

Voies Navigables de
France – Direction
territoriale Bassin de la
Seine



Reconstruction du barrage de Beaulieu (10)

Préservation de la moule
épaisse

11 septembre 2023

Protocole de déplacement
« Moule épaisse »



Réseau administratif

| | | |
|---------------------------------|--|---|
| Citation recommandée | Biotope, 2023. Reconstruction du barrage de Beaulieu (10) - Protocole de déplacement « Mulette épaisse ». VNF75. 24 pages. | |
| Version/Indice | Version 1 | |
| Date | 11/09/2023 | |
| Nom de fichier | 20230911_VNF_BEAULIEU_Protocole_Deplacement_UCRASSUS | |
| N° de contrat | 2023069-5 | |
| Date de démarrage de la mission | 09/2023 | |
| Maître d'ouvrage | Voies Navigables de France Direction de l'Ingénierie et de la Maitrise d'Ouvrage Unité Opérationnelle de Paris 18 quai d'Austerlitz 75013 Paris | |
| Interlocuteur | Frédéric DA SILVA Chef de l'unité Etudes et Grand Travaux 4 | Tél. fixe : 02 41 79 73 81 Tél. mobile : 07 62 73 46 54 Mail : jb.roche@loireauthion.fr |
| Mandataire | Biotope Bassin parisien 25 impasse Mousset 75012 Paris Bureau relais de Tours 17, rue de la Rôtisserie 37000 TOURS | |
| Biotope, Responsable du projet | Nicolas PATRY | Tél. mobile : 06 03 68 24 00 Mail : npatry@biotope.fr |
| Biotope, Contrôleur qualité | Laurent PHILIPPE | Tél. mobile : 06 24 47 75 60 Mail : lphilippe@biotope.fr |

Biotope est signataire de la « [Charte d'Engagement des Bureaux d'Études dans le domaine de l'évaluation environnementale](#) ».

Sauf mention contraire explicite, toutes les photos du rapport ont été prises sur site par le personnel de Biotope dans le cadre des prospections de terrain.

Sommaire

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Contexte | 4 |
| 2 | Espèce ciblée | 5 |
| 3 | Rappel réglementaire | 6 |
| 3.1 | Rappel du principe d'interdiction de perturbation intentionnelle des espèces protégées | 6 |
| 3.2 | Arrêté de dérogation VNF | 6 |
| 3.3 | Objet de la demande | 6 |
| 3.4 | Equipe définie pour la mise en œuvre du protocole | 7 |
| 4 | Site de report | 10 |
| 5 | Déplacement des individus | 17 |
| 5.1 | Contexte bibliographique | 17 |
| 5.2 | Recherche des individus sur la zone impactée | 18 |
| 5.3 | Marquage et déplacement | 19 |
| 6 | Suivis | 21 |
| 7 | Bibliographie | 22 |

1 Contexte

Le projet concerne la reconstruction du barrage de Beaulieu, implanté sur la Seine, dans le département de l'Aube en région Grand Est. Ce projet est porté par Voies Navigables de France (Direction Territoriale du Bassin de la Seine), qui a mandaté le cabinet d'ingénierie ARTELIA pour la conception du projet.

Afin d'évaluer précisément les impacts du projet sur la faune et la flore mais surtout afin d'adapter le projet aux contraintes écologiques, le bureau d'études BIOTOPE a été missionné pour la réalisation des inventaires faune flore en 2018-2022 et la rédaction du volet faune-flore de l'étude d'impact.

Les inventaires menés par BIOTOPE à l'été 2022 ont validé la présence d'une espèce protégée de naïades : la Mulette épaisse (*Unio crassus*) sur une partie de l'emprise des futurs aménagements. La mise en œuvre d'un panel de mesures de a été proposé au sein d'un dossier de dérogation actuellement en traitement auprès du CNPN (Référence de la demande : n°2023-00367-041-001).

Le présent dossier a dans ce cadre vocation à présenter les modalités précises du déplacement de l'espèce des secteurs d'aménagement, ainsi que du suivi des populations déplacées comme formulé dans la demande de l'Autorité environnementale (Avis délibéré n° 2023 33 adopté lors de la séance du 6 juillet 2023).

2 Espèce ciblée

Les Naïades ou Nayades, sont des animaux mobiles vivant totalement ou partiellement enfoui dans les substrats meubles, mais stables, des cours d'eau permanents (rivières et fleuves) et exceptionnellement dans les lacs. Elles se déplacent par reptation à l'aide d'un pied. La partie antérieure est enfoncée dans le substrat. La partie postérieure est la seule partie visible depuis la surface du sédiment. C'est un organisme qui filtre la colonne d'eau à l'aide de branchies (deux paires de branchies) pour y puiser sa nourriture, composée de particules en suspensions, algues, etc.

Le cycle biologique fait intervenir un intermédiaire, un vertébré aquatique, en l'occurrence un ou des poissons, ce qui est unique dans le monde animal. Après la fécondation des femelles, les larves sont incubées dans une des paires de branchies, le marsupium. Après un certain temps d'incubation, les femelles expulsent leur larve dans la colonne d'eau ou au passage du ou des poissons hôtes. Il arrive dans certaines populations que les femelles se rapprochent des berges pour projeter de l'eau chargée de larves en direction des bancs de jeunes poissons hôtes. Les larves sont bivalves et sont dotées de crochets (uniquement chez les *Unio* et *Anodonta*) et d'un flagelle.

Elles vont s'enkyster sur les branchies ou la base des nageoires du ou des poissons hôtes et, après une période de 3-4 semaines, vont s'y décrocher pour retourner dans le sédiment. Après une vie endogée de 3-4 ans, voire plus, les jeunes moules remontent à la surface pour adopter un mode d'alimentation identique à celui des parents. Avant cela, ils vivent dans le sous-écoulement et ont un mode de nutrition différent. Les petites moules ne filtrent pas l'eau, mais absorbent leur nourriture à l'aide de papilles.

Dans le cadre de ce protocole de déplacement, une espèce protégée est concernée : La Mulette épaisse (*Unio crassus*).

