Déclinaison régionale Bretagne

du Plan National d'Actions

en faveur de la mulette perlière

Bilan des actions 2016-2022

PRÉFET
DE LA RÉGION
BRETAGNE
Liberté
Égalité
Fraternité

UNION EUROPÉENNE
UNANIEZH EUROPA

L'Europe s'engage en Bretagne / Avec le Fonds européen de développement régional

Bretagne Vivante SEPNB
Une voix pour la nature

Rédaction : Pierre-Yves Pasco, Christine Blaize, Ronan Le Mener, Pierrick Pustoc'h.

Relecture : Élise Carnet (DREAL de Bretagne), Marie Capoulade & Anne Delmaire (Bretagne Vivante), Anthony Berthéol (Fédération du Finistère pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques), Samuel Esnouf (CEN Auvergne)

Citation recommandée :
Pasco P.-Y, Blaize C., Le Mener R. & Pustoc'h P., 2023. Déclinaison régionale Bretagne du Plan National d'Actions en faveur de la mulette perlière. Bilan des actions 2016-2022. Rapport Bretagne Vivante – SEPNB / DREAL Bretagne. 81p.

Photo de couverture : mulette perlière dans le ruisseau de Pont er Bellec, affluent du Scorff, en septembre 2016 ; P.Y. Pasco

Photo de droite : prospection sur le Saint-Georges, septembre 2021. Photo : R. Le Mener

Résumé

La mulette perlière (*Margaritifera margaritifera*) est à la fois, une espèce indicatrice, une espèce clé et une espèce parapluie. Elle peut aussi être considérée comme une espèce cible idéale pour les actions de conservation des écosystèmes fluviaux. Elle est inscrite dans la catégorie « endangered » (en voie d'extinction), au niveau national, sur la liste rouge de l'UICN.

La déclinaison Bretagne (2016-2022) du PNA en faveur de la mulette perlière fait suite au programme LIFE+ « Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain » (2010-2016). Elle prolonge les actions entamées sur trois cours d'eau et les étend aux autres populations prioritaires à l'échelle de la région.

Les effectifs de mulette perlière en Bretagne sont estimés entre 13 000 et 15 500 individus, soit 4 % de la population nationale. Ils se répartissent sur 27 cours d'eau. Trois bassins versants concentrent 99 % des effectifs : l'Aulne, le Blavet et l'Ellé-Isole. Sept rivières présentent des effectifs supérieurs à 100 individus. Seuls l'Elez et le Bonne Chère possèdent des effectifs dépassant 1 000 individus. La tendance est à la baisse, sauf pour la partie aval de l'Elez.
Le principal problème de viabilité des populations est l'absence de recrutement liée en grande partie au colmatage des sédiments. De plus, les changements climatiques viennent ajouter des pressions supplémentaires sur ces habitats.

La conservation de la mulette perlière passe donc par la préservation et la restauration de ses habitats. Un effort important a été fait pour améliorer les biotopes avec la réalisation de travaux portés par les partenaires techniques.
Le temps que les actions sur les habitats produisent leurs effets, des renforcements de populations ont été effectués sur plusieurs cours d'eau avec l'aide de juvéniles, issus de la station d'élevage. Le succès d'une réintroduction a été établie.
Les actions de protection ont abouti à la création de quatre arrêtés préfectoraux de protection de biotope (APPB) à l'échelle de bassins versants.

L'animation et la formation avec les partenaires techniques et administratifs ont confirmé un mouvement initié pendant le LIFE. Cela a abouti à un collectif important autour de la conservation de la mulette perlière en Bretagne, et une montée en compétences de ces partenaires.

L'évaluation du PNA I en 2021 et la décision de l'État de poursuivre avec un PNA II donne un cadre stratégique pour la poursuite des actions de conservation de la mulette perlière en Bretagne. Une deuxième déclinaison régionale est à construire avec pour grands objectifs : assurer la pérennité des actions mises en œuvre, conserver sur le long terme les populations prioritaires, réinstaller l'espèce dans tous les habitats favorables et résilients des bassins versants prioritaires. Les changements climatiques et d'usages des sols vont occasionner des évolutions à l'échelle des bassins versants. Ces facteurs devront être pris en compte pour la définition de ce nouveau programme.

Summary

The Freshwater Pearl Mussel (*Margaritifera margaritifera*) is at the same time an indicator species, a key species and an umbrella species. It can also be considered as an ideal target species for river ecosystem conservation actions. It is listed as “endangered” on the French IUCN Red List.

The Brittany’s declination (2016-2022) of the Species Actions Plan (SAP) follows on from the LIFE+ program "Freshwater Pearl Mussel Conservation in the Armorican Massif" (2010-2016). The actions initiated on three rivers were continued and extended to other priority populations at the regional level.

The number of individuals of Freshwater Pearl Mussels in Brittany is estimated between 13,000 and 15,500 individuals, i.e. 4% of the national population. They are distributed over 27 rivers. Three catchments basins concentrate 99 % of the population: Aulne, Blavet and Ellé-Isole. Seven rivers host more than 100 individuals. Only Elez and Bonne Chère rivers host populations exceeding 1,000 individuals. There is a downward trend, except for the downstream part of the Elez.
The main problem with the viability of populations is due to the lack of recruitment, which is mostly linked to the clogging of the sediments. In addition, climate change is adding further pressure on these habitats.

The conservation of Freshwater Pearl Mussel requires the preservation and restoration of its habitats. A major effort has been made to improve the biotopes with the realization of works carried out by the technical partners.
While waiting for the actions on habitats to produce their effects, reinforcements of populations were carried out on several rivers thanks to juveniles coming from the mussel breeding station. The success of a reintroduction has been established.
The protection actions have led to the creation of four prefectural decrees on biotope protection at the scale of catchment basins.

The animation and training with the technical and administrative partners have confirmed a movement initiated during the LIFE program. This has led to a significant collective focusing on the conservation of the Freshwater Pearl Mussel in Brittany, and an increase in the skills of these partners.

The evaluation of the first SAP in 2021 and the decision of the French Government to continue with a second one provides a strategic framework for further conservation actions of the Freshwater Pearl Mussel in Brittany. A second regional version needs to be developed with the following main objectives: to ensure the sustainability of the actions implemented, to safeguard the priority populations in the long term, and to re-establish the species in all the favourable and resilient habitats of the priority catchment basins. As changes in climate and land use will cause changes at the scale of the catchment basins, these factors will have to be taken into account when defining this new program.

Remerciements

Nous tenons à remercier les élus, les salariés et les bénévoles des structures qui ont été plus ou moins impliquées dans ce projet et en particulier :
Yves Le Coeur, Roger Poudelet, Marcel Gourvil, Alain Guichoux, Laura Carrier, René-Pierre Bolan & Allan Perenec (Bretagne Vivante), Nicolas Ampen, Elise Carnet & Stéphanie Jouvin (DREAL Bretagne), Karine Delabroise (Région Bretagne), Gilles Barthélémy, Gérard Jeanneau, Thibault Vigneron, Anthony Lechaux & Christine Verjus (OFB), Hubert Catroux & Fabrice Craipeau (AELB), Claire Tréhet (DDTM 22), Maryse Lavigne & Pascal Jakymiv (DDTM 29), Sébastien Guillard & Yolaine Bouteiller (DDTM 56), François Veillard & Olivier Le Bihan (CD22), Jacques Citoleux & Xavier Best (CD29), Arnaud Cholet (CD56), Alain Dumont, Jean Lepanse, Michel Dy et Tristan Yvernage (FDP 22), Pierre Péron, Nicolas Bourré, Benoit Vincent, Pierrick Dury & Anthony Berthéol (FDP 29), Anne-Laure Caudal (FDP 56), Yves Merle & Aline Dangin (SVB), Sylvestre Boichard (EPAGA), Harmonie Corroler, Valentine Dupont, Yves-Marie Le Guen & Jérémie Bourdoulous (PNRA), Stéphanie Isoard (Syndicat de l'Elorn), Pascal Bourdon, Guillaume Jouan & Mickaël Beldame (GPA), Ronan Caignec, Bérengère Fritz & Thomas Guyot (SMBSEIL), Dylan Le Mouée, Fabien Carré & Stéphanie Harrault (Lorient Agglo.), Jérôme Even & Eric Olivier (LCBC), association Tal An Dour, Franck Delisle & Delphine Even (VivArmor Nature) ; et aussi Julien Thébault & Elena Bogdaniuk (Univ. de Bretagne Occidentale), Juergen Geist (Univ. de Munich | Allemagne), Marco Denic (Landkreis Passau | Allemagne), Frankie Thielen (Fondation Hëllef fird'Natur | Luxembourg), Samuel Esnouf (CEN Auvergne), Maria Ribeiro, Claire Vieilledent, Laurent Benard & Freddy Robert (CPIE des Collines normandes) et Sylvain Vrignaud (expert indépendant).

Nous tenons également à souligner la collaboration avec la Fédération du Finistère pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques qui a participé, avec nous et le CPIE des Collines normandes, au développement de ce projet, dès 2010. Merci à Pierrick Dury pour la mise en place du protocole d'élevage des mulettes perlières à la station du Favot.

Partenaires techniques et financiers :

Sommaire

Résumé **4**

Summary *5*

Remerciements *6*

Contexte **8**

Présentation de l'espèce **9**

I. Améliorer les connaissances **19**

I.1. La mulette perlière en Bretagne *20*

Localisation et taille des populations 20

Évolution des effectifs 30

Structure des populations 33

Étude sclérochronologique 36

Suivi de la reproduction 38

Glochidies et poissons-hôtes 39

Génétique des populations 41

I.2. Habitats *42*

I.3. Effets potentiels des changements climatiques *46*

Partie I : En bref *48*

II. Conserver l'espèce et ses habitats **50**

II.1. Restaurer les habitats *50*

II.2. Restaurer les populations *54*

Élevage ex-situ 55

Renforcement des populations 56

II.3. Réglementation et planification écologique *62*

Natura 2000 62

SAGE 62

Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope (APPB) 63

Partie II : En bref *64*

III. Actions transversales et d'animation de la déclinaison régionale **66**

III.1. Une action partenariale *66*

III.2. Sensibilisation *68*

IV. Perspectives **70**

Références bibliographiques **72**

Annexes **76**

Annexe 1. État des populations de la mulette perlière en Europe 76

Annexe 2. Élevage *ex-situ* 77

Annexe 3. Bilan des relâchers par souche et par âge pendant le LIFE 81

Contexte

Classée en danger d'extinction au niveau européen, la mulette perlière bénéficie d'une politique de conservation spécifique à l'échelle nationale : un Plan National d'Actions (2012-2017) (Prié *et al*., 2012). Il a pour objectifs « *le maintien des populations actuelles* [de l'espèce] *et l'amélioration de l'état de conservation de celles-ci* » ainsi que « *le retour de l'espèce dans les cours d'eau d'où elle a disparu*. »
Ce PNA n'a pas bénéficié de coordination ni d'animation. Il a tout de même été évalué en 2021, sur la base des actions régionales. Ce bilan a été présenté au CNPN au printemps 2021, qui a émis un avis favorable à sa poursuite dans le cadre d'un PNA 2 (commission ECB du CNPN, 22.04.2021).

En Bretagne, un programme LIFE+ « Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain » (2010-2016) (Beaume *et al*., 2016), avait initié des travaux de conservation et de restauration d'importance. Ils avaient concerné essentiellement trois populations, celles situées sur l'Elez, le Bonne Chère et le ruisseau de l'étang du Loc'h, respectivement dans le Finistère, le Morbihan et les Côtes-d'Armor.
Compte tenu du travail déjà réalisé en Bretagne, une déclinaison simplifiée a été mise en place pour la période 2016-2021 (Collectif, 2016) (tab. 1). Elle s'appuie sur la poursuite d'une partie des actions du LIFE, avec une extension des efforts à d'autres cours d'eau bretons. La priorité est donnée à la restauration des habitats.

Tableau 1. Objectifs et actions de la déclinaison régionale Bretagne du PNA mulette perlière

Améliorer les connaissances	A. Améliorer la connaissance sur l'aire de répartition historique et actuelle de l'espèce en Bretagne	Action A.1. Créer une base de données géolocalisées
		Action A.2. Inventorier les bassins-versants historiques et potentiellement favorable
	B. Actualiser la connaissance sur la biologie et l'écologie de l'espèce	Action B.1. Définir les critères de viabilité des populations
		Action B.2. Poursuivre la caractérisation de l'habitat favorable aux mulettes
		Action B.3. Diagnostiquer les populations : habitat, populations et pressions
		Action B.4. Suivre sur le long terme l'habitat, les populations et les pressions
		Action B.5. Générer des études ou des travaux de recherche
Sauvegarder l'espèce	C. Améliorer le fonctionnement général des cours d'eau où l'espèce est présente	Action C.1. Élaborer un plan de conservation par population prioritaire
		Action C.2. Améliorer, restaurer ou maintenir le fonctionnement des écosystèmes hébergeant la mulette perlière
	D. Permettre la sauvegarde de l'espèce et le renforcement des populations	Action D.1. Poursuivre l'élevage des 3 populations du LIFE – et potentiellement d'autres cours d'eau
		Action D.2. Réintroduire / renforcer des juvéniles sur les cours d'eau du LIFE - et potentiellement d'autres cours d'eau
	E. Permettre la protection active de l'espèce	Action E.1. Intégrer la protection de la mulette perlière et de son habitat dans les documents stratégiques ou non
		Action E.2. Améliorer la prise en compte de la mulette perlière dans le réseau Natura 2000
		Action E.3. Accompagner la mise en place de protections réglementaires
		Action E.4. Réaliser des acquisitions foncières
	F. Mettre en place les conditions d'un sauvetage rapide de l'espèce	Action F.1. Monter ou générer des programmes de manière à accélérer le sauvetage de l'espèce
Communiquer et coordonner	G. Coordonner les actions, améliorer la communication et la sensibilisation	Action G.1. Former et sensibiliser pour améliorer la collecte de données
		Action G.2. Améliorer la communication et la sensibilisation du grand public et des scolaires
		Action G.3. Animer et coordonner le plan d'actions

Ce bilan synthétise les résultats des actions réalisées pendant les 6 ans de la déclinaison ; actions qui avaient déjà fait l'objet de bilans annuels (2016 - 2017 ; 2018 ; 2019 ; 2020 ; 2021).

Présentation de l'espèce

Les moules d'eau douce appartiennent à l'ordre des *Unionoida*. Il est composé de 958 espèces vivantes, réparties dans six familles différentes (Graf & Cummings, 2021).
En Europe, il existe dix-sept espèces ; parmi celles-ci, onze sont présentes en France : neuf espèces d'*Unionidae* (tab. 2) sur les 753 espèces connues dans le Monde et deux espèces de *Margaritiferidae* sur les 17 espèces connues (tab. 3, fig. 1 et 2) : la **grande mulette** (*Pseudunio auricularius*) et la **mulette perlière** (*Margaritifera margaritifera*).

En Bretagne, cinq espèces sont actuellement recensées : la mulette perlière, la mulette méridionale (*Unio mancus*), la mulette des peintres (*U. pictorum*), l'anodonte des rivières (*Anodonta anatina*) et l'anodonte des étangs (*A. cygnea*) (fig. 3).

Tableau 2. Les "grands" bivalves d'eau douce (ou naïades) présents en Bretagne, en France et en Europe (d'après Pasco, 2013 ; Prié, 2017 ; Lopes-Lima *et al*., 2017)

Famille	Espèce	Bretagne	France	Europe
Margaritiferidae	*Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758)	x	x	x
	Pseudunio auricularius (Spengler, 1793)		x	x
Unionidae	*Potomida littoralis* (Cuvier, 1798)		x	x
	Microcondylaea bonelli (Férussac, 1827)			x
	Unio crassus (Philipsson, 1788)		x	x
	Unio delphinus (Spengler, 1793)			x
	Unio gibbus (Spengler, 1793)			x
	Unio mancus (Lamarck, 1819)	x	x	x
	Unio elongatus (Pfeiffer, 1825)			x
	Unio pictorum (Linnaeus, 1758)	x	x	x
	Unio ravoisieri (Deshayes, 1848)			x
	Unio tumidiformis (Castro, 1885)			x
	Unio tumidus (Philipsson, 1758)		x	x
	Anodonta anatina (Linnaeus, 1758)	x	x	x
	Anodonta cygnea (Linnaeus, 1758)	x	x	x
	i *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834)		x	x
	Pseudanodonta complanata (Rossmässler, 1835)		x	x

i : indique une espèce introduite

Tableau 3. Systématique et taxonomie de la famille des *Margaritiferidae* dans le Monde (d'après Lopes-Lima *et al*., 2018 ; Graf & Cummings, 2021)

Genre	Espèce
Gibbosula Simpson, 1900	*Gibbosula confragosa* (Frierson, 1928)
	Gibbosula crassa (Wood, 1815)
	Gibbosula laosensis (Lea, 1863)
	Gibbosula nanningensis (Qian, Fang & He, 2015)
	Gibbosula polysticta (Heude, 1877)
	Gibbosula rochechouartii (Heude, 1875)
Cuberlandia Ortmann, 1912	*Cuberlandia monodonta* (Say, 1829)
Margaritifera Schumacher, 1816	*Margaritifera dahurica* (Middendorff, 1850)
	Margaritifera falcata (Gould, 1850)
	Margaritifera hembeli (Conrad, 1838)
	Margaritifera laevis (Haas, 1910)
	Margaritifera margaritifera (Linnaeus, 1758)
	Margaritifera marrianae (Johnson, 1983)
	Margaritifera middendorffi (Rosen, 1926)
Pseudunio Haas, 1910	*Pseudunio auricularis* (Spengler, 1793)
	Pseudunio homsensis (Lea, 1864)
	Pseudunio marocanus (Pallary, 1928)

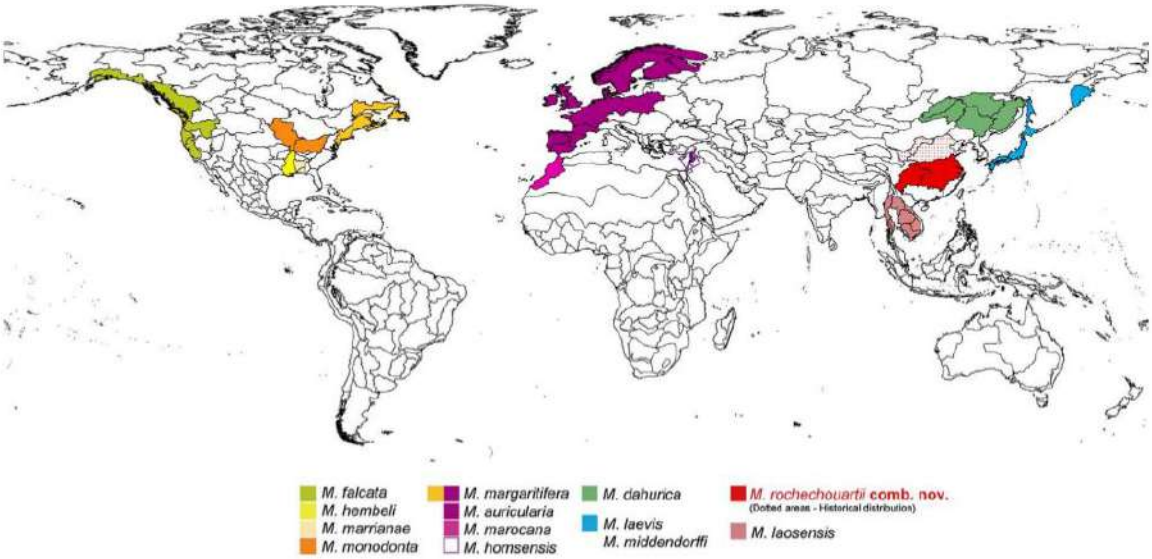


Figure 1. Répartition des différentes espèces de *Margaritiferidae* (d'après Huang *et al*., 2018)

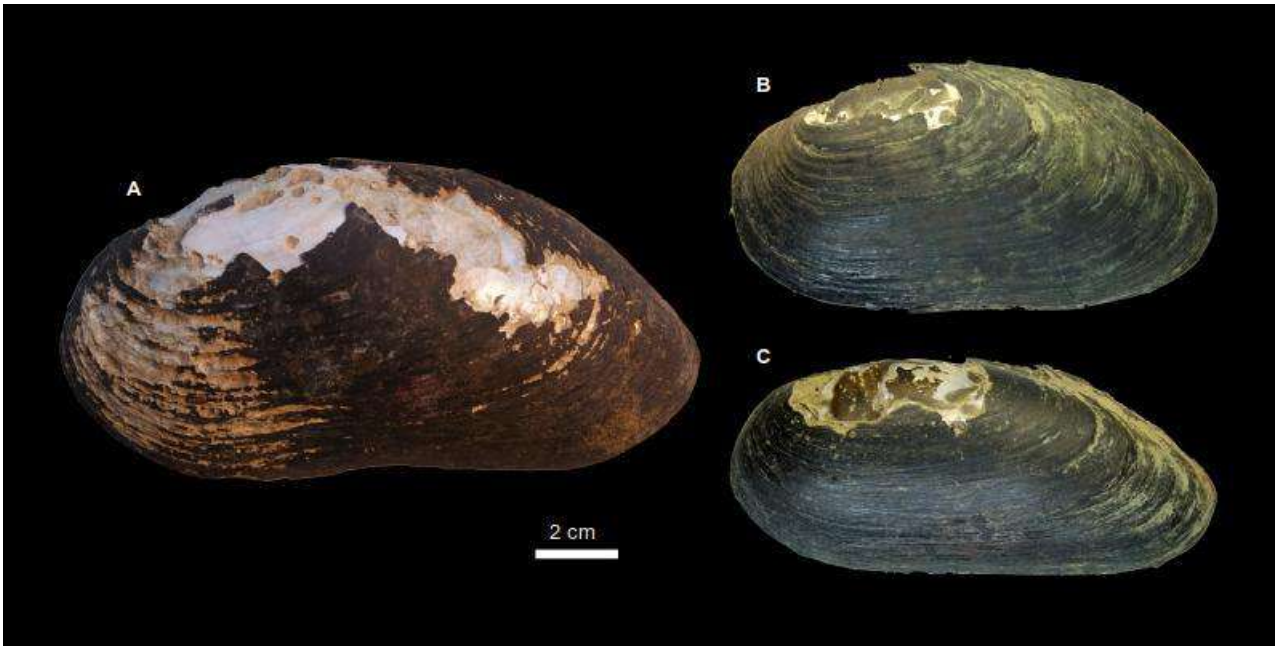


Figure 2. Coquilles de plusieurs espèces de Margaritiferidae. A : *Pseudunio auricularis*, rivière Vienne, France ; B : *Margaritifera dahurica*, rivière Komarovka, Russie ; C : *Margaritifera laevis*, rivière Tym', Île de Sakhaline, Russie. Photos : A, P.Y. Pasco ; B et C, I.V. Vikhrev

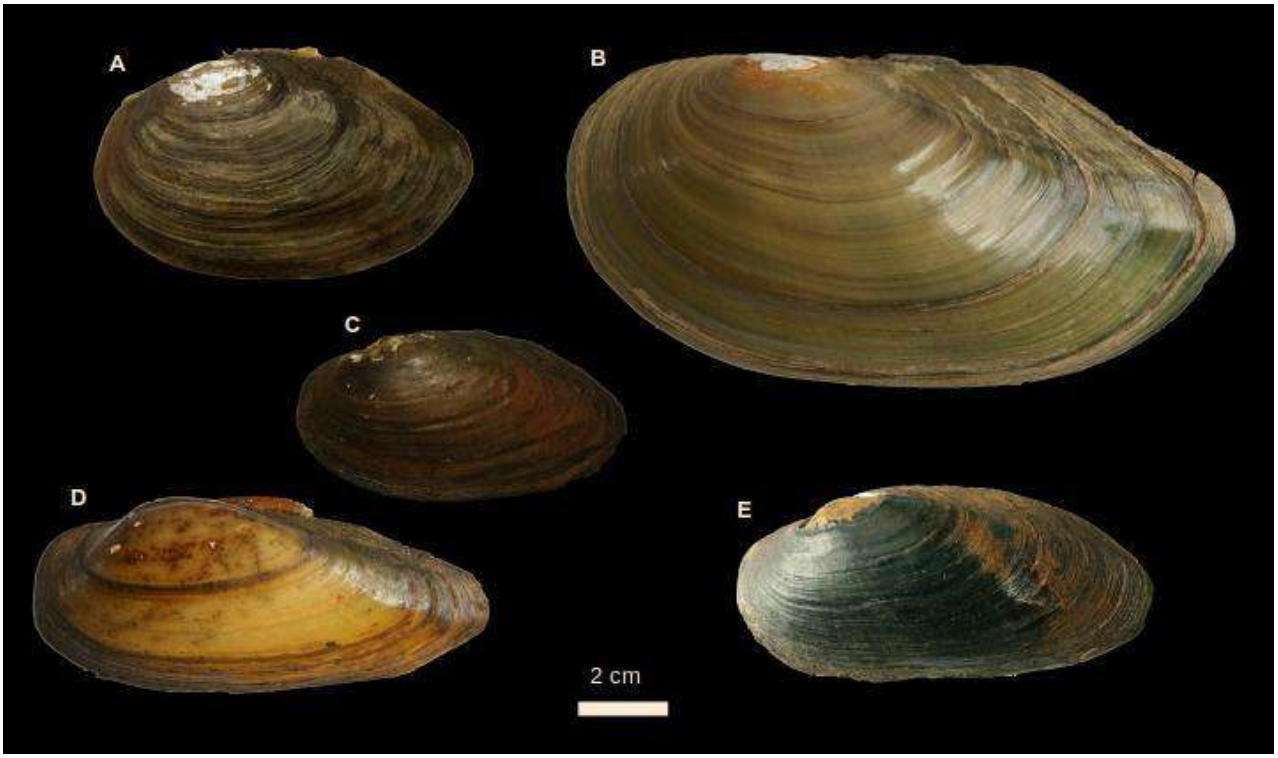


Figure 3. Coquilles de moules d'eau douce présentes en Bretagne. A : anodonte des rivières (*Anodonta anatina*), canal d'Ille-et-Rance, Ille-et-Vilaine ; B : anodonte des étangs (*A. cygnea*), étang de Châtillon-en-Vendelais, Ille-et-Vilaine ; C : mulette méridionale (*Unio mancus*), ruisseau de la Gare, Morbihan ; D : mulette méridionale (*U. mancus*), canal d'Ille-et-Rance, Ille-et-Vilaine ; E : mulette perlière (*M. margaritifera*), ruisseau de Bonne Chère, Morbihan. Photos : P.Y. Pasco

La coquille de la mulette perlière est de couleur marron chez les jeunes individus et elle devient noire chez les adultes (fig. 4). La croissance ainsi que la longueur maximale de la coquille sont variables d'un cours d'eau à l'autre (Hastie *et al*., 2000a) ; la température du cours d'eau semble être l'un des facteurs explicatifs (Hruška, 1992). La longueur de la coquille des adultes peut atteindre 120 mm en Bretagne, et jusqu'à 150 mm en Scandinavie (Bauer, 1992). Leur hauteur est comprise entre 40 et 50 mm. La détermination spécifique de la mulette perlière s'effectue par l'examen des dents : deux dents cardinales sont présentes sur la valve gauche et une seule sur la droite tandis que les dents latérales sont absentes (Smith, 2001 ; Lopes-Lima *et al*., 2018). D'autres critères peuvent aussi être utilisés sur des individus vivants, comme présenté sur la figure 5.
La mulette perlière a une longévité exceptionnellement grande, pouvant atteindre plus de 150 ans en Finlande (Helama & Valovirta, 2008). Pour se nourrir, elle filtre passivement les particules en suspension véhiculées par le courant. Chaque individu peut filtrer environ 50 L d'eau par jour (Ziuganov *et al*., 1994).

Vers l'âge de 10 ans, les mulettes perlières sont matures sexuellement (Smith, 1979 ; Young & Williams, 1984a). Les mâles libèrent leurs spermatozoïdes dans la rivière ; les femelles les interceptent ensuite par simple filtration (fig. 6). La fécondation a lieu en général de mai à juin. Dans des conditions particulières (stress ou très faible densité), les mulettes peuvent devenir hermaphrodites (Bauer, 1987).
Les larves formées (glochidies) sont conservées au sein des branchies des femelles, jusqu'à leur maturité (Scheder *et al*., 2011). Les glochidies matures (60-70 µm) sont ensuite libérées, de juillet à octobre (Hastie & Young, 2003 ; Ross, 1992), pour aller se fixer sur les branchies d'un poisson-hôte (truite fario ou saumon atlantique ; Young & Williams, 1984b) et y rester enkystées environ 8 à 10 mois. Au printemps suivant, une fois formée, la jeune mulette (500 µm) se décroche de son poisson-hôte et se laisse tomber sur le substrat avant de s'y enfouir et poursuivre sa croissance pendant plusieurs années. Ensuite, sa croissance continue à la surface, à demi-enfouie, comme les adultes.

