6,20 |
| Dronne | 8,9 | 9,8 | 10,9 | 93 | 97 | 100 | 1,0 | 1,3 | 3,0 | 2,50 | 3,00 | 3,83 |
| Dronne (aval) | 8,4 | 9,6 | 11,0 | 92 | 96 | 100 | 1,0 | 1,7 | 3,0 | 3,20 | 3,75 | 4,80 |
| Vienne | 8,7 | 9,9 | 11,3 | 90 | 96 | 101 | 2,0 | 2,3 | 3,0 | 4,30 | 4,99 | 5,84 |
| SYNTHESE | 8,0 | 9,6 | 11,3 | 85 | 95 | 102 | 0,6 | 1,7 | 3,2 | 1,60 | 3,43 | 6,20 |

1.3.2 Nutriments

Pour ce qui concerne le bilan en nutriment, les valeurs de Phosphore total sont relativement basses et rentrent parfaitement dans le cadre des cours d'eau de bonne qualité écologique. Les concentrations en Nitrites NO₂ sont également très basses (<0.1) et constatées au cours de l'année (au contraire des valeurs de nitrates qui sont plus basses en été qu'en hiver). Les valeurs de concentration en Ammonium NH₄⁺ dans l'eau sont également très faibles et correspondent à des cours d'eau de très bonne qualité écologique.

Les valeurs en Nitrates NO₃⁻ en revanche sont souvent légèrement plus élevées que les valeurs seuil données par la DCE pour le très bon état écologique. Par ailleurs, on constate que ces valeurs de nitrates ont globalement augmenté au cours des 50 dernières années. Le cours d'eau présentant les plus forts taux de nitrates est la Charente, qui présente également la plus grosse population de Grandes Mulettes...

4 Éléments physico-chimiques des stations identifiées



Évolution des taux de nitrates au cours des 50 dernières années. On constate une augmentation significative, sauf pour l'Arros, l'Adour et la Dronne où elles ont diminué au cours des 20 dernières années.

Tableau 3 : Bilan nutriments

| | Nitrates NO ₃ - | | | Nitrites NO ₂ - | | | Ammonium | | | Phosphore total | | |
|---------------|----------------------------|---------|------|----------------------------|---------|------|----------|---------|------|-----------------|---------|------|
| | Q1 | Médiane | Q3 | Q1 | Médiane | Q3 | Q1 | Médiane | Q3 | Q1 | Médiane | Q3 |
| | Adour | 10,0 | 13,1 | 18,0 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 0,04 | 0,06 |
| Arros | 5,0 | 6,8 | 9,7 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |
| Charente | 18,0 | 24,0 | 28,8 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,07 |
| Creuse | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,10 | 0,06 | 0,09 | 0,15 |
| Dronne | 7,0 | 10,0 | 13,7 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| Dronne (aval) | 7,9 | 13,0 | 17,0 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,03 | 0,05 | 0,15 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| Vienne | 9,0 | 11,7 | 14,0 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,08 | 0,11 | 0,07 | 0,15 | 0,17 |
| SYNTHESE | 5,0 | 12,5 | 28,8 | 0,02 | 0,04 | 0,08 | 0,02 | 0,06 | 0,15 | 0,02 | 0,07 | 0,17 |

4 Éléments physico-chimiques des stations identifiées

1.3.1 Autres paramètres

Les eaux où vit la Grande Mulette sont relativement tempérées (température généralement inférieure à 20°C), même si l'espèce peut tolérer ponctuellement des températures approchant les 30°C (ex. dans la Vienne et la Creuse pendant la canicule de 2003). Elles sont calcaires, à pH élevé (autour de 8, quelques enregistrements très ponctuels en-dessous de 7,5 dans l'Adour et l'Arros).

Tableau 4 : autres paramètres

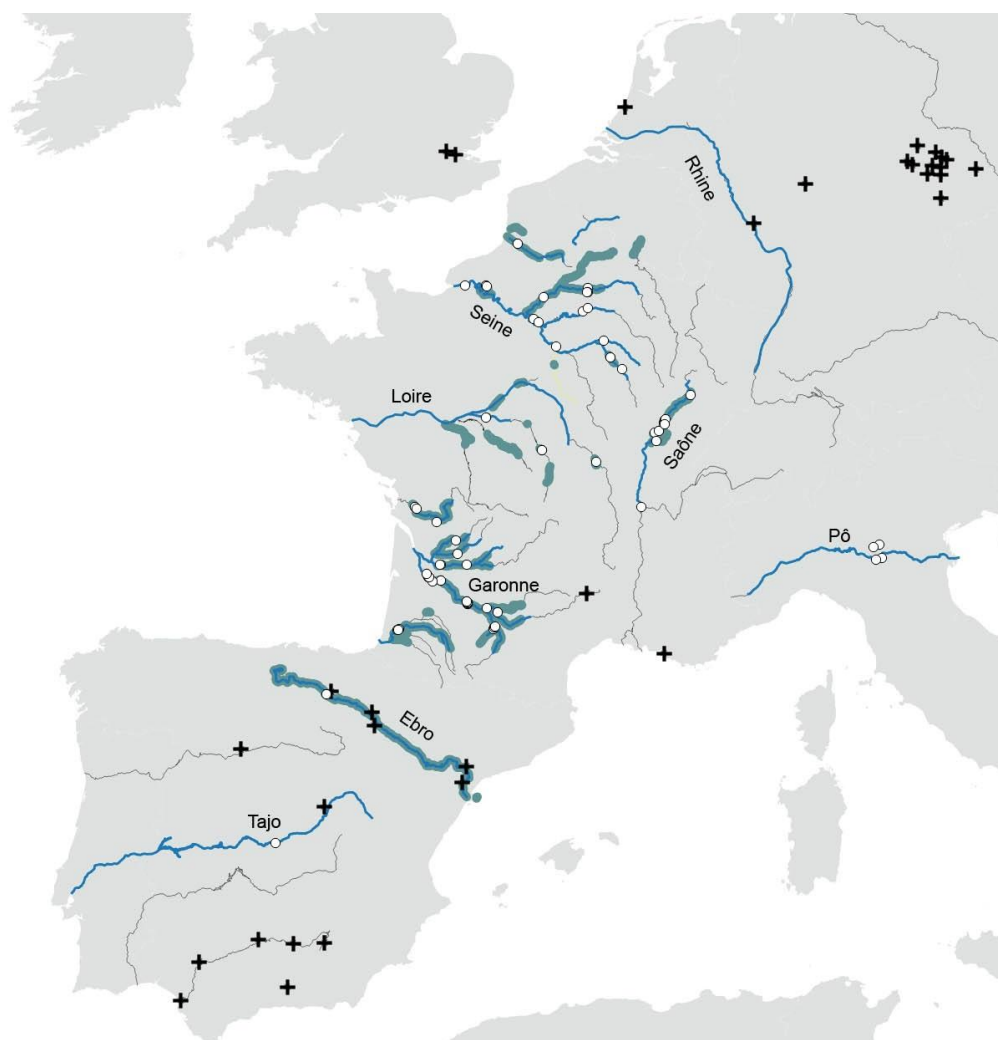
| | Température | | | pH | | | Conductivité 25° (*20°C) | | | MES | | |
|-------------|-------------|---------|------|-----|---------|-----|--------------------------|---------|------|-----|---------|----|
| | Q1 | Médiane | Q3 | Q1 | Médiane | Q3 | Q1 | Médiane | Q3 | Q1 | Médiane | Q3 |
| Adour | 10,2 | 15,5 | 20,3 | 7,8 | 7,9 | 8,0 | 281 | 299 | 320 | 8 | 12 | 23 |
| Arros | 10,4 | 15,5 | 19,5 | 7,9 | 8,0 | 8,2 | 341 | 375 | 394 | 7 | 10 | 14 |
| Charente | 11,8 | 15,0 | 20,0 | 8,0 | 8,0 | 8,0 | 553 | 578 | 605 | 5 | 7 | 14 |
| Creuse | 9,0 | 14,9 | 19,6 | 7,6 | 7,9 | 8,1 | 220* | 258* | 295* | 5 | 9 | 16 |
| Dronne | 10,6 | 14,9 | 18,5 | 8,1 | 8,1 | 8,2 | 425 | 460 | 486 | 3 | 5 | 9 |
| Dronne aval | 10,4 | 15,1 | 19,9 | 8,0 | 8,2 | 8,3 | 444 | 480 | 500 | 3 | 6 | 10 |
| Vienne | 9,2 | 15,9 | 20,6 | 7,6 | 7,8 | 8,1 | 222* | 255* | 282* | 6 | 11 | 17 |
| SYNTHESE | 9,0 | 15,2 | 20,6 | 7,6 | 8,0 | 8,3 | 281 | 438 | 605 | 3 | 9 | 23 |

Synthèse

1 Synthèse

1 Distribution historique

La compilation des données bibliographiques et muséologique nous a permis d'actualiser la carte de répartition historique de l'espèce. Aujourd'hui restreinte aux bassins atlantiques de la France au sud de la Loire (inclue) et à l'Ebre en Espagne, l'espèce était connue de manière historique du Rhin au nord-est Allemagne, Pays-bas, France) jusqu'au Pô au sud-est (Italie). Elle vivait dans les principaux grands cours d'eau de France et dans l'Ebre et le Tage en Espagne et au Portugal. Des fossiles attestent de sa présence passée dans le sud de la péninsule ibérique (limite sud-ouest de répartition), jusqu'au bassin-versant de l'Elbe en Allemagne (limite nord-est de répartition) et même dans la Tamise en Angleterre.



Aire de répartition fossile (croix) et historique (points blancs et lignes bleus) de la Grande Mulette déduite des données collectées dans la littérature et dans les musées. Le tampon vert autour de certaines sections de cours d'eau indique les linéaires prospectés en France et en Espagne au cours des 10 dernières années.


2 Effort de prospection et distribution actuelle

2.1 Connaissances préalables

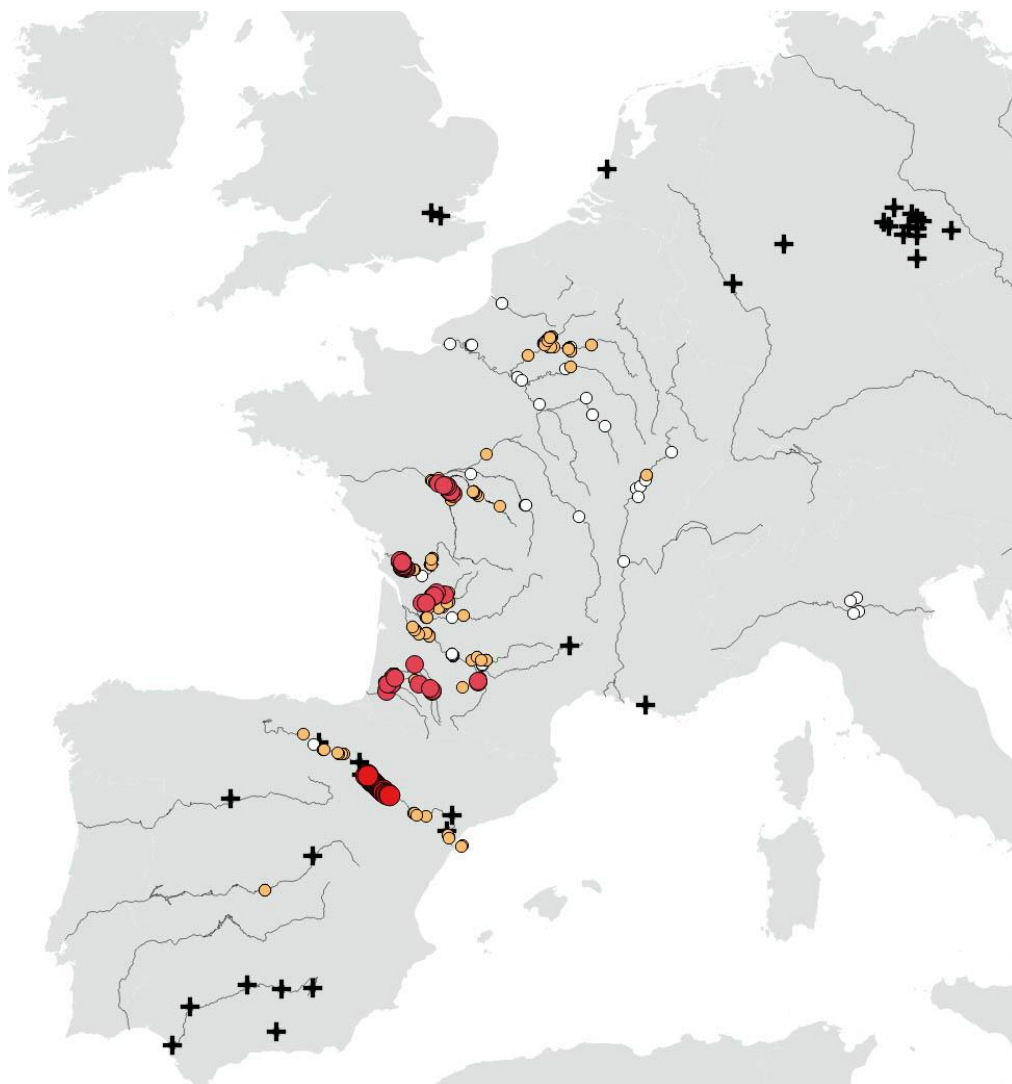
La présente étude compile les résultats acquis lors des trois années de prestation pour le programme LIFE + Grande Mulette ainsi que les données acquises au cours des 10 dernières années de recherche de l'espèce en France. Parmi les principaux travaux préalables à cette étude, citons le franchissement de la Vienne par la ligne LGV – SEA, la recherche des espèces de la Directive Habitats en Picardie, la recherche de l'espèce dans le bassin-versant Adour-Garonne et la délimitation de la population sur le site Natura 2000 de la Charente. Une liste des rapports disponibles (littérature grise) pour la France et l'Espagne est disponible en **Annexe 2**.