La Mulette épaisse (*Unio crassus*) est un mollusque bivalve inscrit à l'annexe II et IV de la Directive « Habitats-Faune-Flore ». Elle est protégée au titre de l'article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mollusques protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection :

- 1) Sont interdits sur tout le territoire métropolitain et en tout temps la destruction ou l'enlèvement des œufs, la destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle des animaux dans le milieu naturel.
- 2) Sont interdites sur les parties du territoire métropolitain où l'espèce est présente ainsi que dans l'aire de déplacement naturel des noyaux de populations existants la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux.
- 3) Ces interdictions s'appliquent aux éléments physiques ou biologiques réputés nécessaires à la reproduction ou au repos de l'espèce considérée, aussi longtemps qu'ils sont effectivement utilisés ou utilisables au cours des cycles successifs de reproduction ou de repos de cette espèce et pour autant que la destruction, l'altération ou la dégradation remette en cause le bon accomplissement de ces cycles biologiques.
- 4) Sont interdits sur tout le territoire national et en tout temps la détention, le transport, la naturalisation, le colportage, la mise en vente, la vente ou l'achat, l'utilisation, commerciale ou non, des spécimens prélevés :
 - Dans le milieu naturel du territoire métropolitain de la France, après le 24 novembre 1992 ;
 - Dans le milieu naturel du territoire européen des autres États membres de l'Union européenne, après la date d'entrée en vigueur de la directive du 21 mai 1992 susvisée.



Vue d'un adulte de Mulette épaisse en train de filtrer

3 Rappel réglementaire

3.1 Rappel du principe d'interdiction de perturbation intentionnelle des espèces protégées

Afin d'éviter la disparition d'espèces animales et végétales, un certain nombre d'interdictions sont édictées par l'article L. 411-1 du Code de l'environnement, qui dispose que :

« I. - Lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine biologique justifient la conservation d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées, sont interdits :

1° La destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;

2° La destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, la détention de spécimens prélevés dans le milieu naturel ;

3° La destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier à ces espèces animales ou végétales ;

4° La destruction des sites contenant des fossiles permettant d'étudier l'histoire du monde vivant ainsi que les premières activités humaines et la destruction ou l'enlèvement des fossiles présents sur ces sites ».

Les espèces concernées par ces interdictions sont fixées par des listes nationales, prises par arrêtés conjoints du Ministre chargé de la Protection de la Nature et du Ministre chargé de l'Agriculture, soit, lorsqu'il s'agit d'espèces marines, du Ministre chargé des pêches maritimes (article R. 411-1 du Code de l'environnement), et éventuellement par des listes régionales.

L'article R. 411-3 impose que pour chaque espèce, ces arrêtés interministériels précisent : la nature des interdictions mentionnées aux articles L. 411-1 et L. 411-3 qui sont applicables, la durée de ces interdictions, les parties du territoire et les périodes de l'année où elles s'appliquent.

Synthèse des textes de protection pour les mollusques applicables sur l'aire d'étude

| Groupe d'espèces | Niveau européen | Niveau national | Niveau régional et/ou départemental |
|------------------|---|---|-------------------------------------|
| Mollusques | Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16 | Arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des mollusques protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection (NOR : DEVN0752758A) | (néant) |

3.2 Arrêté de dérogation VNF

L'arrêté est actuellement en cours d'analyse suite à demandes complémentaires du CNPN.

3.3 Objet de la demande

BIOTOPE présente le dossier de protocole de déplacement et de suivi et demande à être autorisé au déplacement d'espèces protégées par un arrêté préfectoral. La demande concerne le déplacement d'une espèce protégée : la Mulette épaisse (*Unio crassus*).

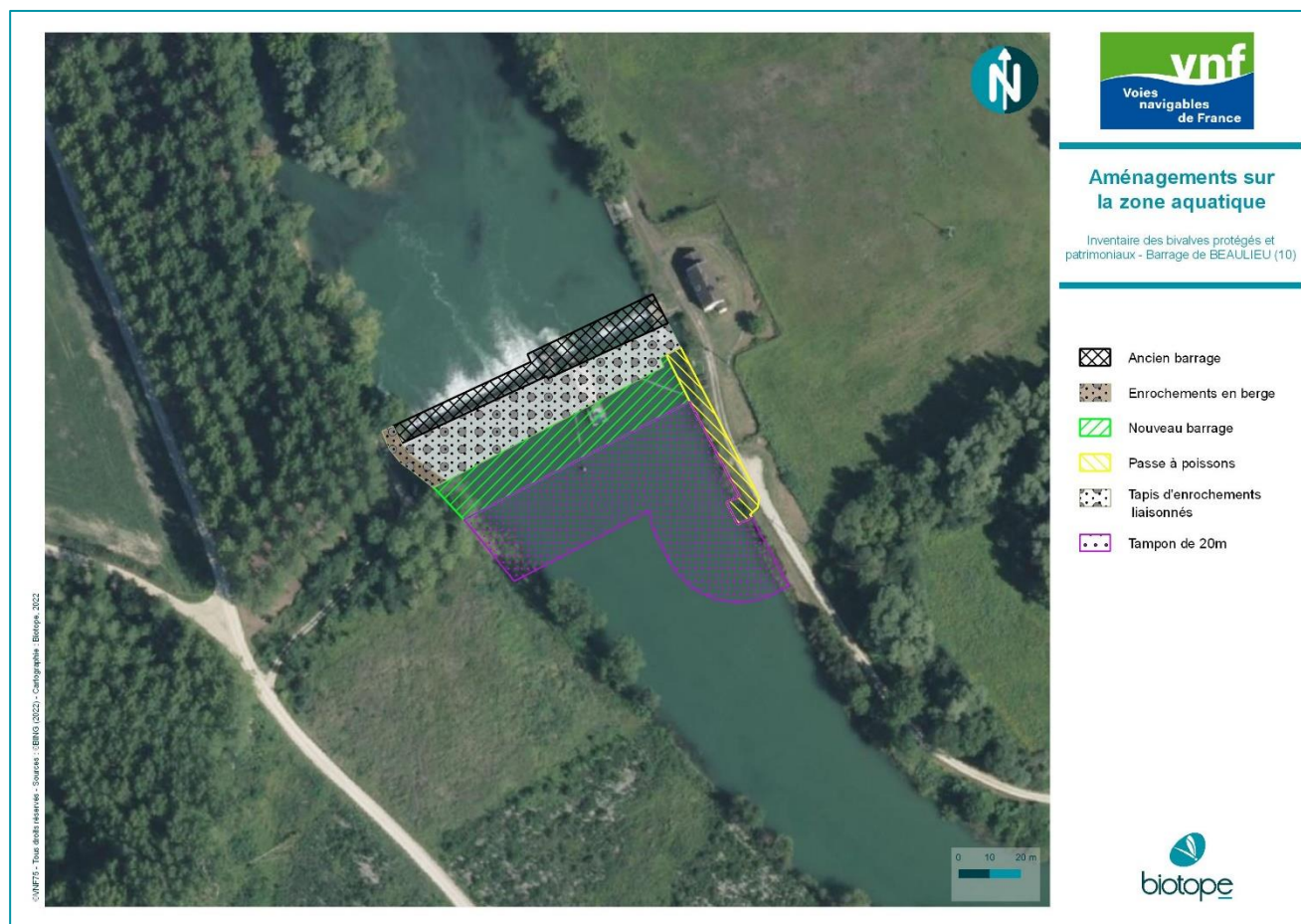
Les investigations menées à vue en 2022 ont permis de corroborer la présence de la Mulette épaisse sur la zone, néanmoins aucune excavation n'avait été réalisée pour estimer la part enfouie (objectif de vérification simple de présence/absence de l'espèce dans le cadre du diagnostic initial). Une évaluation *a posteriori* a cependant été réalisée afin de définir un ordre de grandeur du nombre d'individus présents en se basant sur les documents de référence cités par les experts du CNPN (F. Lamand and J.-N. Beisel, 2014) faisant état d'un taux d'enfouissement de 90%.