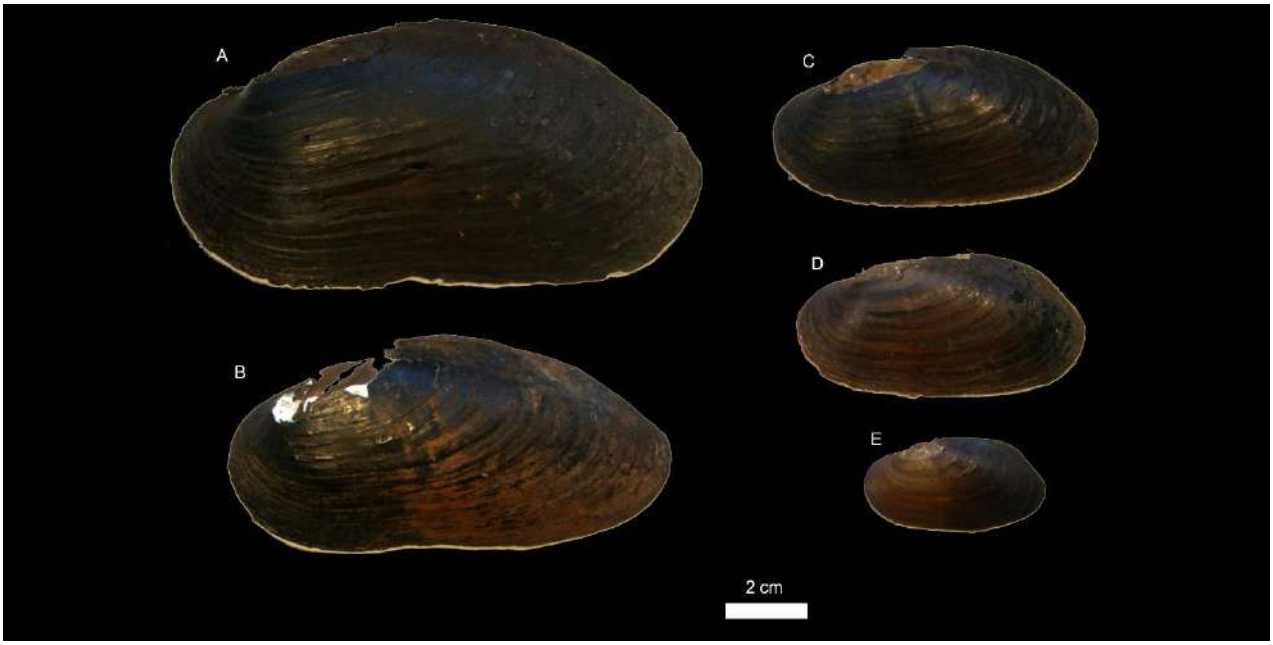


Figure 4. Différentes coquilles de mulette perlière (*M. margaritifera*) : A : rivière Bundorragha, Irlande ; B : Fish Creek, NY, USA ; C, D et E : rivière Arn, France. Photos : P.Y. Pasco

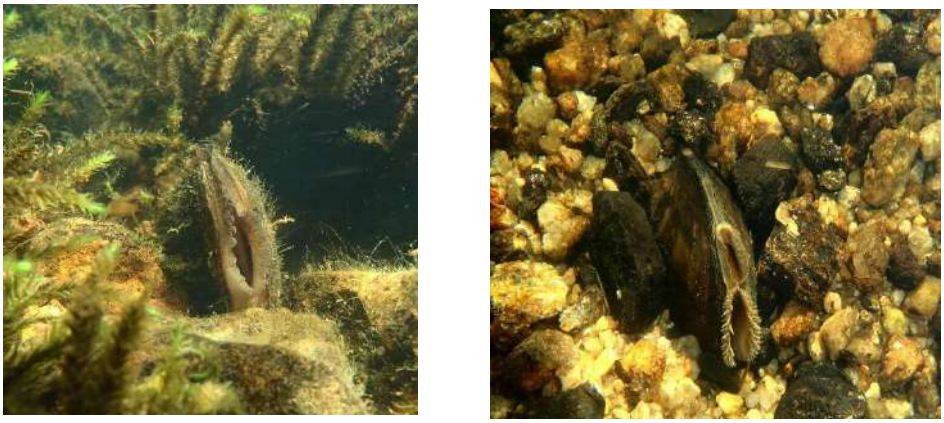


Figure 5. Individus vivants de mulette perlière (*gauche*) et de mulette méridionale (*droite)*. Sur des individus vivants, l'observation du siphon inhalant est le meilleur critère d'identification : les "cils" présents autour du siphon inhalant sont plus longs chez la mulette méridionale que chez la mulette perlière.
Photos : R. Le Mener, P.Y. Pasco

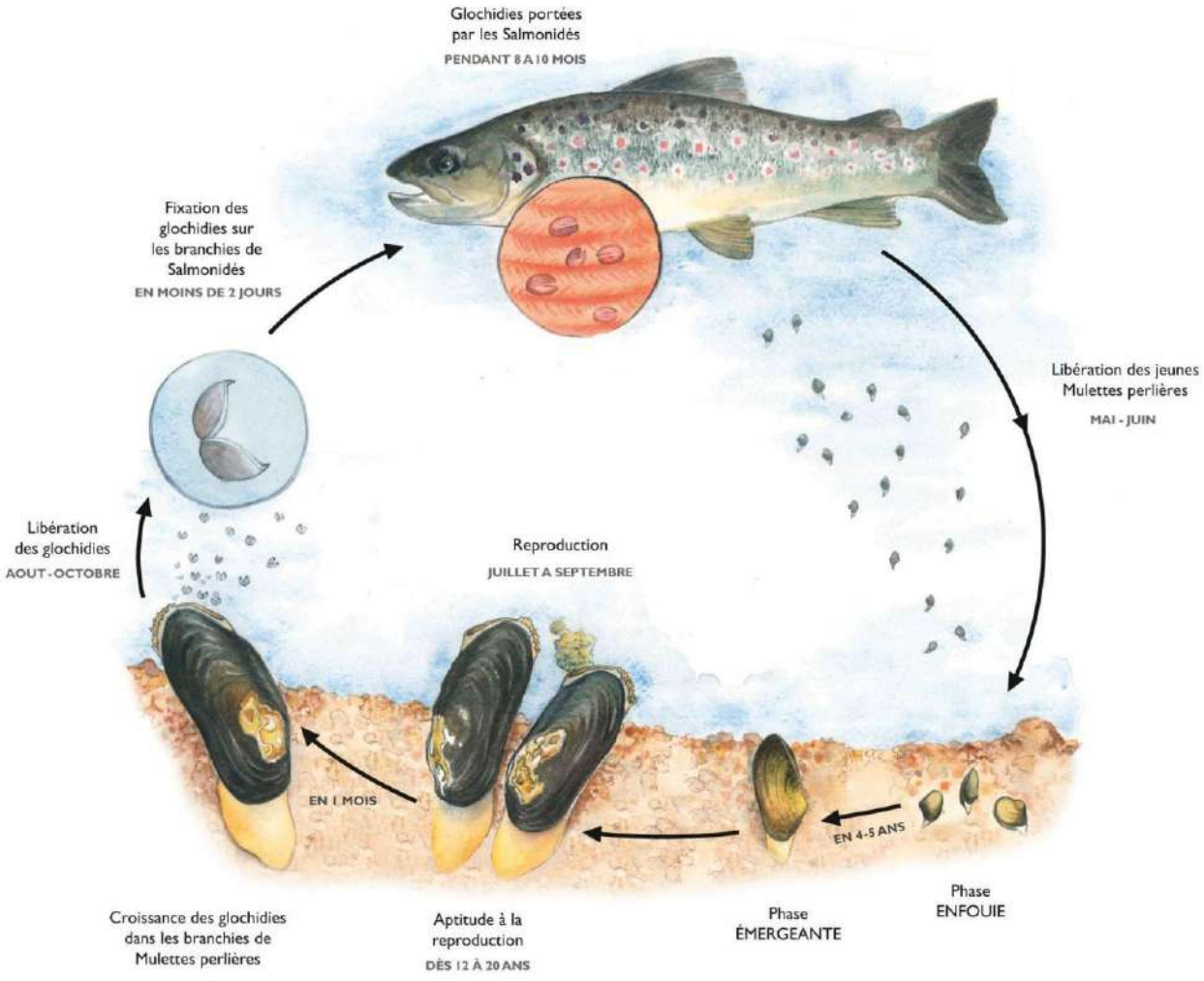


Figure 6. Cycle de vie de la mulette perlière (dessin Manuela Tetrel, CPIE des Collines normandes)

La mulette perlière se rencontre dans des rivières d'eaux courantes sur un substrat siliceux (fig. 7). L'eau de ces cours d'eau est acide à neutre et pauvre en nutriments (oligotrophes). Ces cours d'eau doivent héberger des populations fonctionnelles de son poisson-hôte. Son micro-habitat est composé de zones sablonneuses stabilisées ou gravillonneuses avec des éléments plus structurants comme des pierres ou des blocs. Le courant ne doit pas être trop fort, comme sur certaines zones de radiers ou de rapides, ni trop faible car il favorise le dépôt de particules fines (Hastie *et al*., 2000b ; Quinlan *et al*., 2015).

La qualité de l'habitat, et surtout des sédiments, est primordiale pour les juvéniles. Ils doivent pouvoir s'y enfouir à une profondeur de quelques centimètres (Bílý *et al*., 2021) et y trouver une oxygénation suffisante (Hyvärinen *et al*., 2022) pour y survivre pendant plusieurs années. Les sédiments ne doivent donc pas être colmatés et doivent permettre des échanges suffisants entre l'eau libre et l'eau interstitielle, et également être relativement stables dans le temps (Geist & Auerswald, 2007).

En tant que filtreur, la mulette perlière est aussi sensible aux différents paramètres physico-chimiques de l'eau de la rivière, comme la température, l'oxygénation, la conductivité, le pH, la teneur en éléments minéraux mais aussi les sédiments en suspension (Bauer, 1988 ; Osterling, 2015 ; Taskinen *et al*., 2011).

L'Arn, en Occitanie

La Virlange, en Auvergne-Rhône-Alpes

Le Cousin, en Bourgogne-Franche-Comté

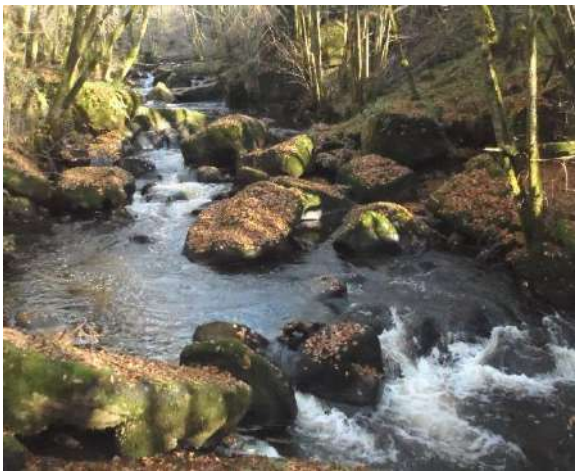

La Dronne, en Nouvelle-Aquitaine

Figure 7. Cours d'eau français hébergeant des populations de mulette perlière. Photos : P.Y. Pasco

La mulette perlière est présente dans le nord-est de l'Amérique et en Europe (Junbluth *et al*., 1985 ; Young *et al*., 2001) (fig. 8). Sa répartition est globalement corrélée à celle de l'un de ces poissons-hôtes, le saumon atlantique (*Salmo salar*) (MacGrimmons & Gots, 1979).
En Amérique du Nord, on la retrouve de la Pennsylvanie aux USA, jusqu'au Québec au Canada (Farrington *et al*., 2020 ; Martel & McAlpine, 2007 ; Sollows *et al*., 2013 ; Walker, 1910 ; Zanatta *et al*., 2018).

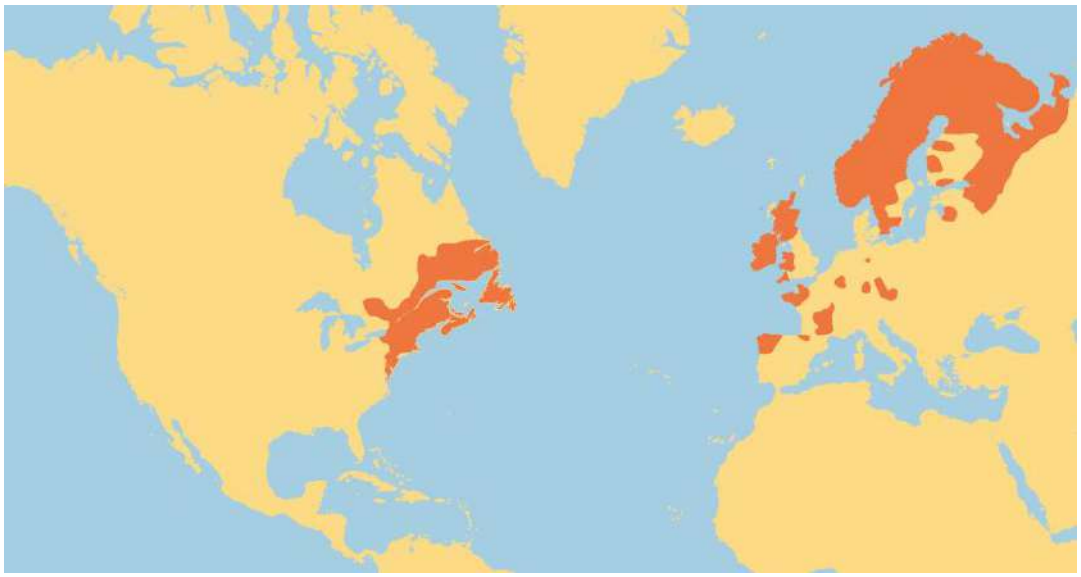


Figure 8. Répartition mondiale de la mulette perlière (Pasco, d'après Junbluth *et al*., 1985 ; Young *et al*., 2001)

En Europe, elle est actuellement présente dans 19 pays (fig. 9, Annexe 1). La Norvège et la Russie hébergent, chacune, plus de 100 millions d'individus (Larsen & Magerøy, 2019 ; Makhrov *et al*., 2014). Tandis que la Suède, l'Écosse et l'Irlande en accueillent plusieurs millions (Söderberg *et al*.,2012 ; Cosgrove *et al*., 2016 ; Geist *et al*., 2018).

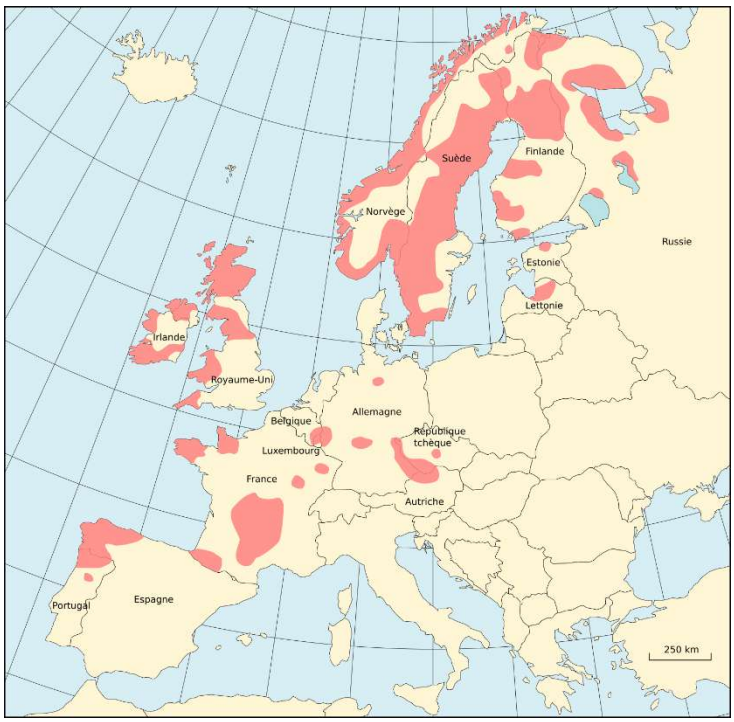


Figure 9. Répartition européenne de la mulette perlière (Pasco, d'après Larsen, 2005)

En France, l'espèce occupe 159 cours d'eau, dont la majorité est située dans le Massif central. Toutefois, des populations sont aussi présentes dans le Morvan, les Pyrénées, les Vosges et le Massif armoricain (fig. 7, 10 & 11). Le déclin de l'espèce est estimé à plus de 90 % en un siècle (Cochet, 1999). Actuellement, l'effectif français est évalué à environ 370 000 individus (Esnouf, *en prép.*).

Statut et aspects patrimoniaux

La mulette perlière est une espèce d'intérêt communautaire inscrite aux **annexes II et V de la Directive « Habitats-Faune-Flore »** ainsi qu'à l'**annexe III de la Convention de Berne**.

Elle est **protégée** par la loi française (arrêté du 23 avril 2007).

Extrait de l'article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007 :
« sont interdits sur le territoire métropolitain et en tout temps la destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier […], la destruction, la perturbation intentionnelle d'individus […], la détention, le transport, le colportage, la mise en vente, la vente ou l'achat ».

A l'échelle mondiale, l'UICN classe la mulette perlière sur la liste rouge des espèces menacées dans la catégorie « *endangered* » (en voie d'extinction) (fig. 12). Tandis qu'à l'échelle européenne, elle est classée dans la catégorie « *critically endangered* » (en danger critique d'extinction). Dernièrement, à l'échelle française, elle a été également classée dans la catégorie « *endangered* » (en voie d'extinction) (UICN *et al.*, 2021).

Monde	Europe	France
EN	CR	EN

Figure 12. Classement de la mulette perlière sur les listes rouges mondiale, européenne et française

La Directive "Habitats-Faune-Flore" détermine que l'état de conservation d'une espèce est "favorable" lorsque :
« Art. 1 : […] les données relatives à la dynamique de population de l'espèce en question indiquent que cette espèce continue et est susceptible de continuer à long terme à constituer un élément viable des habitats naturels auxquels elle appartient [...] et il existe et il continuera probablement d'exister un habitat suffisamment étendu pour que ses populations se maintiennent à long terme. […] ».

Le déficit de recrutement de jeunes individus conduit à des populations incapables de se maintenir sur le long terme. Dans la majorité des cas, c'est la raison principale pour laquelle les populations ne sont pas viables.

Grâce à son cycle de vie complexe, ses exigences écologiques, sa grande longévité, …Geist (2010) considère que la mulette perlière est, à la fois, une **espèce indicatrice** (*indicator species*), une **espèce clé** (*flagship species*) et une **espèce parapluie** (*umbrella species*), et qu'elle peut aussi être considérée comme une **espèce cible** idéale pour les actions de conservation des écosystèmes fluviaux.

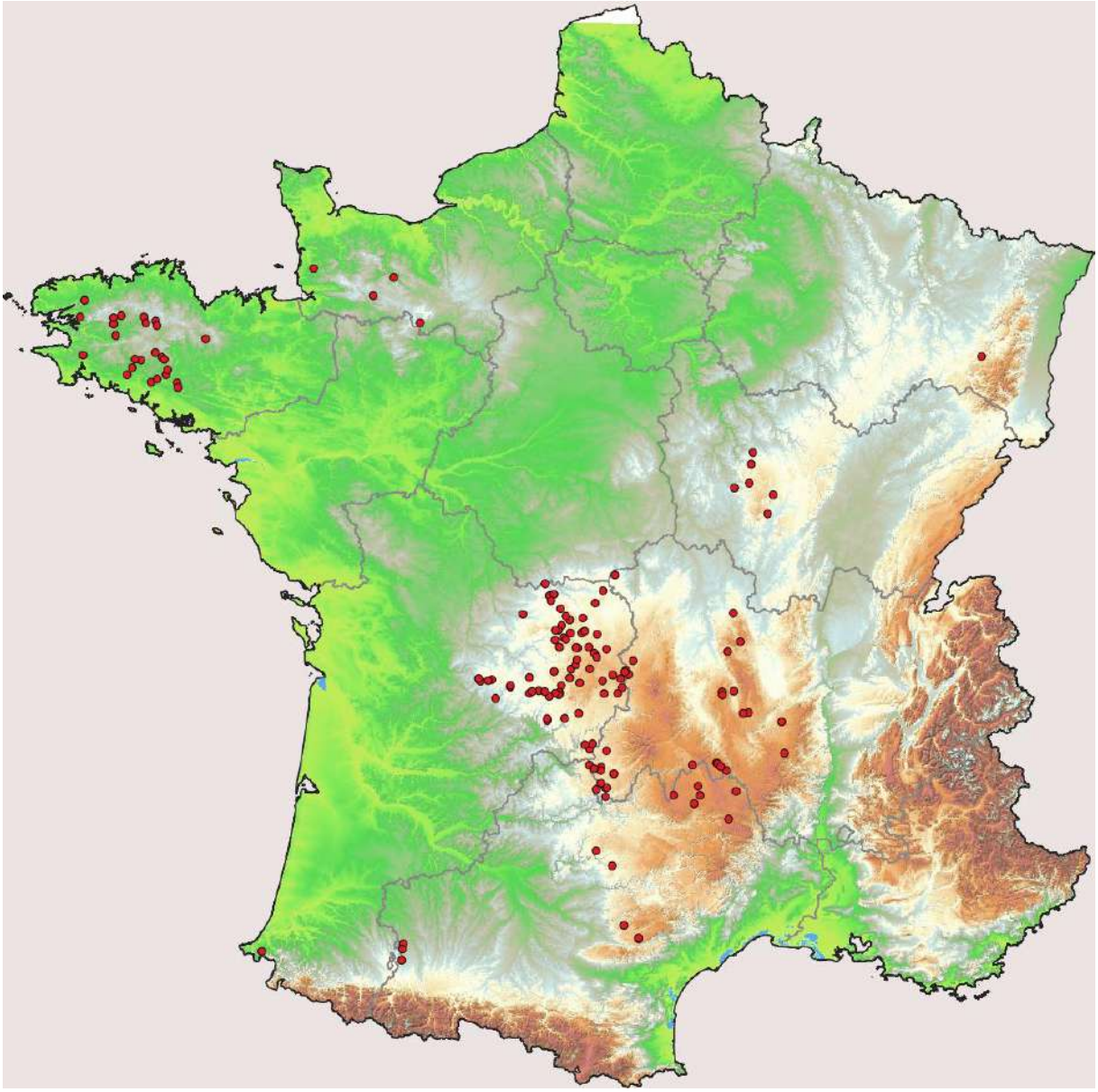


Figure 10. Répartition française de la mulette perlière (carte Bretagne Vivante)

Figure 11. Plusieurs individus de mulette perlière dans la rivière Arn, en Occitanie. Photo : P.Y. Pasco

Muette perlière de l'Elez aval. Photo R. Le Mener

I. Améliorer les connaissances

À l'échelle nationale, comme à celle de la Bretagne, le déclin de la mulette perlière est estimé à plus de 90 % en un siècle (Cochet, 1999 ; Pasco & Hesnard, 2015).

Depuis une dizaine d'années, plusieurs compartiments du cycle biologique ont été étudiés pour les trois populations suivies dans le cadre du LIFE. Sur les autres populations, les éléments de diagnostic sont plus récents.
Le regroupement de ces résultats a comme objectif de déterminer la fonctionnalité des populations et donc leur viabilité à moyen et long terme.
Un certain nombre d'éléments pour cette évaluation sont décrits dans la littérature, et fixés dans la norme AFNOR NF EN 16859.

Ferreira-Rodríguez *et al.*, (2019) proposent de rassembler les paramètres en deux groupes : intrinsèques et extrinsèques. Les **facteurs intrinsèques** concernent l'espèce : les populations en terme de taille et de distribution, les tendances des effectifs, les éléments de démographie (structure d'âge, recrutement, mortalité), traits d'histoire de vie (fécondité, stratégie de reproduction, longévité, etc.) et diversité génétique. Les **facteurs extrinsèques** décrivent l'état de l'habitat et l'état des populations de poisson-hôte.
Les résultats sur l'amélioration des connaissances seront présentés suivant le même partage des paramètres (parties 1 et 2).

Figure 12. Le ruisseau de l'étang du Loc'h. Photo : P. Pustoc'h

I.1. La mulette perlière en Bretagne

Localisation et taille des populations

La connaissance de la répartition des populations de mulette perlière a commencé par une synthèse des données naturalistes, poursuivie par un important travail de prospection, aidé de la bibliographie, des témoignages et des récoltes de coquilles. Il a pu être établi qu'historiquement, l'espèce devait être présente dans toutes les rivières à salmonidés, situées à l'ouest d'une ligne allant de Saint-Brieuc à Vannes (fig. 14).

L'amélioration des connaissances de la répartition actuelle et historique s'est poursuivie durant la déclinaison régionale. Entre 2016 et 2022, environ 61 km de cours d'eau (fig. 15) ont été prospectés à l'aquascope (encadré 1), sur 85 jours de travail et correspondant à 380 journées-personnes cumulées (fig. 13). Ces trois dernières années, la méthode de détection de l'espèce par l'ADN environnemental (encadré 2) a aussi été utilisée pour identifier les cours d'eau accueillant l'espèce. 26 stations, réparties sur 13 cours d'eau, ont fait l'objet de recherche par ADNe ; l'espèce y a été détectée sur 10 stations de 6 cours d'eau différents (fig. 16).
L'effort de connaissance de la répartition historique se poursuit par la collecte de témoignages (fig. 14) qui, lorsqu'ils sont suffisamment précis, permettent d'orienter les prospections.

Encadré 1. Prospection à l'aquascope

Classiquement, le dénombrement des mulettes perlières se fait à l'aide d'un aquascope, sorte de cône en plastique avec une partie transparente à l'extrémité qui permet de regarder sous l'eau, sans plonger (Strayer & Smith, 2003 ; Young *et al.*, 2003). Pour une meilleure visibilité, des lampes sont accrochées à l'intérieur des aquascopes.
Pour procéder à de bonnes prospections, il faut notamment favoriser des périodes de hauteur d'eau intermédiaire. Si la profondeur est trop importante, on n'approche pas suffisamment du fond pour avoir une bonne visibilité ; si la hauteur d'eau est trop faible, on ne peut plus se servir de l'aquascope et il faut regarder caillou après caillou. Pour optimiser les prospections, il faut également éviter les périodes après la pluie, l'eau étant souvent plus turbide, et éviter les périodes après les chutes des feuilles des arbres entraînant des dépôts pouvant être importants et couvrant le lit de la rivière.
Dans de bonnes conditions, la détection des individus a été évaluée entre **60 et 70 %** (Millière, 2015). Ce pourcentage peut aussi évoluer en fonction de l'expérience de l'observateur, de la présence d'une sous-berge ou encore d'une ripisylve très dense.

Recherches à l'aquascope : dans l'Elez (*gauche*) ; dans l'Aër (*droite*). Photos : A. Lamoureux, P.Y. Pasco

Figure 13. Prospections dans l'Ellé, à Tréméven (29), en septembre 2019, avec le personnel technique de Quimperlé Communauté. Photo : P.Y. Pasco. Ces temps de collaboration participent à la formation et la montée en compétence des partenaires techniques.

Encadré 2. La méthode de recherche par analyse d'ADN environnemental

Les animaux présents dans un environnement laissent des traces de leur ADN par l'intermédiaire de fécès, d'urine, de gamètes, de salive, de peau, ou de la décomposition d'organismes morts (Tabarlet *et al.*, 2012). Cet ADN peut être extrait à partir d'échantillons environnementaux (sol, sédiments, eau) sans avoir besoin d'isoler au préalable des individus cibles. La persistance d'ADN environnemental dans les milieux aquatiques dépend de la biologie des espèces, mais aussi de la dégradation de cet ADN par les rayons UV, l'action des bactéries et des champignons… (Dejean *et al.*, 2011).

La méthode « ADNe » est utilisée en complément des méthodes de recherche de mulette perlière à l'aquascope. Elle permet, en cas de réponse positive, de délimiter des secteurs intéressants à prospecter**, la recherche visuelle restant toujours nécessaire**.

Le choix des sites de prélèvement se fait en fonction de l'état des connaissances de la répartition de l'espèce sur le bassin versant : donnée(s) historique(s), témoignage(s), découverte de coquille(s)… La présence d'habitats potentiellement favorables peut également aider dans le choix de ces sites.

En fonction des résultats positifs ou négatifs, ils permettent d'écarter certains linéaires pour les prospections futures.

Il est conseillé de réaliser les prélèvements lors des périodes de moyennes eaux (entre juin et septembre) : pas trop d'eau pour ne pas diluer les traces d'ADN et suffisamment pour que les éléments circulent dans le cours d'eau et aient une chance d'être filtrés. À cette période, correspondant à la période de reproduction de l'espèce, on peut également espérer avoir plus de quantité d'ADN dans l'environnement.

Les analyses ADNe sont une aide pour connaître la présence de la mulette perlière. **Toutefois une réponse négative ne veut pas systématiquement dire qu'il n'y a pas de mulette perlière**. De plus, cette méthode ne permet pas de dire à quelle distance du point de prélèvement se trouvent les individus, ni combien sont présents dans le cours d'eau. De nombreux facteurs peuvent influencer le nombre de fragments trouvés, comme la distance du point de prélèvement, la densité de la population, le débit du cours d'eau, sa largeur, la période de l'année, etc.