2.2 Apports de cette étude de terrain

Cette étude de terrain a permis de confirmer la présence passée de l'espèce dans la Garonne et dans la Saône. Les prospections de terrain et les analyses d'ADNe confirment sa disparition très probable sur des stations historiques. Elle n'a pas permis de trouver de nouveaux indices de présence dans les bassins de la Seine, de la Loire et de la Dordogne. En revanche, une nouvelle population a pu être mise en évidence dans le bassin de l'Adour (aval de l'Arros).

 **Des coquilles confirment la présence passée de l'espèce dans la Saône et la Garonne et une nouvelle population a été mise en évidence dans l'Arros.**


1 Synthèse



Distribution actuelle (points rouges pour les individus vivants), récente (points orange pour les coquilles) et passée (voir figure précédente) de la Grande Mulette en Europe.

3 Exigences écologiques

Les exigences écologiques de l'espèce ont pu être précisées grâce à l'étude de la qualité de l'eau sur les stations hébergeant encore des populations vivantes. Ces données viennent confirmer les exigences écologiques pressenties : la Grande Mulette subsiste uniquement dans des cours d'eau de l'aval, calcaire et de très bonne qualité écologique au sens de la DCE.

 **Les données de qualité de l'eau collectées montrent que la grande mulette ne subsiste que dans des cours d'eau de Très bonne qualité écologique au sens de la DCE.**

4 Perspectives

4.1 Étude de la diversité génétique

Les différents bassins-versants occupés par la grande Mulette (la Loire, la Charente, la Garonne, l'Adour et encore plus l'Ebre en Espagne) sont isolés les uns des autres et devraient fonctionner comme des îles. On devrait donc s'attendre à observer des divergences génétiques entre les différentes populations de grandes Mulettes. Ces divergences attendues n'ont pas encore été mises en évidence. D'un point de vue de la génétique de la conservation, une étude de génétique des populations est indispensable à mettre en œuvre de manière à mieux connaître les particularités de chacune.

4.2 Facteurs d'absence

Les facteurs pouvant expliquer l'absence de l'espèce peuvent être (i) l'absence de poissons-hôtes, (ii) un substrat défavorable ou (iii) une qualité d'eau défavorable.

(i) les poissons hôtes potentiels supposés de la Grande Mulette sont l'Esturgeon, la Blennie fluviatile, la Gambusie et comme montré récemment l'Épinoche. Alors qu'on a longtemps attribué la disparition de la Grande Mulette à celle de son poisson-hôte supposé, l'Esturgeon d'Europe, les données récentes (découvertes de juvéniles en milieu naturel, découverte de l'Épinoche comme poisson-hôte) nous amène à reconsidérer cette cause d'extinction.

(ii) La présence de la Grande Mulette est toujours liée à celle d'un substrat graveleux sur calcaire. Si ce type de substrat, qui doit être à la fois lotique et stable dans le temps, est rare et a beaucoup souffert des aménagements anthropiques (obstacles à l'écoulement, érosion et enfouissement du lit), on le retrouve néanmoins sur de grands linéaires de la plupart des grands cours d'eau. Par exemple, les substrats de la Garonne ou de la Vézère par exemple semblent tout à fait favorables à l'espèce. Reste donc le facteur « qualité de l'eau ».

(iii) La comparaison de l'enveloppe écologique en termes de qualité physico-chimique de l'eau, telle qu'elle est décrite ici, et des données de qualité d'eau dans des secteurs où l'espèce est absente alors que les conditions semblent favorables (présence des poissons-hôtes et substrat graveleux) devrait permettre de mieux comprendre la répartition actuelle de la Grande Mulette au regard des modélisations produites précédemment. Une telle étude devrait intégrer des données anciennes de manière à prendre en compte des valeurs extrêmes qui auraient pu, par le passé, faire disparaître des populations de Grande Mulette.

A

Annexes

A Annexe 1 : Publication scientifique des résultats

Étude historique et
biogéographique de la Grande
Mulette en France
Université François Rabelais de
Tours
31 octobre 2017

Annexe 1 : Publication scientifique des résultats

Article Hydrobiologia,

A Annexe 2 : Bibliographie thématique

Annexe 2 : Bibliographie thématique

1.1 Taxonomie - systématique

- Altaba, C. 2007. - A propos de quelques noms de naïades : Pourquoi faut-il oublier *Potomida* et *Pseudunio*? *MalaCo* 4: 148-149.
Justification de l'utilisation du nom de genre *Margaritifera* pour *M. auricularia*
- Araujo, R., C. Toledo, D. V. Damme, M. Ghamizi & A. Machordom 2009b. – *Margaritifera marocana* (Pallary 1918): a valid species inhabiting moroccan rivers. *Journal of Molluscan Studies* 75: 95-101.
Distinction de *M. auricularia* et *M. marocana* sur des bases moléculaires
- Huff, S. W., D. Campbell, D. L. Gustafson, C. Lydeard, C. R. Altaba & G. Giribet 2004. - Investigations into the phylogenetic relationships of freshwater pearl mussels (Bivalvia: Margaritiferidae) based on molecular data: implication for their taxonomy and biogeography. *Journal of Molluscan Studies* 70 (4): 379-388.
Phylogénie moléculaire des espèces du genre *Margaritifera* incluant deux spécimens de *M. auricularia*.
- Machordom, A., R. Araujo, D. Erpenbeck & M-A Ramos 2003. - Phylogeography and conservation genetics of endangered European Margaritiferidae (Bivalvia: Unionoidea) *Biological Journal of the Linnean Society* 78 (2): 235-252.
Premières publications de données moléculaires sur la Grande Mulette
- Smith, D. G. 2001. Systematics and distribution of the recent Margaritiferidae in G. Bauer & K. Wächtler. *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoidea*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag. 33-49.
Systématique des Margaritiferidae.
- Toledo, C., D. Van Damme, R. Araujo & A. Machordom 2007. - *Margaritifera marocana* Pallary, 1918, a distinct species of *Margaritifera* still survives in Morocco. (Poster 48). World Congress of Malacology, Antwerpen.
Distinction de *M. auricularia* et *M. marocana* sur des bases moléculaires
- Vikhrev, I. V., I. N. Bolotov, A. Altun, M. Y. Gofarov, G. A. Dvoryankin, A. V. Kondakov, T. Ozcan & G. Ozcan 2017.-The revenant: rediscovery of *Margaritifera homsensis* from Orontes drainage with remarks on its taxonomic status and conservation (Bivalvia: Margaritiferidae). *Systematics and Biodiversity*, <http://dx.doi.org/10.1080/14772000.2017.1343876>
Distinction de *M. auricularia*, *M. marocana* et *M. homsensis* sur des bases moléculaires (douteuses)

1.2 Histoire naturelle

2.1.1 Reproduction

- Araujo, R. & M. A. Ramos 1998a. - Description of the glochidium of *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) (Bivalvia, Unionoidea). *Royal Society Philosophical Transactions Biological Sciences* 353 (1375): 1553-1559.
Première description de la glochidie de la Grande Mulette

A Annexe 2 : Bibliographie thématique

Araujo, R., D. Bragado & M. A. Ramos 2000. - Occurrence of glochidia of the endangered *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) and other mussel species (Bivalvia: Unionoidea) in drift and on fishes in an ancient channel of the Ebro River, Spain. *Archiv für Hydrobiologie* 148 (1): 147-160.

Premier article sur le canal impérial de l'Ebre, découverte de glochidies à l'aide de filets et de captures de poissons

Araujo, R., D. Bragado & M. A. Ramos 2001. - Identification of the river blenny, *Salaria fluviatilis*, as a host to the glochidia of *Margaritifera auricularia*. *Journal of Molluscan Studies* 67: 128-129.

La Blennie fluviatile comme hôte intermédiaire de *M. auricularia*

Araujo, R., N. Camara & M. A. Ramos 2002. - Glochidium Metamorphosis in the Endangered Freshwater Mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793): A Histological and Scanning Electron Microscopy Study. *Journal of Morphology* 254: 259-265.

Images MEB infestations sur *A. baeri*.

Araujo, R., M. Quirós & M. A. Ramos 2003. - Laboratory propagation and culture of juveniles of the endangered freshwater mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793). *Journal of Conchology* 38 (1): 53-61.

Production de 2500 juvéniles à partir de Blennie fluviatile, Esturgeon et Gambusie. *Accipenser naccarii* est un hôte favorable pour la Grande Mulette.

Araujo, R. 2004. - Two overlooked host fish species of *Margaritifera auricularia* (Bivalvia, Unionoidea, Margaritiferidae). *Basteria* 67 (4-6): 113.

Paragraphe de réponse à Nienhuis 2003 sur *S. fluviatilis*, *A. baeri* et *A. naccarii* comme hôtes potentiels.

Grande, C., R. Araujo & M. A. Ramos 2001. - The gonads of *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) and *M. margaritifera* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Unionidae). *Journal of Molluscan Studies* 67: 27-35.

M. auricularia est hermaphrodite femelle et la gamétogénèse intervient entre Décembre et Mars.

López, M. A. & C. R. Altaba 2005.- Fish host determination for *Margaritifera auricularia* (Bivalvia: Unionoidea): results and implications. *Bolletino Malacologico*, 41(9-12): 89-98.

Essais d'infestation sur 16 espèces de poissons, succès sur *A. baeri*, *S. fluviatilis* et *G. holbrooki*. Recherche de glochidies sur les poissons de l'Ebre.

Lopez, M. A., C. R. Altaba, T. Rouault & E. Gisbert 2007. The European sturgeon *Acipenser sturio* is a suitable host for the glochidia of the freshwater pearl mussel *Margaritifera auricularia*. *Journal of Molluscan Studies*: 1-3.

Succès de l'infestation d'Esturgeons européens *A. sturio* du CEMAGREF (France).

2.1.2 Ecologie

Altaba, C. 2001. - Demografia, habitats y ciclo vital de *Margaritifera auricularia* (Mollusca: Unionidae) en el curso inferior del Ebro. p. e. m. d. M. A. IMEDEA, Ministro de Medio Ambiente: 151 pp.

Premier article sur le cours inférieur de l'Ebre

Altaba, C. R. & M. A. Lopez 2001. Experimental demonstration of viability for the endangered giant pearl mussel *Margaritifera auricularia*

A Annexe 2 : Bibliographie thématique

(Bivalvia: Unionoida) in its natural habitat. *Bolleti de la Societat d'Historia Natural de les Balears*, 44: 15-21.

Les individus de l'aval de l'Ebre sont fertiles et les tentatives d'infestation sur 16 espèces suggèrent que *Salaria fluviatilis* est l'unique l'hôte intermédiaire de cette population.

Araujo, R. & M. A. Ramos 2001. Life-history data on the virtually unknown *Margaritifera auricularia* in G. Bauer & K. Wächtler. *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag. 143-152.

Résumé des connaissances en 2001.

Araujo, R., J. Sánchez, S. Reig & M. Desco 2005. - Magnetic resonance imaging of the endangered freshwater mussel species *Margaritifera auricularia*. IV International Congress of the European Malacological Societies, Naples.

Présentation d'images IRM de *M. auricularia*.

Gómez, I. & R. Araujo 2008. - Channels and ditches as the last shelter for freshwater mussels: the case of *Margaritifera auricularia* and other naiads inhabiting the mid Ebro River Basin, Spain. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18: 658-670.

Montre que les canaux peuvent constituer des milieux plus favorables que la rivière pour les naïades, dont *M. auricularia*.

2.1.3 Esturgeon

Rosenthal, H. 2004. - Projet Sturio : vers un Plan d'Action Européen pour la conservation de l'Esturgeon. WWF. Neu Wulmstorf, WWF: 5 pp.