En partant de ce postulat l'estimation théorique sur 5500m² d'impacts directs et indirects est la suivante :

178 ± 91 (IC à 95% : 87-269).


Entre 87 et 269 individus seraient à déplacer théoriquement de la zone (chiffre indicatif soumis à variation par rapport à l'importance de la part d'individus enfouis). La disparité des habitats sur la Seine à hauteur du projet (enrochement en rive gauche vs sédiments fins en rive droite) présage également de concentrations bien différentes suivant les secteurs.

A noter également qu'en lien avec la sécurité des plongeurs, il est impossible de réaliser des inventaires au droit du barrage actuel et en amont direct (renards hydrauliques). Une marge de sécurité de 30m sera donc appliquée et adaptée aux conditions stationnelles lors de la réalisation du déplacement (débit <30 m³/s sur la station de Pont-sur-Seine : H170001001). Le nombre d'individus à déplacer sera donc plus faible que l'estimation (environ 3000m² prospectables).

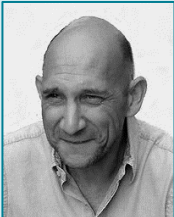


3.4 Equipe définie pour la mise en œuvre du protocole

Les personnels de BIOTOPE demandant habilitation sont les suivants :

| | | |
|---|--|---|
|  | <p>Nicolas PATRY Directeur d'étude, chef de projet milieux aquatiques 14 ans d'expérience</p> | <p>Chef de projet milieux aquatiques, référent zones humides, cartographe, expert faune aquatique, il dispose d'une très bonne expérience en matière de caractérisation des milieux aquatiques, des zones humides. Il travaille également sur des études à grande échelle dans le cadre de SAGE ou contrats territoriaux.</p> <p>Malacologue, Nicolas intervient depuis 2010 sur de nombreux projets concernant les moules protégées à l'échelon nationale, allant de l'expertise aux déplacements et suivis de population.</p> <p>Malacologue titulaire du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie Classe (CAH) OB il a rédigé le diagnostic et l'analyse des impacts/mesures sur la Mulette épaisse dans le cadre du présent projet.</p> |
|---|--|---|

| | | |
|---|---|---|
|  | <p>Laurent PHILIPPE Directeur d'études, chef de projet milieux aquatiques 18 ans d'expérience</p> | <p>Directeur d'études, chef de projet fauniste fort d'une grande expérience en études d'impact, en particulier dans le cadre de projets d'infrastructures linéaires (voies ferrées, gazoducs, routes,). Ses connaissances en écologie et restauration aquatique lui permettent d'intervenir sur l'ensemble des problématiques liées aux cours d'eau. Laurent a coordonné plusieurs études d'inventaires et de déplacements de bivalves (Mulette épaisse et Grande Mulette) notamment dans le cadre de la compensation de la LGV SEA (Bordeaux-Tours). Titulaire du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie Classe (CAH) OB, il a participé aux prospections de terrain en 2022 et 2023.</p> |
|  | <p>Céline MATHIEU Cheffe de projets, cartographe, plongeuse secouriste 17 ans d'expérience</p> | <p>Chef de projet en SIG, ses compétences naturalistes et sa vision globale du monde de l'environnement lui permet une retranscription cartographique en parfaite adéquation avec les thématiques rencontrées. Elle participe depuis plusieurs années aux prospections malacologiques en grand cours d'eau en tant que plongeuse secouriste mais également en tant qu'experte malacologue sur la Grande Mulette et les autres espèces de bivalves patrimoniaux en accompagnement de Laurent et Nicolas. Titulaire du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie Classe (CAH) OB et d'un diplôme SST, elle interviendra en sécurité surface et participera aux prospections et déplacement.</p> |
|  | <p>Chloé DALIDO Cheffe de projet hydrobiologiste 5 années d'expérience</p> | <p>Chloé DALIDO est cheffe de projet milieux aquatiques à l'agence Bassin parisien. Elle réalise également des inventaires frayères et mollusques aquatiques dans le cadre de diagnostics, d'études réglementaires ou de suivis écologiques En partenariat avec la SAFER Ile-de-France, elle accompagne le maître d'ouvrage dans le montage des mesures compensatoires afin de répondre aux exigences réglementaires. Elle l'appuie également en rédigeant le plan de gestion du site sélectionné afin de sécuriser le programme compensatoire sur les aspects techniques, financiers, de faisabilité et de planification. Titulaire du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie Classe (CAH) OB, elle participera au déplacement en tant qu'opérateur de secours.</p> |
|  | <p>Marion MANAUD Chargée de mission milieux aquatiques 2 années d'expérience</p> | <p>Ingénieure en aménagement des territoires spécialisée dans les milieux aquatiques continentaux, elle dispose de compétences en écologie, en restauration et en gestion des milieux aquatiques. Chargée de missions milieux aquatiques, elle réalise des inventaires en lien avec la faune piscicole et la malacofaune dans le cadre de diagnostics. Elle participe également en tant qu'opérateur technique à des pêches électriques avec l'OFB. Elle possède une parfaite connaissance des enjeux en lien avec les milieux humides et aquatiques continentaux. Titulaire du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie Classe (CAH) OB, elle participera au déplacement en tant qu'opérateur de secours.</p> |
|  | <p>Benjamin ADAM Directeur d'études, chef de projet 21 ans d'expérience</p> | <p>Directeur d'études, chef de projet et expert dans le domaine des milieux aquatiques et des zones humides. D'une grande expérience, il a réalisé ou participé en tant qu'expert à de nombreuses études d'impacts, études d'incidences Natura 2000 ou diagnostics écologiques, notamment sur des grands projets d'infrastructures linéaires. Titulaire du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie Classe (CAH) 1B, il participera aux prospections et déplacement.</p> |
|  | <p>Lucas BERENGER Chef de Projet Développeur Milieu Marin 12 ans d'expérience</p> | <p>Chef de projet écologue et expert naturaliste confirmé, Lucas est aussi référent sur les thématiques « mer ». Spécialiste faune/flore/habitats de la mer Méditerranée, de l'Atlantique tempéré et tropical (Europe, Afrique, Antilles), il a une parfaite connaissance du fonctionnement et des enjeux écologiques des milieux marins tempérés et tropicaux. Il est également plongeur professionnel, titulaire du CAH 2B.</p> |