Prélèvement d'eau à l'aide d'une pompe péristaltique (*gauche*), et fixation de l'échantillon (*droite*). Photos : P. Pustoc'h

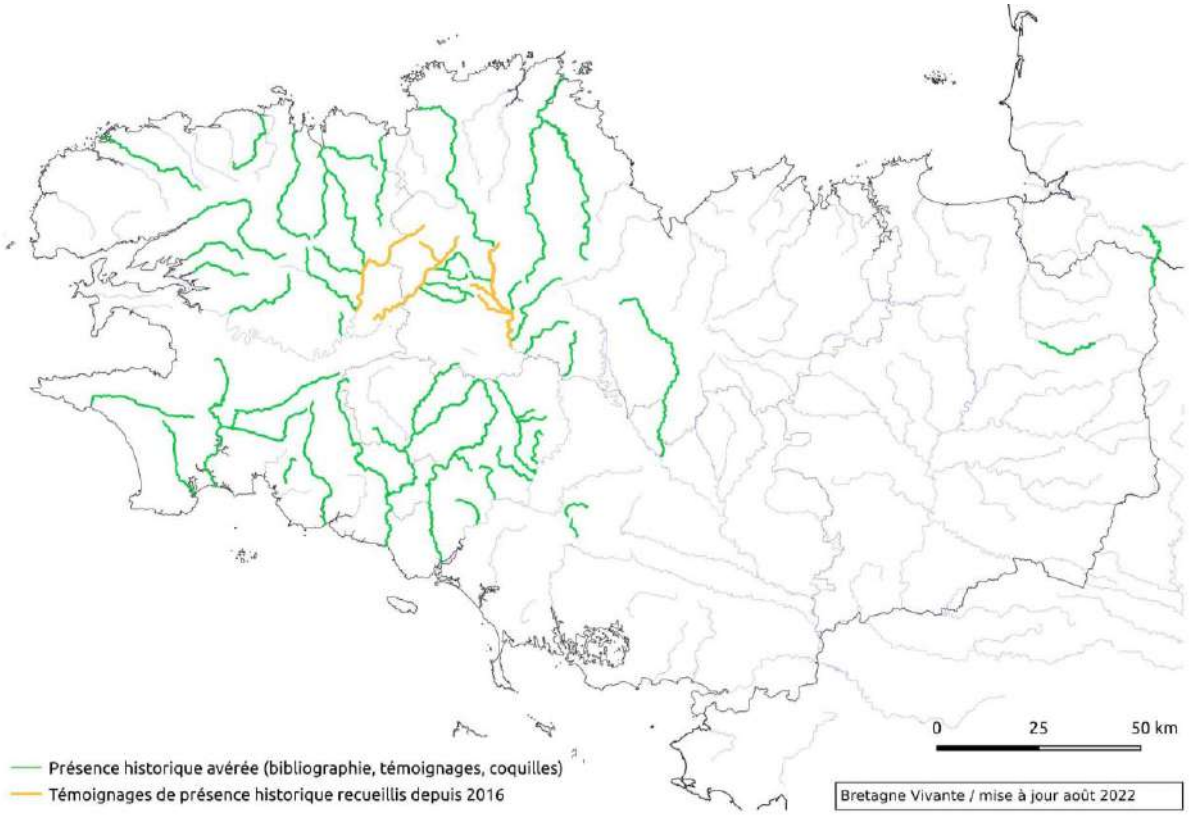


Figure 14. Cours d'eau historiquement occupés par la mulette perlière en Bretagne

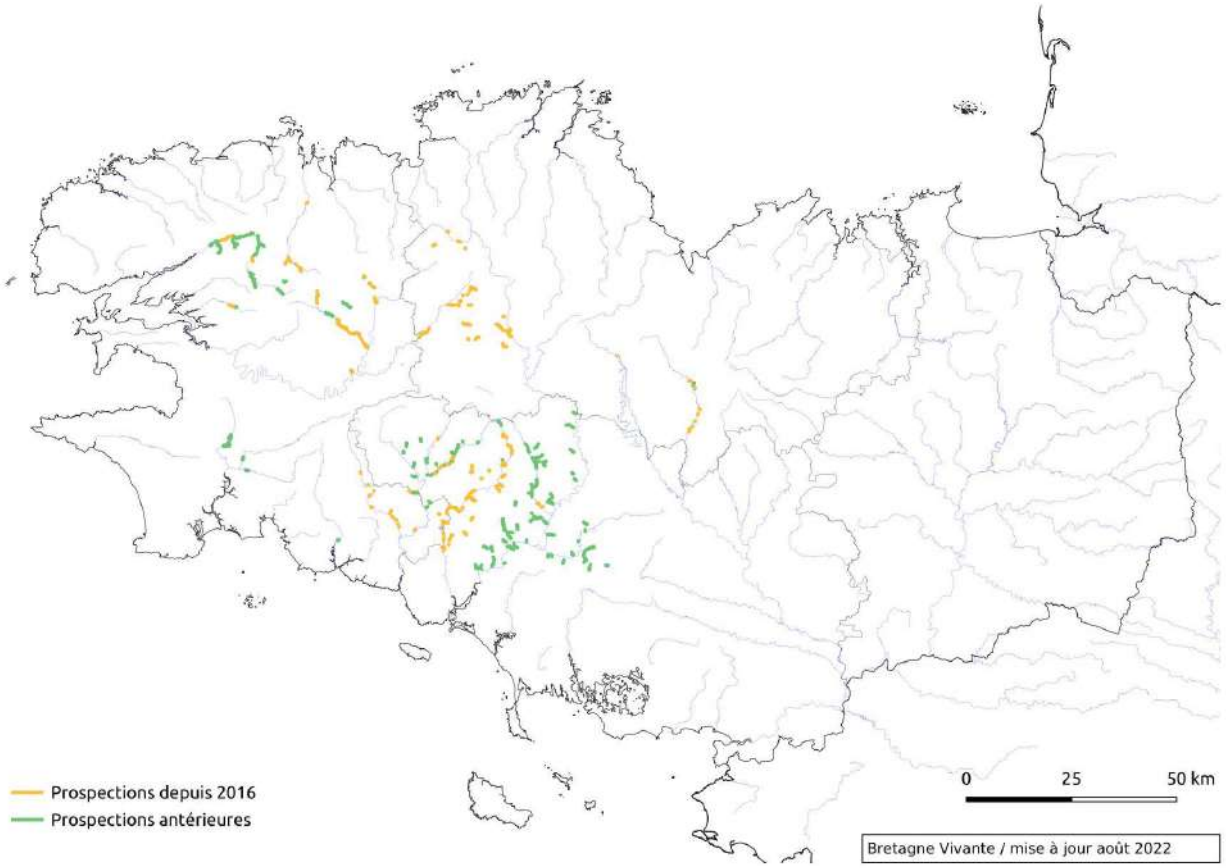


Figure 15. Linéaires de cours d'eau prospectés à l'aquascope entre 2016 et 2022

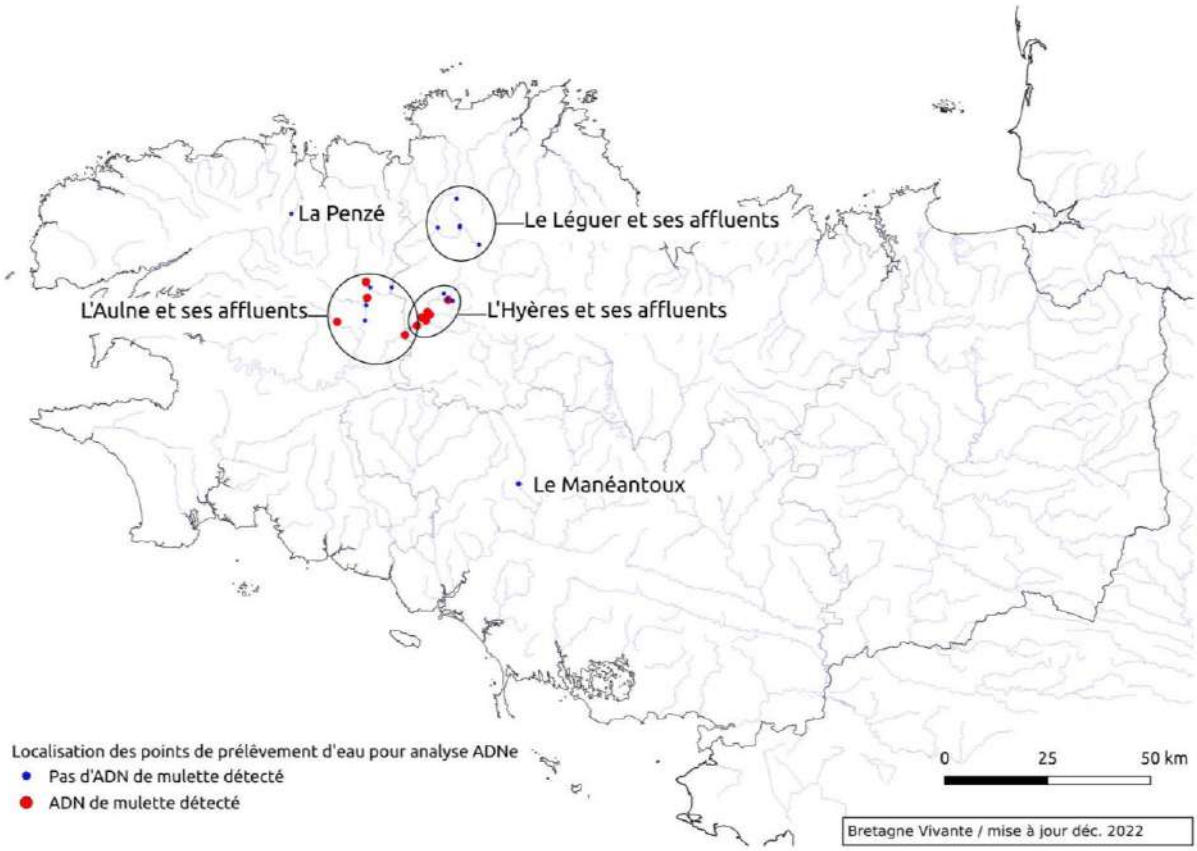


Figure 16. Cours d'eau ou bassins versants prospectés par ADNe

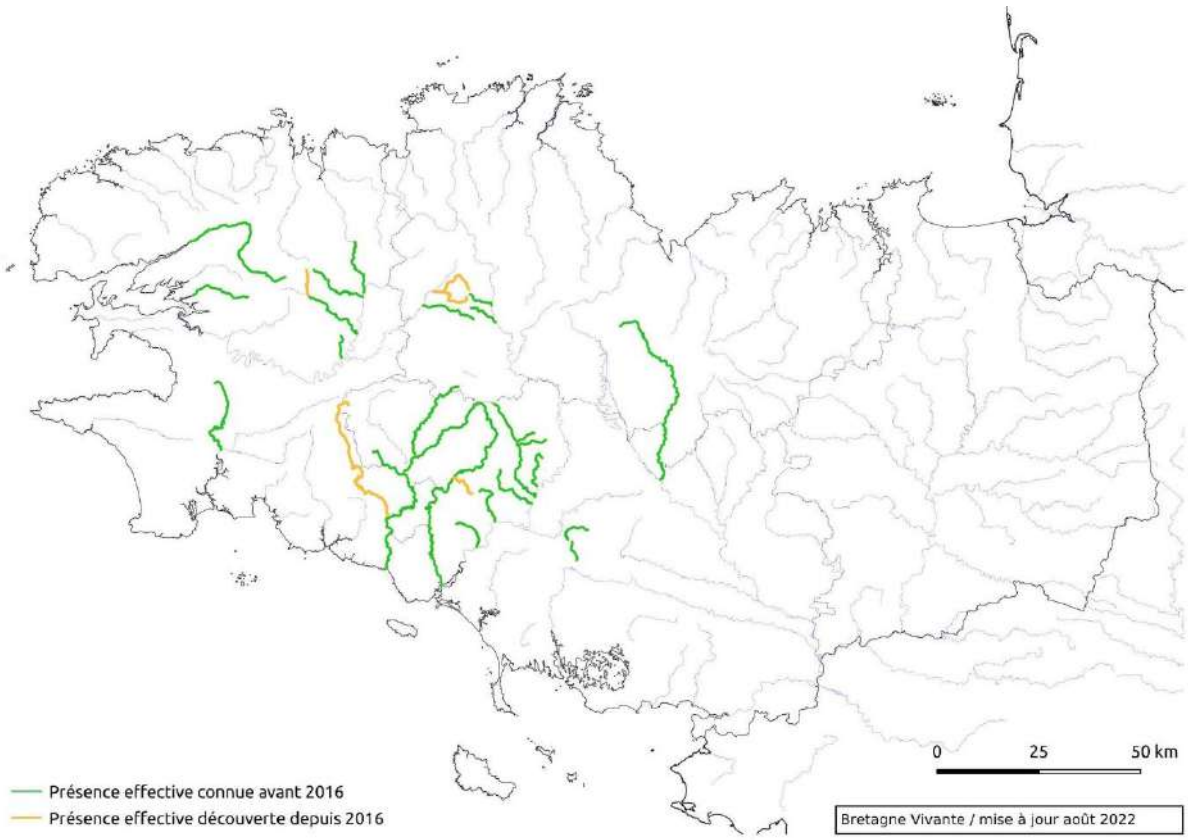


Figure 17. Cours d'eau actuellement occupés par la mulette perlière en Bretagne

Actuellement, des populations de mulette perlière sont présentes sur **27 cours d'eau** (tab. 4 et fig. 17). Entre 2016 et 2022, 5 cours d'eau, accueillant des populations, ont été identifiés : le Roudoudour, l'Isole, le Pont er Bellec, le Kerangle et le Pont-Hellou (fig. 17).
La principale découverte est celle de l'Elez, dans sa partie aval : la prospection de cette population majeure a commencé à la fin du LIFE et s'est poursuivie pendant la déclinaison régionale (Pasco, 2016). La découverte de quelques individus sur le haut bassin versant de l'Hyères (Pont-Hellou et Kerangle) ou sur le bassin versant du Scorff (Pont er Bellec) ne reflète que l'amélioration de la connaissance de la répartition de l'espèce mais pas l'extension des populations. Les individus découverts en 2021 et 2022 sur le Roudoudour (haut bassin versant de l'Elez) ont un intérêt particulier car sont issus d'une réintroduction effectuée en 2013 (cf. § II.2).

Les bassins versants de l'**Aulne**, du **Blavet** et de la **Laïta** (Ellé-Isole) accueillent respectivement 78 %, 19 % et 2 % des effectifs, c'est-à-dire 99 % des mulettes perlières connues en Bretagne (fig. 18).
Sur les 27 cours d'eau accueillant la mulette perlière, 20 ont des effectifs inférieurs à 100 individus (fig. 19).

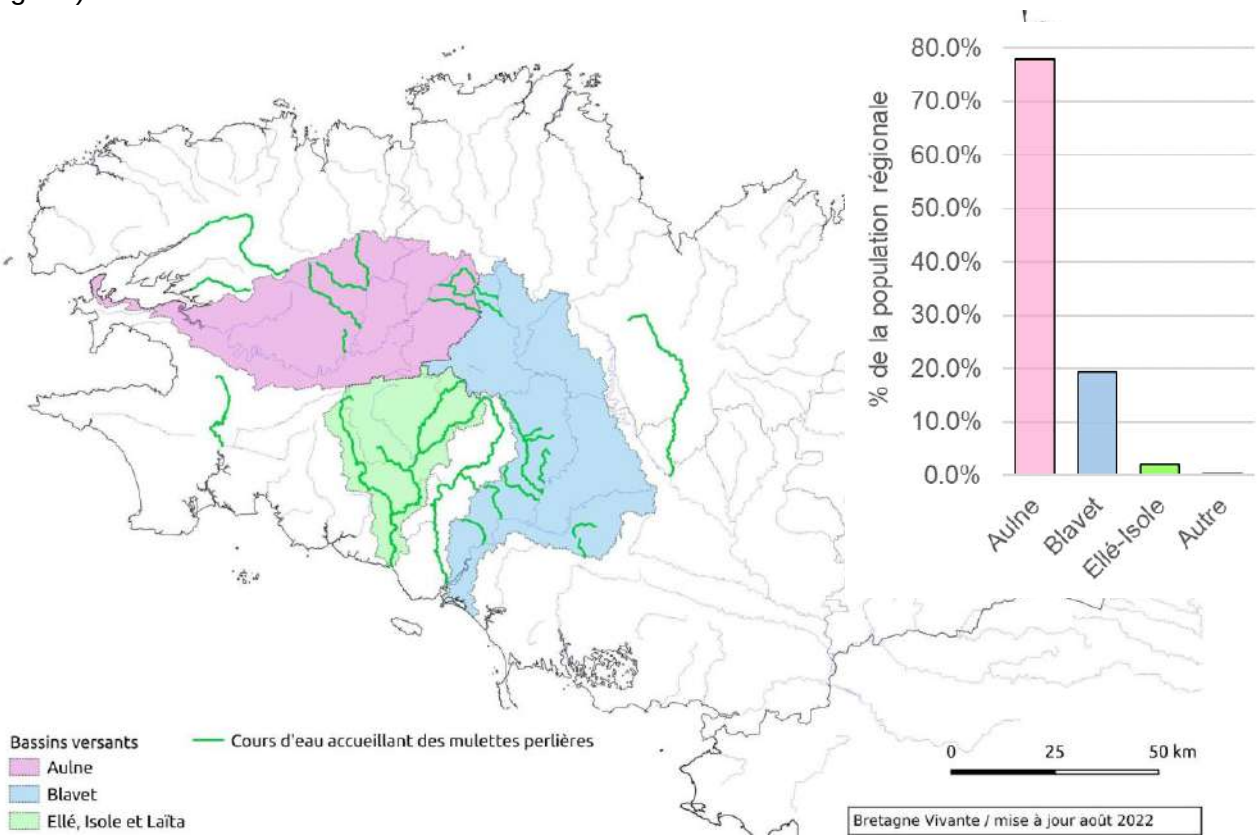


Figure 18. Répartition de la population régionale de mulette perlière par bassins versants

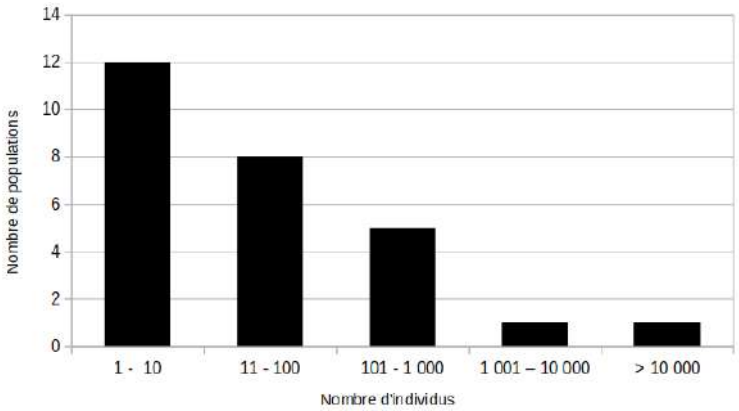


Figure 19. Nombre de cours d'eau en fonction du nombre d'individus

Tableau 4. Les populations de mulette perlière, par bassin versant, en Bretagne

Bassin	Sous-bassin	Cours d'eau	Département	Effectif estimé	Effectif observé	Année (*)
Aulne	Elez	Elez	29	10 000 - 12 000		2016 - 2022
		Roudoudour	29	20 - 30	5	2022
	Fao	Fao	29	100 - 150	150	2013
	Hyères	Follezou	22	20 - 30	20	2022
		Kerangle	22	1 - 5	1	2022
	Poull Ru	Poull Ru	29	1 - 5	1	2019
	Squiriou	Squiriou	29	1 - 5	1	2021
Blavet	Sarre	Bonne Chère	56	2 000 - 2 200	2 000	2018
		Sarre	56	50 -100	50	2014
		Frétu	56	5 - 10	8	2011
	Evel	Tellené	56	150 - 200	150	2015
		Goyedon	56	1 - 5	1	2013
	Brandifrout	Brandifrout	56	150 - 200	150	2017
	Loc'h	Loc'h	22	100 - 150	80	2020
	Saint-Georges	Saint-Georges	22	80 - 100	73	2021
	Sébrevet	Sébrevet	56	50 - 80	40	2013
	Houée	Houée	56	20 - 30	20	2013
	Kerollin	Kerollin	56	1 - 5	1	2015
Laïta	Ellé	Aër	56	150 - 200	150	2020
		Naïc	29 - 56	20 - 50	20	2017
		Ellé	56	1 - 5	1	2014
	Isole	Isole	29	50 - 100	50	2018
Scorff		Scorff	56	20 - 30	20	2018
Camfrout		Camfrout	29	10 - 20	9	2021
Vilaine	Oust	Lié	22	10 - 20	10	2020
Elorn		Elorn	29	0 - 1	2	2009
Odet	Steir	Steir	29	0 - 1	2	2014

* : dernière année d'observation

La rivière **Elez** accueille une population totale estimée entre 10 000 et 12 000 individus (tab. 4), la plus importante population de Bretagne. Le chaos granitique de Saint-Herbot constitue une barrière physique entre les parties amont et aval du cours d'eau. Deux populations distinctes existent sur ce cours d'eau : une à l'amont du chaos, estimée à environ 650 individus, et une autre à l'aval, estimée entre 9 000 et 11 000 individus (fig. 20).

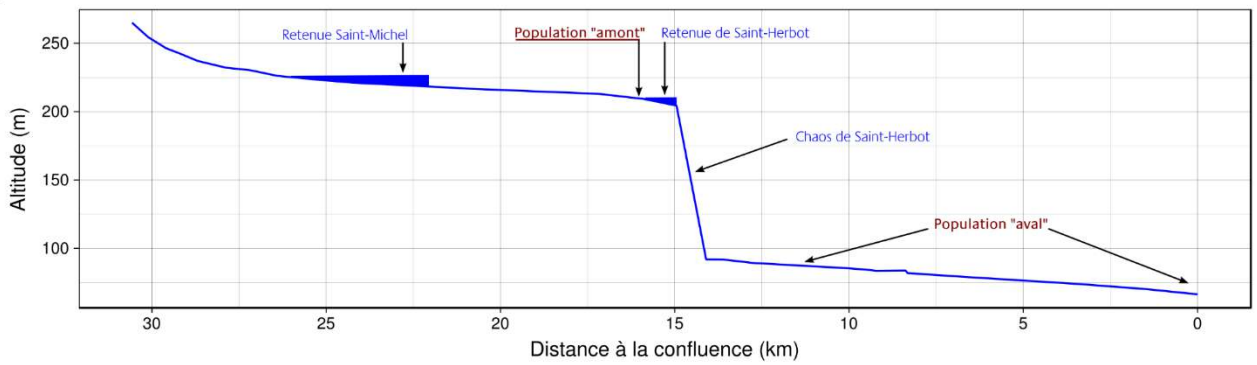


Figure 20. Position des deux populations de mulette perlière sur le profil en long de l'Elez. Environ 650 ind. à l'amont, sur 0,3 km et 9 000 à 11 000 ind. sur les 14 km du cours d'eau en partie aval

Sur le bassin versant du Blavet, le ruisseau de **Bonne Chère**, affluent de la Sarre, accueille environ 2 000 individus (fig. 23).

Figure 21. L'Elez, en aval de Saint-Herbot, en juin 2016. Photo : P.Y. Pasco

Figure 22. Plusieurs individus dans le ruisseau de Bonne Chère, en septembre 2018. Photo : P.Y. Pasco

Cinq autres cours d'eau accueillent une population dont le nombre d'individus est supérieur à 100 : le Fao, le Loc'h, le Tellené, le Brandifrout et l'Aër. Le Saint-Georges, la Sarre et l'Isole hébergent, quant à eux, une population estimée entre 50 à 100 individus (fig. 23).

Les autres rivières ont des effectifs faibles voire anecdotiques. Néanmoins, certains cours d'eau semblent abriter encore des habitats favorables. Cette bonne qualité d'habitat peut alimenter la réflexion sur des potentialités de réinstallation de l'espèce dans une partie de son aire historique (cf. objectif du PNA « *le retour de l'espèce dans les cours d'eau d'où elle a disparu*. » Prié *et al.*, 2012).

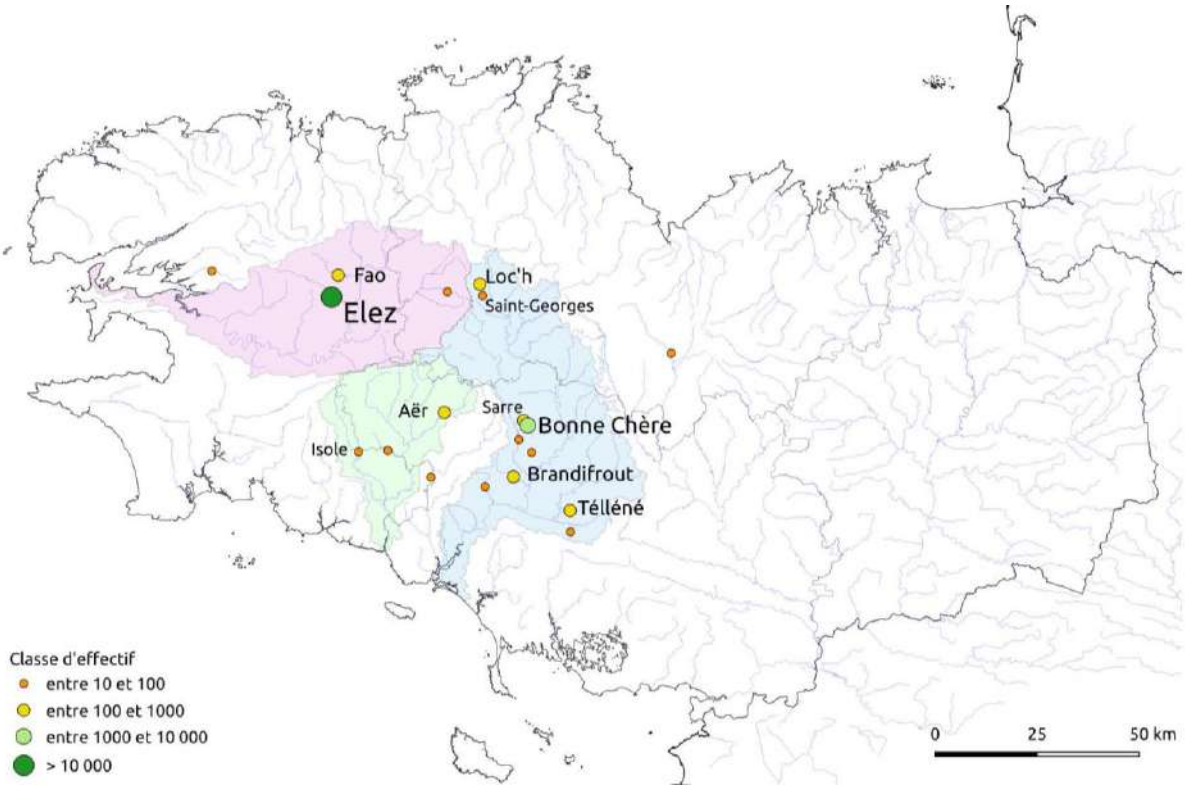


Figure 23. Taille des principales populations de mulette perlière en Bretagne

Figure 24. Le Fao, affluent de l'Aulne, héberge une population estimée à 100 à 150 individus. Septembre 2017. Photo : P.Y. Pasco

La Bretagne héberge une population qui est estimée, au total, entre **13 000 et 15 500** individus. Cela représente environ 4 % de la population française de l'espèce. Toutefois, sur la figure 25, on remarquera l'importance nationale des populations de l'Elez et du Bonne Chère.

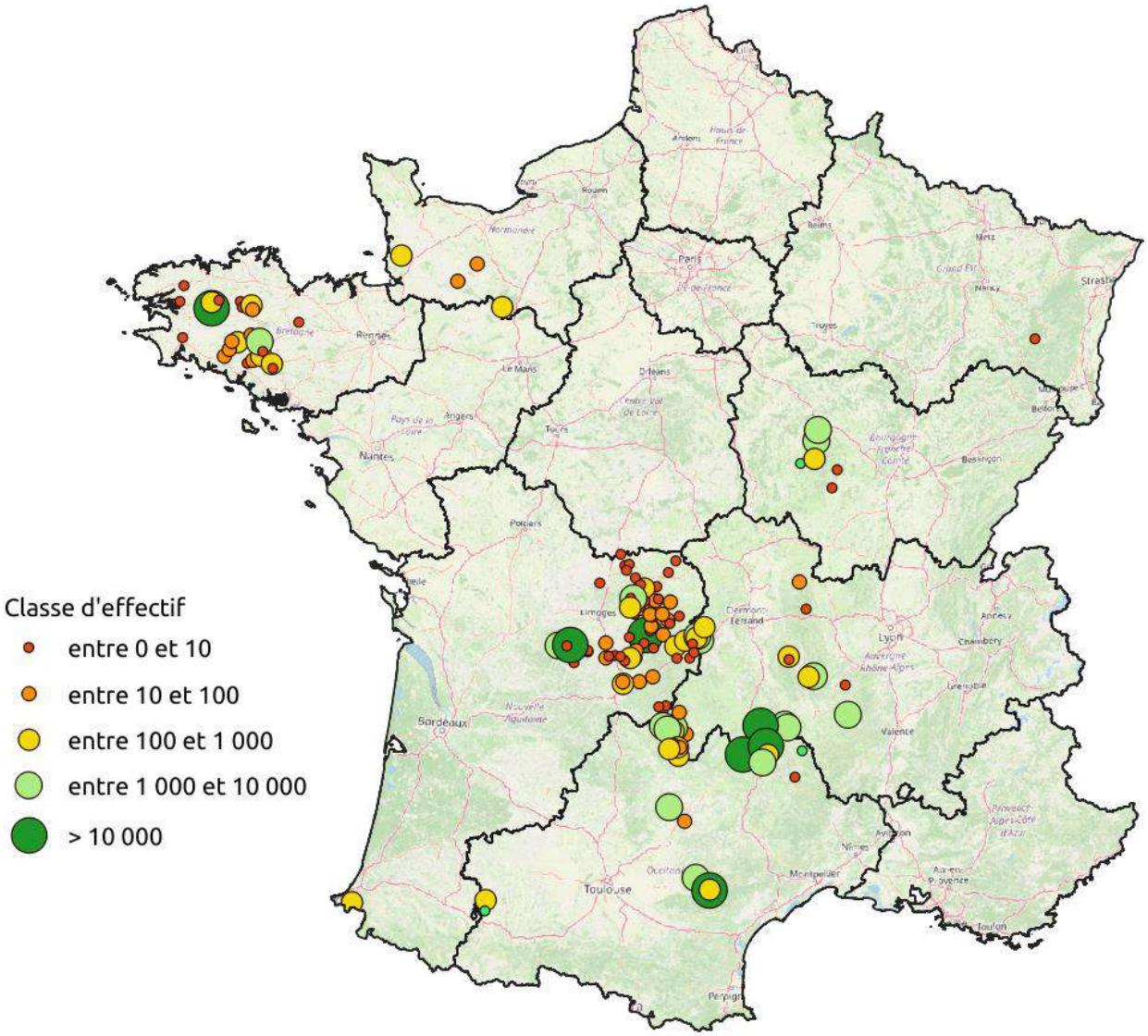
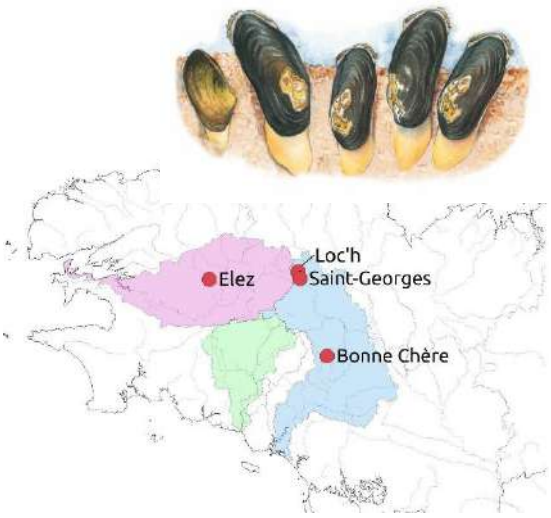


Figure 25. Taille des populations de mulette perlière en France (d'après Esnouf, *en prép.*)

Figure 26. Mulettes perlières dans le ruisseau de l'étang du Loc'h. Photos : L. Collober

Figure 27. Rivières de Bretagne accueillant des populations de mulette perlière. *De haut en bas* : la rivière Brandifrout (Morbihan) en octobre 2017 ; l'Aër (Morbihan) en juillet 2020 ; le ruisseau du Saint-Georges (Côtes-d'Armor) en avril 2019. Photos : P.Y. Pasco, P. Pustoc'h

Évolution des effectifs



Pour le suivi des effectifs et la répartition des populations (c'est-à-dire le linéaire de cours d'eau occupé), la norme AFNOR NF EN 16859 préconise de réaliser une actualisation des chiffres tous les **six ans** environ.
Pour une population viable, l'effectif doit être (au moins) stable, avec une mortalité adulte attendue ne dépassant pas **1 %** (estimée avec le nombre coquille / an, par exemple).
Les séries de données sont plus longues pour l'Elez amont, le Loc'h, et le Bonne Chère. Les autres cours d'eau ont été moins suivis ; il est seulement possible d'avoir des tendances pour le Saint-Georges et l'Elez aval.

Avant 2010, les comptages étaient souvent parcellaires et la pression d'observation moins importante qu'aujourd'hui. Par ailleurs, depuis 2014, l'utilisation de lumière à l'intérieur des aquascopes (fig. 28) a permis d'augmenter la détectabilité de l'espèce.