Prié V. & G. Cochet 2010. - Restaurer les fonctionnalités des écosystèmes : Proposition pour la réintroduction de l'esturgeon de l'Atlantique *Acipenser oxyrinchus* Mitchill, 1815 (Pisces, Acipenseridae) pour sauver la grande mullette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Mollusca, Bivalvia, Margaritiferidae) de l'extinction. *MalaCo*, 6 : 8 pp.

Brosse, L., N. Desse-Berset, P. Berrebi, M. Lepage & J.-Y. Menella 2005. - Étude de la faisabilité de la réintroduction de l'esturgeon dans le bassin du Rhône. Rapport d'étape Phase 1 Arles, Association Migrateurs-Rhône-Méditerranée : 46 pp.

1.3 Biogéographie

France

Auclair, A. 1889. - Coquilles terrestres et fluviatiles de l'Allier. *Revue scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France* 2: 48-59 ; 80-88 ; 178-194 ; 220-234.

Auclair, A. 1890a. - Coquilles terrestres et fluviatiles de l'Allier (suite). *Revue scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France* 3: 9-19 ; 157-164 ; 181-190 ; 232-243 ; 256-264, 1 pl.

A Annexe 2 : Bibliographie thématique

- Auclair, A. 1890b. - Coquilles terrestres et fluviatiles de l'Allier. Supplément. *Revue scientifique du Bourbonnais et du Centre de la France* 3: 277-279.
- Baudon, A. 1884. - Troisième catalogue des mollusques vivants du département de l'Oise. *Journal de Conchyliologie* 32 (3) : 193-325.
- Bichain, J.-M. 2005. - Découverte de valves de *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793) en Haute-Garonne. *MalaCo* 1 : 8.
- Bizet, E. 1889. Faune picarde, I. Les Malacozoaires terrestres, fluviatiles et marins de la Picardie. Catalogue des Mollusques observés à l'état vivant dans le département de la Somme. *Mémoire de la Société Linnéenne du Nord France*, 7 : 179-239.
- Bizet, E. 1892. Catalogue des Mollusques observés à l'état vivant dans le département de la Somme. 2e partie. *Mémoire de la Société Linnéenne du Nord France*, 8 : 262-405.
- Bonnemère, L. 1901.- *Les mollusques des eaux douces de France et leurs perles*. Publié par Institut international de bibliographie scientifique, 1901, Paris, 154 pp.
- Caziot, E. 1908. - Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles du département de l'Yonne, à l'état vivant. D'après une note particulière de G. Cotteau et les coquilles de la collection de M. Guyard. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelles de l'Yonne* 60 : 193-278.
- Cochet, G. 2001a. - *Margaritifera auricularia* sur le cours de la Vienne. Bilan des connaissances, impact des aménagements, gestion et protection. DIREN Centre : 24 pp.
- Cochet, G. 2001b. - Redécouverte d'une population vivante de la Grande Mulette, *Margaritifera auricularia*, sur la Vienne et la Creuse. *Recherches Naturalistes en Région Centre* 10 : 3-16.
- Cochet, G. 2002.- La Grande Mulette (*Margaritifera auricularia*) dans la Vienne et la Creuse, DIREN Centre & DIREN Poitou-Charente, rapport et atlas : 40+26 pp.
- Cochet, G. 2006.- La Grande Mulette (*Margaritifera auricularia*) dans la Vienne au niveau du tracé de la LGV SEA. Réseau Ferré de France, 35 pp.
- Cochet, G. 2006.- : L'effacement du barrage de Maisons Rouges et la faune aquatique. *Recherches Naturalistes en Région Centre* 15 : 3-10.
- Dohogne 2008.- Recherche de la Moule perlière (*Margaritifera margaritifera*) et de la Grande mullette (*Margaritifera auricularia*) dans le département de l'Indre. Rapport d'étude, Indre nature : 13 pp.
- Drouët, H. 1852.- Mollusque du canton des Riceys (Aube) in A. Guenin & A. Ray. *Statistiques du canton des Riceys*. Troyes. 568-571.
- Faudeau, F. 1938.- Les perles d'eau douce de Saintonge. *Annales de la Société des Sciences Naturelles de la Charente Inférieure* III (5) : 37-52.
- Lallemant, C. & G. Servain 1869.- *Catalogue des mollusques terrestres et fluviatiles observés aux environs de Jaulegonne (Aisne)*. Paris, 53 pp.

A Annexe 2 : Bibliographie thématique

- Nienhuis, J. A. J. H. 2003.- The rediscovery of Spengler's freshwater pearl mussel *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793) (Bivalvia, Unionoidea, Margaritiferidae) in two river systems in France, with an analysis of some factors causing its decline. *Basteria* 67: 67-86.
- Picard, C. 1840.- Histoire des mollusques terrestres et fluviatiles qui vivent dans le département de la Somme. *Bulletin de la Société Linnéenne du Nord de la France* 1 (3): 149-328.
- Prié, V., L. Philippe & G. Cochet 2007.- Evaluation de l'impact d'un projet de canal sur les naïades de l'Oise (France) et découverte de valves récentes de *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae). *MalaCo* 4: 178-182.
- Prié, V., G. Cochet, L. Philippe, H. Rethoret & R. Filali 2008.- Une population majeure de la très rare Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae) dans le fleuve Charente (France). *MalaCo* 5: 230-239.
- Prié, V. 2010.- La Grande Mulette *Margaritifera auricularia* sur la Charente, complément d'inventaire sur le site Natura 2000 5400-472. Rapport d'expertise, LPO Charente : 28 pp.
- Prié, V. & P. Bousquet 2010.- La Grande Mulette *Margaritifera auricularia* dans le Sud-Ouest de la France. Rapport d'expertise, Agence de l'eau Adour - Garonne : 234 pp.
- Prié, V., P. Bousquet, A. Serena, E. Tabacchi, P. Jourde, B. Adam, T. Deschamps, M. Charneau, T. Tico, M. Bramard, & G. Cochet 2010.- Nouvelles populations de Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia, Margaritiferidae) découvertes dans le Sud-ouest de la France. *MalaCo*, 6 : 294-297.
- Prié, V., J. Soler, R. Araujo, X. Cucherat, L. Philippe, N. Legrand, N. Patry, B. Adam, P. Jugé, N. Richard & K. M. Wantzen *in press*.- Challenging exploration of troubled waters: ten years' surveys of the giant freshwater pearl mussel *Margaritifera auricularia* in Europe. *Hydrobiologia*
- Thoinar, P.-P.-U. 1828.- *Mémoires pour servir à l'histoire de la ville et du port de Rochefort*. Rochefort 296 pp.

Hors France

- Altaba, C. R. 1990. - The Last Known Population of the Freshwater Mussel *Margaritifera auricularia* (Bivalvia, Unionoidea): A Conservation Priority. *Biological Conservation* 52: 271-286.
- Altaba, C. 1997. - Al limit de l'extinció : *Margaritifera auricularia* (Bivalvia: Unionoidea). *Bulleti de la Institucio Catalana d'Historia Natural* 65: 137-148.
- Araujo, R. & D. Moreno 1999. - Former Iberian distribution of *Margaritifera auricularia* (Spengler) (Bivalvia: Margaritiferidae). *Iberus* 17 (1): 127-136.

A Annexe 2 : Bibliographie thématique

- Araujo, R. & M. A. Ramos 1998. - *Margaritifera auricularia* (Unionoidea, Margaritiferidae), the giant freshwater pearl mussel rediscovered in Spain. *Graellsia* 54: 129-130.
Premières populations en Aragon et Catalogne (Altaba)
- Araujo, R. & M. A. Ramos 2000a. - A critical revision of the historical distribution of the endangered *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1782) (Mollusca: Margaritiferidae) based on Museum specimens. *Journal of Conchology* 37 (1): 49-59.
- Haas, F. 1917. - Estudios sobre las Náyades del Ebro. *Boletín de la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales* XVI: 71-82.
- Kuijper, W. J. 1988. - On the former occurrence of the river pearl mussel *Margaritifera auricularia* in the Netherlands. *Basteria* 52 (4-6): 133-137.
- Moolenbeek, R. G. 2000. - [The river pearl mussel *Margaritifera auricularia* Spengler, 1793 in the River Rhine.]. *Correspondentieblad Van De Nederlandse Malacologische Vereniging* 313: 31-32.
- Preece, R. C. 1988. - A second British interglacial record of *Margaritifera auricularia*. *Journal of Conchology* 33 (1): 50-51.
- Preece, R. C., R. Burleigh, M. P. Kerney & E. A. Jarzembowski 1983. - Radiocarbon age determinations of fossil *Margaritifera auricularia* (Spengler) from the River Thames in west London. *Journal of Archaeological Science* 10 (3): 249-257.
- Turner, H. 1987. - *Margaritifera auricularia* in der Schweiz - eine Fehlmeldung und ihre Aufklärung. *Mitteilungen der Deutschen Malakozoologischen Gesellschaft* 40: 21-23.

1.4 Conservation

- Altaba, C. R., M. A. Lopez & S. Montserrat 2001. Giant pearl mussel's last chance in G. Bauer. *Die Flussperlmuschel in Europa: Bestandssituation und Schutzmaßnahmen. Ergebnisse des Kongresses vom 16-18.19.2000*. Freiburg, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg & Wasserwirtschaftamt Hof.: 224-229.
- Araujo, R. & M. A. Ramos 2000. - Status and conservation of the giant European freshwater pearl mussel (*Margaritifera auricularia*) (Spengler, 1793) (Bivalvia: Unionoidea). *Biological Conservation* 96: 233-239.
- Araujo, R. & M. A. Ramos 2001. - *Action plans for Margaritifera auricularia and Margaritifera margaritifera in Europe*. Council of Europe Publishing, Strasbourg, 64 pp.
- Araujo, R. 2006. *Margaritifera auricularia* (Spngler 1793). in: Verdu & Galante [Eds]. *Libro rojo de los invertebrados de España*. Direccion general para la Biodiversidad ; Ministro de Medio Ambiente, Madrid : 304-306.
- Cochet, G. 1999. - Le statut des Margaritiferidae de France. *Vertigo* 6 (1996) : 27-31.

A Annexe 2 : Bibliographie thématique

- Cochet, G. 2004.- *La Moule perlière et les nayades de France. Histoire d'une sauvegarde*. Christian Bouchardy, Nohanent, 32 pp.
Informations générales sur les *Margaritifera* en France, premières cartes pour *M. auricularia*.
- Cochet, G. 2007.- Barrage effacé... biodiversité retrouvée. *Le Courrier de la Nature*, 232 : 20-34.
Sur les bénéfices de l'effacement du barrage de Maison-Rouge (Vienne)
- Prié, V., G. Cochet & L. Philippe 2008a. - La Grande Mulette *Margaritifera auricularia* dans l'Oise - Chronique d'une mort annoncée. *Le Courrier de la Nature* 239 : 20-24.
Article grand public sur *M. auricularia* dans l'Oise et les sources de pollution majeures identifiées.
- SEPANT 2009. Étude préalable à une protection de la Grande Mulette.
Hérault, E. Orléans, DIREN Centre : 21pp.
Etude de faisabilité de la création d'APB dans la Vienne

1.5 Généralités, listes taxonomiques et listes rouges

- Araujo, R., Reis, J., Machordom, A., Carlostoledo, Madeira, M. J., Gomez, I., Velasco, J. C., Morales, J., Barea, J. M., Ondina, P. & Ayala, I. 2009c.
Las Nayades de la peninsula Iberica. *Iberus*, 27(2) : 7-72.
- Bouchet, P. 1990. - La malacofaune française : Endémisme, Patrimoine naturel et Protection. *Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie)* 45 : 259-288.
- Bouchet, P. & J. P. Rocroi 2005. - Classification and nomenclator of Gastropod families. *Malacologia* 47 (1-2): 1-397.
- Falkner, G., T. E. J. Ripken & M. Falkner 2002.- *Mollusques continentaux de France. Liste de référence annotée et bibliographie*. IEGB-SPN/MNHN, Paris, 350 pp.
- Maurin, H. & P. Keith, Eds. (1994). Inventaire de la faune menacée en France.
Paris, Muséum national d'Histoire naturelle / WWF / Nathan: 176 pp.
- Wells, S. M. & J. E. Chatfield 1992.- *Threatened non-marine Molluscs of Europe*. Council of Europe Press, Strasbourg, 163 pp.

4.3 Littérature grise

2016

- Philippe, L., N. Patry & C. Mathieu 2016. Suivi des populations de Grande Mulette déplacée dans le cadre de la LGV SEA. LISEA – Biotope
- Prié, V. & F. Néri 2016. Recherche de la Grande Mulette *Margaritifera auricularia* sur l'Arros (Gers). Conservatoire d'Espaces Naturels Midi-Pyrénées – Biotope.
- Prié, V., B. Adam, X. Cucherat, N. Legrand, N. Patry & L. Philippe 2016. Etude biogéographique de la Grande Mulette *Margaritifera auricularia* en France. Prospections dans le Cher, la Saône, la Vézère, l'Arros et la Garonne. Université François-Rabelais de Tours - Biotope
- Prié, V. & N. Mouton 2016. Bathymétrie de la Charente – Caractérisation de l'habitat favorable à la Grande Mulette à partir de relevés bathymétriques. Biotope - INGENO.
- Rubio Millán, C., Gloria Muñoz-Camarillo, I. Sanz Bayón, R. M. Álvarez Halcón & A. Calvo Tomás. 2016. Estado de conservación de las náyades en el Ebro medio. *Naturaleza Aragonesa*, n° 33.