| | | |
|---|--|--|
| | | Coordinateur de Plongée Hyperbare à Biotope, il interviendra en sécurité surface et participera au montage du protocole de préparation du site. |
|  | Bernard MELL Moniteur et instructeur de plongée (AQUAMELL) 37 ans d'expérience | <p>Plongeur depuis 1984, encadrant depuis 1986, Bernard créé en septembre 2017 une structure associative loi 1901, à Rambouillet, club de plongée dont il est l'actuel président. En 2019, moniteur professionnel indépendant, il crée AQUAMELL.</p> <p>Plongeur professionnel Classe 2 Mention B il aura la charge d'épauler Lucas sur la sécurisation du chantier subaquatique. Il est titulaire du brevet de secourisme PSE1.</p> |

4 Site de report

Comme présenté dans la fiche mesure MR16 " *Prélèvement ou sauvetage avant destruction de spécimens d'espèces : bivalves* " présentée dans le dossier de dérogation, les stations réceptrices doivent comporter :

- Les mêmes caractéristiques hydromorphologiques et physico-chimiques et le même faciès d'écoulement que la station impactée, en particulier en termes de granulométrie du substrat et de courant,
- Une population déjà présente pour s'assurer que la station réceptrice est bien favorable à l'espèce,
- Un positionnement à l'amont de la zone impactée de manière à limiter les effets d'éventuels relargages accidentels de MES ou de substances polluantes,
- L'absence d'autres menaces de type pollution, érosion ou prédation,
- Une proximité avec la station impactée, de manière à limiter les effets potentiellement liés à un changement environnemental (changement dans la qualité de l'eau, la température, la qualité du substrat...) et à limiter le temps de trajet. Le choix d'un site amont et proche favorise également la recolonisation du site impacté après restauration par simple dévalaison des individus lors des crues et ou du transport sédimentaire.

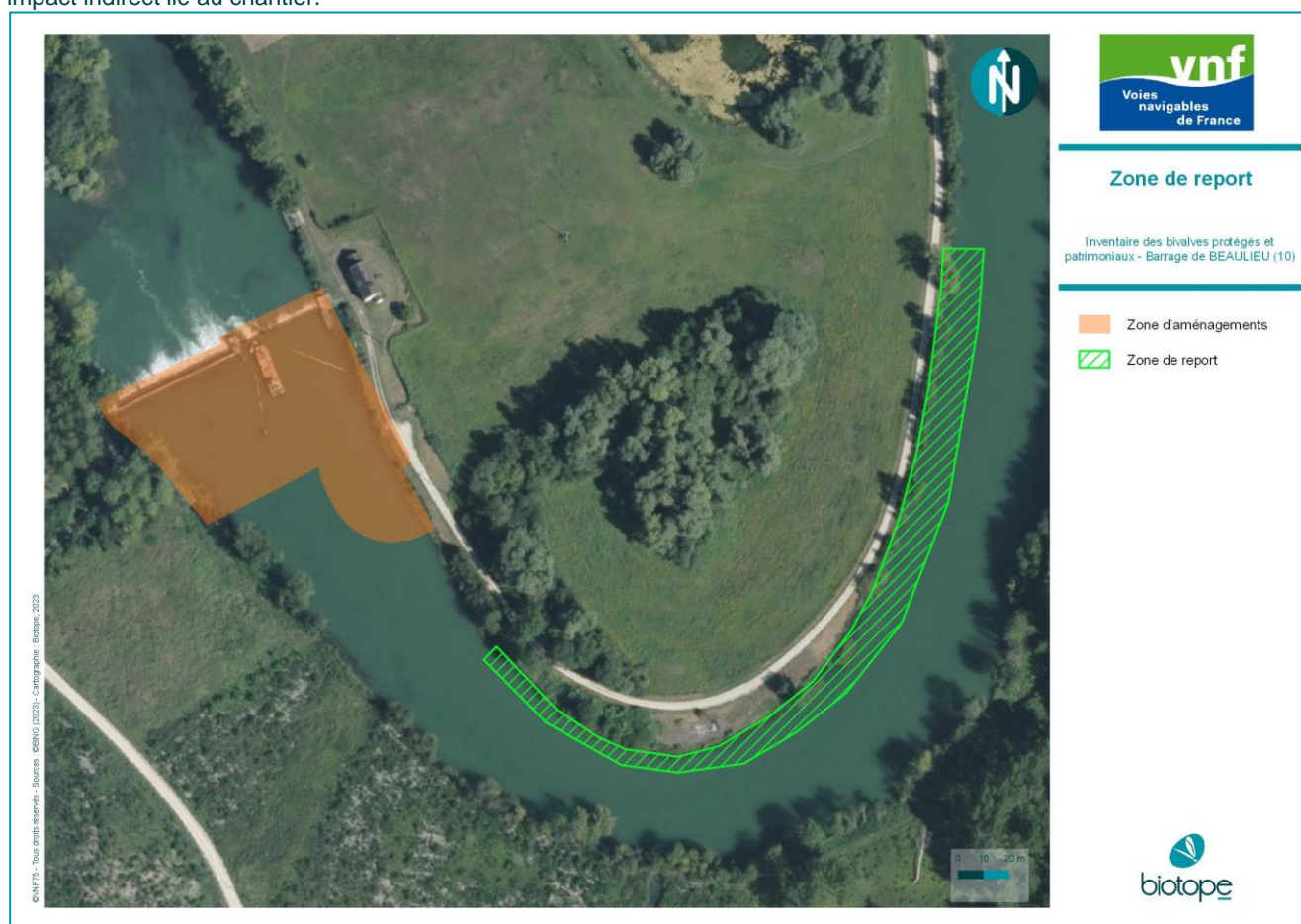
Le tableau suivant récapitule les paramètres à prendre en compte pour définir la station réceptrice.