Figure 28. Aquascope avec une lampe incorporée. Photos : R. Le Mener

La population de **l'Elez amont** est connue, au moins, depuis les années 1960 (Foulquier *et al.*, 1967). À la fin des années 1990, cette population est estimée à 2 000 individus ; suite à une mortalité pendant l'été 2003, l'effectif n'est plus évalué qu'à 500 individus. Les coquilles, récoltées lors de cet événement, ont toutes une longueur supérieure à 80 mm : cela indique donc une absence de recrutement depuis plusieurs dizaines d'années. En 2014, sur une surface prospectée plus importante que précédemment, 1 200 individus sont toutefois observés. En 2017, un autre incident provoque, à nouveau, une très forte mortalité (fig. 29). Les évaluations des effectifs réalisées avant et après cet événement indiquent une **forte baisse des effectifs**, qui s'établissent à environ 650 individus en 2018 (Pasco, 2018). Malgré des variations d'effectifs dues, en partie, à des biais méthodologiques, il est indéniable que la population de l'Elez amont est en fort déclin.

Sur l'**Elez aval**, entre 2016 et 2022, 5 km de cours d'eau ont été prospectés sur les 14 km occupés par la population (fig. 30). La population est estimée entre 9 000 et 11 000 individus. Certains tronçons ont été prospectés à plusieurs années d'intervalles et une relative stabilité des effectifs est observée.

Figure 29. Une partie des coquilles découvertes en juin 2018 sur l'Elez amont. Photo : P.Y. Pasco

Figure 30. Prospections sur l'Elez aval, en juin 2021. Photo : R. Le Mener

Sur le ruisseau du **Loc'h**, la tendance de la population est aussi à la baisse. L'amélioration des techniques de recensement entre 2011 et 2014 a entraîné une hausse des effectifs. Mais la pyramide de taille (Beaume *et al*., 2016) indique que nous sommes bien face à une population vieillissante, sans recrutement récent. Bien que les conditions d'observations de 2020 n'aient pas été optimales, nous avons observé une baisse des effectifs de 180 individus en 2014 à 87 en 2020.

Sur le ruisseau du **Saint-Georges**, la population a été prospectée en 2011, 2014 et 2021. En prenant en compte uniquement le linéaire commun aux trois années, on observe une diminution des effectifs, respectivement 80, 61 et 51 individus dénombrés (Le Mener, 2022). Cela pourrait correspondre à l'érosion d'une population vieillissante sans recrutement depuis de nombreuses années.

Sur le ruisseau de **Bonne Chère**, les conditions de prospection de 2014 et 2018 étaient très similaires. La diminution des effectifs observée (respectivement 2 320 et 2 000) reflète bien une baisse des effectifs (nombreuses coquilles collectées en 2018, cf. chapitre suivant sur la structure des populations). La combinaison de différents événements est probablement à l'origine de cette évolution : le passage de la tempête Zeus (2017), la fuite d'une cuve à lisier, l'apport de sédiments fins, des étiages importants ainsi que des épisodes de fortes chaleurs.

Cette synthèse sur des évolutions d'effectifs par population, montre la difficulté d'évaluer précisément la taille de la population. Au-delà des effectifs, le point important est **la tendance**. Cette tendance est globalement au déclin (tab. 5), et en règle générale au-delà des 1 % préconisés par la norme AFNOR pour une population viable. Les éléments obtenus confirment l'absence d'un recrutement suffisant par population. Les populations observées sont donc vieillissantes, peut-être exception faite de la partie aval de l'Elez.

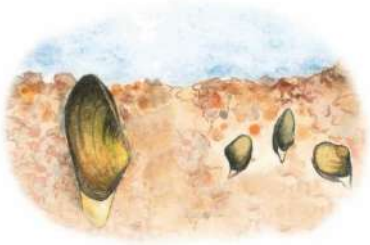
Tableau 5. Tendance des populations

Population	Tendance
Elez amont	⇘⇘
Elez aval	⇒ possible
Loc'h	⇘
Saint-Georges	⇘
Bonne Chère	⇘

Les travaux de restauration engagés pendant le LIFE, puis pendant la déclinaison (cf. § II.1) ont réglé un certain nombre de pressions sur l'habitat. Il n'est pas certain que ce soit encore suffisant, notamment face à l'observation du colmatage des sédiments. Pour certaines populations, le renforcement avec des juvéniles issus d'élevage *ex-situ* montre quelques résultats encourageants (cf. § II.2). Même avec une réussite du renforcement et la restauration des habitats, le cycle de vie de la mulette perlière ne permet pas d'envisager une inversion des tendances seulement après 10 ans d'effort. Compte tenu du cycle de vie de l'espèce, un temps plus long est nécessaire.

Figure 31. Mulettes perlières du Bonne Chère. Photo : P.Y. Pasco

Structure des populations



Pour définir une population viable, la norme AFNOR NF EN 16859 associe un recrutement récent à une population possédant au moins 20 % d'individus visibles ≤ 20 ans, et un recrutement très récent à la présence d'au moins 5 % d'individus visibles ≤ 5 ans.

L'âge des individus peut être évalué en mesurant la longueur de la coquille : plus les individus sont âgés, plus la longueur de la coquille est importante. La croissance est saisonnière et entraîne le dépôt de stries annuelles sur la coquille, à l'image des cernes des arbres. Avec un matériel et une préparation spécifique, il est possible de compter ces stries et donc de connaître l'âge (cf. § sclérochronologie). Toutefois, cette relation entre la longueur de la coquille et l'âge peut varier d'un cours d'eau à un autre. La croissance est en partie liée aux ressources de nourriture et à la température (Hastie *et al.*, 2000a ; Hruška, 1992). Il est difficile d'échantillonner toutes les populations de mulette perlière pour avoir la relation taille - âge spécifique à chacune d'entre elles. En conséquence, nous nous baserons seulement sur l'étude de la longueur des coquilles, comme une approximation de l'âge.

Figure 32. Prospections sur l'Elez aval, en juin 2022. Photos : R. Le Mener

Figure 33. Mesures de coquilles sur l'Elez aval, en juin 2021. Photos : P.Y. Pasco

Entre 2020 et 2022, 353 individus ont été mesurés sur différents secteurs de l'**Elez aval** (fig. 33). Les longueurs des coquilles se répartissent entre 46 mm et 106 mm (fig. 34). Ces premiers travaux exploratoires montrent des classes de taille variées. 18,9 % des individus sont ≤ 70 mm. Il existe donc bien un recrutement récent, toutefois, la situation est contrastée entre les secteurs (fig. 35). Le diagnostic de fonctionnalité suivant ce paramètre est donc différent en fonction des tronçons.

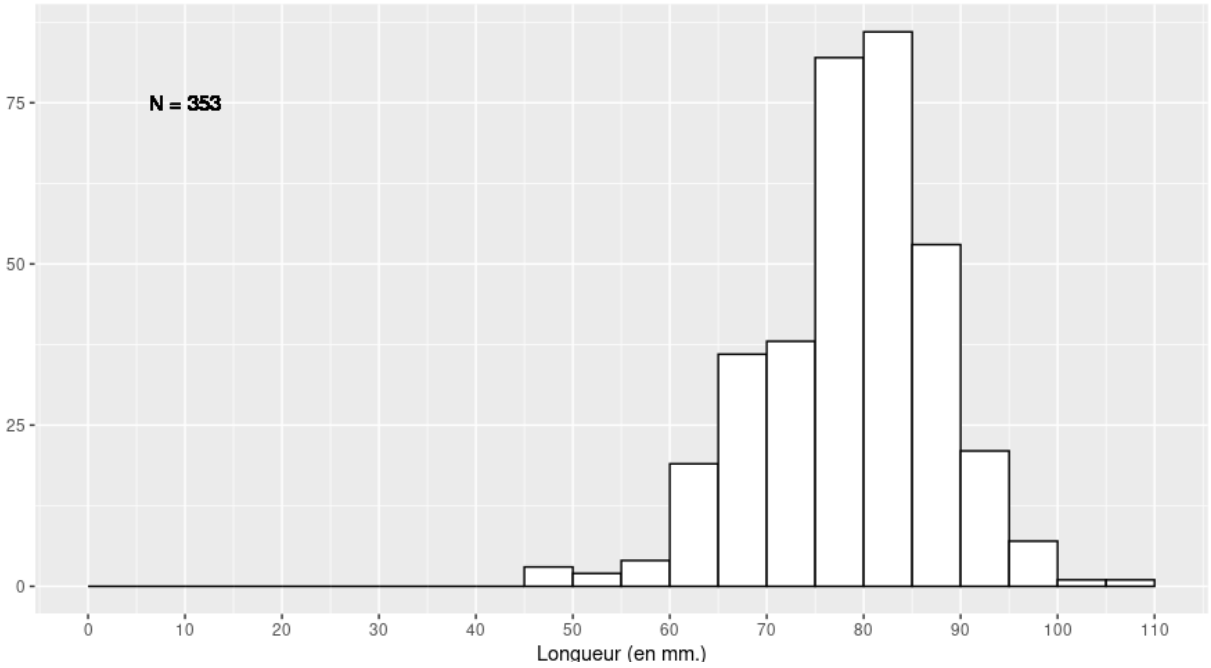


Figure 34. Histogramme par classe de taille de 5 mm, de l'Elez aval, entre 2020 et 2022 (n=353)

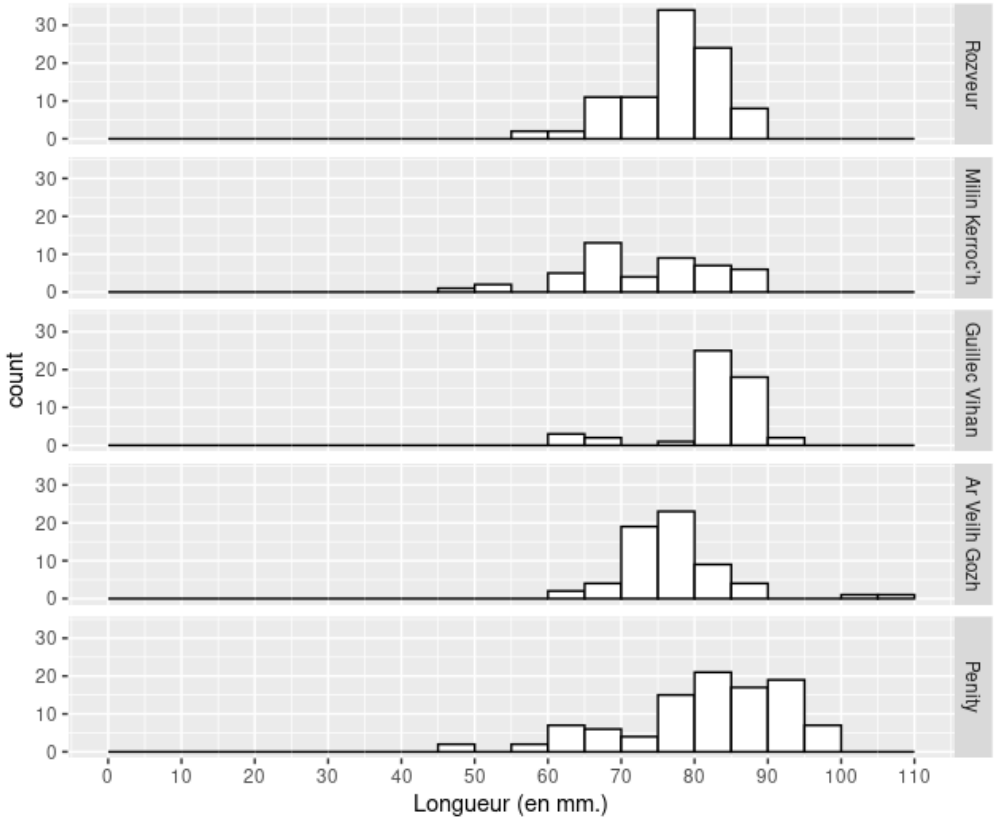


Figure 35. Histogramme par classe de 5 mm sur 5 secteurs de l'Elez aval (2020-2022)

Pour la population de mulette perlière du **Bonne Chère**, une première pyramide de taille avait été établie en 2008 (Beaume *et al.*, 2016). Elle indiquait un faible pourcentage d'individus d'une taille inférieure à 70 mm (fig. 36). En 2018, lors de l'actualisation des effectifs de la population, 241 coquilles ont été collectées (12 % de la population dénombrée) témoignant d'une mortalité importante entre 2014 et 2018. 184 coquilles étaient dans un état de conservation suffisant pour être mesurées. Considérant que cette mortalité a pu toucher toutes les classes d'âge, l'histogramme des fréquences par classe de taille peut être considéré comme une pyramide de taille de la population du Bonne Chère à cet instant "t" (fig. 36). On observe que 95 % des coquilles ont une taille supérieure à 80 mm et 4,3 % entre 55 et 70 mm. Par rapport à 2008, on observe une absence des plus petites classes de taille, l'échantillon est certes plus petit et pas obtenu dans les mêmes conditions. Toutefois, ces éléments pourraient traduire un glissement des plus petites classes de 2008, vers des classes de taille supérieures. Il existe peut-être encore du recrutement dans cette population, mais faible, et peut-être pas suffisamment pour considérer la population viable à moyen terme.

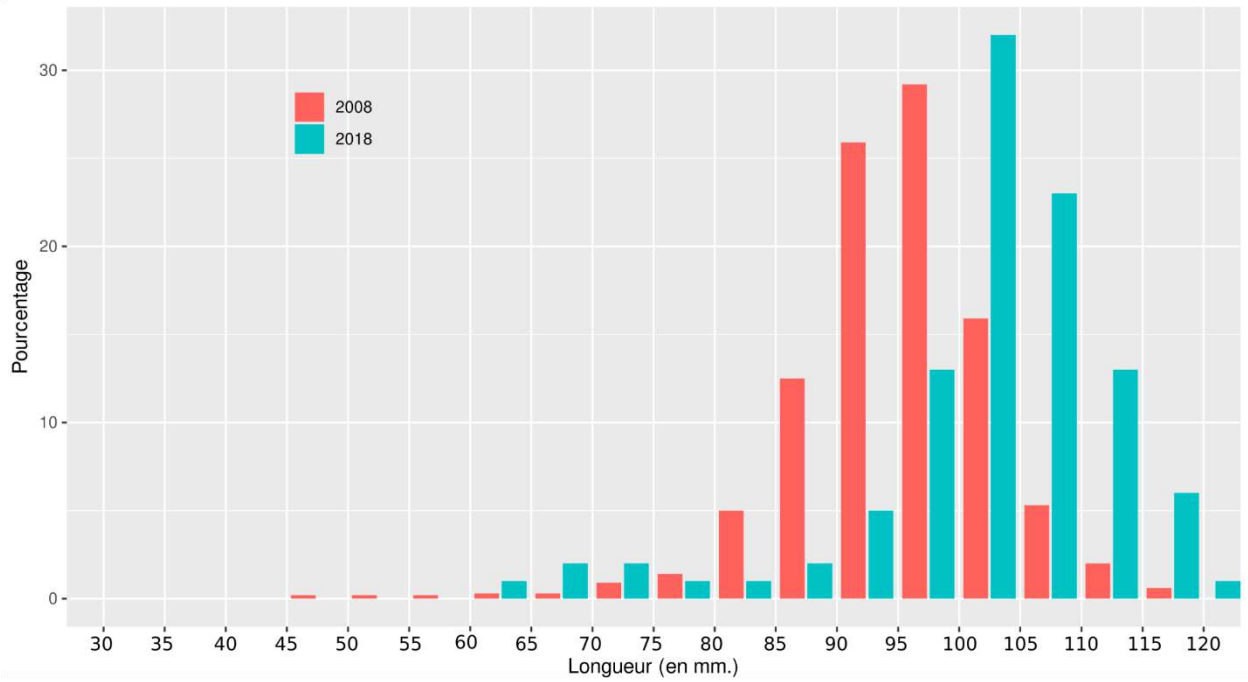


Figure 36. Fréquence des différentes classes de taille des coquilles de mulette perlière du Bonne Chère, en 2008 (en rouge, n=963) et 2018 (en bleu, n=184)

Les jeunes mulettes perlières restent enfouies au moins une dizaine d'années. L'évaluation de l'existence d'un recrutement récent à très récent est donc très délicate. Ce travail sur les pyramides de taille, comme proxy de la pyramide d'âge, est hautement informatif sur l'état de santé d'une population. Répéter ce type d'analyse à intervalle régulier, tous les 5 ou 10 ans par exemple, permet de repérer la proportion de jeunes individus, traduisant l'existence d'un renouvellement de la population. Toutefois, cette méthode reste délicate à mettre en œuvre car elle nécessite la manipulation d'un grand nombre d'individus.

Étude sclérochronologique

En 2017, des coquilles vides de mulette perlière ont été collectées sur l'Elez amont. Elles ont été utilisées par Elena Bogdaniuk (2018) dans le cadre d'un stage effectué, sous l'encadrement de J. Thébault, au Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin (LEMAR) de l'Université de Bretagne Occidentale. Les coquilles sont découpées dans le sens de la hauteur, selon l'axe de croissance minimale. Les coupes sont ensuite poncées pour permettre la lecture des stries annuelles de croissance (fig. 37).

La chronologie de l'indice standardisé de croissance (RWI) est jugée robuste sur une période allant de 1983 à 2011 (EPS > 0.85, *cf.* fig. 38). Les valeurs du RWI supérieures à 1 indiquent des années favorables à la croissance des individus, comme en 2015 (RWI=1.23) et en 1989-1990 (RWI=1.37). Tandis que les valeurs inférieures à 1 décrivent des années de croissance ralenties comme en 1992 (RWI=0.65) et 1993 (RWI=0.66). La chronologie révèle que la croissance des individus varie de manière très rapide et marquée d'une année à l'autre. La comparaison des données de croissance des mulettes (RWI) et des données environnementales locales montre une relation linéaire statistiquement significative entre la croissance et la température maximale de l'air. Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus lors des expérimentations de croissance de juvéniles de mulette perlière dans différents cours d'eau en Bretagne.

Le matériel et les techniques mis en œuvre dans ce travail pourraient nous permettre de déterminer l'âge de coquilles de mulette perlière provenant de différents cours d'eau. Dans un second temps, nous pourrions établir une relation entre l'âge et la longueur des coquilles et ainsi déterminer la taille des individus âgés de moins de 20 ans (fig. 39). Cela alimenterait le diagnostic de viabilité des populations.

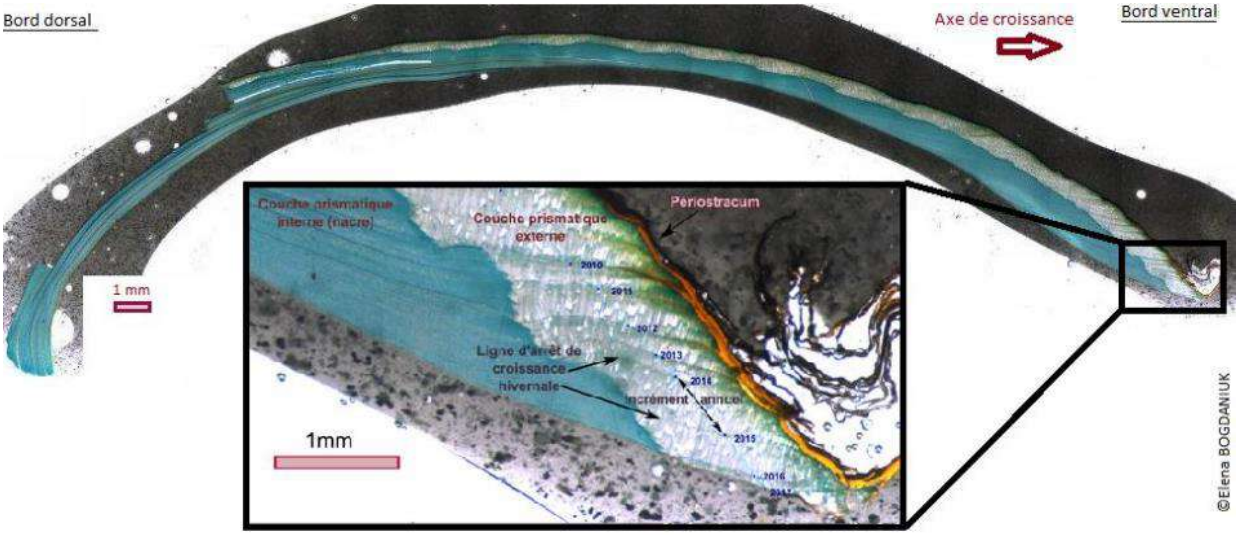


Figure 37. Section transversale d'une coquille de mulette perlière de l'Elez amont, poncée, polie et colorée au bleu de Mutvei. Grossissement sur le bord ventral pour une visualisation des incréments (d'après Bogdaniuk, 2018)

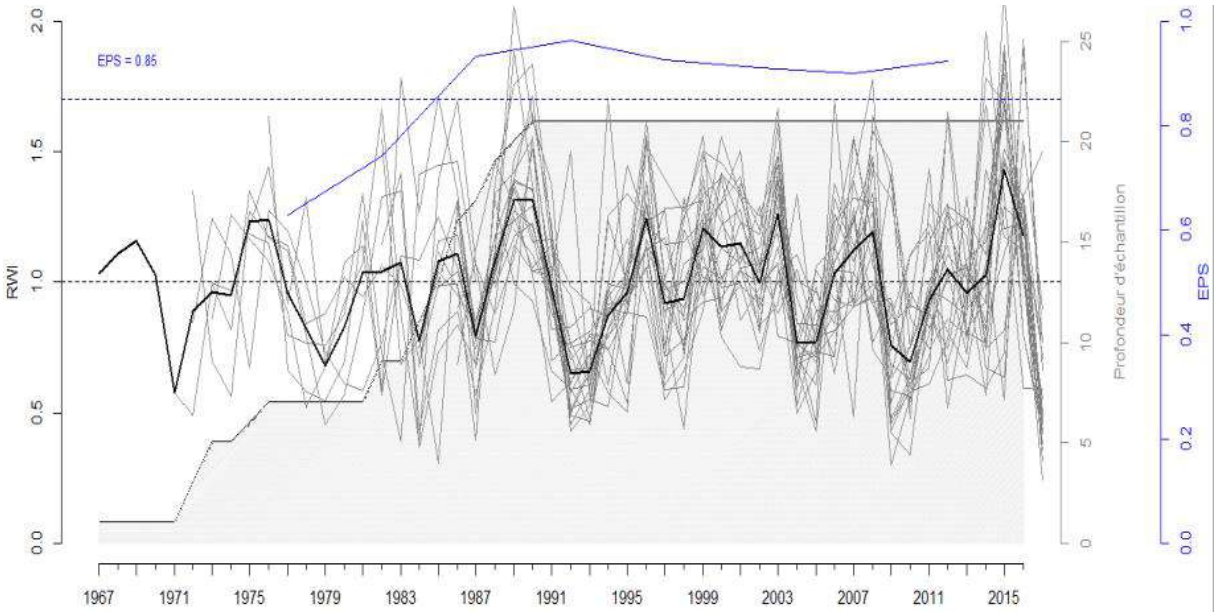
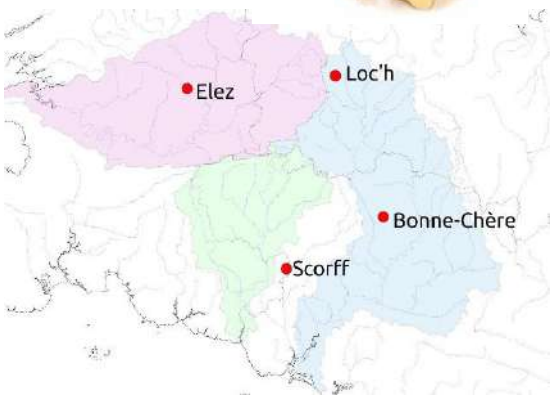


Figure 38. Indice standardisé de croissance RWI (trait noir continu) pour 21 individus de mulette perlière de l'Elez amont. Les indices de croissance standardisés individuels sont représentés en gris. L'*Expressed Population Signal* (EPS), représenté en bleu, indique la robustesse statistique de la chronologie (d'après Bogdaniuk, 2018)

Figure 39. Coquilles de différentes tailles de la population du ruisseau de Bonne Chère en cours d'analyse sclérochronologique. Photo : P.Y. Pasco

Suivi de la reproduction

Vers l'âge de 10 ans, les mulettes perlières sont matures sexuellement (Smith, 1979 ; Young & Williams, 1984a). Le suivi de la maturation des larves (fig. 40) permet de s'assurer de la fonctionnalité de cette partie du cycle biologique.



Ce suivi a été mené, annuellement, pour les populations mises en élevage *ex-situ* : l'Elez amont, le Loc'h et le Bonne Chère.
Les dates d'expulsion des glochidies mâtures s'étalent du 23/8 au 23/09 pour le Bonne Chère, du 20/8 au 28/09 pour le Loc'h, et du 18/09 au 13/10 pour la population de l'Elez amont.
Depuis 2011, pour les populations du Loc'h et du Bonne Chère, des glochidies mâtures ont été observées presque tous les ans, témoignant du bon déroulement de cette phase du cycle biologique. Par contre, pour la population de l'Elez amont, le suivi s'est bien déroulé jusqu'en 2014. Ensuite, malgré la répétition du protocole et un allongement de la période de suivi de juin à d'octobre (en 2019), aucune glochidie mâture n'a pu être récoltée. Les modifications artificielles des débits et de la température de l'eau pourraient être à l'origine de ce phénomène.

Sur l'Elez aval, un suivi réalisé en 2020 a permis de confirmer la reproduction d'individus dans cette population. Cela a été de même sur le Scorff, où malgré un faible nombre d'individus, la reproduction semble également se dérouler.

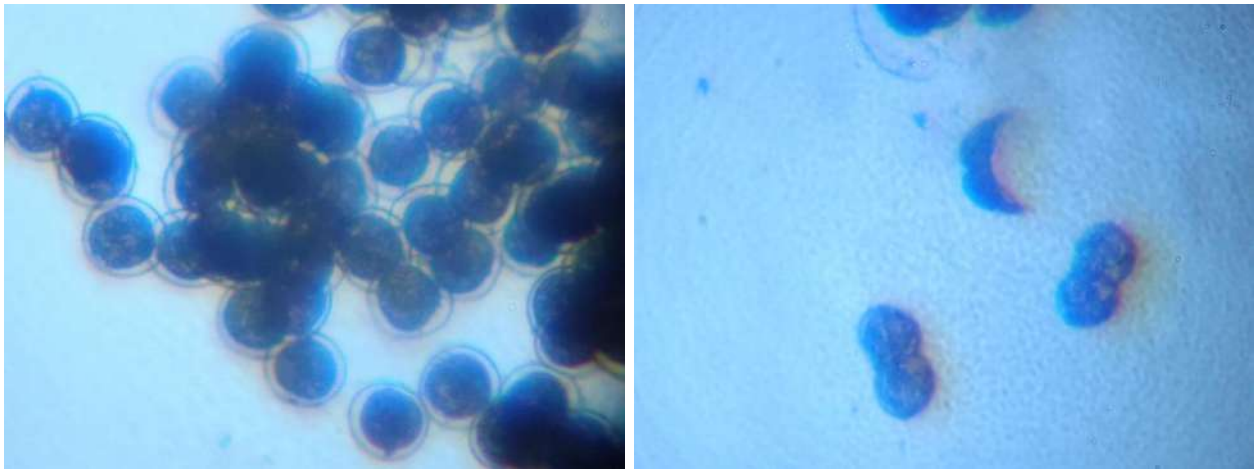
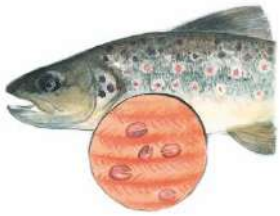
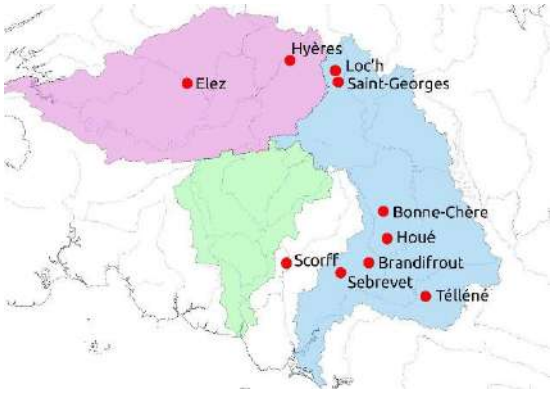


Figure 40. Glochidies de mulette perlière de la population du ruisseau du Loc'h, en septembre 2018 : glochidies au stade 1 (*gauche*) et au stade 5 (*droite*). Photos : P.Y. Pasco

Glochidies et poissons-hôtes



Après expulsion, les glochidies mâtures doivent se fixer sur les branchies d'un poisson-hôte très rapidement (Akiyama & Iwakuma, 2007). Huit à dix mois plus tard, les jeunes mulettes (de 500 µm) se décrochent et entament leur phase de vie intra-sédimentaire.



En Bretagne, le poisson-hôte privilégié par la mulette perlière est la truite fario (Evanno, 2013).

Des pêches électriques ont été faites sur plusieurs cours d'eau, au printemps, pour évaluer la présence des glochidies sur les branchies des truites (tab. 6). Les pourcentages de poissons-hôtes porteurs d'au moins une glochidie sont les plus importants sur le Bonne Chère et dans la partie aval de l'Elez, les deux populations de mulette perlière les plus importantes en effectifs. Par ailleurs, nous avons également observé la quantité de glochidies par poisson. Pour le Loc'h, le Saint-Georges, l'Hyères, le Scorff, le Sébrevet et le Houé, on ne trouve pas de truite porteuse de plus que quelques glochidies. Pour les quatre autres cours d'eau, des truites porteuses de plus de 20 glochidies ont été observées, mais en très faibles proportions : 11 % pour le Bonne Chère, 3,5 % pour l'Elez aval, 4 % pour le Brandifrout et 1 % pour le Tellené.

Rechercher la présence de glochidies sur les branchies de la truite fario apporte différentes informations. Dans le cas d'une population connue de mulette perlière, la présence de ces glochidies témoigne de l'existence de la phase de reproduction (si on ne procède pas déjà à un suivi direct de la maturation des glochidies). L'observation des glochidies sur les branchies des truites atteste aussi de la présence d'individus adultes à proximité et peut aider à délimiter des prospections futures.

Les résultats obtenus dépendent aussi de la date de l'observation. Plus on se rapproche de la date d'exkystement, plus la glochidie est grosse, visible, et plus elle est proche du bord externe de la branchie. Il faut donc choisir la date la plus tardive possible pour augmenter la visibilité des glochidies ; mais pas trop tard, au risque de contrôler les poissons après l'exkystement. La durée d'enkystement est température / jour dépendant, l'exkystement peut donc légèrement varier d'une année à l'autre.

Ce paramètre est intéressant à mesurer, mais pas facile à utiliser, même en ce qui concerne l'aide à la prospection. Son interprétation nécessite encore des approfondissements pour correctement contribuer au diagnostic de la viabilité des populations.