2015

- Philippe, L., N. Patry & C. Mathieu 2015. Suivi des populations de Grande Mulette déplacée dans le cadre de la LGV SEA. LISEA - Biotope
- Prié, V., B. Adam, X. Cucherat, N. Legrand, N. Patry & L. Philippe 2015. Etude biogéographique de la Grande Mulette *Margaritifera auricularia* en France. Synthèse bibliographique et recherches muséographiques. Université François-Rabelais de Tours -Biotope

2014

- Le Bloch, F., R. Henry, G. Dicev, N. Flamant, S. Sibley, A. Vacher, E. Loufti, E. Monnier, T. Sauzon, Q. Vanel, M. Camus, S. Montagne, J. Loiseau, P. Clevenot, D. Mollard, C. Gibeau, H. Bouyon, S. Vrignaud, D. Genoud & J. Mouthon 2014. Projet de mise à grand gabarit de la Seine entre Bray-sur-Seine (77) et Nogent-sur-Seine (10). Voies Navigables de France – Écosphère – Hydrosphère
- Philippe, L., N. Patry & C. Mathieu 2014. Suivi des populations de Grande Mulette déplacée dans le cadre de la LGV SEA. COSEA – Biotope

2013

A Annexe 2 : Bibliographie thématique

- Philippe, L., N. Patry, C. Mathieu & S. Walter 2013. Suivi des populations de Grande Mulette déplacée dans le cadre de la LGV SEA. COSEA – Biotope
- Prié, V. 2013. Recherche et caractérisation des populations de Grande Mulette *Margaritifera auricularia* dans la Dronne. EPIDOR – Biotope

2012

- Nakamura Antonacci, K., E. Elbaile Périz, M.A. Muñoz Yanguas, C. Catalá Roca & C. Salinas Yuste 2012. Captive breeding of the endangered pearl mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793). Large scale laboratory production of juveniles. Poster. International Meeting on Biology and Conservation of Freshwater Bivalves, 4-7 September 2012, Bragança, Portugal
- Nakamura Antonacci, K., E. Elbaile Périz, M.A. Muñoz Yanguas, C. Catalá Roca & C. Salinas Yuste 2012. Size-specific growth pattern of fresh water mussel *Margaritifera auricularia* in the Ebro river channels (Spain). Poster. International Meeting on Biology and Conservation of Freshwater Bivalves, 4-7 September 2012, Bragança, Portugal
- Philippe, L., V. Prié, X. Cucherat, N. Patry, D. Froment, M. Jamier, G. Fahrner, B. Faure, C. Mathieu, S. Walter, Q. Molina & N. Tapko 2012. Etude d'impact du franchissement de la Vienne par la LGV SEA – Déplacement de la population des stations de Grande Mulette et de Mulette épaisse impactées. COSEA - Biotope
- Philippe, L., V. Prié, X. Cucherat, N. Patry, D. Froment, G. Fahrner, S. Walter, Q. Molina & N. Tapko 2012. Etude d'impact du franchissement de la Vienne par la LGV SEA – Déplacement de la population des stations de Grande Mulette et de Mulette épaisse impactées. COSEA - Biotope
- Prié, V. 2012. Inventaire de la Grande mullette *Margaritifera auricularia* dans le Sud-Ouest de la France (III). Agence de l'Eau Adour-Garonne – Biotope

2011

- Cucherat, X. & V. Prié 2011. Etude d'impact du projet de curage du canal de la Somme entre Sailly-Laurette et Sormont (Département de la Somme) - Recherches spécifiques de la Grande Mulette et de la Mulette épaisse. Conseil Général de la Somme - Biotope
- Cucherat, X., V. Prié & N. Tapko 2011. Étude d'impact du projet de curage du canal de la Somme entre Sailly-Laurette et Sormont (Département de la Somme) - Recherches spécifiques de la Grande Mulette et de la Mulette épaisse. Conseil Général de la Somme – Biotope
- Cucherat, X., M. Jamier, L. Philippe, V. Prié, L. Simon & N. Tapko 2011. Mise en place d'un plan de conservation pour les mollusques inscrits aux annexes de la Directive « Habitats-Faune-Flore » et protégés au titre de l'arrêté du 23 avril 2007 – Phase II - DREAL Picardie - Biotope

A Annexe 2 : Bibliographie thématique

- Muñoz-Yanguas, MA, C. Catalá, E. Elbaile, C. Salinas & K. Nakamura 2011. First assessment of the population effects of the maintenance channel works in the naiads of the Canal Imperial de Aragón. EUROMALACOL. 18 al 23 de Julio 2011. Vitoria, Spain.
- Prié V., L. Philippe & N. Patry 2011. Recherche de la présence d'espèces patrimoniales de mollusques aquatiques dans la rivière le Cher. DREAL Centre - Biotope
- Philippe, L., V. Prié & N. Patry 2011. Etude d'impact du franchissement de la Vienne par la LGV SEA – Test de marquage et de déplacement sur la population de Grande Mulette impactée. COSEA – Biotope
- Prié, V. 2011. Inventaire de la Grande mulette *Margaritifera auricularia* dans le Sud-Ouest de la France (II). Agence de l'Eau Adour-Garonne - Biotope

2010

- Philippe, L., V. Prié, X. Cucherat, N. Tapko & P. Bousquet 2010. Etude d'impact du franchissement de la Vienne par la LGV SEA - Suivi de la population des stations de Grande Mulette et de Mulette épaisse potentiellement impactées. COSEA – Biotope
- Prié, V. 2010. Inventaire de la Grande mulette *Margaritifera auricularia* dans le Sud-Ouest de la France (I). Agence de l'Eau Adour-Garonne - Biotope
- Prié, V. 2010. La Grande Mulette *Margaritifera auricularia* sur la Charente, complément d'inventaire sur le site Natura 2000 FR 5400-472. Ligue pour la Protection des Oiseaux – Biotope

2009

- Cucherat, X. 2009. Mise en place d'un plan de conservation pour les mollusques inscrits aux annexes de la Directive « Habitats-Faune-Flore » et protégés au titre de l'arrêté du 23 avril 2007 en Picardie – Phase I- DREAL Picardie - Biotope
- Philippe, L., V. Prié, X. Cucherat & P. Bousquet 2009. Inventaires des mollusques protégés sur l'Aisne et la Meuse dans le cadre du projet de réhabilitation de 29 barrages à aiguilles. Voies Navigables de France – Biotope.
- Philippe, L., V. Prié & G. Cochet 2009. Etude préliminaire au franchissement de la Vienne par la LGV SEA – Inventaire des mulettes protégées sur 59 cours d'eau entre Bordeaux et Tours et suivi de la population des stations de Grande Mulette de l'A10. RFF – Biotope
- Araujo, R., M.J. Madeira & I. Ayala 2009. Estudio del estado actual de conservación de *Margaritifera auricularia* en las aguas del río Ebro. Informe final. CSIC-ACEBI. Madrid.

2008

- Dohogne, R. 2008.- Recherche de la Moule perlière (*Margaritifera margaritifera*) et de la Grande mulette (*Margaritifera auricularia*) dans le département de l'Indre. Rapport d'étude, Indre nature : 13 pp.
- Nakamura, K. & J. Guerrero 2008. *Margaritifera auricularia*, un difícil reto de conservación. *Quercus* 265: 20-25.

2007

- Araujo, R., M.J. Madeira & I. Ayala 2007. Estudio del estado actual de *Margaritifera auricularia* en las aguas del Rio Ebro. Confereracion Hidrografica del Ebro
- Prié, V., L. Philippe & G. Cochet 2007. Etude d'impact du projet de curage de la Charente sur les bivalves et recherche de la Grande Mulette *Margaritifera auricularia* Etablissement Public Territorial de Bassin du fleuve Charente - Biotope
- Prié, V., L. Philippe & G. Cochet 2007. Etude d'impact du projet de canal Seine-Nord-Europe sur les Naïades – rivière Oise. Voies Navigables de France – Biotope

2006

- Cochet, G. 2006. La Grande Mulette (*Margaritifera auricularia*) dans la Vienne au niveau du tracé de la LGV SEA. Réseau Ferré de France, 35 pp.
- Zapater Galve M., R. Araujo Armero, R. Álvarez Halcón, K. Nakamura Antonacci & M. Alcántara de la Fuente (coord.) 2006. Las almejas de agua dulce en Aragón : *Margaritifera auricularia* y otros bivalvos. Serie Especie. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón, D.L. 68 pp.

A Annexe 3 : Étude muséologique

Annexe 3 : Étude muséologique

1.1 Distribution passée de *M. auricularia* : recherche de données historiques de présence à partir des collections des muséums régionaux

Les mollusques ont intéressé les hommes depuis des temps très anciens. En effet, leurs coquilles se conservent après leur mort et ont pu être utilisées comme outil, objet de parure et même monnaie. Plus récemment, des malacologues passionnés ont établi des collections personnelles, plus ou moins bien référencées, dont certaines sont parvenues jusqu'à nos jours et sont aujourd'hui conservées dans des musées.

La visite des collections anciennes détenues par les muséums nationaux ou régionaux (ex. Fig. 1) peut permettre d'apporter des données inédites sur la répartition passée des mollusques (ex. Araujo & Ramos 2000). Si les données sont rarement précises, certaines indications permettent, en connaissance de l'écologie de l'espèce, de retrouver des fourchettes de dates et des secteurs probables de collecte des échantillons.

Dans le cadre de l'étude biogéographique de la Grande Mulette, Biotope a réalisé un audit des muséums régionaux et une visite des plus importants en termes de données. Les résultats de cet inventaire sont présentés ci-dessous.



Exemple de coquille de la collection du Muséum de Bordeaux

A Annexe 3 : Étude muséologique

1.2 Matériel et méthodes

Une liste de 58 muséums régionaux a été établie (Tableau 1). Chaque musée a fait l'objet d'un premier contact par téléphone, généralement suivi d'un mail pour préciser la demande à l'adresse des personnes ressources directement concernées. Plus de 230 échanges de mails ont été nécessaires pour arriver à une liste de muséums méritant une visite des collections. Dans l'ensemble, notre démarche a reçu un bon accueil, les gestionnaires étant intéressés par l'utilisation qu'on peut faire de leurs collections.

Nous avons hiérarchisé l'importance des collections en fonction de la qualité de l'information disponible, puis nous avons choisi les muséums devant faire l'objet de visites (Fig.2).