Principaux paramètres pris en compte dans le choix de la station réceptrice



| Grandes catégories de facteurs | Paramètres | Détails de la prise en compte |
|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| Localisation | Dimension de la station réceptrice | La station réceptrice doit avoir au moins la même dimension, et de préférence être plus grande, que la zone où ont été prélevées les moules. La ou les stations réceptrices devront être en dehors de la zone d'impact de l'aménagement du barrage et de la passe à poissons. L'étude du micro-habitat dans lequel vivaient ces espèces est également très importante (Hamilton <i>et al.</i> , 1997). La présence d'herbiers (zones prolifiques pour les bivalves) devra être recherchée. |
| | Distance de la zone de délocalisation | La relocalisation des moules doit être effectuée dans un même bassin hydrologique, de préférence le plus près possible du site de construction afin d'éviter tout problème de contamination (ex : les parasites, les agents pathogènes, les espèces aquatiques envahissantes, la variation génétique). Dans la plupart des cas, la relocalisation s'effectue sur une courte distance en amont du site de construction (Mackie <i>et al.</i> , 2008). Pour limiter tout stress lié au transport (qu'il soit aérien ou aquatique) la zone d'étude devra se trouver à maximum 4h de trajet (Cope <i>et al.</i> , 1995), ce délai inclus la manipulation des moules (mesure, pesée et marquage) et leur transport (Nakamura <i>et al.</i> , 2022). Passé ce délai de 4h, la production de glucose des bivalves augmente ce qui montre un stress physiologique en réponse au transport (Yusufzai <i>et al.</i> , 2010). |
| Facteurs abiotiques | Qualité de l'eau | La qualité de l'eau devra être similaire entre les 2 zones. Cela impose donc de ne pas déterminer une station réceptrice en amont de tout rejet agricole, industriel ou domestique. La température de l'eau, le PH, la conductivité, la teneur en oxygène dissous et les concentrations en calcium devront être quasiment les mêmes que sur la station d'origine (Hamilton <i>et al.</i> , 1997). |
| | Faciès d'écoulement | D'une manière générale, le style hydromorphologique du cours d'eau d'origine sera respecté. |
| | Type de substrat | Le fond du cours d'eau doit être aussi hétérogène et présenter tous les types de substrats dans lesquels les espèces de moules en péril résidaient. L'instabilité du substrat pourrait être une des raisons qui amèneraient à un échec de recolonisation du milieu (Cope <i>et al.</i> , 1995). |
| Facteurs biotiques | Espèces exotiques | D'une manière générale, la présence d'espèce exotique, particulièrement de dreissénides (Moule zébrée) sera rédhibitoire (Cope <i>et al.</i> , 2003). |
| | Autres espèces de mollusques | La présence d'autres bivalves filtreurs autochtones peut apporter beaucoup d'informations sur la réceptabilité des stations étudiées. |
| | Poissons hôtes | Les moules dans l'une de leurs phases de développement nécessitent la présence d'un poisson-hôte. Il est donc conseillé de réimplanter les moules d'eau douce dans le même cours d'eau, ou éventuellement dans un autre cours d'eau s'il est avéré que les poissons-hôtes de cette espèce y sont présents. La station ne devra pas être en amont d'un seuil (ou autre ouvrage) infranchissable pour ces espèces piscicoles. |

| Grandes catégories de facteurs | Paramètres | Détails de la prise en compte |
|---|-----------------------|--|
| Facteurs propres à l'espèce déplacée | Prédateurs | La présence et l'accessibilité de l'emplacement aux prédateurs (ex : ragondins, rats musqués, etc.) devraient être considérées. |
| | Exploitation bovine | Le site choisi ne devra pas se situer à proximité d'une exploitation bovine. En effet les sites à proximité de zones de piétinement sont à proscrire. |
| | Populations présentes | La preuve formelle de la présence de la Mulette épaisse favorisera le choix des stations réceptrices. |
| | Reproduction | Des populations reproductrices doivent être présentes sur les sites potentiellement récepteurs (Dunn <i>et al.</i> , 2000). La présence d'individus de moins de 5 ans peut être considérée comme une preuve de reproduction. |
| | Densité | Les sites récepteurs devront pouvoir accueillir la même densité que celle prélevée ou une densité supérieure. |
| | Continuité génétique | Les stations réceptrices devront héberger des populations génétiquement homogènes à celles qui seront déplacées. |

Après analyse des précédentes observations effectuées en 2022, prise en compte des effectifs à déplacer, et la réalisation de prospections complémentaires en aout 2023, un site de réception a été établi (linéaire de 330m). Il se positionne en amont de la zone d'aménagement et n'apparaît pas soumis au processus d'érosion lié à la proximité du barrage actuel (secteur d'augmentation du courant). Comparativement à la zone initialement prévue dans le dossier de demande de dérogation au titre de l'Article L. 411-2 du Code de l'Environnement soumis au CNPN, la zone a été décalée vers l'amont pour éviter tout impact indirect lié au chantier.



Le tableau suivant présente les caractéristiques de la station de réception.

| | | |
|--|--|---|
| Aval de la station | 48°28'53.2"N 3°27'20.9"E |  |
| Amont de la station | 48°28'57.7"N 3°27'29.1"E | |
| Commune | Le Mériot (INSEE 10231) | |
| Caractéristiques du lit mineur et des berges | Fond sablo-graveleux non colmaté, eaux fraîches, Ripisylve éparses et diversifiées | |
| Présence de Mulette épaisse | Placette aval : 2 individus (principalement en bordure) Placette centrale : 4 individus Placette amont : 4 individus | |
| Présence d'autres espèces | <i>Unio mancus</i> <i>Unio pictorum</i> |  |
| Présence de poissons hôtes | Gardon, Chevaine, Rotengle, Perche commune | |
| Accessibilité | Bonne | |
| Activités anthropiques | Faible, pas de rejet détecté, pas d'abreuvement en lit mineur. Pression potentielle liée aux pêcheurs en berge. | |
| Naturalité de la zone | Assez bonne | |
| Présence de prédateurs | Non détectés. Profondeur de 2.4m à 2.9m limitant les risques de prédation. | |

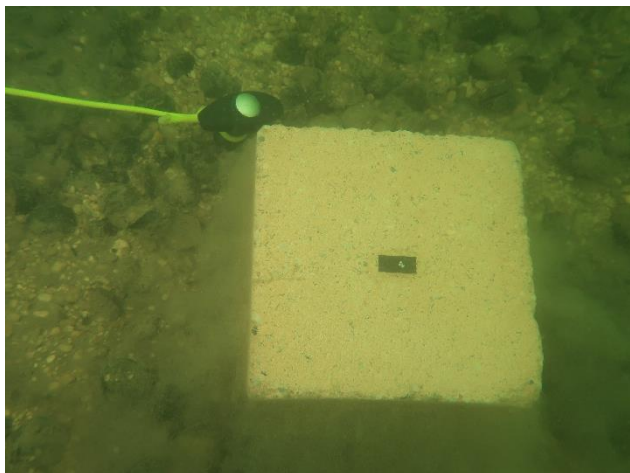
La majeure partie des individus observés se localise en proximité de la berge sur les zones moins soumises à des forces de cisaillement importantes. La taille des placettes de suivi a été adaptée en conséquence.