Tableau 6. Pourcentage de poissons-hôtes porteurs de glochidies

Cours d'eau	% de truite fario porteuse de glochidies	Date
Elez aval	2021 : 19 % (n=89) 2022 : 24 % (n=109)	26/04/2021 01/04/2022
Loc'h	13 % (n=67)	090/4/2021
Saint-Georges	6 % (n=64)	09/04/2021
Hyères	2 % (n=45)	23/04/2021
Scorff et affluent	16 % (n=152)	28/03/2017
Bonne Chère	26 % (n=47)	27/04/2015
Brandifrout	15 % (n=52)	07/04/2017
Sébrevet	14 % (n=36)	07/04/2017
Houé	11 % (n=37)	07/04/2017
Téllené	14 % (n=155)	10/04/2017
Goyédon	0 % (n=22)	10/04/2017

Figure 41. Glochidies sur les branchies d'une truite fario, sur le Brandifrout, en avril 2017. Photo : P.Y. Pasco

Génétique des populations

L'étude de la génétique des populations de mulette perlière est un élément supplémentaire pour la compréhension de leur fonctionnement et une aide à la stratégie de conservation. Combiner conservation génétique et conservation écologique, à plusieurs échelles, de l'individu à la population, permet d'intégrer la conservation de l'espèce, mais aussi sa diversité (Geist, 2010). Entre 2011 et 2017, 11 populations ont fait l'objet de prélèvements pour des analyses génétiques. Comparées à des populations du centre et du nord de l'Europe, les populations bretonnes montrent de faibles valeurs de diversité génétique (tab. 7) mais cependant assez similaires à d'autres populations de l'Europe de l'Ouest (Geist & Stoeckle, 2018).

Tableau 7. Diversité génétique des populations, à partir de l'analyse de microsatellites. N : nombre de prélèvements ; A : nombre moyen d'allèle par locus ; A_R : richesse allélique moyenne ; H_E : hétérozygotie attendue ; H_O : hétérozygotie observée (Geist & Stoeckle, 2018)

Bassin versant	Population	Année	N	A	A_R	H_E	H_O
Aulne	Fao	2017	18	1.1	1.1	0.006	0.006
	Elez (amont)	2004, 2011	54	1.4	1.1	0.010	0.006
	Elez (aval)	2017	25	1.8	1.7	0.163	0.000
Blavet	Loc'h	2011	48	1.9	1.6	0.182	0.069
	Saint-Georges	2017	9	1.4	1.4	0.154	0.025
	Bonne Chère	2011	25	1.6	1.5	0.095	0.062
	Brandifrout	2017	27	1.2	1.2	0.024	0.000
	Tellené	2017	27	1.1	1.1	0.022	0.000
Laïta	Aër	2017	25	1.4	1.4	0.184	0.000
	Naïc	2017	20	1.6	1.4	0.088	0.006
Scorff	Scorff	2017	15	1.0	1.0	0.000	0.000

Une différenciation assez prononcée des populations a été observée (Geist & Stoeckle, 2018).

Sur l'Elez, la population aval a montré une plus grande variabilité génétique et une différenciation avec la population amont.

Les résultats des études génétiques nous confortent dans le fait de conserver la spécificité de chaque souche de mulette les unes par rapport aux autres à travers leur élevage et leur renforcement distinct (voir aussi point II.2).

I.2. Habitats

Comme évoqué dans la partie précédente, déterminer la viabilité d'une population passe par le diagnostic des différentes phases du cycle biologique (glochidies, juvéniles et adultes) et de leur fonctionnalité. L'exigence d'un poisson-hôte pour mener à bien la phase larvaire de la moule constitue un défi supplémentaire dans la préservation du bon état des populations de mulette perlière. Un habitat favorable à la mulette perlière doit donc permettre le développement des trois phases du cycle de vie de l'espèce. Quinlan *et al.* (2015) ont essayé de lister les différents paramètres pouvant les influencer (fig. 42). Nos principaux acquis sont regroupés dans les paragraphes suivants.

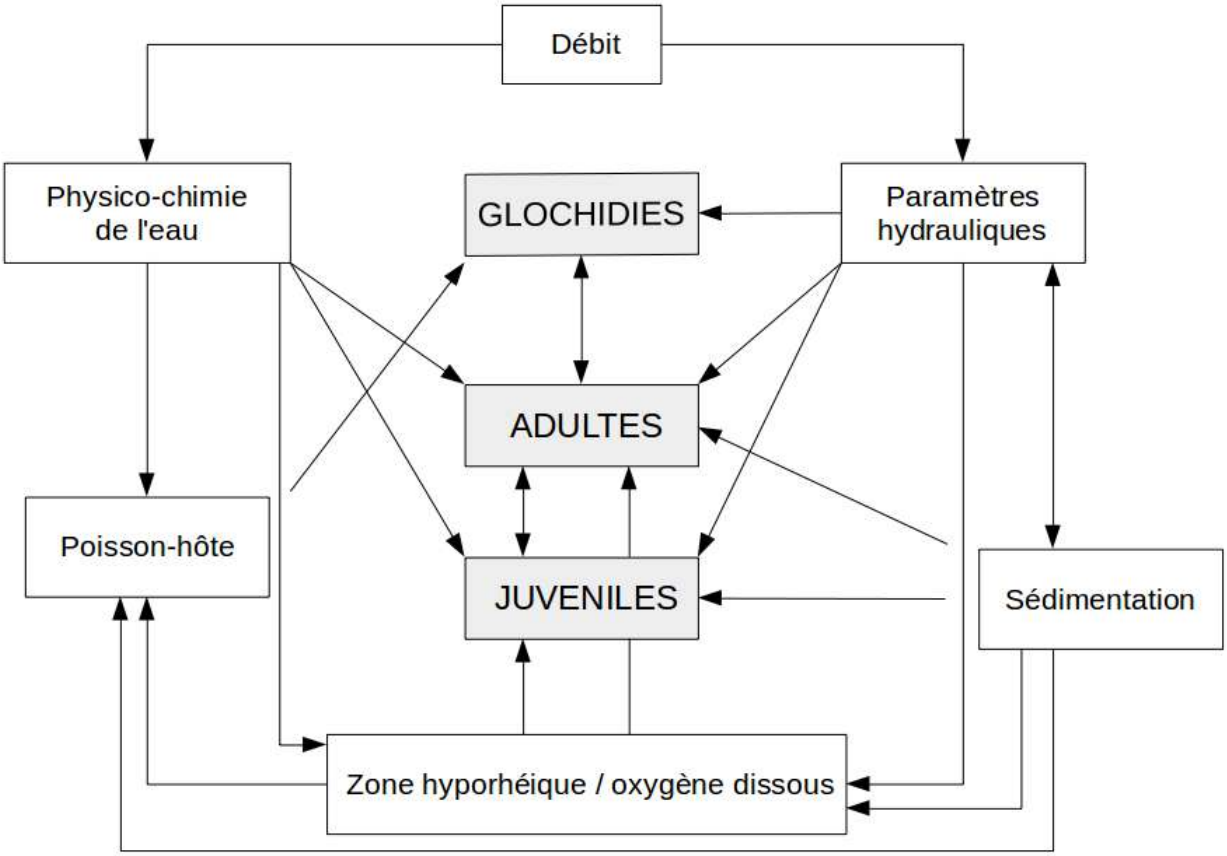


Figure 42. Éléments clés influençant la mulette perlière aux différents stades de son cycle de vie (d'après Quinlan *et al.*, 2015)

Physico-chimie de l'eau

Entre 2016 et 2022, nous avons moins suivi la qualité physico-chimique des cours d'eau occupés par l'espèce. Toutefois, des mesures ponctuelles n'ont pas mis en évidence d'évolution particulière. Par ailleurs, en Finistère, les services de l'Etat et les organisations de producteurs de porcs ont adopté un protocole de prévention des pollutions accidentelles en élevages porcins, en ayant une attention particulière pour les bassins versants occupés par la mulette perlière.

Nous avons continué à suivre la température de l'eau, à l'aide de sondes enregistreuses. La principale difficulté que nous avons rencontrée est d'ordre technique, avec pour conséquence des chroniques parfois interrompues sur plusieurs semaines. Ces suivis indiquent notamment que la température dépasse 20°C sur plusieurs cours d'eau (Bonne Chère, Tellené, Elez amont...) sur plusieurs jours consécutifs, tous les ans, et même atteint une moyenne mensuelle de 21,5°C en juillet 2019 sur l'Elez amont (fig. 43) ! Sur plusieurs cours d'eau, la température approche donc les seuils de tolérance thermique pour le poisson-hôte de la mulette perlière.

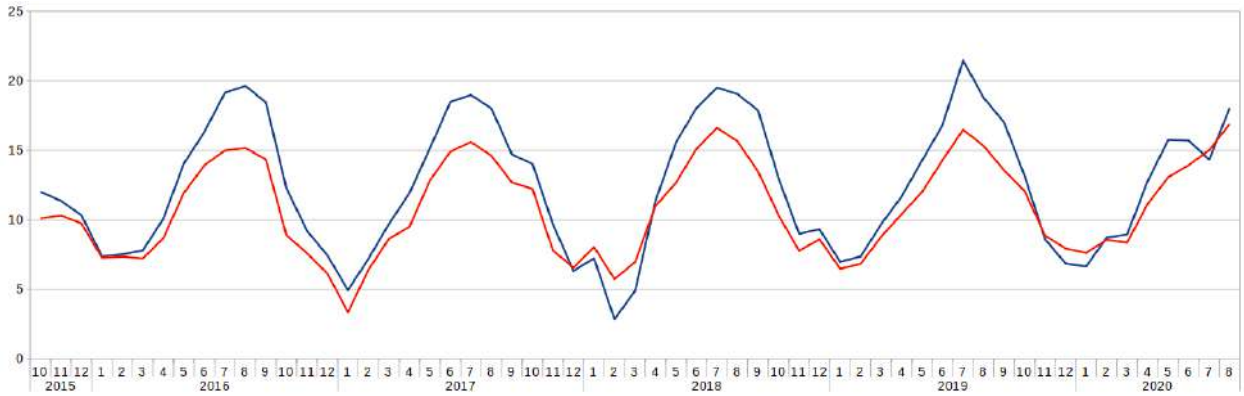


Figure 43. Évolution de la température (moyenne mensuelle) pour l'Elez amont (en bleu) et le Saint-Georges (en rouge) entre 2015 et 2020

Débit

Toutes les modifications artificielles de débit ont un impact sur le fonctionnement des cours d'eau et sur les espèces aquatiques qu'elles hébergent (e.g. Poff *et al.*, 1997). Les modifications de débit liées aux activités des centrales hydro-électriques ou les lâchers d'eau pour du soutien d'étiage en période estivale, comme sur l'Elez, ont probablement un impact sur le fonctionnement des populations de mulette perlière.

Paramètres hydrauliques

Dans un cours d'eau, la **vitesse du courant**, la **hauteur d'eau** et la **granulométrie** font partie des paramètres les plus importants pour la structuration des habitats. Avec l'aide de mulettes issues de la station d'élevage, nous avons essayé de déterminer les valeurs minimales pour leur survie. Cette expérimentation s'est déroulée sur un petit ruisseau, pendant la période d'étiage. Une vitesse de courant, mesurée au fond du ruisseau, supérieure à 10 cm/s et une hauteur d'eau supérieure à 10 cm semblent assurer une survie importante aux juvéniles (fig. 44).

Sur des secteurs avec des densités de mulette perlière comprise entre 10 et 50 par m² et la présence de juvéniles, Moorkens & Killeen (2014) obtiennent des vitesses de courant, mesurées au fond du cours d'eau, comprises entre 18 et 30 cm/s. Ces résultats semblent compatibles avec nos propres observations. Par ailleurs, Hastie *et al.* (2000) concluent que la mulette perlière évite les zones à fort courant ou stagnantes et semble préférer un courant « intermédiaire ». Toutefois, Denic *et al.* (2022) précisent que l'espèce préfère des tronçons de rivière avec une vitesse de courant minimale, pendant la période d'étiage, mais aussi des substrats stables, même pendant les périodes de crues.

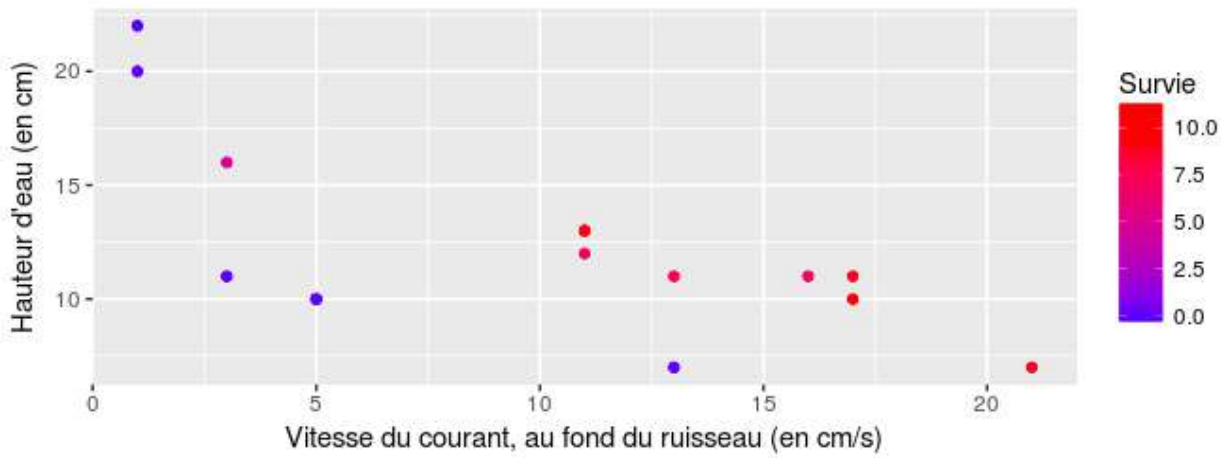


Figure 44. Survie en fonction de la vitesse du courant et de la hauteur d'eau, sur le Manéantoux, en 2017.

Sédimentation

L'échec du recrutement de la mulette perlière semble être dû, en grande partie, aux effets négatifs de la sédimentation sur la survie intra-sédimentaire des juvéniles (*e.g.* Geist & Auerswald (2007) ; Österling *et al*., 2010). Les actions de restauration doivent donc se concentrer sur la réduction du transport des sédiments fins vers les cours d'eau.

Poisson-hôte

De nombreux travaux de recherches ont été réalisés sur les caractéristiques des habitats des salmonidés, et en particulier ceux de la truite fario (*e.g.* Baglinière & Maisse, 1991 ; Baglinière & Ombredane, 2013 ; Baglinière, 2020) et ces exigences sont maintenant bien connues.

Les densités de juvéniles de truite fario ont été estimées à 17 ind./100m^2 sur le Bonne Chère, 16 sur le Loc'h et 8 sur l'Elez amont (*cf.* Beaume *et al*., 2016). Pour favoriser le recrutement en juvéniles de mulette perlière, des densités optimales autour de 10 ind./100m^2 sont évoquées par Arvidsson *et al*. (2012).

Juvéniles

À l'aide de juvéniles issus de la station d'élevage, nous avons essayé de mieux caractériser les habitats favorables aux jeunes mulettes (Carrier, 2019). Ils ont été installés dans des tubes grillagés, d'une longueur de 5 cm, d'un diamètre de 1 cm et d'un vide de maille de 0,8 mm. Ces tubes ont été disposés sur 4 rivières différentes, et avec 6 stations par rivières. Sur chaque station, différents paramètres ont été mesurés, comme le pH, le potentiel redox, la conductivité, la granulométrie des sédiments…

Le taux de survie a été très différent d'une rivière à l'autre, mais aussi au sein d'une même rivière sur les différentes stations. Toutefois, la survie semble bien corrélée avec la valeur du potentiel redox, mesuré à 5 cm de profondeur dans les sédiments (fig. 45). Ces valeurs de potentiel redox donnent une approximation de la quantité d'oxygène dissous présente dans la zone hyporhéique[1].

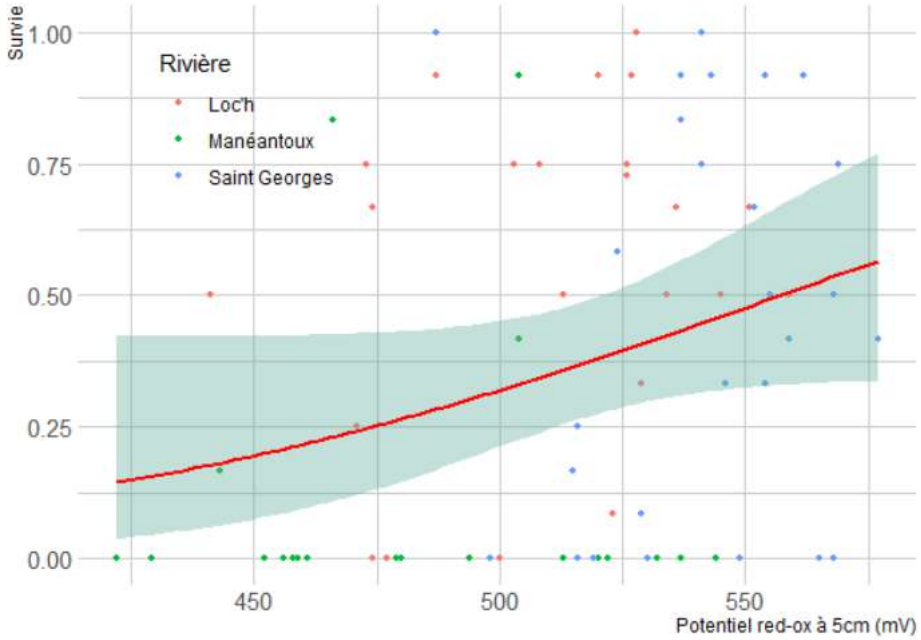


Figure 45. Survie de juvéniles de mulette perlière en fonction du potentiel-redox à 5 cm de profondeur (d'après Carrier, 2019)

[1] Zone hyporhéique : "la zone hyporhéique est définie comme l'ensemble des sédiments saturés en eau, situés au-dessous et à côté d'une rivière, contenant une certaine proportion d'eau de surface." (d'après Datry *et al.*, 2008)

La granulométrie des sédiments semble aussi avoir un effet sur la survie des juvéniles (fig. 46). La survie est plus élevée quand la granulométrie dominante est composée de graviers (de 2 à 16 mm). Ces résultats semblent en cohérence avec ceux d'autres publications récentes (*e.g.* Černá *et al.*, 2018 ; Denic *et al.*, 2022).

		Granulométrie accessoire				
		S	GF	GG	PF	PG
Granulométrie dominante	S		0		0,30	0,26
	GF	0,49		**0,72**	**0,53**	
	GG	0,40			**0,80**	

Figure 46. Survie de juvéniles de mulette perlière en fonction de la granulométrie dominante et de la granulométrie accessoire. S : sable (0,625 – 2 mm) ; GF : graviers fins (2-8 mm) ; GG : graviers grossiers (8-16 mm) ; PF : pierres fines (64-128 mm) ; PG : pierres grossières (128-256 mm) (d'après Carrier, 2019)

En résumé, un habitat favorable est donc une rivière avec une eau de bonne qualité, avec une granulométrie assez grossière, et peu de sédiments fins, permettant une oxygénation et une alimentation suffisante dans les premiers centimètres de ses sédiments (fig. 47). Il est stable quel que soit la période de l'année ou le débit. Il permet aussi la présence d'une population de poisson-hôte avec une densité suffisante.

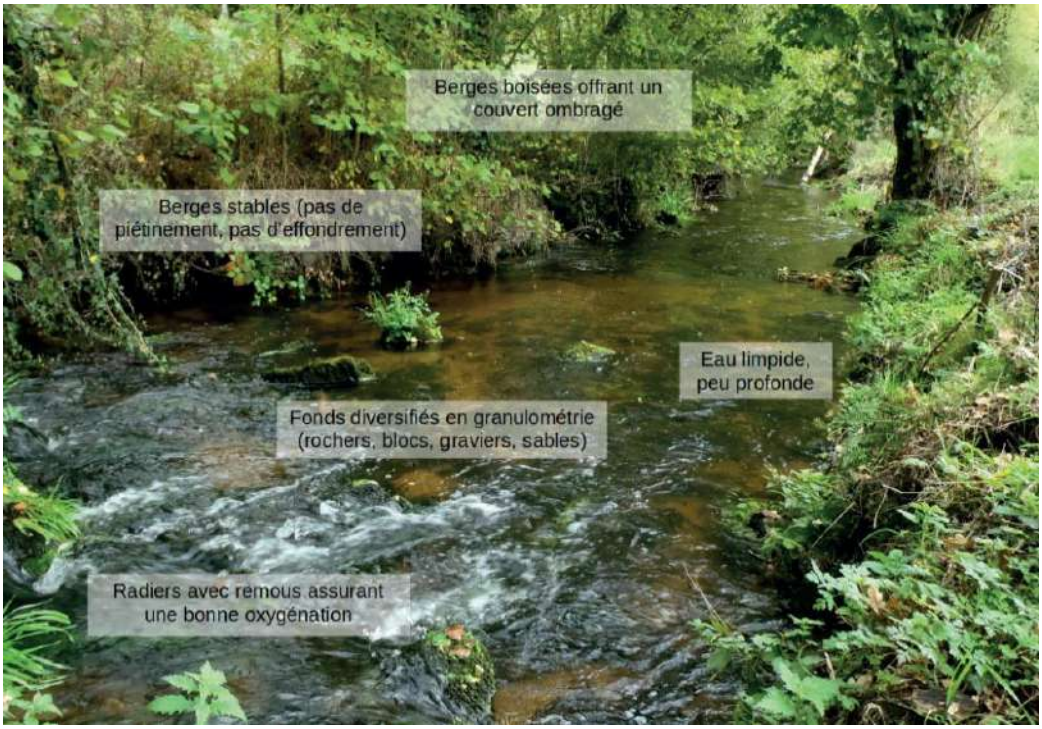


Figure 47. Exemple des paramètres importants à prendre en compte pour identifier un cours d'eau accueillant pour une population de mulette perlière (d'après Morisseau *et al.*, 2021)

I.3. Effets potentiels des changements climatiques

La mulette perlière comme son poisson-hôte, la truite fario, sont considérés comme des espèces d'eaux "froides". Les préférences thermiques de la truite fario sont mieux connues que celles de la mulette perlière (*e.g*. Elliot & Elliott, 2010). Ces seuils létaux se situent autour de 20° à 25°C pour la truite fario (tab. 8).

Tableau 8. Température létale pour la truite fario (*Salmo trutta*) (d'après le tab.1 *in* Elliot & Elliot, 2010)

	Alevins	Juvéniles
Température létale (ILT*)	20°C - 22°C	22°C - 25°C
Température létale ultime (ULT**)	22°C - 24°C	26°C - 30°C

* ILT (incipient lethal temperature) : température que les poissons peuvent tolérer pendant une période de 7 jours ;
** ULT (ultimate lethal temperature) : température que les poissons ne peuvent tolérer même pendant de courte période (env. 10 min).

Elliott & Elliott (2010) précisent que quand la température dépasse 25°C, la truite fario est absente et qu'elle va rechercher des endroits avec une température inférieure à 25°C, même si l'oxygène y est plus faible.

Les moules d'eau douce sont considérées comme moins sensibles à la température que leurs poissons-hôtes (Pandolfo *et al*., 2012). Toutefois, des températures supérieures à 25°C sont souvent associées à des concentrations en oxygène assez faibles. La viabilité des jeunes mulettes perlières est dépendante de la concentration en oxygène dissous (Hyvärinen *et al*., 2022). Ces éléments laissent penser que les changements climatiques pourraient donc avoir des effets significatifs sur le fonctionnement de ces populations.

Sur les conditions hydrologiques

Dans le cadre du programme de recherches *Explore 2070*, à l'échelle française, les résultats obtenus indiquent, à l'horizon 2046-2065, i) une augmentation possible des températures moyennes de l'air de l'ordre de +1,4° à + 3°C ; ii) une évolution incertaine des précipitations, la plupart des modèles s'accordant cependant sur une tendance à la baisse des précipitations en été sur l'ensemble de la métropole, en moyenne de l'ordre de -16 % à -23 % ; iii) une diminution significative globale des débits moyens annuels à l'échelle du territoire, de l'ordre de 10 % à 40 % selon les simulations ; iv) pour une grande majorité des cours d'eau, une diminution des débits d'étiage encore plus prononcée que la diminution à l'échelle annuelle et v) des évolutions plus hétérogènes et globalement moins importantes sur les crues.

Sur le poisson-hôte

Toujours, dans le cadre du projet *Explore 2070*, l'impact du changement climatique sur les peuplements piscicoles, à l'échelle nationale, a aussi été étudié (Fahrner *et al*., 2012). Ainsi, à la page 31 de ce rapport, au sujet de la truite fario, on peut lire ceci : « À l'horizon 2070, on observe une diminution de près d'un tiers de l'aire de l'habitat favorable à la truite commune. Son habitat se réduit, en effet, à des zones refuge en tête de bassin. Il est toutefois surprenant que la Bretagne devienne quasi-totalement défavorable à l'espèce. Le réchauffement attendu d'après le scénario climatique A1b rend donc la truite commune très vulnérable au changement climatique. »

Sur la mulette perlière

Plusieurs publications récentes tentent d'évaluer les effets du changement climatique sur le fonctionnement des populations de mulette perlière (*e.g.* Baldan *et al*., 2021 ; Basen *et al*., 2022 ; Nogueira *et al*., 2021 ; Tamario *et al*., 2022) et d'autres de modéliser la répartition possible de la mulette perlière selon différents scénarios climatiques. Les modélisations de Bolotov *et al*. (2018) sont très pessimistes pour l'avenir de l'espèce dans le sud-ouest de l'Europe (fig. 48). Celles de Silva *et al*. (2022) prennent aussi en compte celles du poisson-hôte et semblent à peu près équivalentes. Elles s'accordent sur le fait que la mulette perlière pourrait disparaître d'ici 30 à 40 ans à l'échelle française.

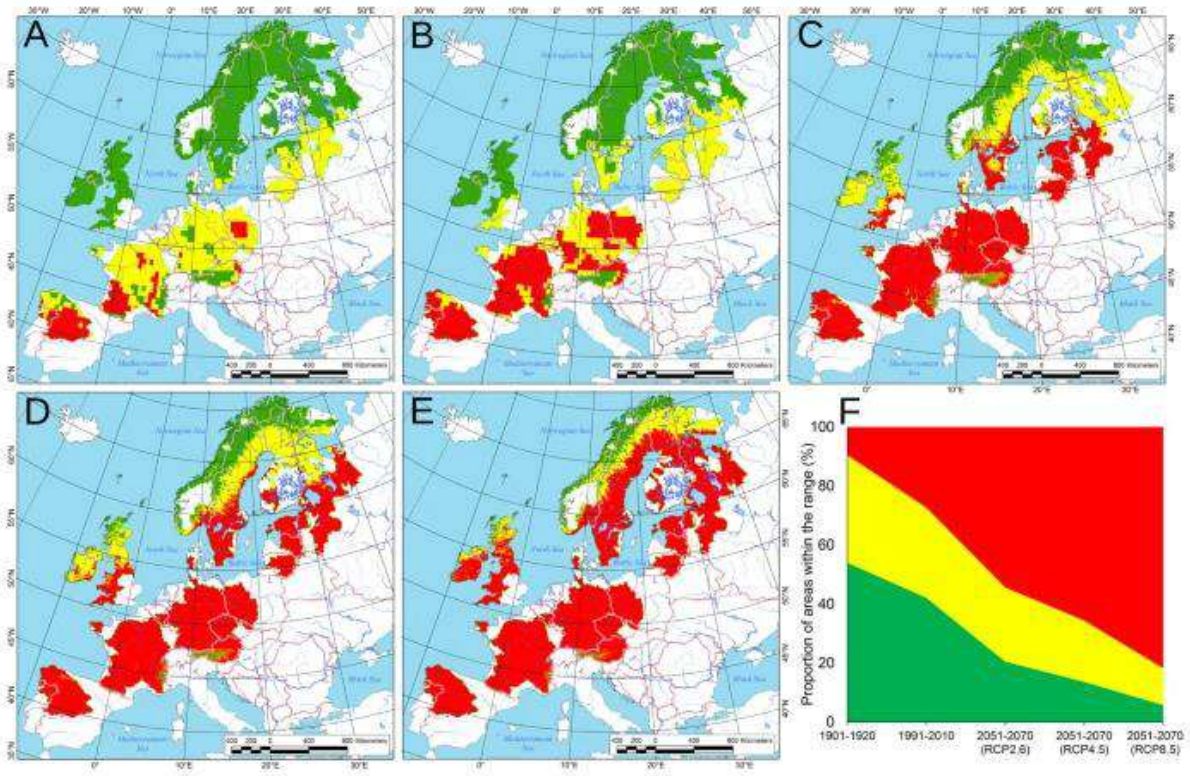


Figure 48. Modélisation des zones climatiquement favorables à la mulette perlière en Europe. En vert – conditions thermiques adaptées, populations viables ; en jaune – possibles effets thermiques négatifs, déclin des populations ; en rouge – zones très probablement inadaptées. (A) Zones climatiquement adaptées de 1901 à 1920. (B) Zones climatiquement adaptées de 1991 à 2010. (C–E) Zones climatiquement adaptées de 2061–2080 selon les scénarios de changement climatique futur, RCP faible 2,6 (C), RCP modéré 4,5 (D) et RCP extrême 8,5 (E). (F) Déplacement dans les zones climatiquement adaptées sur la base de la modélisation spatiale ; d'après Bolotov *et al*. (2018), fig. 3

En bref

Après deux programmes d'envergure pour la conservation de la mulette perlière en Bretagne (2010-2016 et 2016-2022), le niveau de connaissance de la localisation et de l'importance des populations est satisfaisant. La population de Bretagne est estimée entre **13 000 et 15 500 individus**, répartis sur **27 cours d'eau**. Trois bassins versants concentrent **99 % des effectifs : l'Aulne, le Blavet et l'Ellé-Isole.** Seules **sept rivières présentent des effectifs supérieurs à 100 individus : le Fao, le Tellené, le Brandifrout, le Loc'h et l'Aër**, auxquelles s'ajoutent **l'Elez et le Bonne Chère** dont les effectifs dépassent 1 000 individus.

En Europe, le problème de viabilité des populations de mulette perlière est principalement l'absence de recrutement. En Bretagne, la situation ne fait pas exception. Les différents paramètres intrinsèques de fonctionnement ont été étudiés : les tendances, la structure taille/âge, la reproduction et la génétique. Le niveau de connaissances est variable suivant les populations.