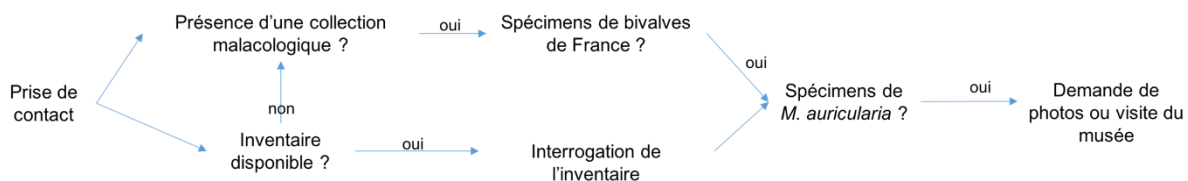


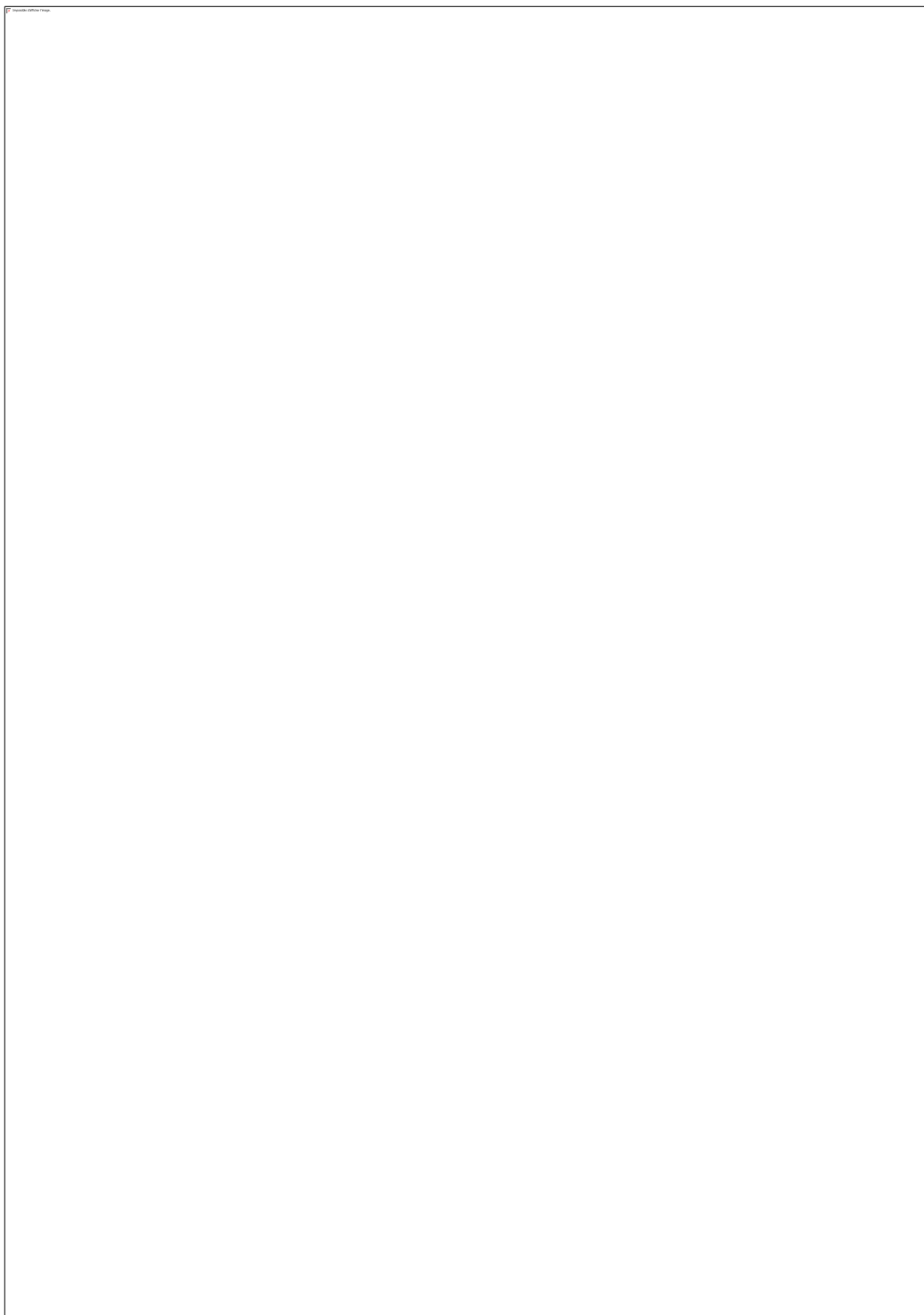
Schéma de prise de décision pour le choix des muséums prioritaires.

Lors de chaque contact, nous avons questionné les personnes en charge des collections comme indiqué figure 1. Quand des inventaires étaient disponibles, ils ont été interrogés en prenant soin d'intégrer les synonymes. Les synonymes connus pour *M. auricularia* sont les suivants : *Unio margaritifera* (Draparnaud, 1801) ; *Unio sinuatus* (Rossmassler, 1844) ; *Unio sinuata* Lamarck, 1819 ; *Unio crassissimus* (Ferrussac, 1844) ; *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1913) ; *Unio margaritanopsis* Locard, 1889.

Lors des visites des collections, nous avons photographié chaque spécimen avec une échelle ainsi que les étiquettes originales quand elles étaient disponibles (ex. Fig. 3). Les responsables des collections ont souvent pu nous indiquer une date approximative de collecte, soit en fonction des dates de naissance et de mort des collecteurs, soit en fonction de la date d'acquisition de la collection.

Nous avons également recherché des données sur les bases de données en ligne, type GBIF.

A Annexe 3 : Étude muséologique



Exemple de spécimens de Grande Mulette avec les étiquettes originales ou la localité inscrite à l'intérieur de la coquille.

A Annexe 3 : Étude muséologique

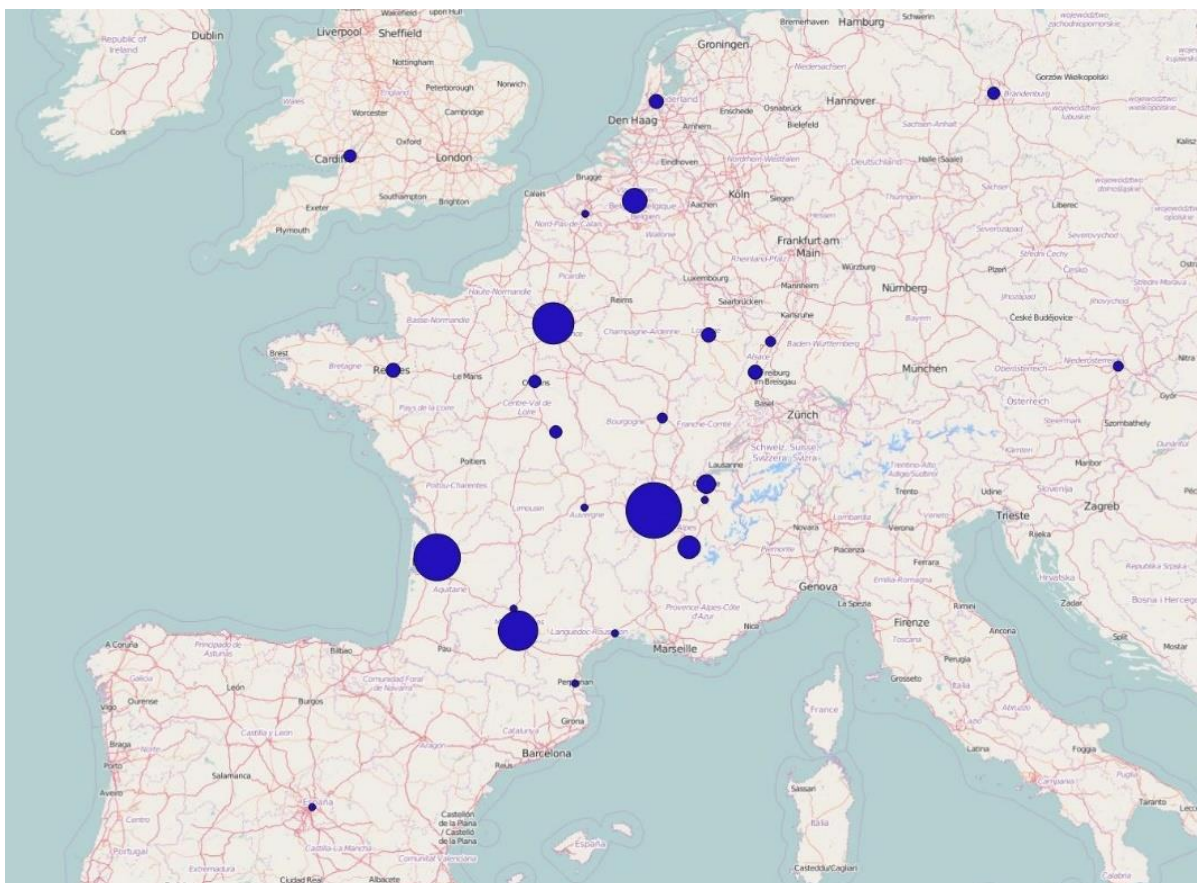
1.3 Résultats

Une liste de 58 muséums régionaux et universités a pu être établie.

Sur ces 58 Muséums régionaux, 7 n'ont pas pu être contactés ou n'existaient plus ou avaient des collections inaccessibles (Douai, Chartres, Boulogne-sur-Mer, Reims, Beauvais, Sèvre, Sagremine). Quatre n'ont pas répondu à nos demandes téléphoniques et écrites (Elboeuf-sur-Seine, Marseille, Aix-en-Provence, Nice).

Parmi les 47 muséums régionaux contactés avec succès, quatre n'avaient pas de collection malacologique (Amiens, Tours, Dijon, Béziers). Neuf avaient des collections malacologiques référencées, mais aucune donnée de Grande Mulette. Parmi les 34 restants, 25 avaient au moins un spécimen de Grande Mulette (Fig. 4).

Près de 60% des muséums régionaux qui ont des collections malacologiques possèdent au moins un exemplaire de Grande Mulette.



Localisation des muséums ayant au moins un spécimen originaire de France en collection (taille des ronds en fonction du nb de spécimens). Les plus belles collections se trouvent à Toulouse, Paris, Lyon et Bordeaux.

A Annexe 3 : Étude muséologique

Au total, **394 spécimens** ont pu être identifiés dans les collections des muséums régionaux et nationaux, en incluant les données collectées précédemment par Araujo & Ramos (2001) ; dont **244 localisés** au moins à l'échelle du bassin-versant côtier (généralement un nom de rivière).

Une date, au moins approximative, a été obtenue pour 179 spécimens (généralement la date de décès de l'auteur des collectes). La plupart des spécimens ne possèdent pas de numéro d'inventaire.

Liste des muséums régionaux ou universités possédant des coquilles de Grandes Mulettes

| Ville | Structure |
|------------------|---|
| Annecy | Musé Château |
| Auxerre | Museum d'Auxerre |
| Bordeaux | Museum d'histoire naturelle de Bordeaux |
| Bourges | Museum d'histoire naturelle de Bourges |
| Boves | ONEMA du paraclet |
| Clermont-Ferrand | Muséum Lecoq |
| Colmar | Museum d'Histoires Naturelles de Colmar |
| Dijon | Université de Bourgogne |
| Genève | Muséum d'Histoire Naturelle de Genève |
| Grenoble | Muséum d'histoire naturelle de Grenoble |
| Lille | Muséum national d'histoire naturelle de Lille |
| Lyon | Musée des Confluences |
| Montauban | Museum d'Histoire Naturelle Victor Brun |
| Montpellier | Université de Montpellier I |
| Nancy | Muséum - Aquarium de Nancy |
| Nantes | Museum d'Histoire Naturelle de Nantes |
| Orléans | Muséum d'Orléans |
| Paris | Muséum national d'Histoire naturelle |
| Perpignan | Musée de Perpignan |
| Rennes | Université de Rennes I |
| Strasbourg | Musée zoologique de Strasbourg |
| Toulouse | Muséum d'histoire naturelle de Toulouse |
| Troyes | Pôle muséal, Direction proximités culturelles |
| Dijon | Muséum de Dijon |
| Lyon | Université de Lyon |

A Annexe 3 : Étude muséologique

1.4 Discussion

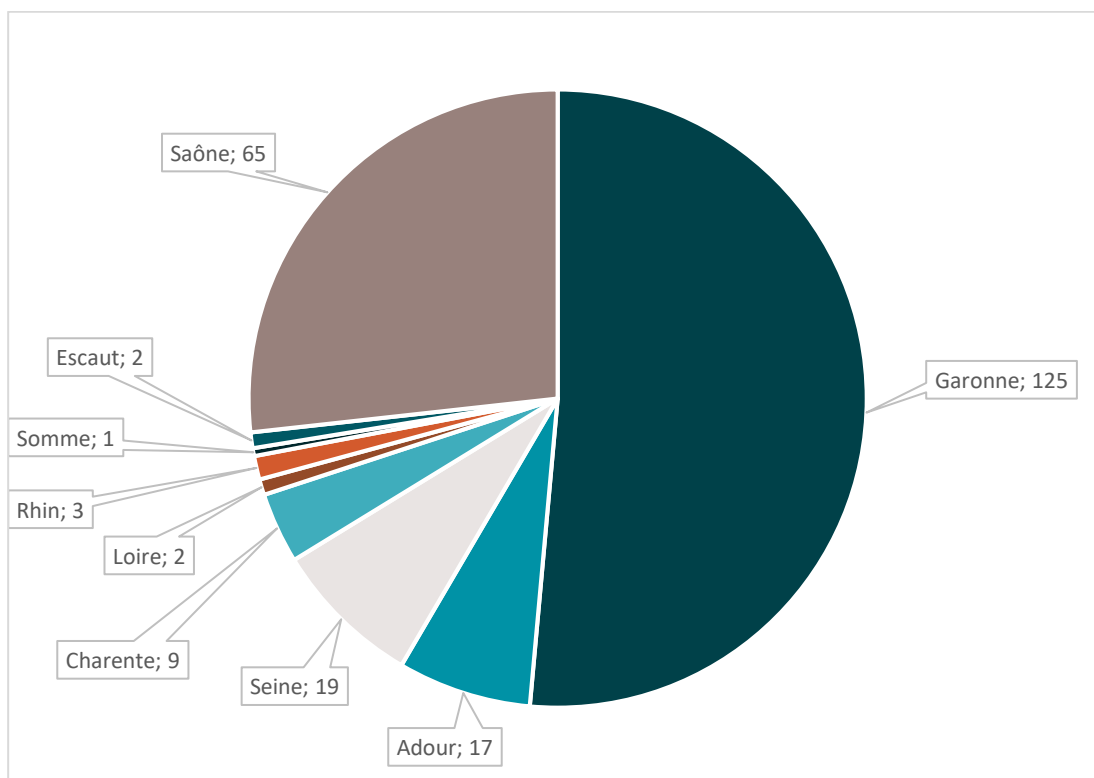
Nouvelles données

Dans l'ensemble, les collections muséologiques n'ont pas apporté de données nouvelles par rapport à ce qui était connu dans la littérature. L'image globale de la distribution historique de la Grande Mulette reste inchangée.