Afin de suivre au mieux l'évolution des populations déplacées, 3 placettes de suivis de 3mx3m ont été référencées sur la station de réception. Une partie de la population déplacée sera libérée dans ces placettes afin de surveiller leur habitude et survie.

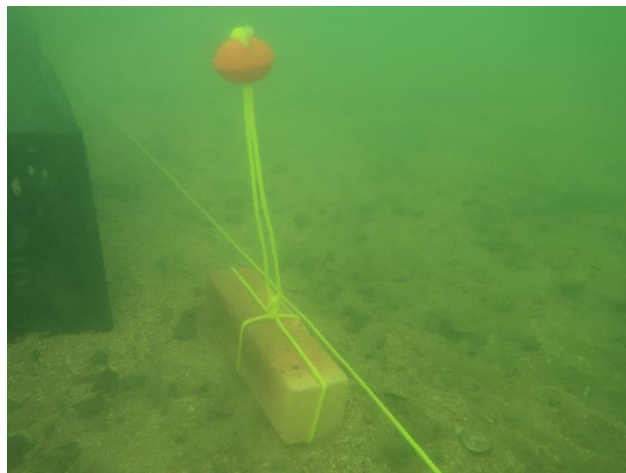
Chaque placette de réception est délimitée par le positionnement à chaque angle d'un bloc béton numéroté (code DYMO collé avec de la colle epoxy ; solution validée par la DREAL Centre suite au test de plusieurs types de colles en 2010 dans le cadre de la LGV SEA), et en amont et aval d'une brique pourvue d'un flotteur pour une meilleure visibilité ultérieure par les plongeurs.

En parallèle une sardine à vrille munie d'un PIT TAG (puce RFID) a été positionnée en berge. L'azimut et la distance à la berge ont été notés afin de permettre la localisation ultérieure de la placette lors des campagnes de suivis.





Bloc béton numéroté de signalisation des angles de placettes



Brique de signalisation amont/aval

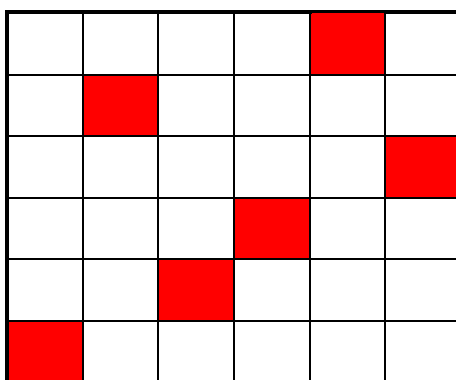


Principe de positionnement des repères de suivi des placettes (volontairement rapprochés par rapport à la réalité)

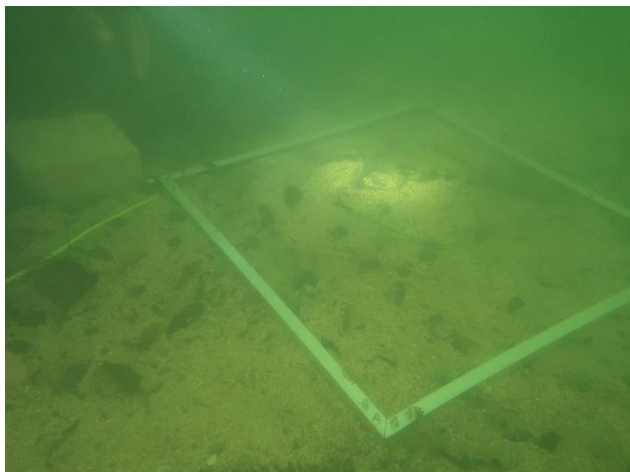


Granulométrie des fonds sur les placettes de suivi

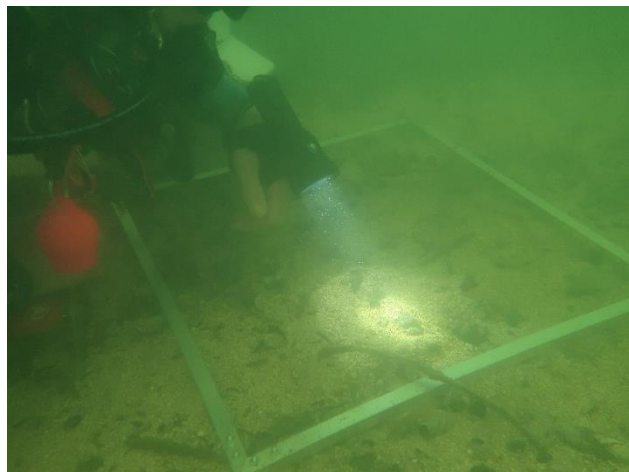
En parallèle du positionnement des placettes de suivi de 3m x 3m, une estimation de la population a été réalisée en visuel et par excavation de 6 quadrats de 50x50cm pour connaître la part enfouie selon le principe suivant :



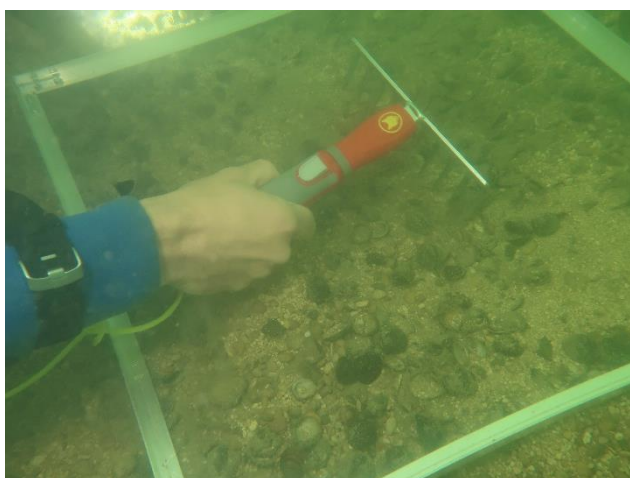
Sur les 3 placettes étudiées, aucun individu enfoui n'a été découvert au sein des 24 quadrats réalisés. Seuls 10 individus ont été comptabilisés en visuel ce qui corrobore les observations réalisées en 2022, et conforte la faible densité d'individus estimée. A noter que l'ensemble des individus était de taille adulte. L'absence de juvénile laisse supposer une reproduction limitée ou très localisée de l'espèce sur la zone.