La population de l'**Elez aval** est estimée entre 9 000 et 11 000 individus, ce qui en fait la plus importante de la région. Les différents secteurs étudiés laissent penser à une relative stabilité des effectifs. La présence significative d'individus de moins de 70 mm, laisse envisager une bonne survie des juvéniles, cas rare, même à l'échelle nationale. Toutefois, cette situation est contrastée selon les secteurs, certaines parties du cours d'eau semblent donc moins favorables.
La population de l'**Elez amont** est une des plus anciennement connues et étudiées de Bretagne. Aujourd'hui, elle n'est plus constituée que d'environ 650 individus. Son effectif a très fortement diminué ces 20 dernières années. Située entre deux barrages, elle subit des contraintes environnementales très fortes, avec notamment la production d'hydro-électricité et les lâchers d'eau pour le soutien d'étiage. La reproduction est même devenue difficile ces dernières années. Par ailleurs, la population de truite fario est relictuelle, ce paramètre n'est donc pas fonctionnel pour le cycle de la mulette perlière. Tous ces éléments font peser de fortes craintes quant à la survie de cette population, malgré un succès probable des relâchers d'individus issus d'élevage effectués il y a 10 ans.
Concernant la population du **Bonne Chère**, la tendance est à la baisse. Des individus de petite taille sont observés, mais probablement pas suffisamment pour envisager une population viable. Sur ce bassin versant, l'évolution de l'usage des sols entraîne des dégradations de l'habitat que des actions de restauration n'arrivent pas à compenser.
Pour le **Loc'h** et le **Saint-Georges**, les effectifs sont à la baisse sans recrutement récent.
Le **Brandifrout** et l'**Aër** sont deux cours d'eau avec des populations entre 150 et 200 individus. Quelques individus de petite taille ont été observés. Peu d'autres éléments sont connus sur la fonctionnalité de ces populations.

Concernant les habitats, durant la déclinaison, nous avons surtout étudié ceux des juvéniles. Les paramètres les plus importants sont le colmatage des sédiments, la stabilité du substrat, la nature géologique, la granulométrie, la température et la vitesse du courant.
Les suivis de température ont montré des pics dépassant les 20°C durant plusieurs jours. Si la tolérance thermique de la mulette perlière n'est pas parfaitement connue, celle de son poisson-hôte, la truite fario, l'est très bien.
Les changements climatiques font peser des menaces sérieuses sur la résilience des habitats de la mulette perlière. L'analyse des habitats ne devrait donc pas se limiter aux cours d'eau où l'espèce est présente, mais aussi s'orienter vers d'autres secteurs qui sont aujourd'hui favorables et le resteront potentiellement.

Mulettes perlières issues d'élevage en croissance dans une boite sur le Loc'h. Photo : R. Le Mener

II. Conserver l'espèce et ses habitats

La conservation des espèces repose tout d'abord sur la conservation voire la restauration de leurs habitats, afin qu'elles retrouvent une dynamique leur permettant de se maintenir, se développer et reconquérir des territoires. En parallèle à ce travail, la mise en place d'actions de sauvegarde agissant directement sur l'espèce peut assurer sa survie, dans l'attente de retrouver des habitats favorables.

II.1. Restaurer les habitats

La qualité de l'habitat, perçue à toutes les échelles de la granulométrie du lit du cours d'eau à l'occupation du sol sur le bassin versant, est primordiale pour la préservation de la mulette perlière. L'expérience acquise durant le LIFE « Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif Armoricain » sur le ruisseau de l'étang du Loc'h, le ruisseau de Bonne Chère et l'Elez amont a permis de constater que, bien qu'étant en "bon état écologique" au titre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) (fig. 49), ces cours d'eau ne présentaient pas une qualité d'habitat suffisante permettant d'assurer la viabilité des populations.

Cet emboîtement d'échelle constitue une des difficultés de la définition des actions à mener. La restauration du lit et des berges des cours d'eau, généralement plus rapide à mettre en œuvre, est conduite dans un premier temps, avec une notion d'entretien ou de gestion à long terme. Le changement de pratiques agricoles ou la reconstitution du bocage à l'échelle du bassin versant s'inscrivent quant à eux dans un temps long et nécessitent un soutien pérenne (fig. 50).

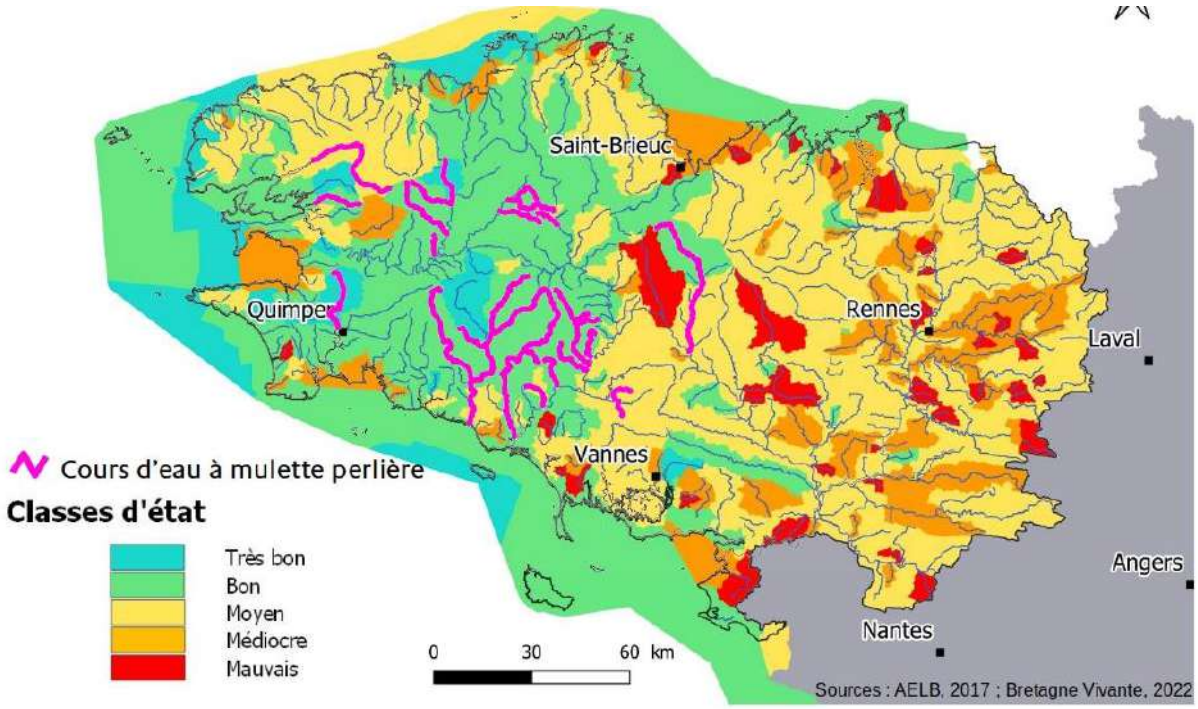


Figure 49. Qualité des masses d'eau concernées par la mulette perlière, selon les critères de la Directive Cadre sur l'Eau (source : AELB)

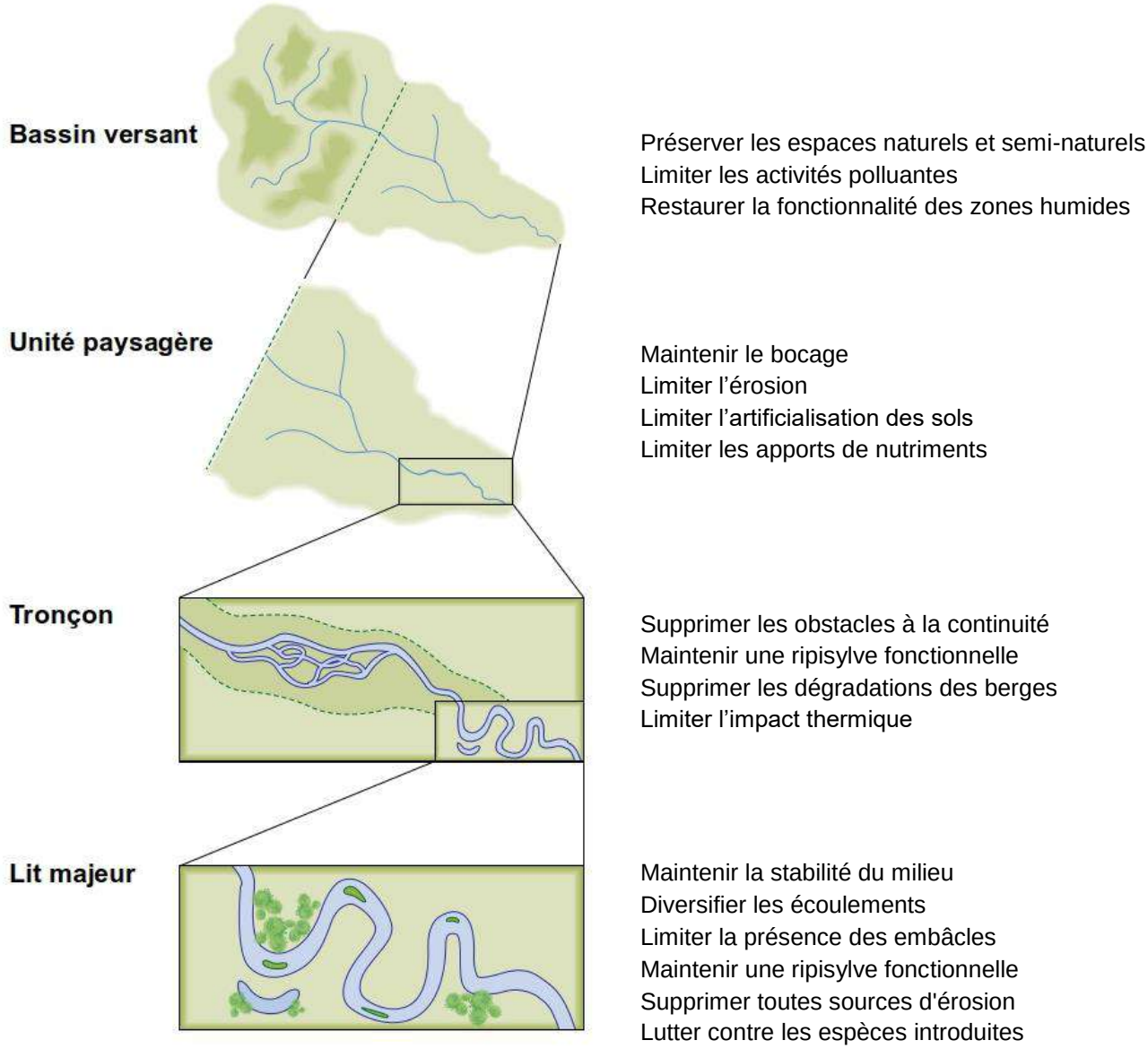


Figure 50. A chaque échelle, son niveau d'intervention (schéma extrait de Addy *et al.*, 2016)

Figure 51. Replantation de la ripisylve du ruisseau du Loc'h, suite à une coupe à blanc. Photo : P.Y. Pasco

Le tableau 9 illustre différents types d'actions de reconquête de l'habitat sur trois territoires. Les travaux sont menés par les gestionnaires de territoires comme les EPCI, les syndicats de bassins versants ou les opérateurs Natura 2000. L'inventaire des travaux n'est pas exhaustif, les sommes sont donc à prendre comme le minimum investi au cours du programme.

Certains travaux sont conduits spécifiquement pour la mulette perlière et bénéficient d'un financement dédié comme celui de l'appel à projet sur les espèces PNA de l'Agence de l'eau Loire Bretagne (AELB). D'autres sont des opérations qui contribuent à améliorer l'habitat à l'échelle du bassin versant mais ne sont pas ciblées sur l'espèce (ex : MAEC prairies).

Les sommes engagées, notamment par **le Syndicat de la vallée du Blavet** et **Lorient Agglomération** (SVB + LA) permettent de se rendre compte que la mulette perlière de par son statut d'espèce parapluie, est un levier financier pour l'amélioration de l'habitat de nombreuses espèces.
Pour l'**Etablissement public d'aménagement et de gestion du bassin versant de l'Aulne** (EPAGA) et **Guingamp Paimpol Agglomération** (GPA), l'effort financier se porte surtout sur les mesures agri-environnementales, mais ces mesures concernent moins de 10 % de la surface du bassin versant.

La nature et les volumes des travaux dépendent de la volonté et des moyens des opérateurs pour lesquels le reste à charge peut être important.

La restauration des habitats par la levée des points noirs et par le changement de pratiques est progressive, elle doit donc se poursuivre (fig. 52).

Tableau 9. Travaux de restauration de l'habitat de la mulette perlière sur les têtes de bassin du Blavet et de l'Hyères, les bassins versants de l'Aulne et du Blavet morbihannais

Territoire	Bassin versant	Programme	Maître d'ouvrage	Intitulé / travaux	Année	Coût total
Haut Blavet et Hyères	Loc'h (bv : 1844 ha)	MAEC		MAE prairie (50 ha)	2016 - 2021	23 760 €
		Contrat Natura 2000	GPA	Remplacement et recalage d'une buse	2022	12 000 €
		Breizh Bocage	GPA	Plantation de haie	2016-2022	10 800 €
	St-Georges (bv 1430 ha)	MAEC		MAE prairie (66 ha)	2016 - 2021	34 440 €
		Breizh Bocage	GPA	Plantation de haie	2016-2022	4 050 €
	Follezou (bv 1549 ha)	MAEC		MAE prairie (92 ha)	2016 - 2022	32 400 €
		Breizh Bocage	GPA	Plantation de haie	2022	9 000 €
		Contrat Natura 2000	Cicindèle	Restauration landes et tourbières	2019-2022	31 600 €
Total territoire						**158 050 €**
Aulne	Elez (bv env. 9000 ha)	MAEC		MAE prairie (966 ha)	2016-2022	755 350 €
		AAP AELB PNA	EPAGA	Installation abreuvoirs	2020-2021	14 400 €
		AAP AELB PNA	EPAGA	Suppression passage busé	2021	3 200 €
		Breizh Bocage	EPAGA	Plantation de haie	2018 - 2020	6 000 €
Total territoire						**778 950 €**
Blavet 56	Sarre (bv : 13250 ha)	CTMA	SVB + LA	Aménagement de passerelle, restauration et entretien de ripisylve, rampe d'enrochement, remplacement de buses, aménagement d'abreuvoirs, aménagement de pont-cadre, renaturation	2016 - 2018	178 427 €
		AAP AELB PNA	SVB		2019 - 2020	81 302 €
		CTBV-MA	SVB		2020 - 2021	143 176 €
	Brandifrout (bv : 4074ha)	CTMA	SVB + LA		2016 - 2018	46 139 €
	Kerollin (bv 3539 ha)	CTMA	SVB + LA		2016 - 2018	2 946 €
		CTBV-MA	SVB		2020	2 368 €
	Houé (bv : 3518 ha)	CTMA	SVB + LA		2016 - 2018	25 887 €
	Télléné (bv : 1327 ha)	CTMA	SVB + LA		2017 - 2018	92 820 €
	Bonne Chère (bv : 1745 ha)		Malguénac	Construction nouvelle station d'épuration (surcoût exigence « mulette »)	2019	500 000 €
Total territoire		(hors MAEC)				**1 073 065 €**
Total						**2 010 065 €**

Empierrement autour d'une zone d'abreuvement. Photo : S. Boichard, EPAGA.

Reméandrage sur un affluent de l'Elez. Photo : S. Boichard, EPAGA.

Restauration de la tourbière de Pont-Mine, bassin versant du Follezou. Photo : Association Cicindèle

Préservation de zones humides fonctionnelles : bas-marais sur le bassin du Saint-Georges. Photo : R. Le Mener

Entretien de landes humides par pâturage ovin, bassin versant du Follezou. Photo : Association Cicindèle

Plantation de haie sur talus sur le bassin versant de l'Elez. Photo : S. Boichard, EPAGA

Figure 52. Quelques exemples de travaux réalisés sur différents bassins versants

II.2. Restaurer les populations

En parallèle aux actions de restauration des habitats, la mise en place d'une station d'élevage permet la conservation *ex-situ* d'une espèce. Son bon fonctionnement donne la possibilité au renforcement de population sauvage ou à la réintroduction, sur des secteurs occupés historiquement par l'espèce (fig.53).

En Bretagne, les actions de conservation des populations de mulette perlière ont démarré par la construction d'une station d'élevage, en 2011 (fig. 54), à la pisciculture du Favot, propriété de la Fédération du Finistère pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques. Le protocole d'élevage s'est appuyé sur l'expérience d'autres stations en Europe (Gum *et al*., 2011 ; Patterson *et al*., 2018 ; Thielen, 2015) et s'est affiné avec le temps (Dury, 2015). Six souches ont été mises en élevage : trois de Normandie et trois de Bretagne (Bonne Chère, Elez amont et Loc'h). Des relâchers ont pu être réalisés dès 2012.
Durant la déclinaison régionale, l'élevage a été poursuivi.

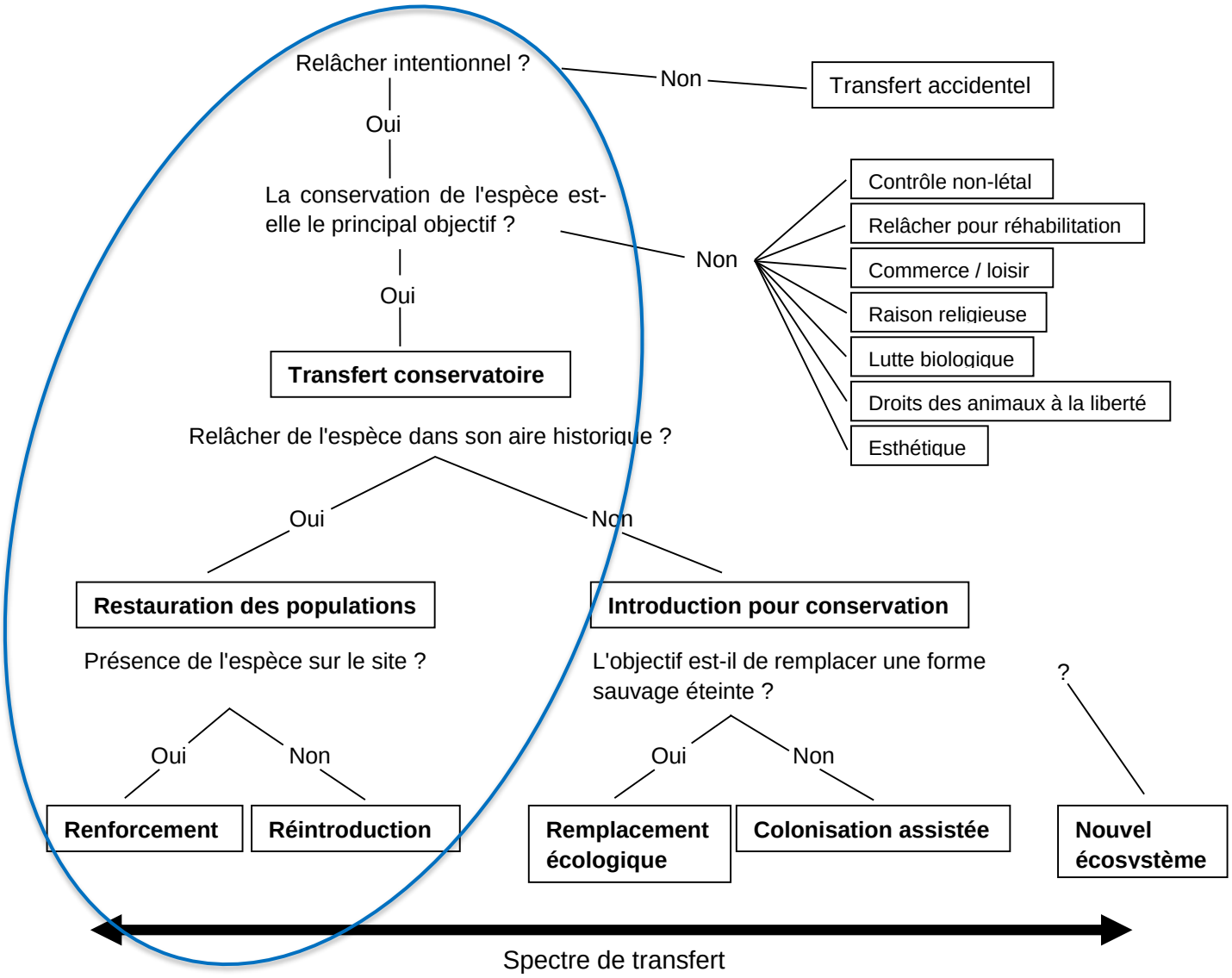


Figure 53. Stratégie de renforcement dans le spectre de transfert d'après Seddon *et al*. 2012

Élevage ex-situ

L'élevage *ex-situ* en Bretagne passe par la récolte de glochidies sur des individus adultes en cours d'eau. La mise en contact des glochidies avec des truites farios de souche "Elez" est réalisée à la station. Les truites sont ensuite maintenues en bassin jusqu'à l'exkystement des jeunes mulettes perlières. Ces jeunes mulettes sont récupérées puis élevées dans des auges remplies de sable d'aquariophilie avec de l'eau courante en circuit fermé. L'alimentation est à base d'algues déshydratées. Des éléments du protocole d'élevage se trouvent en annexe 2.

La gravidité des trois populations a été suivie annuellement pour tenter de récolter des glochidies pour une mise en élevage. Suivant les années, cette étape a été réalisée avec plus ou moins de succès (tab. 10).

Tableau 10. Année de récolte des glochidies par population. La cohorte sera de l'année n+1.
E : Elez amont ; L : Loc'h ; BC : Bonne Chère ; + : réussite ; - : échec.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
E	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
L	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
BC	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+

Dans la mesure du possible, chaque année le pool des individus adultes suivis est renouvelé pour diversifier les sources de glochidies. En 2017, les analyses génétiques réalisées (cf. § I.1) ont également concerné la station d'élevage. Elles ont permis de comparer la diversité génétique en élevage, par rapport aux populations sauvages. Il en ressort qu'en mélangeant plusieurs cohortes d'une même souche, on retrouve une bonne diversité, de l'ordre de celle observée dans les populations sauvages (Geist *et al*., 2021).

Au vu des résultats des premiers relâchers (cf. partie suivante), une évolution du protocole d'élevage a été proposée afin d'augmenter la vitesse de croissance. Des tests d'élevage en boîtes flottantes dans un bassin extérieur de 350 m^3 (fig. 60) ont été réalisés en 2019, puis poursuivis en 2021 (annexe 2).

Figure 54. La station d'élevage du Favot (*gauche*) et des jeunes mulettes émergentes dans les auges d'élevage (*droite*). Photos : H. Ronné

Renforcement des populations

Les relâchers pour renforcement - réintroduction se sont déroulés entre 2012 et 2017. Plus de 5 millions de mulettes perlières ont été remises en cours d'eau (annexe 3), très majoritairement des individus 0^+ (fig. 55). La deuxième partie de la déclinaison régionale a été consacrée plus particulièrement à l'évaluation de ces relâchers.

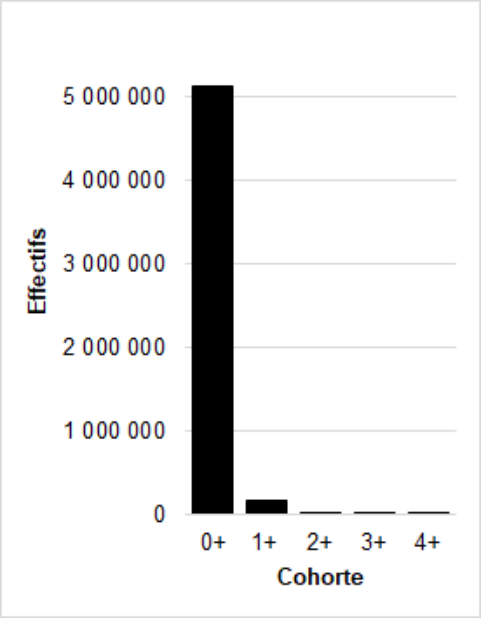


Figure 55. Nombre approximatif d'individus relâchés en fonction de l'âge

Figure 56. Individus relâchés sur le Manéantoux en mai 2017. Photo : P.Y. Pasco

Le projet de renforcement a débuté avec l'objectif d'élever trois souches pour soutenir trois populations. Mais après la mise en élevage de la souche **Bonne Chère**, des mulettes perlières de petites tailles ont été observées dans le cours d'eau, laissant envisager une population fonctionnelle (viable). En accord avec les partenaires, le choix a été fait de ne pas remettre de mulettes perlières issues d'élevage sur ce cours d'eau, mais sur le **Manéantoux**. Comme le ruisseau de Bonne Chère, le Manéantoux est un affluent de la Sarre ; il n'y a aucune barrière géographique entre ces deux cours d'eau.

Les relâchers ont donc été réalisés sur (fig. 57) :

- Le Roudoudour (affluent de l'Elez amont) et l'Elez amont avec la **souche Elez amont** ;
- Le Manéantoux avec la **souche Bonne Chère** ;
- Le Loc'h avec la **souche Loc'h**.

Sur le Roudoudour et le Manéantoux, il n'existait pas de population de mulette perlière : nous avons procédé à des réintroductions ; contrairement au Loc'h et à l'Elez amont où le relâcher sert de renforcement aux populations sauvages.

Une partie des individus issus de l'élevage a également permis de procéder à des expérimentations sur la qualité des habitats. L'objectif était de déterminer les meilleurs emplacements pour réaliser les relâchers et pour aider à caractériser les habitats favorables aux juvéniles.

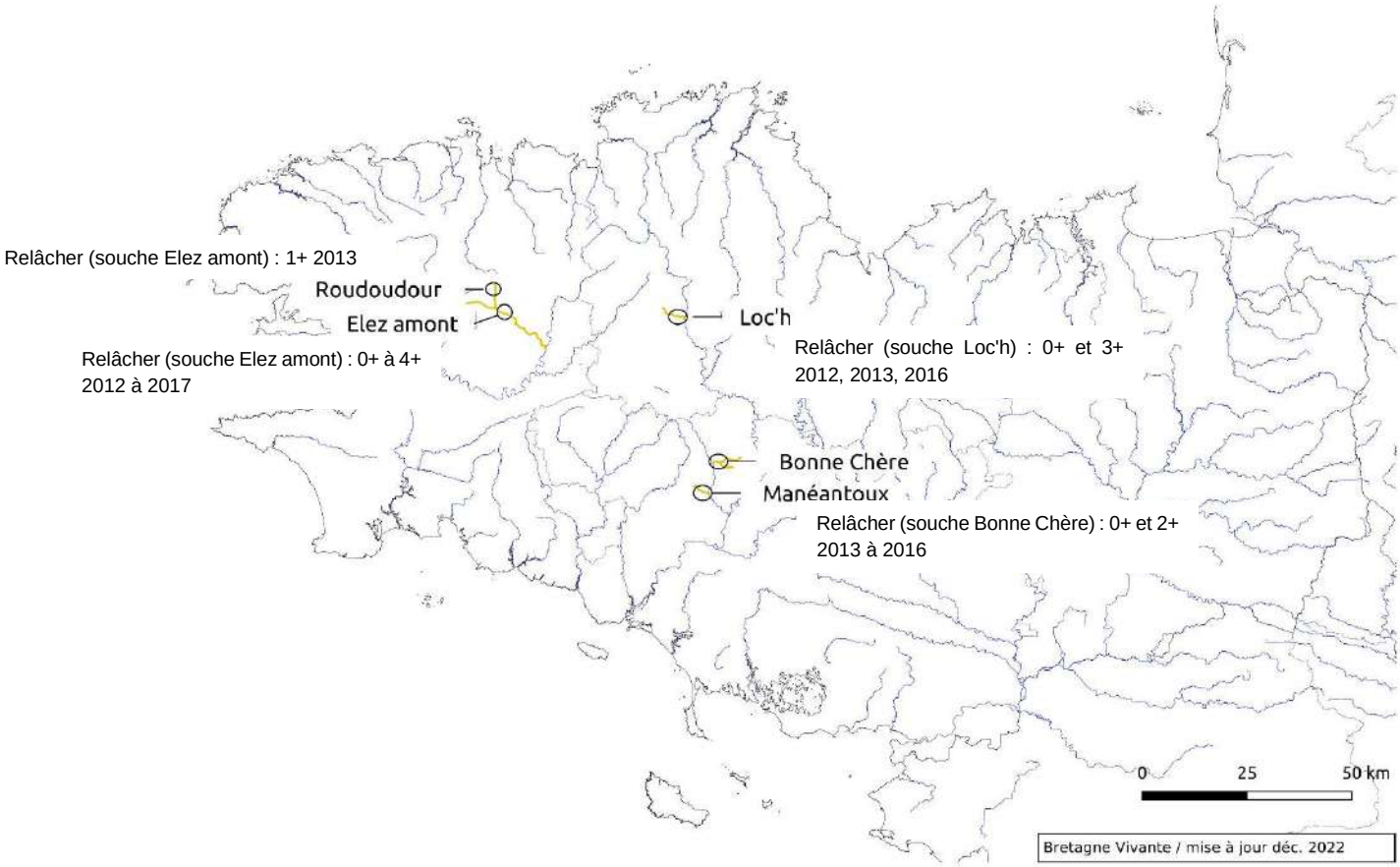


Figure 57. Localisation des actions de renforcement - réintroduction, en fonction des souches en élevage et des cours d'eau, de 2012 à 2017

Au moment des relâchers de 2016, une partie des mulettes a été placée dans des boîtes au fond du cours d'eau, à proximité des points de relâchers. Ce protocole ne reproduit pas exactement les conditions intra sédimentaires auxquelles sont soumises les mulettes relâchées dans le cours d'eau. Il donne plutôt des informations sur la qualité de l'eau et les taux de survie lorsque les mulettes sont en phase semi-enfouie. Il apporte tout de même des hypothèses sur la survie des individus relâchés. Les résultats sont plutôt encourageants pour les relâchers sur le Manéantoux et le Loc'h (tab. 11). Par contre, sur l'Elez, au bout de 2 ans, 98 % des mulettes étaient mortes. Pour certains cours d'eau, le protocole initié en 2016 a évolué, avec des changements et des réorganisations des boîtes en fonction des contraintes de terrain.

Ces premiers éléments ont servi à planifier les autres opérations développées pour évaluer le succès du renforcement - réintroduction.

Tableau 11. Survie de mulettes issues de la station d'élevage, dans des boîtes, en rivière

Rivière	2016	2018	2019	2020	2021	2022
Elez amont	1 boîte, 100 ind. 4+ (8-9 mm)	2 ind.	autre protocole			
Manéantoux	1 boîte, 50 ind. 2+ (4-5 mm)	36 ind.	31 ind.	autre protocole		
Loc'h	2 boites, 100 ind. et 50 ind. 3+ (4-5 mm)	66 ind. 39 ind	60 ind. 31 ind.	60 ind. 29 ind.	51 ind. 29 ind.	51 ind. 29 ind.

A partir de 2020, trois autres techniques d'évaluation du renforcement – réintroduction ont été utilisées :

- L'excavation, qui consiste à échantillonner autour du site de relâcher, en creusant sur 3 à 10 cm de profondeur et à tamiser les sédiments pour trouver les petites mulettes encore enfouies ;
- Les analyses **ADNe**. Cette technique peut apporter une réponse sur la survie des individus relâchés, lorsqu'on se trouve dans une situation de réintroduction ;
- La recherche à l'**aquascope**.