En revanche, la distribution des échantillons était inattendue (Fig. 5). Au total, 20 structures avaient des échantillons en provenance de la Garonne (dont 14 provenant de la Save et un du Tarn) ; 10 structures avaient des échantillons provenant de la Saône (dont les 39 échantillons de la collection Coutagne). Cette abondance des spécimens de la Saône dans les collections n'était pas attendue étant donné les commentaires des auteurs (ex. Drouët 1889) qui la considéraient comme rare dans la Saône.

A l'inverse, nous n'avons trouvé aucun spécimen en provenance de la Vienne ou de la Creuse, alors que les animaux, vivants à faible profondeur, sont faciles à observer et à collecter.

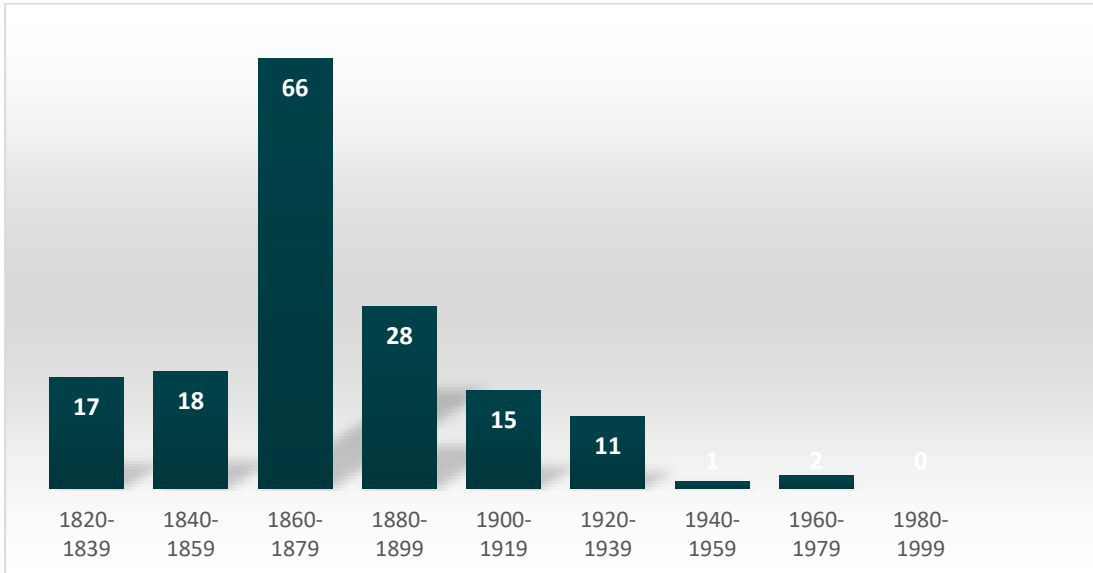
Il y a également relativement peu de spécimens en provenance de la Charente, où ils pouvaient certes être plus difficiles à récolter, mais où leur présence était bien connue puisque les coquilles ont été collectées de manière industrielle pour la fabrication de boutons.



Distribution des spécimens en collection en fonction des grands bassins-versants. Garonne, Saône et Seine sont majoritaires, alors qu'aujourd'hui les plus grosses populations sont connues dans la Charente, la Loire (Vienne-creuse) et l'Adour.

Par ailleurs, pour les 158 spécimens auxquels nous avons pu attribuer une date de collecte, on constate que pour l'essentiel les coquilles ont été collectées avant 1940 (Fig. 6, Les collections

récentes du Muséum de Toulouse [21 coquille de la Save, leg. ONEMA] et du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris [68 coquilles de Charente, leg. V. Prié] ne sont pas figurées).

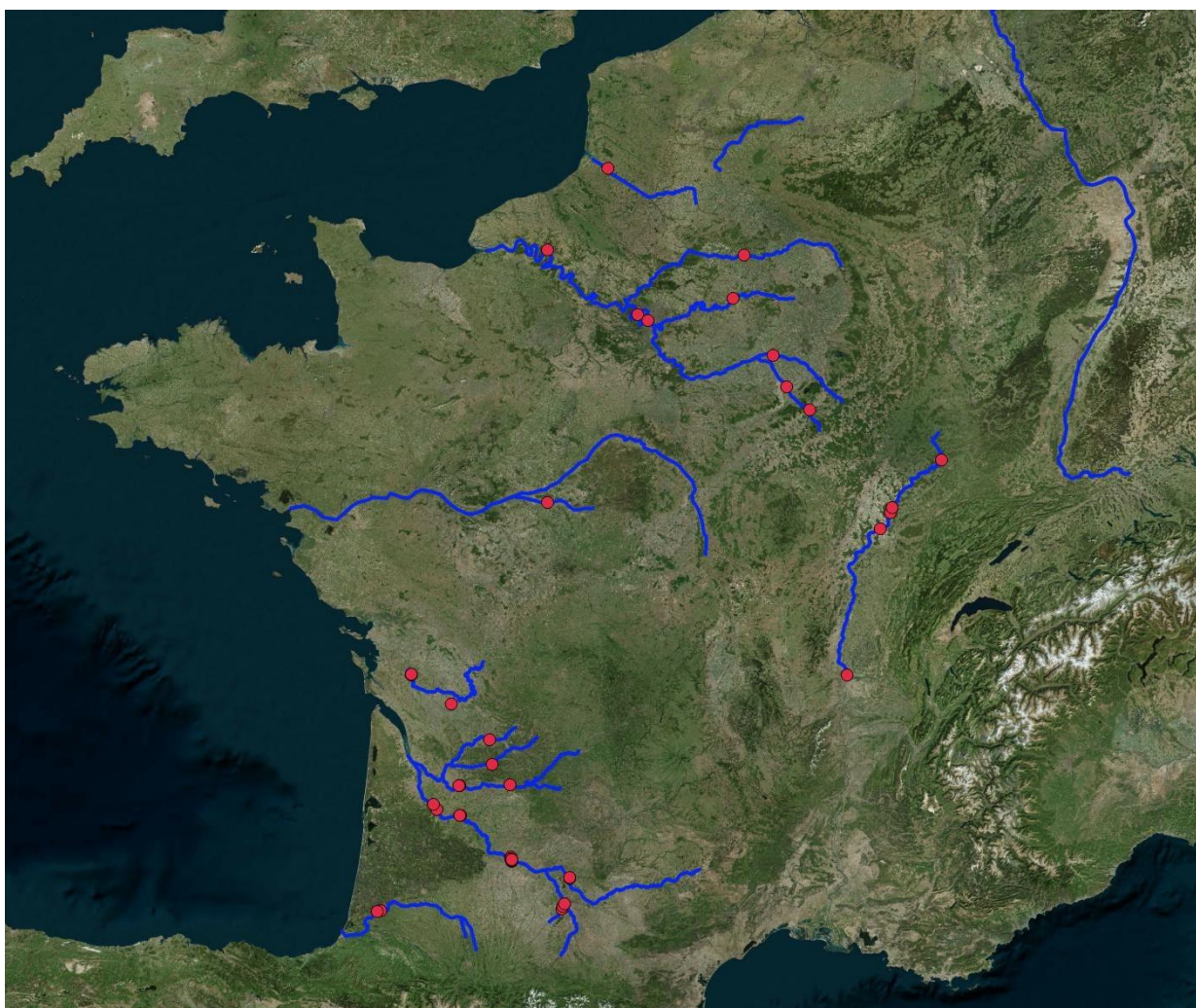


Distribution des effectifs en collection par intervalle de date. La différence entre le 19^e siècle, âge d'or de la malacologie, et le 20^e siècle pourrait s'expliquer par un moindre intérêt pour les coquilles et/ou par la raréfaction de la Grande Mulette.

A Annexe 3 : Étude muséologique

Implications pour la biogéographie de l'espèce

Pour l'essentiel, les données collectées ici correspondent à des secteurs où l'espèce était déjà connue, au moins par la bibliographie, lors de l'établissement de son enveloppe écologique (Prié *et al.* 2013 ; Fig. 7). Il n'y a donc pas de réelles surprises. En revanche, certaines données sont intéressantes en ce sens qu'elles confirment des informations qui étaient encore lacunaires : une coquille en provenance du Rhin, de nombreuses coquilles en provenance de la Saône, plusieurs coquilles en provenance de l'Arros...



Projection des données collectées pour la France à partir des collections muséologiques. En bleu les rivières uniquement (pas de données précises) ; en rouge les données communales.

1.5 Conclusion

Nous avons eu globalement un retour très positif de la part des muséums régionaux. Cet inventaire couvre donc l'essentiel des données disponibles en France. Les données disponibles hors de France (GBIF, Araujo & Ramos 2001) ont également été compilées.

Les 263 spécimens de *Margaritifera auricularia* inventoriés dans les collections et provenant de France exclusivement proviennent pour leur grande majorité de stations déjà connues. En revanche, les proportions ne reflètent pas les connaissances actuelles : la Garonne et la Saône fournissent l'essentiel des spécimens, alors qu'aujourd'hui la Charente et l'Adour sont les fleuves les plus peuplés.

Ce travail conforte donc les connaissances acquises préalablement et suggère que notre attention devra porter sur La Saône, l'Arros, la Garonne et la Vézère. La Sèvre Niortaise et le bassin de la Seine restent également des secteurs potentiellement intéressants, bien que moins prometteurs.



Tous ces secteurs ont fait l'objet de prospections de terrain en 2017. Des échantillonnages d'ADN environnemental ont été réalisés dans le bassin de la Seine dans le courant de l'hiver 2017.

Remerciements :

Conservateurs

Bruno Cottin (Musée Château, **Annecy**),
Gilles Pavi (Muséum d'**Auxerre**),
Pascal Leblanc (Muséum de **Besançon**),
Laurent Charles (Muséum de **Bordeaux**)
Ludovic Besson (Muséum Gabriel Foucher, **Bourges**),
Eliane Paysant & Marc Damerval (Muséum de **Cherbourg**),
Marie-Françoise Faure (Muséum Henri-Lecoq, Clermont-Ferrand)
Marie Boigues (Muséum d'histoire naturelle et d'ethnographie de **Colmar**),
Stéphane Puissant (Muséum de **Dijon**),
Monique Probst (Muséum de Dijon)
Jérôme Thomas (Université de **Bourgogne, Dijon**)
Philippe Candegabe (Muséum d'histoire naturelle de **Grenoble**),
Cédric Audibert (Muséum des Confluences à **Lyon**),
Aude Bergeret (Muséum de **Montauban**)
Marie Dartigue Dufournet (Muséum de **Nantes**),
Magali Auriat (Musée-Aquarium de **Nancy**),
Michel Binon (Muséum d'**Orléans**),
Virginie Héros, Philippe Maestrati & Philippe Bouchet (Muséum national d'Histoire naturelle à
Paris)
Didier Mary et Amy Benadiba (Muséum de **Perpignan**),
Pierre-Yves Pasco (SEPNB - Bretagne vivante, informations du muséum de **Rennes**),

Laura Lévêque (Musées de **Saint-Omer**),
Antoine Wagner (Muséum de **Strasbourg**),
Henri Cap (Muséum de **Toulouse**),
Grégoire Ghislain (pôle muséal de **Troyes**).

Malacologues

Rafa Araujo (museo nacional de ciencias naturales, **Madrid**), Laurent Philippe, Xavier
Cucherat, Nicolas Legrand (**Biotope**).