Positionnement du quadrat au sein de la placette



Recherche en visuel des individus en filtration



Excavation au sein du quadrat



Recherche au sein du sédiment excavé

Le tableau suivant présente les caractéristiques des 3 placettes de suivis.

| Quadrat amont | | |
|---|---|-------------------|
| Nombre d'individus autochtones observés : 4 | Distance au bord : 14m | Profondeur : 2.9m |
| Codes blocs : 5-6-7-9 | Positionnement : Azimut 90° pied du saule | |



| Quadrat central | | |
|---|---|-------------------|
| Nombre d'individus autochtones observés : 4 | Distance au bord : 6m | Profondeur : 2.4m |
| Codes blocs : 1-2-3-4 | Positionnement : Azimut 145° 2m amont piquet bois | |



Quadrat aval

Nombre d'individus autochtones observés : 2

Distance au bord : 8m

Profondeur : 2.4m

Codes blocs : 8-10-11-12

Positionnement : Azimut 180° 2m amont piquet bois



Positionnement des placettes de report

Inventaire des bivalves protégés et
patrimoniaux - Barrage de BEAULIEU (10)

- + Placette (profondeur)
- ▨ Zone de report
- Zone d'aménagements



5 Déplacement des individus

5.1 Contexte bibliographique

Il y a peu de références bibliographiques concernant les procédés de déplacement de mulettes en Europe. Le déplacement de mulettes d'eaux douces est au contraire relativement courant et assez bien documenté aux États-Unis (Cope & Waller 1995). Cope & Waller (1995) dressent une première synthèse des expériences des déplacements de naïades en Amérique du Nord et de leur efficacité. Les mulettes d'eaux douces sont considérées comme peu sensibles au déplacement, à la condition qu'elles soient déplacées dans des substrats comparables et que le temps de transport soit limité. De plus le mode de transport influence également l'efficacité du déplacement.

De cette synthèse, Cope & Waller (1995) dressent un premier bilan des écueils à éviter pour la réussite des déplacements. En premier lieu, les déplacements en période hivernale doivent être exclus. Les conditions hivernales en rivière ou fleuve (courant, crue, turbidité) ne permettent pas d'assurer un déplacement exhaustif des individus. De plus, les mulettes étant des organismes « à sang froid », elles s'enfoncent généralement d'avantage dans le substrat et ralentissent leur métabolisme. Reutter & Patrick (2001) démontrent que des déplacements dans ces conditions ne permettent pas aux individus de supporter le stress et de se réimplanter correctement dans le substrat de la station réceptrice. Ainsi, Mackie *et al.* (2008) recommandent au Canada à ce que les individus ne soient pas perturbés au cours de périodes où les tissus risquent le gel lors d'exposition à de basses températures. Le déplacement en période de reproduction est également à bannir. En effet, le métabolisme est investi à la production de gamètes et le risque d'avortement des oeufs est important (Araujo, com. pers.).

Cope *et al.* (2003) recommandent un déplacement en fin du printemps ou fin d'automne, afin de limiter l'écart de température entre l'eau et l'air. La température de l'eau doit être de plus de 16°C pour limiter le stress des mulettes et augmenter leurs chances de réimplantation (diminution du stress reproductif). On soulignera néanmoins que les cours d'eau d'Amérique du Nord sont soumis à des écarts de températures plus importants que ceux d'Europe, dans la mesure où l'Europe bénéficie d'un climat tempéré.

Plusieurs méthodes sont employées pour le déplacement. Certains auteurs placent les mollusques dans des sacs de congélation avec l'eau distillée (Cope *et al.* 2003), tandis que d'autres placent les mulettes directement dans des glacières sans eau (Layzer & Scott 2006 ; Araujo, com. pers.). Dans ce cas, la moule se ferme hermétiquement et ralentit son métabolisme. *Margaritifera auricularia* peut par exemple tenir plusieurs heures voire plusieurs jours dans cette situation (Araujo, com. pers.). *Margaritifera margaritifera* survivrait jusqu'à un mois au sec à 15°C (Araujo & Ramos 2001). Dans d'autres cas les mulettes sont déplacées « à l'air » dans des sacs en toile de jute humidifiés régulièrement (Yusufzai *et al.* 2010). Dans ces deux types de transport les mulettes sont capables de résister plusieurs heures en dehors de leur habitat naturel.

Comme présenté précédemment, le placement sur la station réceptrice doit se faire de manière à respecter au mieux les caractéristiques de la population d'origine : même conditions stationnelles, notamment pour les individus âgés qui ont plus de mal à s'habituer (Cope & Waller 1995) et intégrant des juvéniles (DREAL Grand Est & DRIEAT Ile de France, 2021). La densité est également un paramètre à prendre en compte (Cope & Waller 1995), bien que Cope *et al.* (2002) aient montré que le doublement ou le triplement de la densité des individus du site de réception n'affectent la survie des individus déplacés et résidents. La station doit être la plus proche géographiquement de la station impactée (même bassin versant pour éviter toute pollution génétique), généralement en amont afin de limiter les éventuelles pollutions en phase travaux. Des cas de translocation en aval du projet ont cependant déjà réussi, mais ont nécessité des mesures anti-pollution ambitieuses (Dunn 2010).

La mise en place d'un protocole de suivi est enfin nécessaire pour évaluer la bonne réussite du déplacement. La temporalité des suivis effectués varie de quelques mois à plus d'une dizaine d'années ! Peredo *et al.* (2004) ont ainsi suivi des populations de *Diplodon chilensis* au Chili pendant 18 ans et ont observé un maintien et la reproduction des individus déplacés. Cope *et al.* (2002) observent une viabilité de 95 % quand la translocation est bien effectuée et que la station réceptrice est correctement définie. Tous les auteurs s'accordent sur le point que le déplacement d'individus, qui plus est d'une espèce patrimoniale, doit rester exceptionnel et ne doit s'effectuer qu'en cas de sauvetage après une pollution, d'épuisement de toutes autres solutions permettant le maintien sur site dans le cas d'un aménagement ou de volonté affirmée de réintroduction sur des secteurs d'où l'espèce a disparu.