Sur le **Manéantoux**, une recherche par excavation ainsi qu'une recherche d'ADNe ont été réalisées en 2020 et 2021 mais n'ont pas permis, pour l'instant, de confirmer le succès sur ce site (tab. 13).

Sur le **Roudoudour**, un test ADNe, effectué en 2020, confirme la présence de l'espèce. En 2021, une prospection avec aquascope permet de retrouver un individu de 6 cm, affleurant de quelques millimètres à la surface des sédiments (fig. 58) : **premier témoignage de réussite de réintroduction en Bretagne !**
La prospection s'arrête à la découverte de cet individu afin de limiter les risques de piétinement. En 2022, la très forte sécheresse apporte des informations complémentaires. Le cours d'eau s'arrête de couler pendant quelques jours, 12 coquilles et deux individus vivants sont retrouvés jusqu'à 1 km à l'aval du point de relâcher.

Sur le **Loc'h**, les relâchers ont été faits au niveau de la population sauvage, les protocoles d'ADNe et d'excavation ne sont donc pas possibles. Une recherche à l'aquascope de jeunes individus (8 à 9 ans, en cas de survie, en fonction des âges et dates de relâcher) a été effectuée en 2021, sans succès.

Sur l'**Elez amont**, une prospection partielle a permis de dénombrer une quinzaine d'individus de petite taille en 2021 (fig. 59). Il est difficile de statuer sur l'origine de ces individus, étant donné qu'il existe aussi une population sauvage. Cependant, compte-tenu des données anciennes (absence de recrutement naturel, maturation des glochidies inaboutie) et du grand nombre de mulettes relâchées, il est fort probable que ces jeunes mulettes soient issues du renforcement.

Les résultats obtenus sont encore parcellaires et n'apportent pas de réponses définitives. Les recherches vont se poursuivre pendant les prochaines années. Pour le moment, des résultats de réussite qualitatifs ont été obtenus, pas encore quantitatifs.

Tableau 13. Evaluation de la réussite des relâchers, par différentes techniques

Techniques	**Cours d'eau**			
	Roudoudour (réintroduction)	Loc'h (renforcement)	Manéantoux (réintroduction)	Elez amont (renforcement)
Excavation			0	
ADNe	👍		0	
Aquascope	👍	0		probable

Figure 58. Recherche sur le Roudoudour (à gauche) et l'individu découvert. Photos : P. Pustoc'h

Figure 59. Elez amont : un individu adulte et un "juvénile" découvert en 2021. Photo : P. Pustoc'h

Les protocoles avec des contenants (boites ou tubes grillagés) apportent des résultats complémentaires sur les relâchers :

- Les individus issus d'élevage peuvent parfaitement se réadapter aux cours d'eau. Ils sont élevés avec l'eau d'une seule rivière et avec de la nourriture artificielle, mais ce n'est pas un obstacle au retour en rivière et à une alimentation naturelle. C'est plus l'état de l'habitat qui est limitant.
- La croissance observée dans les boîtes (expérience débutée en 2016, tab. 12) est variable d'un cours d'eau à l'autre, mais surtout d'une année à l'autre. Pour l'Elez amont, les deux individus suivis de 2016 à 2018 ont grandi de 2 et 6 mm, soit 1 et 3 mm/an. Pour le Manéantoux, le protocole a changé (changement de contenant), mais il est quand même possible de suivre des informations sur la croissance : elle a varié de 1,2 à 7 mm par an de 2016 à 2021. Pour le Loc'h, la croissance observée est autour de 3 à 5 mm/an, sur la période 2016-2019.

Les boîtes d'élevage en rivière sont une nouvelle option pour les années à venir. Elles nécessitent de faire évoluer les contenants vers des systèmes plus robustes, action commencée depuis ces deux dernières années (fig. 60).

- L'expérience de 2017 (Pasco *et al.*, 2018) sur le Manéantoux a démontré l'effet de la taille des individus sur la survie, au moment du retour en rivière.

La réintroduction sur le Roudoudour s'est faite avec des individus de 8 mm en moyenne. Ils étaient plus grands que les individus du même âge (1+) relâchés sur les autres sites. C'est ce site qui a obtenu le plus de résultats pour le moment.

Bassin de 350 m³ de la station du Favot

Boite flottante, en extérieur, au Favot (test 2019)

Système *in situ* d'origine : boite plastique, fenêtre toile maille 1 mm (*gauche* : petite boite ; *droite* : grande boite)

Tubes en grille inox[2] (maille env. 1 mm)

Cylindre inox (maille env. 0,5 mm)

Boîte tôle inox (maille 3 mm)

Boîtes bois, fenêtres toile plastique (maille 1 mm), couvercle tôle inox (maille 2 mm)[3]

Figure 61. Evolution des contenants pour l'élevage *ex situ* et *in situ*, utilisés en Bretagne

[2] Système développé par le PNR du Périgord-Limousin

[3] Boite développée par la station d'élevage de mulette perlière de Bavière, Allemagne

Ces premiers retours d'expériences nous fournissent plusieurs enseignements :

- Les techniques actuelles d'élevage et de relâcher sont efficaces et évaluables (environ 8 ans après le début de l'action, éventuellement plus rapidement dans le cas d'une réintroduction et à l'aide des analyses ADNe).
- La taille des individus au moment du relâcher est un paramètre important.
- Identifier les bons habitats commence au niveau du cours d'eau et doit s'étendre à l'ensemble du bassin versant.

L'expérience acquise depuis 10 ans en matière d'élevage et de relâchers conduit à proposer d'axer nos efforts sur la taille des mulettes relâchées. L'objectif à moyen terme est de relâcher uniquement des mulettes perlières de 1 à 4 cm. Avec les résultats présentés, cela peut passer par l'évolution du protocole ***ex situ*** (tests déjà initiés depuis 2019, cf. annexe 2), ou l'utilisation de boîtes d'élevage en rivière. L'espèce ayant une croissance lente, il est préférable de développer les deux options en parallèle, pour optimiser les chances de résultats. De plus, les deux méthodes ont des avantages et des inconvénients (tab. 14).

Tableau 14. Avantages et inconvénients de l'élevage *ex-situ* ou *in-situ*

	Ex-situ (station d'élevage)		*In-situ* (en rivière)
	en auge, à l'intérieur	en bassin, à l'extérieur	
Avantages	- Surveillance - Bonne survie	- Surveillance - Alimentation naturelle	- Alimentation naturelle - Adaptation plus rapide au milieu de relâcher - Plusieurs rivières : une pollution touche qu'une partie de l'élevage
Inconvénients	- Croissance plus lente qu'en milieu naturel - Alimentation par des algues lyophilisées - Lumière artificielle	- Une seule rivière : une pollution impacte toutes les mulettes	- Moins de surveillance possible

Concernant les relâchers, au niveau du suivi et du choix des méthodes :

- Il semble important de poursuivre le suivi et l'évaluation des relâchers, en réalisant notamment des prospections à l'aquascope, 8 à 10 ans après le relâcher. L'utilisation de PIT-tags, collés sur des individus relâchés d'une taille suffisante (> 4 cm), permettrait d'avoir un suivi régulier de quelques individus (cf. Patterson et al., 2018 p.234).
- Pour le choix des secteurs de relâcher, la présence de mulettes perlières sauvages est un élément pour identifier les habitats favorables. Par contre, cela soulève la question d'éventuels risques pour les populations sauvages (pathogènes, voire génétique).

Une autre piste est de multiplier les sites de relâcher (avec ou sans mulettes perlières sauvages), notamment pour prendre en compte l'état de préservation des bassins versants et les modèles d'évolution du climat, qui ne sont pas toujours en adéquation avec la carte de répartition actuelle de l'espèce.

Les différents choix qui se présentent doivent être évalués étapes par étapes, en intégrant les services de l'Etat (autorisations) et les partenaires locaux (acceptation sociale).

II.3. Réglementation et planification écologique

Natura 2000

Six sites Natura 2000 accueillent l'espèce au sein de leur périmètre (tab.15) et hébergent la moitié des populations bretonnes.

Les plus importantes populations sont bien intégrées dans une ZSC ainsi que 95 % des individus de la population globale. Toutefois, parmi les 8 populations avec un effectif supérieur à 100 individus, 3 populations ne sont pas actuellement intégrées dans un site Natura 2000 : le Brandifrout, le Tellené et le Fao.

Tableau 15. Site Natura 2000 hébergeant des populations de mulette perlière dans leur périmètre

Code	Nom	Opérateur
FR5300006	Rivière Elle	SMBSEIL
FR5300007	Têtes de bassin du Blavet et de l'Hyères	Guingamp - Paimpol Agglo.
FR5300013	Monts d'Arrée centre et est	PNRA
FR5300024	Rivière Elorn	Syndicat de l'Elorn
FR5300026	Rivière Scorff, Forêt de Pont Calleck, Rivière Sarre	SMBSEIL
FR5300041	Vallée de l'Aulne	EPAGA

SAGE

Actuellement, il n'y a que le SAGE Blavet qui mentionne l'espèce dans son Plan d'Aménagement et de Gestion Durable de l'eau (PAGD) (*cf*. p.98) ainsi que plusieurs autres espèces aquatiques patrimoniales comme l'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*). Le territoire du SAGE Blavet contient à lui seul 12 cours d'eau à mulette perlière, comptabilisant approximativement 3 000 individus.

Le PAGD du SAGE Blavet (*cf*. p. 98) recommande d'affiner les connaissances sur la présence de l'espèce, de diffuser les connaissances sur la présence de l'espèce, de prendre en compte l'objectif de préservation de cette espèce pour la détermination des niveaux de rejets au cours d'eau, de s'assurer de la préservation de la mulette sur des secteurs de présence potentielle et de modifier le périmètre des sites Natura 2000 "les rivières Scorff et Sarre, forêt de Pont-Calleck" et "têtes de bassin du Blavet et de l'Hyères" pour la prise en compte de l'ensemble des populations de mulette perlière. Par ailleurs, il demande une mise en compatibilité des IOTA[4] et ICPE[5] avec l'objectif de préservation de la mulette perlière.

Lors du renouvellement du SAGE Aulne, des propositions similaires avaient été faites, mais elles n'avaient ensuite pas été validées par la CLE[6].

[4] Installation Ouvrages Travaux et Activités
[5] Installation Classée Protection de l'Environnement
[6] Commission Locale de L'eau

Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope (APPB)

Entre août 2020 et juin 2021, la DDTM du Morbihan a piloté une concertation ayant pour but la création d'arrêtés de protection de biotope pour protéger les populations significatives de mulettes perlières du département du Morbihan. Lors de plusieurs réunions, les acteurs des différents bassins versants concernés (élus, agriculteurs, forestiers, pêcheurs, techniciens rivière, animateur Natura 2000...) ont pu s'exprimer et construire les projets d'arrêtés. Le public a ensuite été consulté pendant l'été 2021. Pour finir, les arrêtés (tab. 16) ont été signés par le Préfet du Morbihan en novembre 2021. Les quatre APPB sont consultables sur les sites internet de l'INPN et de la DDTM 56.

Chaque arrêté comprend 3 périmètres réglementés distincts :
- l'ensemble du bassin versant ;
- le lit mineur des cours d'eau ainsi que la bande tampon de 20 m de part et d'autre des berges ;
- le lit mineur des cours d'eau au niveau de la zone dite à fort enjeu de conservation de l'espèce.

Des mesures sont applicables à l'ensemble du bassin versant, comme la protection stricte des haies, des prairies permanentes et des espaces boisés. Tandis que d'autres mesures ne s'appliquent qu'aux autres périmètres, comme le maintien d'une bande enherbée ou boisée de 20 m sur l'ensemble des berges des cours d'eau. L'ensemble des mesures est consultable en téléchargeant les arrêtés, en utilisant les liens indiqués dans le tableau 16.

Tableau 16. APPB concernant la mulette perlière dans le Morbihan

Code	Nom
FR3801087	Bassin versant du ruisseau de Brandifrout
FR3801088	Bassin versant du ruisseau de Bonne-Chère
FR3801089	Bassin versant du ruisseau de Manéantoux
FR3801090	Bassin versant du ruisseau de Tellené

Figure 61. APPB des bassins versants du Bonne Chère et du Tellené (à droite), et dépliant diffusé, par la DDTM 56, auprès de la population des bassins versants concernés (à gauche)

En bref

La conservation de la mulette perlière passe par la préservation et la restauration de ses habitats.
Cette restauration se fait en s'appuyant sur la connaissance des paramètres intrinsèques et extrinsèques des populations. Elle a d'abord concerné les cours d'eau et ses rives et doit se poursuivre à l'échelle du bassin versant. Elle est portée par les partenaires techniques. L'enjeu pour les années à venir est la construction d'un réseau élargi prenant en compte les autres acteurs du bassin versant.
L'investissement financier a été conséquent. La présence de l'espèce est une opportunité pour restaurer les rivières ; la préservation des zones humides et des cours d'eau participent à la conservation de la mulette perlière.

Le statut de conservation très défavorable de l'espèce fait craindre que l'action de préservation des habitats ne soit pas suffisante. Les populations sont trop petites et avec des densités trop faibles pour se maintenir. Dans cette hypothèse, l'élevage *ex-situ* avec relâchers a été mis en place pendant le LIFE et s'est poursuivi durant la déclinaison régionale.
Trois souches sont en élevage à la station du Favot : l'Elez amont, le Bonne Chère et le Loc'h. Plus de cinq millions d'individus ont été relâchés, très majoritairement de petite taille (0+). En 2021, nous avons pu attester la survie d'individus issus d'élevage et relâchés huit ans plus tôt ! Les résultats obtenus sur les relâchers sont encourageants mais restent parcellaires.
Les mulettes perlières issues d'élevage ont également servi comme matériel d'étude pour du biomonitoring. Cela a permis de faire progresser la connaissance des paramètres d'habitats favorables, et les techniques d'élevage *ex-situ* et *in-situ*.

Concernant la protection et la réglementation, le réseau Natura 2000 couvre une partie des sites à mulette perlière. Cependant, ces espaces pourraient être étendus pour mieux englober l'espèce et ses habitats. Quatre arrêtés préfectoraux de protection de biotope ont été publiés pour les principales populations de mulette perlière du Morbihan : celles des bassins versants du Bonne Chère, du Brandifrout, du Tellené et du Manéantoux. Ce travail de longue haleine permet une bonne intégration de l'enjeu 'mulette perlière' dans la protection des espaces.

Un moulin sur les rives du Pont-Hellou, Côtes-d'Armor. Photo : R. Le Mener

III. Actions transversales et d'animation de la déclinaison régionale

III.1. Une action partenariale

La conservation de la mulette perlière nécessite la collaboration de nombreux partenaires (tab. 17). À l'image de son habitat, leurs actions peuvent être limitées dans le temps et dans l'espace ou permanentes et générales.

Tableau 17. Les partenaires de la conservation de la mulette perlière à l'échelle d'un bassin versant

Partenaires		Type de partenariat
Administratifs et réglementaires	Etat et collectivités territoriales	Membres du COPIL, soutien financier
	AELB	
	SAGE (structures animatrices)	Membres du COPIL, soutien technique
Acteurs de la biodiversité	Etat et collectivités	Membres du COPIL, soutien technique et scientifique
	Associations de protection de la nature	
	Gestionnaires d'espaces naturels	
	Scientifiques	
Usagers professionnels	Producteur d'hydroélectricité	Convention, soutien financier
	Distributeurs d'eau potable	
	Industries	
	Piscicultures	
Acteurs fonciers	Agriculteurs	Rencontres sur le terrain, réunions techniques, formation
	Forestiers	
	Collectivités	
	Particuliers	Rencontres opportunes, sensibilisation,
Usagers de loisirs	Pêcheurs	Membres du COPIL, échanges techniques et scientifiques,
	Canoë / Kayak	

La plupart des acteurs du bassin versant, quel que soit leur niveau d'intervention, sont impliqués dans la conservation de l'espèce. À l'exception des producteurs d'hydroélectricité, les usagers professionnels apparaissent peu touchés par la conservation. Les populations actuelles de mulette perlière se trouvent, en majorité, sur la partie amont des bassins où les activités industrielles sont quasi-inexistantes. Il en ressort que les distributeurs d'eau potable et les pisciculteurs seraient des acteurs à sensibiliser en mettant en avant les enjeux communs sur la qualité des milieux.

Figure 62. Forte implication de nombreux partenaires pour la conservation de la mulette perlière en Bretagne : a) COPIL régional à Rostrenen, 2021 ; b) visite de la station de mulette perlière sur le Loc'h après le COPIL départemental des Côtes-d'Armor (printemps 2022) ; c) : Pêche électrique de recherche de glochidies sur l'Elez aval (Finistère), Fédération de Pêche du Finistère, EPAGA (printemps 2022).
Photos : R. Le Mener, Pierrick Pustoc'h

III.2. Sensibilisation

Les actions de sensibilisation s'adressent à différents publics, du touriste venu pêcher sur les rivières du centre-Bretagne au technicien de rivière chargé des travaux de restauration des cours d'eau (tab. 18 et fig. 63). Les supports utilisés sont adaptés à chacun de ces publics (fig. 64).

Tableau 18. Les actions de communication sur la mulette perlière

Public	Support / action	Nb d'actions	Nb de personnes
Tous publics	Articles de presse	48	
	Reportage TV	3	
	Reportage radio	3	
	Film / DVD	4	
	Conférence	3	250 pers.
	Exposition	1	3 présentations
	Création artistique	1	
Scolaires	Animations	4	75 pers.
Élus / Institutionnels	Formation / sensibilisation	6	50 pers.
Techniciens et scientifiques	Formation - prospection	10	50 pers.
	Colloque / conférence	8	500 pers.
	Livret	1	500 ex.
	Lettre d'info	1	440 contacts
	Site internet	1	> 10 000 visiteurs

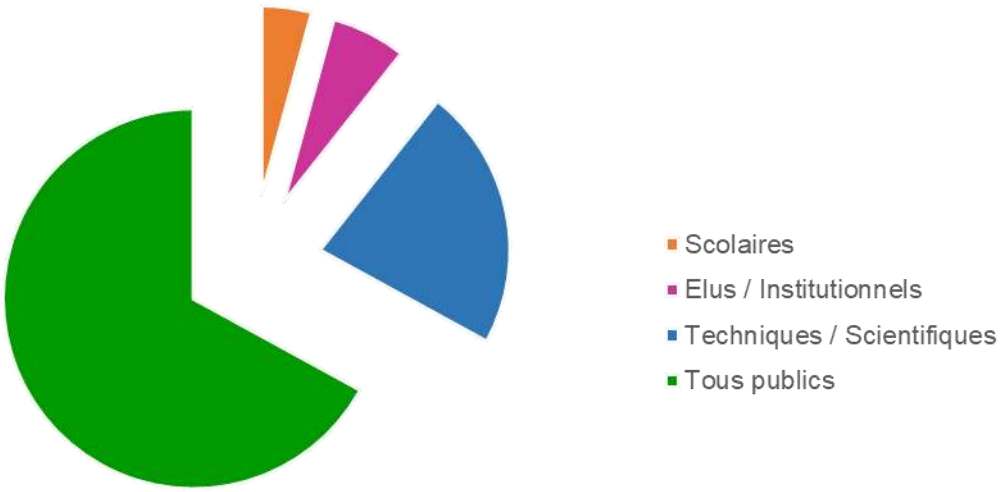


Figure 63. Part relative des actions de sensibilisation de 2016 à 2022

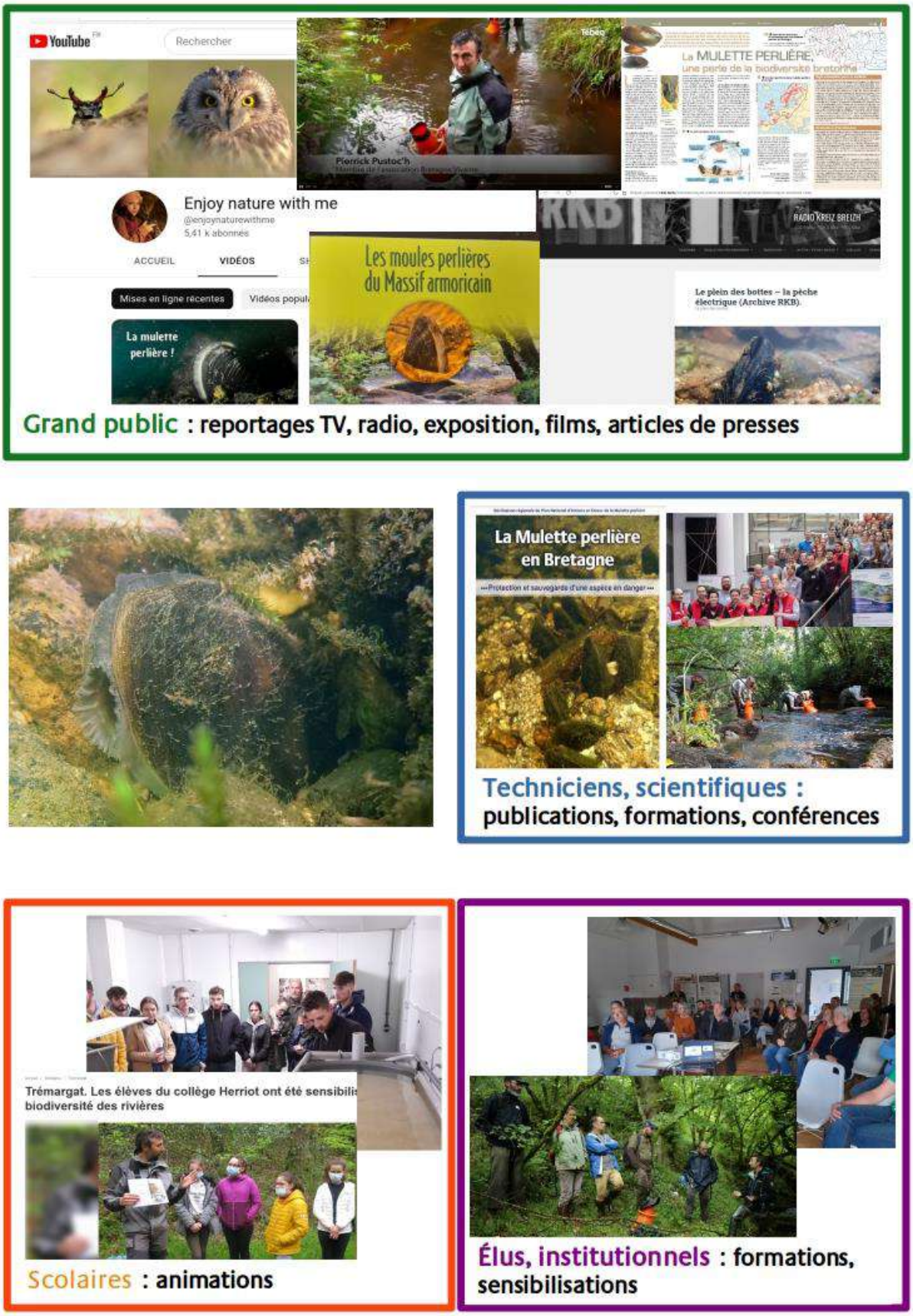


Figure 64. Quelques exemples d'actions de sensibilisation de 2016 à 2022

IV. Perspectives

Les deux premiers programmes de conservation de la mulette perlière en Bretagne ont permis d'améliorer grandement les connaissances sur le statut de l'espèce dans la région : les populations à enjeux sont connues et suivies. Les principales problématiques concernant l'habitat sont identifiées et des méthodes de diagnostic ont été élaborées et testées.
Parallèlement, les protocoles d'élevage ont évolué avec l'expérience acquise et les échanges internationaux. Grâce à la mobilisation d'un grand nombre d'acteurs, de techniciens, d'élus et aussi de scientifiques, les premiers résultats du renforcement sont maintenant visibles.

L'échelle pertinente d'intervention est celle du bassin versant, au niveau opérationnel comme en ce qui concerne la gouvernance.

Si l'état de conservation de la mulette perlière n'est toujours pas favorable à l'échelle régionale, les enjeux se concentrent sur trois bassins versants : l'Aulne dont la population de l'Elez est la plus importante de Bretagne, le Blavet dont 5 populations avoisinent ou dépassent les 100 individus et le bassin Ellé – Isole – Laïta dont une rivière, l'Aër, présente plusieurs facteurs encourageants.
Il est donc essentiel de poursuivre le travail entrepris en transmettant les expériences acquises aux opérateurs techniques et en impliquant la profession agricole, principal acteur foncier sur les territoires concernés.
La durée de vie de l'espèce impose d'anticiper les impacts potentiels des changements climatiques et d'usages des sols.

Ces objectifs reprennent la terminologie de déclinaison régionale d'un Plan National d'Actions. Ils devront faire l'objet d'un travail de hiérarchisation avec l'ensemble des partenaires puis déclinés en opérations concrètes.

Objectifs du prochain programme de conservation

Connaissances

- Évaluer la qualité (= représentativité / réalité) de la connaissance actuelle
- Poursuivre l'évaluation de la fonctionnalité des populations prioritaires
- Poursuivre l'identification des habitats favorables
- Poursuivre l'amélioration des connaissances sur l'habitat de l'espèce, en s'associant avec des organismes de recherche (OFB, laboratoires universitaires, INRAE…)
- Définir et mettre en œuvre des indicateurs de l'évolution de l'occupation du sol, du climat et de l'habitabilité des cours d'eau.

Conservation

- Maintenir une veille sur les bassins prioritaires
- Placer les partenaires territoriaux comme les gestionnaires des populations
- Augmenter le niveau d'exigence de la qualité des masses d'eau → très bon état écologique de la DCE.
- Améliorer la protection réglementaire des principales populations
- Travailler avec les techniciens agricoles des bassins versants pour renforcer le travail d'animation des MAEC
- Poursuivre l'amélioration des protocoles d'élevage *ex-situ* et *in-situ*

Sensibilisation

- Communiquer sur l'espèce et les actions de conservation en utilisant des supports adaptés à chaque public : tout public, élus et institutionnels, techniciens et scientifiques, scolaires
- Développer des actions de formation / sensibilisation à destination des agriculteurs et des forestiers
- Maintenir le niveau d'informations des élus
- Former à la prise en compte des enjeux à l'échelle du bassin versant
- Porter à connaissance de la réglementation
- Monter des partenariats avec les structures d'éducation à l'environnement sur les bassins prioritaires

Formation – transmission

- Maintenir la collaboration avec les techniciens sur les bassins prioritaires
- Standardiser les techniques, les procédés et les méthodes → objectif : transmission locale et nationale
- Développer des outils à destination du public spécialisé (journées d'échanges, site internet, guide technique)

Coordination

- Constituer un comité technique par bassin prioritaire
- Définir une stratégie d'actions sur les bassins en fonction des priorités et des opportunités

Un certain nombre de facteurs seront à prendre en compte :

- Les changements climatiques vont occasionner des situations critiques pour l'espèce et son poisson-hôte ;
- L'évolution agricole en cours (abandon de l'élevage bovin au profit des cultures céréalières) est néfaste à l'espèce ;
- Les dynamiques territoriales ne sont pas les mêmes d'un bassin versant à l'autre et ne sont pas forcément proportionnelles à l'importance de la population.

La hiérarchisation des objectifs se fera en lien avec l'écriture du second Plan National d'Actions et suivra les avis de groupes de travail sur des sujets comme la génétique et la stratégie de renforcement.

Références bibliographiques

Addy S. *et al*. 2016. *River Restoration and Biodiversity: Nature-based solutions for restoring rivers in the UK and Republic of Ireland.* CREW reference: CRW2014/10. 74 p. Lien

AFNOR. 2017. *Norme française NF EN 16859 du 26 mai 2017. Qualité de l'eau - Norme guide sur le suivi des populations de moules perlières*. 56 p. Lien

Akiyama Y. & Iwakuma T. 2007. Survival of Glochidial Larvae of the Freshwater Pearl Mussel, *Margaritifera laevis* (Bivalvia: Unionoida), at Different Temperatures: A Comparison Between Two Populations With and Without Recruitment. *Zoological Science*, **24**(9) : 890–893. Lien

Arvidsson B., Karlsson J. & Österling M. 2012. Recruitment of the threatened mussel *Margaritifera margaritifera* in relation to mussel population size, mussel density and host density. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. **22**(4) : 526-532. Lien

Baglinière J.-L. 2020. *La truite commune (*Salmo trutta*) dans les rivières du Massif armoricain : caractéristiques, fonctionnement des populations et évolution face aux changements climatiques*. Vidéo d'une conférence organisée par Bretagne Grands Migrateurs. Lien

Baglinière J.-L. & Maisse G. 1991. La truite : biologie et écologie. Institut national de la recherche agronomique, Paris, 304 p. Lien

Baglinière J.-L. & Ombredane D. 2013. Le saumon atlantique et la truite commune dans le Massif armoricain : éléments d'écologie et de fonctionnement des populations. *Penn ar Bed*, **215** : 9–14. Lien

Baldan D. *et al*. 2021. Increased sediment deposition triggered by climate change impacts freshwater pearl mussel habitats and metapopulations. *Journal of Applied Ecology*, **58**(9) : 1933–1944. Lien

Basen T. *et al*. 2022. Suitability of Natura 2000 sites for threatened freshwater species under projected climate change. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **32**(12) : 1872–1887. Lien

Bauer G. 1987. Reproductive strategy of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. *Journal of Animal Ecology*, **56**(2) : 69-704. Lien

Bauer G. 1988. Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in Central Europe. *Biological Conservation*, **45**(4) : 239–253. Lien

Bauer G. 1992. Variation in the Life Span and Size of the Freshwater Pearl Mussel. *Journal of Animal Ecology*, **61**(2) : 425–436. Lien

Beaume *et al*. 2016. *Conserver la moule perlière d'eau douce dans nos rivières. Recueil d'expériences du programme LIFE+ Nature 'Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain' 2010-2016.* Bretagne Vivante / CPIE des Collines Normandes / FDPPMA 29 / SIAES / PNRNM. Brest, 72 p. Lien

Bílý M. *et al*. 2021. Occurrence depth of juvenile freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in a river bed tested by experimental mesh tubes. *Hydrobiologia*, **848** : 3127–3139. Lien

Bogdaniuk E. 2018. *Dynamique de la croissance des coquilles de Margaritifera margaritifera sur l'Elez*. Rapport de stage de MASTER 1 'Sciences de la mer et du littoral'. Université de Bretagne Occidentale. 25 p.