Tableau 5 : Liste et contacts des muséums régionaux identifiés et contactés pour un audit téléphonique

| Bassin hydro | Ville | Adresse | Numéro de téléphone | Mail |
|-----------------|--|--|---------------------|--|
| Artois-Picardie | Lille | 19 Rue de Bruxelles 59 000 Lille | 03 28 55 30 80 | contact-mhnl@mairie-lille.fr |
| | Douai | 191 Rue Saint-Albin 59 500 DOUAI | 03 27 71 38 90 | - |
| | Dunkerque | Place du Général-de-Gaulle 59 140 Dunkerque | 03 28 59 21 65 | musee@ville-dunkerque.fr |
| | Boulogne-sur-mer | 115, Boulevard Eurvin 62 317 Boulogne-sur-Mer | - | - |
| | Saint-Omer | Musée Henri Dupuis 9 Rue Henri Dupuis 62 500 Saint-Omer | 03 21 38 00 94 | musees-accueil@ville-saint-omer.fr |
| | Abbeville | Musée Boucher-de-Perthes 24 Rue Gontier Patin 80 100 Abbeville | 03 22 24 08 49 | musee@ville-abbeville.fr |
| | Boves (ONEMA du Paraclet) | Domaine du Paraclet BP 30 005 Fouencamps 80 332 Boves Cedex | - | - |
| | Amiens (Société Linnéenne de Picardie) | 14 Place Vogel Maison des sciences et de la nature 80 000 Amiens | 03 22 47 06 09 | slnp80@gmail.com |
| | Amiens | 48 Rue de la République 80000 Amiens | 03 22 97 14 00 | musees-amiens@amiens-metropole.com |
| Seine-Normandie | Rouen | 198 Rue Beauvoisine 76 000 Rouen | 02 35 71 41 50 | museum@rouen.fr |
| | Paris | 57 Rue Cuvier 75 005 Paris | 01 40 79 56 01 | heros@mnhn.fr |
| | Reims | | | |
| | Beauvais | | | |
| | Le Havre | Place du Vieux Marché 76 600 Le Havre | 02 35 41 37 28 | museum@lehavre.fr |
| | Elbeuf-sur-Seine | 7 Cours Gambetta 76 500 Elbeuf-sur-Seine | 02 32 96 30 40 | musee@mairie-elbeuf.fr |
| | Cherbourg | 19 ter Rue Bonhomme 50 100 Cherbourg-Octeville | 02 33 53 51 61 | musees@ville-cherbourg.fr |

A Annexe 3 : Étude muséologique

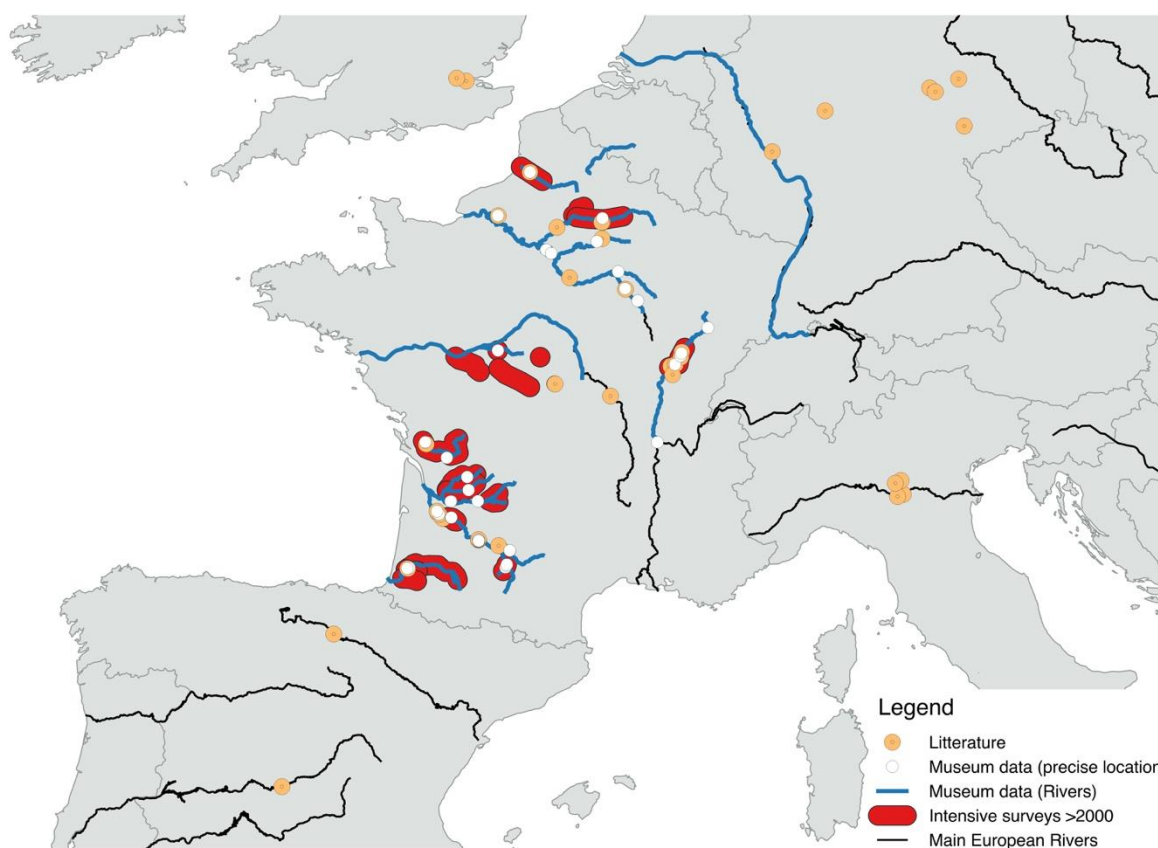
| Bassin hydro | Ville | Adresse | Numéro de téléphone | Mail |
|----------------|----------------------------------|---|---------------------|--|
| | Troyes | Musée Saint-Loup 4 rue Chrestien-de-Troyes 10 000 Troyes | 03 25 42 20 09 | musart@ville-troyes.fr |
| | Sèvres | | | |
| Loire-Bretagne | Nantes | 12 Rue Voltaire 44 000 Nantes | 02 40 41 55 00 | museum-sciences@mairie-nantes.fr |
| | Rennes | - | 02 23 23 50 40 | gaelle.richard@univ-rennes1.fr |
| | Angers | 43 Rue Jules Guitton 49 100 Angers | 02 41 05 48 50 | museum.angers@ville.angers.fr |
| | Tours | 3 Rue du Président Merville 37 000 Tours | 02 47 21 68 08 | museum@ville-tours.fr |
| | Blois | 6 Rue des Jacobins 41 000 Blois | 02 54 90 21 00 | museum@blois.fr |
| | Orléans | 6 Rue Marcel Proust 45 000 Orléans | 02 38 54 61 05 | |
| | Bourges | Les Rives d'Auron (Parc des expositions) Allée René Ménard 18 000 Bourges | 02 48 65 37 34 | museum-accueil@ville-bourges.fr |
| | Chartres | 5 bis Bd de la Courtille 28 000 Chartres | 02 37 88 43 86 | museum@ville-chartres.fr |
| | Auxerre | 5 Boulevard Vauban 89 000 Auxerre | 03 86 72 96 40 | museum.mairie@auxerre.com |
| | Dijon (Asso. Naturaliste) | Maison du Parc 58 230 Saint-Brisson | 03 86 76 07 36 | contact@bourgogne-nature.fr |
| | Dijon | 1 Avenue Albert 1er 21 000 DIJON | 03 80 48 82 00 | museum@ville-dijon.fr |
| | Autun | 14 Rue Saint Antoine 71 400 Autun | 03 85 52 09 15 | museum@autun.com |
| | Clermont-Ferrand | 15 Rue Bardoux 63 000 Clermont-Ferrand | 04 73 42 32 00 | musee.lecoq@ville-clermont-ferrand.fr |
| Rhin-Meuse | Sarreguemines | | | |
| | Strasbourg | 29 Boulevard de la Victoire 67 076 Strasbourg Cedex | 03 68 85 04 85 | mwandhammer@strasbourg.eu |
| | Metz | 2 Rue du Haut Poirier 57 000 Metz | 03 87 20 13 20 | musee@metzmetropole.fr |
| | Nancy | 34 Rue Sainte-Catherine 54 000 Nancy | 03 83 32 99 97 | sandra.delaunay@grand-nancy.org |
| | Colmar | 11 Rue de Turenne 68 000 COLMAR | 03 89 23 84 15 | contact@museumcolmar.org |

A Annexe 3 : Étude muséologique

| Bassin hydro | Ville | Adresse | Numéro de téléphone | Mail |
|--------------------------|------------------------|---|---|--|
| | Besançon | 99 Rue des fusillés de la Résistance La Citadelle 25 000 Besançon | 03 81 87 83 05 | museum@besancon.fr |
| | Gray | Rue de l'église 70 100 GRAY | 03 84 65 69 10 | museum.gray@orange.fr |
| Rhône-Méditerranée-Corse | Lyon | 86 Quai Perrache 69 002 Lyon | 04 28 38 11 90 | cedric.audibert@museedesconfluences.fr |
| | Grenoble | 1 Rue Dolomieu 38 000 Grenoble | 04 76 44 05 35 | philippe.candegabe@grenoble.fr |
| | Chambéry | 208 Avenue de Lyon 73 000 Chambéry | 04 79 62 18 68 | shns-museum-de-chambery@wanadoo.fr |
| | Marseille | Palais longchamp (aile droite) 13 233 Marseille Cedex 20 | 04 91 14 59 50 | museum@mairie-marseille.fr |
| | Aix-en-Provence | 7 Rue des robiniers 13 090 Aix-en-Provence | 04 88 71 81 81 | museumdhistoirenaturelleaix@yahoo.fr |
| | Toulon | 737 Chemin du Jonquet 83 200 Toulon | 04 83 95 44 20 | museumtoulonvar@cg83.fr |
| | Nice | 60 Boulevard Risso 06 300 Nice | 04 97 13 46 80 | museum.histoire-naturelle@ville-nice.fr |
| | Perpignan | 12 Rue Fontaine Neuve 66 000 perpignan | 04 68 66 33 68 | catalogne@mediterranees.net |
| | Béziers | Rampe du 96ème Caserne Saint-Jacques 34 500 Béziers | 04 67 36 81 60 | musees@ville-beziers.fr |
| | Montpellier | Université de Montpellier II, laboratoire de paléontologie | 04 67 14 32 63 | suzanne.jiquel@univ-montp2.fr |
| | Adour-Garonne | La Rochelle | 28 Rue Albert 1er 17 000 La Rochelle | 05 46 41 18 25 |
| Bordeaux | | 5 Place Bardineau 33 000 Bordeaux | 05 24 57 65 30 | museum@mairie-bordeaux.fr |
| Bayonne | | Avenue Raoul Follereau Pont Blanc 64 100 Bayonne | 05 59 42 22 61 | museum@bayonne.fr |
| Gaillac | | 2 Place Philadelphie Thomas 81 600 Gaillac | 05 63 57 36 31 | patrimoine@ville-gaillac.fr |
| Toulouse | | 35 Allées Jules Guesde 31 000 Toulouse | 05 67 73 84 84 | museum@mairie-toulouse.fr |
| Montauban | | 2 Place Antoine Bourdelle 82 000 Montauban | 05 63 22 13 85 | museumvictorbrun@ville-montauban.fr |

Annexe 4 : Rapport intermédiaire des prospections de 2016

Les prospections de terrain ciblées réalisées entre 2007 et 2016 permettent de couvrir la majeure partie de l'aire de répartition historique de la Grande Mulette (Figure 16).



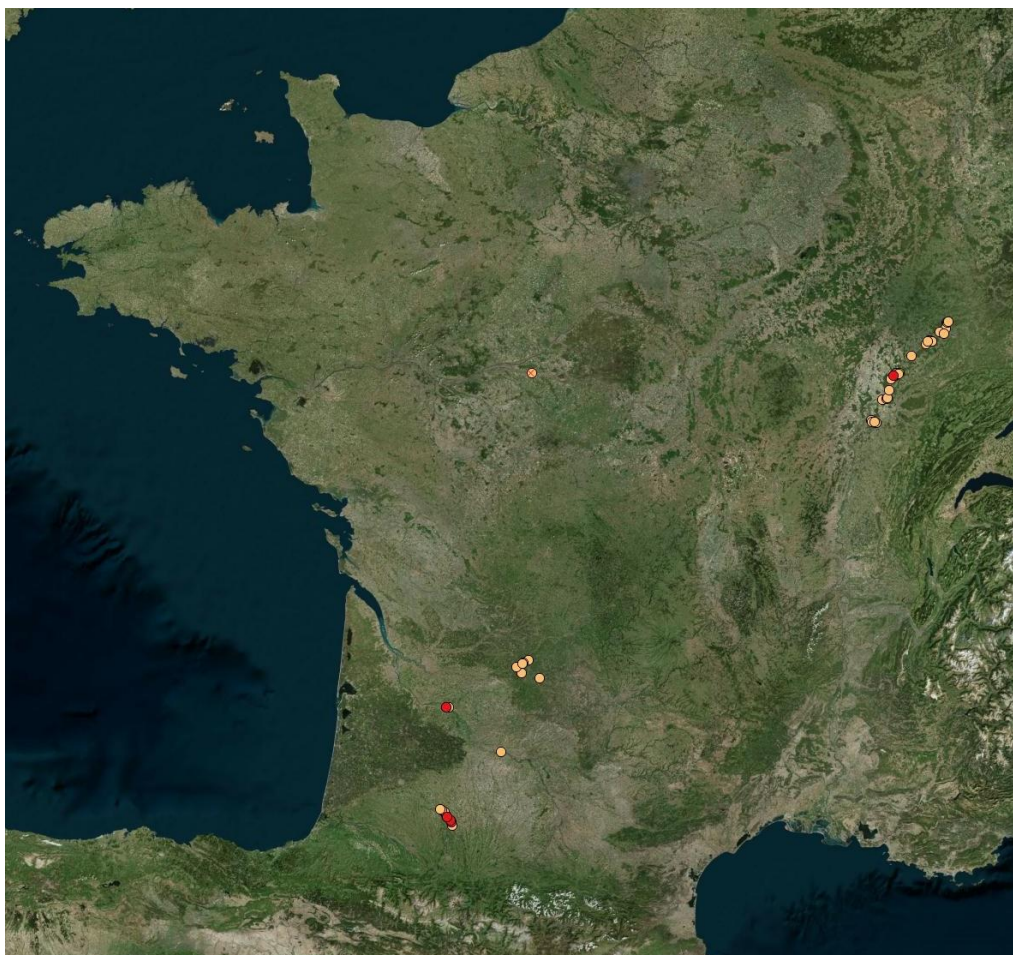
Représentation cartographique des données bibliographiques (points beiges) et muséologiques (points blancs) ainsi que des principaux secteurs ciblés par les inventaires de terrain réalisés entre 2007 et 2016 (linéaires rouges).