Bolotov I.N. *et al*. 2018. Climate Warming as a Possible Trigger of Keystone Mussel Population Decline in Oligotrophic Rivers at the Continental Scale. *Scientific Reports*, **8**(1) : 35. Lien

Carrier L. 2019. *Caractérisation de l'habitat des juvéniles d'une espèce en voie de disparition : la mulette perlière.* Rapport de MASTER 2 "Gestion et Conservation de la Biodiversité". Université de Bretagne Occidentale / Bretagne Vivante. 52 p.

Černá M. *et al*. 2018. Within-river variation in growth and survival of juvenile freshwater pearl mussels assessed by in situ exposure methods. *Hydrobiologia*, **810**(1) : 393–414. Lien

Collectif. 2016. *Plan régional d'actions pour la mulette perlière, déclinaison simplifiée en région Bretagne*. Bretagne Vivante, 71 p. Lien

Cochet G. 1999. Le statut des *Margaritiferidae* de France (*Mollusca, Bivalvia, Unionacea, Margaritiferidae*). *Vertigo*, **6** : 27–31.

Cosgrove P. *et al*. 2016. The status of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* in Scotland: extent of change since 1990s, threats and management implications. *Biodiversity and Conservation*, **25**(11) : 2093–2112. Lien

Datry T. *et al*. 2008. La zone hyporhéique, une composante à ne pas négliger dans l'état des lieux et la restauration des cours d'eau. *Ingénieries eau-agriculture-territoires*, 54 : 3–18. Lien

Dejean T., Valentini A., Duparc A., Pellier-Cuit S., Pompanon F., Taberlet P. & Miaud C. 2011. Persistence of Environmental DNA in Freshwater Ecosystems. *PLOS ONE*, **6**(8) : e23398. Lien

Denic M., Kuehneweg M. & Schmidt T. 2022. Hydromorphological preferences of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in upland streams of the Bavarian Forest – A case study. *Limnologica*, : 126034. Lien
Dury P. 2015. Mise en place d'un protocole d'élevage pour les mulettes perlières du Massif armoricain. *Penn ar Bed*, **222** : 37–42. Lien

Elliott J.M. & Elliott J.A. 2010. Temperature requirements of Atlantic salmon *Salmo salar*, brown trout *Salmo trutta* and Arctic charr *Salvelinus alpinus*: predicting the effects of climate change. *Journal of Fish Biology*, **77**(8) : 1793–1817 Lien

Evanno G. 2013. Comparaison des performances de larves de mulette perlière sur des juvéniles de saumon atlantique et de truite commune sur la Sarre (56). Rapport UMR INRA - Agrocampus Ouest Ecologie et Santé des Ecosystèmes. 13 p. Lien

Fahrner G. *et al*., 2012. *Vulnérabilité des milieux aquatiques et de leurs écosystèmes. Etude de la répartition des poissons d'eau douce.* Rapport réalisé dans le cadre du projet Explore 2070 (2010-2012). MEDDTL - BIOTOPE. 81 p. Lien

Farrington S.J. *et al*. 2020. Population genetics of freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in central Massachusetts and implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **30**(10) : 1945–1958. Lien

Ferreira-Rodríguez N. *et al*. 2019. Research priorities for freshwater mussel conservation assessment. *Biological Conservation*, **231** : 77–87. Lien

Foulquier L., Bovard P. & Grauby A. 1967. Contamination expérimentale de *Margaritana Margaritifera* (L.) par le césium 137. *C.R. Acad. Sc. Paris*, **265**(22) : 1745–1748. Lien

Geist J. 2010. Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of Conservation Genetics and Ecology. *Hydrobiologia*, **644**(1) : 69–88. Lien

Geist J. & Auerswald K. 2007. Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Freshwater Biology*, **52**(12) : 2299–2316. Lien

Geist J., Bayerl H., Stoeckle B. & Kuehn R. 2021. Securing genetic integrity in freshwater pearl mussel propagation and captive breeding. *Scientific Reports*, **11**(1) : 16019. Lien

Geist J. Moorkens E., Killeen I., Feind S., Stoeckle B., O. Connor A. & Kuehn R. 2018. Genetic structure of Irish freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* and *Margaritifera durrovensis*): Validity of subspecies, roles of host fish, and conservation implications. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **28**(4) : 923–933. Lien

Geist J. & Stoeckle B. 2018. *Genetic analyses in endangered freshwater pearl mussel* Margaritifera margaritifera *populations of Brittany and Normandy (France)*. Rapport de l'Université de Munich. 19 p.

Graf D.L. & Cummings K.S. 2021. A 'big data' approach to global freshwater mussel diversity (Bivalvia: Unionoida), with an updated checklist of genera and species. *Journal of Molluscan Studies*, 87(1) : eyaa034. Lien

Gum B., Lange M. & Geist J. 2011. A critical reflection on the success of rearing and culturing juvenile freshwater mussels with a focus on the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **21**(7) : 743–751. Lien

Hastie L.C., Young M.R. & Boon P.J. 2000a. Growth characteristics of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Freshwater Biology*, **43**(2) : 243–256. Lien

Hastie L.C., Boon P.J. & Young M.R. 2000b. Physical microhabitat requirements of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Hydrobiologia*, **429**(1) : 59–71. Lien

Hastie L.C. & Young M.R. 2003. Timing of spawning and glochidial release in Scottish freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) populations. *Freshwater Biology*, **48**(12) : 2107–2117. Lien

Helama S. & Valovirta I. 2008. The oldest recorded animal in Finland: Ontogenetic age and growth in *Margaritifera margaritifera* (L. 1758) based on internal shell increments. *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica*, **84**(1) : 20–30.

Huang X.-C. *et al*. 2018. Reclassification of *Lamprotula rochechouartii* as *Margaritifera rochechouartii* comb. nov. (Bivalvia: Margaritiferidae) revealed by time-calibrated multi-locus phylogenetic analyses and mitochondrial phylogenomics of Unionoida. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **120** : 297–306. Lien

Hruška J. 1992. The freshwater pearl mussel in South Bohemia : evaluation of the effect of temperature on reproduction, growth and age structure of the population. *Archiv für Hydrobiologie*, **126**(2) : 181–191. Lien

Hyvärinen H.S.H. et al. 2022. Effect of low dissolved oxygen on the viability of juvenile *Margaritifera margaritifera*: Hypoxia tolerance ex situ. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **32**(8) : 1393–1400. Lien

Jungbluth J.H., Coomans H. & Grohs H. 1985. Bibliographie der Flussperlmuschel *Margaritifera Margaritifera* (Linnaeus, 1758) [Mollusca: Pelecypoda]. *Verslagen en Technische Gegevens*, **41**(1) : 1–220. Lien

Larsen B.M. 2005. *Handlingsplan for elvemusling* Margaritifera margaritifera *i Norge. Innspill til den faglige delen av handlingsplanen*. NINA Rapport 122, 33 p. Lien

Larsen B.M. & Magerøy J.H. 2019. *Elvemuslinglokaliteter i Norge. En beskrivelse av status som grunnlag for arbeid med kartlegging og tiltak i handlingsplanen for 2019–2028*. Norsk Institutt for Naturforskning (NINA), 83 p. Lien

Le Mener R., 2022. *Amélioration des connaissances de la population de Mulette perlière du ruisseau de Saint-Georges. Années 2020 – 2021*. Rapport Bretagne Vivante - SEPNB, 22 p.

Lopes-Lima M. *et al*. 2017. Conservation status of freshwater mussels in Europe state of the art and future challenges. *Biological Reviews*, **92**(1) : 572–607. Lien

Lopes-Lima M. *et al*. 2018. Expansion and systematics redefinition of the most threatened freshwater mussel family, the *Margaritiferidae*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **127** : 98–118. Lien

Lopez J.W. & Vaughn C.C. 2021. A review and evaluation of the effects of hydrodynamic variables on freshwater mussel communities. *Freshwater Biology*, **66**(9) : 1665–1679. Lien

MacCrimmon H.R. & Gots B.L. 1979. World Distribution of Atlantic Salmon, *Salmo salar*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **36**(4) : 422–457. Lien

Makhrov A. *et al*. 2014. Historical geography of pearl harvesting and current status of populations of freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in the western part of Northern European Russia. *Hydrobiologia*, **735**(1) : 149–159. Lien

Martel A. & McAlpine D. 2007. Assessing the conservation status of the Eastern Pearlshell, *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758), in Canada: the need to examine recruitment success among rivers. *Tentacle*, **15** : 18–19. Lien

Millière Q. 2015. *Échantillonnage par la méthode de Capture - Marquage - Recapture sur trois populations de mulette perlière de Bretagne*. Rapport de stage IUT Brest - Morlaix / Bretagne Vivante. 66 p. Lien

Moorkens E.A. & Killeen I.J. 2014. Assessing near-bed velocity in a recruiting population of the endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in Ireland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **24**(6) : 853–862. Lien

Morisseau S., Le Mener R., Pasco P.-Y., Deyme B. 2021. La Mulette perlière en Bretagne. Bretagne Vivante. 16 p.

Nogueira J.G. *et al*. 2021. Effects of an extreme drought on the endangered pearl mussel *Margaritifera margaritifera*: a before/after assessment. *Hydrobiologia*, **848**: 3003–3013. Lien

Österling M.E., Arvidsson B.L. & Greenberg L.A. 2010. Habitat degradation and the decline of the threatened mussel *Margaritifera margaritifera*: influence of turbidity and sedimentation on the mussel and its host. *Journal of Applied Ecology*, **47**(4) : 759–768. Lien

Österling M.E. 2015. Timing, growth and proportion of spawners of the threatened unionoid mussel *Margaritifera margaritifera*: Influence of water temperature, turbidity and mussel density. *Aquatic Sciences*, **77** : 1–8. Lien

Pandolfo T.J., Kwak T.J. & Cope W.G. 2012. Thermal Tolerances of Freshwater Mussels and their Host Fishes: Species Interactions in a Changing Climate. *Freshwater Mollusk Biology and Conservation*, **15**(1) : 69–82. Lien

Pasco P.-Y. 2013. Liste préliminaire des bivalves d'eau douce de Bretagne. *Penn ar Bed*, **215** : 50–53. Lien

Pasco P.-Y. 2016. *Étude préliminaire de la population de mulette perlière (*Margaritifera margaritifera*) de l'Elez aval. Site NATURA 2000 FR5300041 « Vallée de l'Aulne »*. Rapport Bretagne Vivante / EPAGA, 31 p.

Pasco P.-Y. 2018. *Évaluation de l'impact de l'événement de juin 2017 sur la population de mulette perlière de l'Elez, située en amont de la retenue de Saint-Herbot à Loqueffret (29)*. Rapport Bretagne Vivante, 6 p.

Pasco P.-Y & Hesnard O. 2015. Etat des populations de mulette perlière dans le Massif armoricain. *Penn ar Bed*, **222** : 18–23.

Pasco P.-Y., Blaize C. & Capoulade M., 2018. *Rapport d'activité 2017. Déclinaison régionale Bretagne du Plan National d'Actions en faveur de la mulette perlière 2016-2021*. Rapport Bretagne Vivante. 44 p. + annexes. Lien

Patterson M.A., Mair R.A. & Eckert N.L. 2018. *Freshwater mussel propagation for restoration*. Cambridge University Press. 316 p. Lien

Poff L., Allan D., Bain M., Karr J., Prestegaard K., Richter B., Sparks R. & Stromberg J. 1997. The Natural Flow Regime. *BioScience* **47**(11) : 769-784.

Prié V., Philippe L. & Cochet G. 2012. *Plan national d'actions en faveur de la Mulette perlière Margaritifera margaritifera 2012–2017*. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 79 p. Lien

Quinlan E. *et al*. 2015. A review of the physical habitat requirements and research priorities needed to underpin conservation of the endangered freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **25**(1) : 107–124. Lien

Ross H. 1992. The reproductive biology of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in co Donegal. *The Irish Naturalists' Journal*. **24**(2) : 43-50.

Scheder C., Gumpinger C. & Csar D. 2011. Application of a five-stage field key for the larval development of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* Linné, 1758) under different temperature conditions – A tool for the approximation of the optimum time for host fish infection in captive breeding. *Ferrantia*, **64** : 13–22. Lien

Seddon, P.J., W.M. Strauss, and J. Innes. 2012. Animal translocations: What are they and why do we do them? 1–32 pp, In J.G. Ewen, D.P. Armstrong, K.A. Parker, and P.J. Seddon (Eds.). Reintroduction Biology: Integrating Science and Management. Wiley–Blackwell Publishing, Oxford, UK. 499 p.

Silva J.P. *et al*. 2022. Predicting climatic threats to an endangered freshwater mussel in Europe: The need to account for fish hosts. *Freshwater Biology*, **67**(5) : 842-856. Lien

Smith D.G. 1979. Marsupial anatomy of the demibranch of *Margaritifera margaritifera* in Northeastern North America (Pelecypoda: Unionacea). *Journal of Molluscan Studies*, **45** : 39–44. Lien

Smith D.G. 2001. Systematics and Distribution of the Recent Margaritiferidae. In *Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida* (eds. G. Bauer & K. Wächtler), pp. 33–49. Ecological Studies, Springer, Berlin, Heidelberg. Lien

Söderberg H. *et al.* 2012. The Freshwater Pearl Mussel Margaritifera margaritifera (L.) in Sweden - status, changes and threats. In *Aquatic Conservation with Focus on Margaritifera margaritifera Proceedings of the International Conference in Sundsvall, Sweden, 12-14 August, 2009*, pp. 41–60. Lien

Sollows M.C., McAlpine D.F. & Munkittrick K.R. 2013. Density and abundance of the Freshwater Pearl Mussel, *Margaritifera margaritifera*, in the Kennebecasis River, New Brunswick and evidence of recent recruitment. *The Canadian Field-Naturalist*, **127**(4) : 303–309. Lien

Strayer D.L. & Smith D.R. 2003. *A guide to sampling freshwater mussel populations*. American Fisheries Society, Bethesda, Md, 103 p. Lien

Taberlet P., Coissac E., Hajibabaei M. & Rieseberg L. 2012. Environmental DNA. *Molecular Ecology*, **21**(8) : 1789–1793. Lien

Tamario C., Tibblin P. & Degerman E. 2022. Ecological marginality and recruitment loss in the globally endangered freshwater pearl mussel. *Journal of Biogeography*, **49**(10) : 1793–1804. Lien

Taskinen J. *et al*. 2011. Effect of pH, iron and aluminum on survival of early life history stages of the endangered freshwater pearl mussel, *Margaritifera margaritifera*. *Toxicological & Environmental Chemistry*, **93**(9) : 1764–1777. Lien

Thielen F. 2015. Élevage de mulettes perlières d'eau douce et contribution à la conservation de l'espèce. *Penn ar Bed*, **222** : 31–36. Lien

UICN Comité français, OFB & MNHN. 2021. *La liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Mollusques continentaux de France métropolitaine*. 16 p. Lien

Walker B. 1910. The distribution of *Margaritana margaritifera* (Linn.) in North America. *Journal of Molluscan Studies*, **9**(2) : 126–145. Lien

Young M.R., Cosgrove P.J. & Hastie L.C. 2001. The Extent of, and Causes for, the Decline of a Highly Threatened Naiad: *Margaritifera margaritifera*. In *Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida* (eds. G. Bauer & K. Wächtler), pp. 337–357. Ecological Studies, Springer, Berlin, Heidelberg. Lien

Young M.R., Hastie L.C. & Cooksley S.L. 2003. *Monitoring the freshwater pearl mussel:* Margaritifera margaritifera. English Nature, Peterborough, 22 p. Lien

Young M. & Williams J. 1984a. The reproductive biology of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (Linn.) in Scotland. I. Field studies. *Archiv für Hydrobiologie*, **99** : 405-422.

Young M. & Williams J. 1984b. The reproductive biology of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (Linn.) in Scotland. II. Laboratory studies. *Archiv für Hydrobiologie*, **100** : 29–43.

Zanatta D. Stoeckle B., Inoue K., Paquet A., Martel A., Kuehn R. & Geist J. 2018. High genetic diversity and low differentiation in North American *Margaritifera margaritifera* (Bivalvia: Unionida: Margaritiferidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, **123**(4) : 850–863. Lien

Ziuganov V., Zotin A., Nezlin L. & Tretiakov V. 1994. *The freshwater pearl mussels and their relationships with salmonid fish*. VNIRO Publ. House, Moscou, 104 p. Lien

Annexes

Annexe 1. État des populations de la mulette perlière en Europe

Pays	Estimation du nombre d'individus	Estimation du nombre de populations	Références
Russie	143 500 000	110	Makhrov *et al*. (2014)
Norvège	130 000 000	409	Larsen & Magerøy (2019)
Suède	39 000 000	618	Söderberg *et al*. (2012) ; von Proschwitz & Wengström (2021)
Ecosse	12 000 000	115	Cosgrove *et al*. (2016)
Irlande	12 000 000	139	Moorkens (2010) ; Geist *et al*. (2018)
Finlande	1 500 000	117	Oulasvirta (2011) ; Oulasvirta *et al*. (2017)
Portugal	800 000	7	Sousa *et al*. (2015) ; Sousa *et al*. (2017)
Angleterre	550 000	10	Killeen I. (comm. pers.)
France	**370 000**	**159**	Esnouf (coord.), *en prép*.
Espagne	188 000	54	Lois *et al*. (2014) ; Morales (2022)
Allemagne	144 000	69	Denic & Geist (2017) ; Geist (2010)
Autriche	35 000	20	Csar *et al*. (2012)
Estonie	35 000	1	*cf.* Geist (2010)
Irlande du Nord	22 000	6	Reid *et al*. (2012)
Lettonie	18 650	11	Kalnins *et al*. (2022) ; Rudzite *et al*. (2015)
République tchèque	16 000	5	Simon *et al*. (2015)
Belgique	2 500	5	Motte *et al*. (2013)
Pays de Galles	2 000	12	Killeen I. (comm. pers.)
Luxembourg	60	1	Arendt *et al*. (2010)

Annexe 2. Élevage *ex-situ*

Protocoles et bilan de production

Les étapes indiquées ci-dessous suivent en très grande partie celles définies dans les « Protocoles d'élevage et de renforcement » (Pasco & Capoulade, 2013) du LIFE+ « Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif armoricain ».

La mulette perlière est une espèce protégée par arrêté du 23 avril 2007. En conséquence, toutes les manipulations décrites dans cette annexe nécessitent en premier lieu une dérogation espèce protégée pour la manipulation des adultes en rivière, la récolte des glochidies, leur transport et la détention temporaire pour élevage.

RÉCOLTE DES GLOCHIDIES

Repérage des moules gravides

Chaque année, à partir de la mi-août, un passage hebdomadaire est effectué sur les stations de mulette de l'Elez amont, du Bonne Chère et du Loc'h. L'objectif est de vérifier la gravidité des femelles et l'état de développement des glochidies.
Les individus sont extraits du milieu naturel et disposés un à un dans des bacs en plastique contenant l'eau de la rivière (fig. 1). L'augmentation progressive de la température de l'eau et la diminution du taux d'oxygène dans les bacs conduisent les individus à expulser quelques glochidies.

Figure 1. Suivi de gravidité sur le Bonne Chère en 2021 : disposition des mulettes en bac. Photo : R. Le Mener

Les glochidies expulsées sont prélevées à l'aide d'une pipette et examinées au microscope de terrain pour vérifier leur maturité (fig. 2).

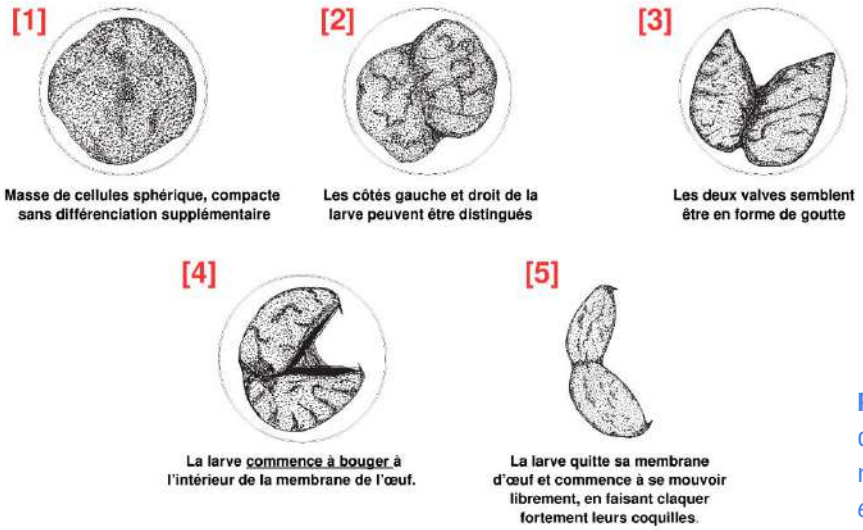


Figure 2. Les différents stades de développement des glochidies de mulette perlière ; d'après Scheder *et al.* (2011)

Après contrôle du stade de développement des glochidies, si la mulette ayant expulsé des glochidies est déjà étiquetée (fig. 3), elle est immédiatement remise dans le milieu, sinon une étiquette est collée sur la partie antérieure de la valve droite de la coquille avant remise à l'eau.

Figure 3. Suivi de gravidité sur le ruisseau du Loc'h en 2021 : "L025"

Expulsion et récolte des larves

Lorsque des glochidies sont observées au stade 5, les mulettes sont laissées plus longtemps dans les récipients pour leur permettre d'expulser la totalité des larves qu'elles portent. La solution contenant les glochidies matures est versée dans un contenant étanche, puis transportée, dans une glacière, à une température proche de celle du cours d'eau, jusqu'à la station d'élevage.

PROTOCOLE D'ÉLEVAGE EX SITU A LA STATION DU FAVOT

Mise en contact

Les poissons-hôtes, de jeunes truites farios issues d'une souche sauvage en provenance de l'Elez, sont préalablement élevés à la pisciculture du Favot. La solution de larves est mise en contact avec un lot de truitelles, à raison d'une concentration d'environ 1 000 à 2 000 larves par poisson.
En fonction des cours d'eau d'origine des glochidies, les truitelles « infestées » sont mises en quarantaine avant de rejoindre le circuit d'élevage, pour éviter le transfert de maladies infectieuses. C'est le cas pour les truitelles portant les glochidies de Normandie. Le territoire breton est exempt de cette précaution, cette partie n'est donc pas présentée ici.

Récolte des jeunes mulettes

Les truites, porteuses de larves, sont élevées en bassins intérieurs (un bassin par souche) pendant 7 à 8 mois. Entre la mi-avril et la mi-mai, les jeunes mulettes se détachent naturellement et sédimentent dans le fond des bassins. Elles sont récupérées quotidiennement grâce à un filtre fixé à la sortie des contenants.

Elevage dans les auges

Une fois récoltées, les jeunes mulettes sont mises en croissance dans des auges de 400 L dont le fond est tapissé de substrat d'aquariophilie sur 1 à 2 cm d'épaisseur. Une pompe fonctionnant en permanence assure un flux et une oxygénation de l'eau en circuit fermé. Cette eau est pompée dans le Rivoal, cours d'eau qui alimente la pisciculture du Favot. Elle est préalablement filtrée à 36 µm puis décantée et mise à température avant d'être utilisée dans les auges. Aucun autre traitement chimique ou physique n'est appliqué. Les mulettes sont nourries tous les jours avec des algues lyophilisées (1 ml de « Shellfish diet 1 800 » et 1 ml de « Nano 3 600 »). L'eau est renouvelée toutes les semaines.
Chaque année de récolte de glochidies donne lieu à une cohorte élevée à partir de l'année suivante, dans des auges individuelles. Les populations de mulettes sont élevées de manière distincte, sans mélange de souche, ni de cohorte.
Dans les premières années, les mulettes en auge étaient comptées tous les ans, pour s'assurer de leur survie et connaître la productivité. Progressivement, les cohortes 0^+ à 3^+ n'ont plus été comptées pour limiter la manipulation des individus de très petite taille et optimiser leur survie[7].

[7] Une cohorte 0+ indique un lot de jeunes mulettes venant de se décrocher des branchies des truites et ayant été placé dans une auge d'élevage. Une cohorte 1+ indique un lot de mulettes qui s'est décroché il y a un an, etc.

BILAN DES MULETTES PRODUITES ET ÉVOLUTION DU PROTOCOLE D'ÉLEVAGE A LA STATION DU FAVOT

Bilan des récoltes de glochidies et des cohortes élevées

Dès la première année de mise en service de la station d'élevage, de jeunes mulettes ont pu être produites (tab. 1). Seule la souche Bonne Chère n'a pas abouti à une cohorte utilisable cette année-là, le temps que le protocole soit affiné. Ensuite, presque chaque récolte de glochidies a donné lieu à une cohorte en élevage. Quelques accidents sont intervenus au fil des dix années de fonctionnement, entraînant la perte de quatre cohortes (tab. 1).

Evolution du protocole d'élevage à la station

Le protocole d'élevage mis en place depuis 2011 a été conçu pour pouvoir produire de nombreux individus, pas forcément sur une longue durée ; l'objectif étant de renforcer les populations naturelles avec un grand nombre de petits individus, pour palier à leur absence (Beaume *et al*., 2016). Le dimensionnement des auges et donc du volume d'eau circulant, détermine la quantité de nourriture qu'il est possible de donner, sans rencontrer de problème de développement algal qui impacte la survie des mulettes perlières.

En 2019, avant la reprise de croissance, un échantillon de chaque cohorte a été mesuré. Cela a permis de confirmer la croissance lente des mulettes dans les auges (comm. pers. P. Dury), par rapport à ce qui est connu dans le milieu naturel. On constatait qu'après 6 années de croissance, la taille moyenne des individus se situait entre 6 et 7 mm. Cette croissance est d'autant plus lente que le nombre d'individus est important, comme cela est bien visible avec les cohortes de 2013 entre le Bonne Chère et le Loc'h (fig. 4).
Or, les tests faits en cours d'eau en 2017 ont logiquement montré que plus les mulettes issues de d'élevage sont grandes au moment du retour en rivière, meilleure est la survie (Pasco *et al*., 2018).

Le Fédération de pêche du Finistère a mis en place des tests, en 2019 (Blaize *et al.*, 2020) et en 2021 (Bertheol, 2021) pour faire évoluer le protocole d'élevage afin de s'approcher d'une croissance naturelle tout en gardant une bonne survie. Des individus ont été placés dans des bacs à l'extérieur des bâtiments, dans un bassin recueillant l'eau alimentant la pisciculture. Ils sont alors dans une eau dont la température est directement liée à la température de l'air et alimentée par les ressources trophiques naturelles du cours d'eau.
Les premiers résultats de 2019 ont été encourageants, certains individus en bassin extérieur ayant une meilleure croissance que dans les auges. Les tests suivant en 2021 ont montré également des meilleurs résultats de croissance en extérieur (Bertheol, 2021), mais avec de fortes variabilités et des mortalités parfois importantes.
Ces premiers travaux sont des pistes intéressantes qu'il est nécessaire de poursuivre pour répondre au besoin d'évolution des techniques de relâcher (utiliser exclusivement des mulettes plus grandes, pour optimiser les chances de survie) mis en évidence dans le paragraphe II.2.

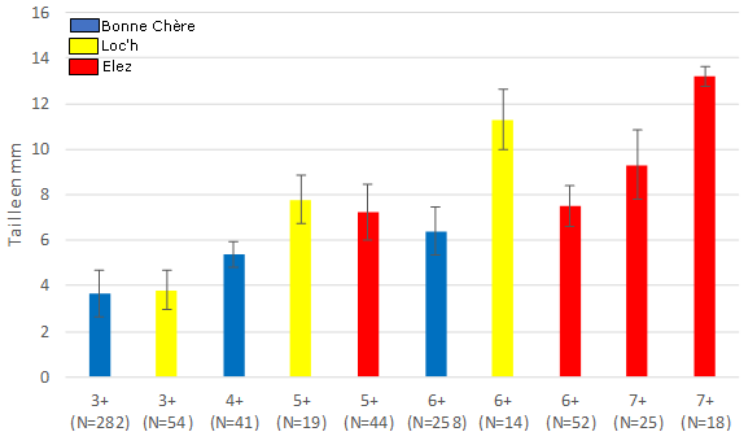


Figure 4. Taille des mulettes perlières des différentes souches bretonnes à la station d'élevage, en fonction des cohortes, en mars 2019 (N = nombre d'individus mesurés)

Tableau 1. Production de mulette perlière de trois souches de Bretagne, par cohorte. Stocks présents en déc. 2022. Les chiffres de quantité produite sont des *minima*, car les individus ne sont plus comptés les trois premières années

	Elez amont				Bonne Chère				Loc'h			
Année	Nombre mulettes adultes prélevées en année N-1	Nombre glochidies	Nombre mulettes produites	Devenir	Nombre mulettes adultes prélevées en année N-1	Nombre glochidies	Nombre mulettes produites	Devenir	Nombre mulettes adultes prélevées en année N-1	Nombre glochidies	Nombre mulettes produites	Devenir
2021	x				1	1 000 000	pas encore compté		1	800 000	pas encore compté	
2020	x				3	450 000	pas encore compté		2	150 000	pas encore compté	
2019	x				x				3	2 500 000	3 600 (2+)	en élevage
2018	x				x				x			
2017	x				4	2 000 000	accident technique		2	600 000	> 2 000 (3+)	une partie encore en élevage
2016	x				5	1 500 000	3 300 (3+)	accident technique	4	4 000 000	4 280 (3+)	une partie encore en élevage
2015	5	5 000 000	accident technique		5	2 000 000	5 500 (3+)	une partie encore en élevage	x			
2014	6	8 750 000	57 600	une partie encore en élevage	7	4 500 000	44 200	Relâcher	2	500 000	2 000	Relâcher
2013	3	5 000 000	18 300	une partie encore en élevage	4	1 750 000	70 000	accident technique	1	400 000	6 000	une partie encore en élevage
2012	7	2 000 000	50 125 00	une partie encore en élevage	4	1 500 000	3 000	accident technique	2	80 000	8 000	Relâcher

Annexe 3. Bilan des relâchers par souche et par âge pendant le LIFE

« Conservation de la moule perlière d'eau douce du Massif Armoricain »

Tableau. Nombre approximatif d'individus de mulette perlière issus de la station d'élevage relâchés, par année, par âge et par souche

Année	Âge	Souche		
		Elez amont	Loc'h	Bonne Chère
2012	0^+	5 millions	1 000	
2013	0^+	28 000	1 000	15 000
	1^+	400		
2014	0^+	45 000		30 000
	1^+	145 000		30 000
2015	1^+	2600		4 200
	2^+	4 000		3 500
2016	2^+			6 000
	3^+	1 500	800	
	4^+	200		
2017	3^+	3 600		

Déclinaison régionale Bretagne du Plan National d'Actions en faveur de la Mulette perlière (2016-2022)

PRÉFET
DE LA RÉGION
BRETAGNE
Liberté
Égalité
Fraternité

DREAL de Bretagne : pilote de la déclinaison régionale

Bretagne Vivante
Une voix pour la nature

Bretagne Vivante : animateur de la déclinaison régionale