En 2016, les prospections se sont focalisées sur les rivières orphelines et en particulier celles pour lesquelles des données ont été collectées lors de l'étude muséologique :

- La **Saône** (entre Port-sur-Saône et Chalon-sur-Saône ainsi que l'aval du Doubs)
- Le **Cher** (Douves du château de Chenonceau et Vierzon)
- La **Vézère** (aval de la Vézère et secteur de la confluence avec la Dordogne)
- L'**Arros** (entre Marciac et l'embouchure avec l'Adour)
- La **Garonne** (secteurs d'Agen et de La Réole)

A Annexe 4 : Rapport intermédiaire des prospections de 2016

Les prospections de terrain réalisées en 2016 visaient en premier lieu les secteurs orphelins pour lesquels des données historiques (bibliographiques et / ou muséologiques) avaient été collectées. Nous avons donc ciblé la Saône, la Vézère, la Garonne, l'Arros et le Cher à Chenonceau (Figure 2). La précision des indications bibliographiques ou muséographiques était très variable (ex « les douves du château de Chenonceau » ou simplement « l'Arros »). Dans le cas où ces indications désignaient un secteur étendu, le choix des sites de prospection a été guidé par l'analyse sur carte et photo satellite, en vue de déterminer *a priori* les faciès supposés les plus favorables (Saône, Arros, Garonne). Dans le cas particulier de la Vézère, une cartographie précise des faciès a été réalisée par Biotope dans le cadre du site Natura 2000 FR7200668 « La Vézère ». D'une part nous disposons donc d'une cartographie précise sur l'ensemble du linéaire, d'autre part la phase de terrain ayant permis cette cartographie a été couplée à la recherche de milieux favorables à la Grande Mulette.



Résultats des prospections ciblées réalisées en 2016. Points beiges : portions de rivière prospectées sans succès ; points rouges données collectées (coquilles et/ou individus vivants).

A Annexe 4 : Rapport intermédiaire des prospections de 2016

Les prospections ont mobilisé entre trois et six plongeurs sur une période de deux à cinq jours par secteur ; excepté à Vierzon et Chenonceau, où deux personnes ont été mobilisées sur une seule journée (Tableau 6).

1.6 ADN environnemental

L'amplification d'ADN environnemental (ADNe) à partir d'échantillons d'eau a été réalisée dans la Saône (à Pontailler et à Maillys), dans l'Arros (à Ladevèze-Rivière) et dans la Garonne (à Sauveterre-Saint-Denis et à La Réole, Tableau 7). Ces échantillons sont toujours en cours de traitement, les résultats sont attendus fin 2016.

Pour chaque site, deux réplicats ont été prélevés au même endroit. Chaque prélèvement consiste en un pompage d'eau pendant une demi-heure. L'eau pompée est envoyée dans une capsule comportant un filtre qui retient les fragments d'ADN présents dans l'eau. L'extraction est réalisée directement à partir du filtre et les fragments d'ADN sont amplifiés et séquencés en utilisant les technologies de séquençage de masse. Les extractions, amplifications et séquençage sont réalisés par la société SpyGen.

Tableau 7 : Localisation des prélèvements d'ADNe réalisés en 2016

| Rivière | Commune | | | Date du prélèvement |
|---------|------------------------|--|--|---------------------|
| Saône | Pontailler-sur-Saône | | | 19/07/2016 |
| Saône | Maillys | | | 20/07/2016 |
| Arros | Ladevèze-Rivière | | | 28/07/2016 |
| Garonne | Sauveterre-Saint-Denis | | | 21/09/2016 |
| Garonne | La Réole | | | 22/09/2016 |



Exemple de dispositif prélèvement d'eau pour analyse de l'ADNe. Une pompe permet de filtrer l'eau de la rivière pendant 30 minutes. Le filtre est contenu dans la capsule au premier plan.

A Annexe 4 : Rapport intermédiaire des prospections de 2016

1.7 Limites

Une grande part des prospections a été réalisée en plongée. La visibilité est changeante et les conditions d'observation sont variables. La probabilité de détection dans la Charente, en bonnes conditions, avait été estimée à 75% (Biotope 2007 ; 2010). Elle est probablement moindre dans les conditions qui ont prévalu sur la Saône, l'Arros et la Garonne. A titre d'exemple, à l'amont de Plaisance sur l'Arros, le spécimen vivant découvert a été trouvé par le troisième plongeur : les deux premiers sont passés au-dessus sans le voir.

L'analyse de l'ADNe devrait permettre de pallier à ce biais de détection. Toutefois, nous ne connaissons pas la distance de détection, qui doit varier en fonction de quatre facteurs au moins :

- la taille de la population (une population importante libère plus d'ADNe dans l'eau et donc favorise la détection sur de grandes distances) ;
- la saison (la présence de gamètes ou de glochidies dans la colonne d'eau augmente la quantité d'ADNe) ;
- la qualité de l'eau (les eaux troubles retiennent plus d'ADNe que les eaux limpides) ;
- la vitesse du courant (l'ADNe se dégrade dans le temps et plus le courant est fort, plus il a de chances d'être transporté sur de grandes distances avant d'être dégradé).

Sur la Charente, où la population est importante, l'eau relativement turbide et le courant assez fort au moment des prélèvements, nous avons pu constater que la distance de détection dépassait les 7 km.

A Annexe 5 : Détail des prospections réalisées en 2017

Annexe 5 : Détail des prospections réalisées en 2017

L'année 2017 a été consacrée à la complétion des données obtenues en 2016 (tableau 8). En accord avec le maître d'ouvrage, nous avons ciblé :

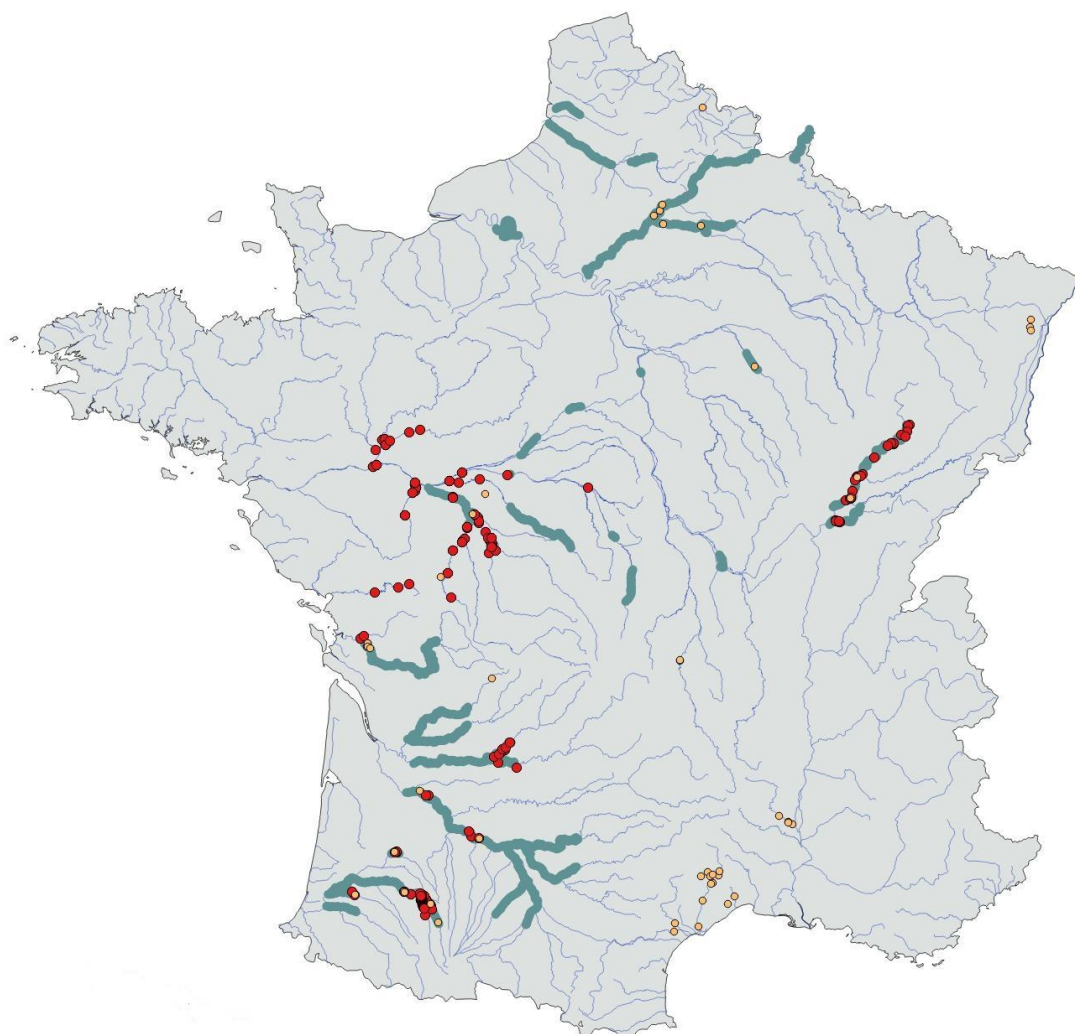
- **LES SECTEURS PROPICES SUR LE BASSIN DE LA SEINE.** L'Oise, l'Aisne, l'amont de la Seine, à partir d'ADNe uniquement, puisque des coquilles y sont connues, mais aucun indice d'individus vivants
- **LES SECTEURS MAL CONNUS DU BASSIN DE L'ADOUR.** Amont de l'Adour, proche de l'Arros ; la Douze, avec ADNe, sur la base des données fournies par Alain Séréna ; l'amont du Luy avec ADNe pour délimiter la population, le moulin de Bernède pour constater l'extinction totale de cette population bien étudiée
- **LES RIVIERES ORPHELINES DU BASSIN DE LA LOIRE.**
- **LA BOUTONNE (CHARENTE)**
- **LA SEVRE NIORTAISE**

Tableau 8 : Détail des prospections réalisées en 2017

| Site | Date | Personnes impliquées | Moyens mis en œuvre | Conditions |
|------------------------------|--------------------------|----------------------|---|---|
| Bassin de la Seine | 08/02/2017 au 11/02/2017 | VPr | ADNe | Rivières très turbides prélèvements de qualité moyenne |
| Bassin de l'Adour | 18/07/2017 au 21/07/2016 | VPr, Bad, NLe | Plongée hyperbare, aquascope, PMT, ADNe | Beau temps, bonne visibilité sous l'eau |
| Bassin de la Loire | 21/08/2016 au 24/08/2016 | LPh, NPa, NLe, VPr | Aquascope, PMT, plongée hyperbare | Beau temps, visibilité sous l'eau correcte |
| Bassin de la Charente | 25/08/2016 | NLe, VPr | Prospections visuelles sur berge | Beau temps |
| Bassin de la Sèvre Niortaise | 25/08/2016 | NLe, VPr | Plongée hyperbare, prospections visuelles sur berge | Beau temps, visibilité quasi-nulle sous l'eau |

VPr : Vincent Prié ; Bad : Benjamin Adam ; LPh : Laurent Philippe ; NLe : Nicolas Legrand ; NPa : Nicolas Patry

A Annexe 5 : Détail des prospections réalisées en 2017



Bilan des prospections réalisées en France fin 2017. Tampons verts : prospections réalisées avant le départ du programme LIFE+ Grande Mulette. Points rouges : secteurs prospectés dans le cadre du programme LIFE+ Grande Mulette. Points jaunes : échantillonnages ADNe réalisés dans le cadre du programme LIFE+ et dans d'autres cadres, mais qui ciblaient également la Grande Mulette.



Siège social :

22 boulevard Maréchal Foch - BP58 - F-34140 Mèze

Tél. : +33(0)4 67 18 46 20 - Fax : +33(0)4 67 18 65 38 - www.biotope.fr