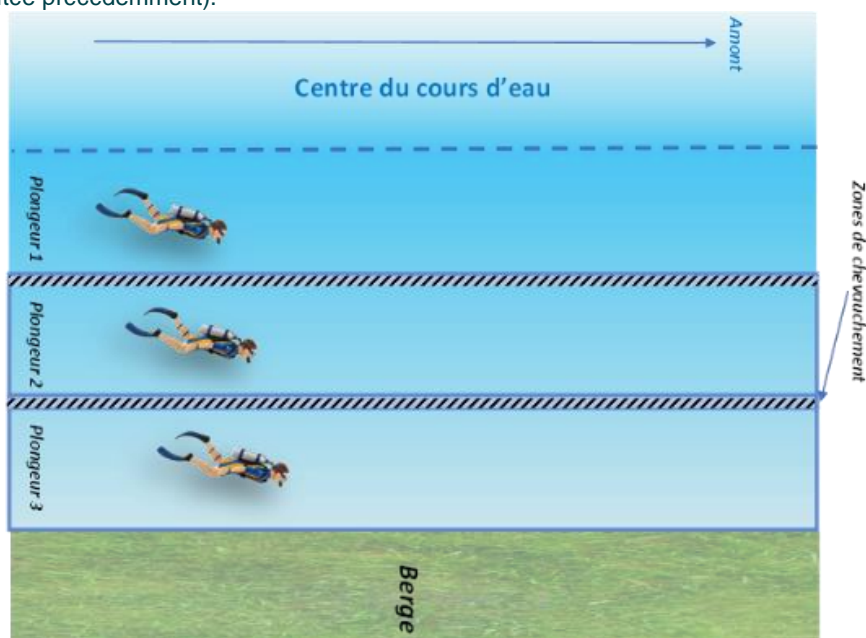
5.2 Recherche des individus sur la zone impactée

Les spécificités d'un déplacement de bivalves en grand cours d'eau à proximité d'un ouvrage hydraulique imposent d'adapter les protocoles pour assurer la sécurité des plongeurs/malacologues assurant la prestation.

Suite aux échanges menés entre VNF, Biotope et les services instructeurs, la mesure de déplacement sera mise en œuvre à partir de mi-juillet 2024 en amont de la phase travaux pour éviter toute co-activité avec le chantier et hors période de reproduction de l'espèce.

VNF s'est également engagé à mettre à disposition les moyens matériels et humains nécessaires à la bonne réalisation de la prestation par les plongeurs en toute sécurité (barge, signalétique aval par corps morts, ralingues plombées pour délimiter les zones de recherches...). Un des prérequis à la réalisation du déplacement sera la bonne délimitation des zones de recherches au fond, le débit et la turbidité. Comme précisé précédemment, une marge de sécurité de 30m sera appliquée et adaptée aux conditions stationnelles lors de la réalisation du déplacement (débit <30 m³/s sur la station de Pont-sur-Seine : H170001001).

Les prospections seront réalisées sous forme de lignes d'aval vers l'amont avec chevauchement des zones d'observations entre plongeurs. Au regard de la largeur de la Seine, le territoire d'intervention sera divisé en plusieurs zones (rive droite, centre, rive gauche). La mesure sera mise en œuvre par 2 équipes de 3 plongeurs titulaires d'un CAH de classe B (Opérateur Op, Opérateur de secours Ops et Chef d'opération hyperbare COH en surface) et rompus à l'identification des bivalves (cf. équipe projet présentée précédemment).



Les individus seront d'abord recherchés à vue. Un premier passage sera effectué en « surface » par les plongeurs hyperbare de manière à ne pas remuer le substrat. Les malacologues rechercheront les siphons qui dépassent du substrat. Un contrôle à vue sera réalisé après chaque opération pour ramasser les éventuels individus déchaussés non récoltés.



Observation en surface



Collecte d'individu en filtration



Vue des siphons d'une Mulette épaisse quand seuls ceux-ci émergent du substrat



Individus collectés lors d'un tamisage après dragage

Dans un deuxième temps, et uniquement de manière localisée au regard des surfaces concernées (manipulation uniquement sur les substrats fins en rive droite susceptibles d'abriter des individus), les individus enfouis dans le substrat seront recherchés. Pour ce faire, un dragage à l'aide d'un crochet sera effectué. Il permet de ratisser la surface du sédiment jusqu'à une profondeur variant entre de 5 et 15 cm selon la densité du substrat. En revanche, les juvéniles de l'année, qui font moins de 0.5 cm, ne pourront être collectés.

Plusieurs passages successifs sur une semaine seront réalisés de manière à s'assurer de l'exhaustivité des recherches. Pour chaque passage, le nombre total d'individu prélevé sera noté. Une courbe d'accumulation sera établie de manière à apprécier le niveau de l'asymptote au dernier passage. Suite aux discussions avec les services instructeurs, un total de 3 passages est demandé afin d'être le plus exhaustif possible sur les captures.

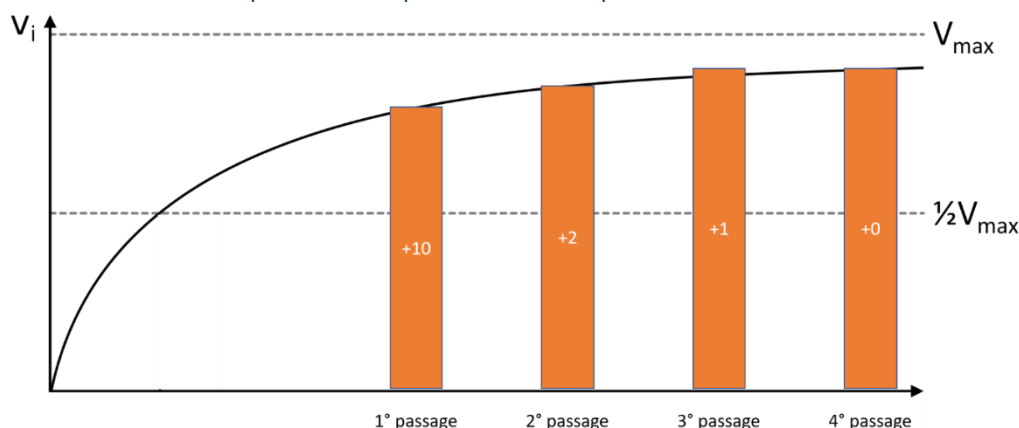


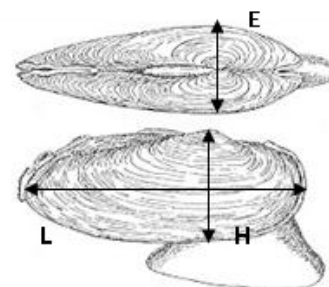
Schéma théorique figurant le protocole permettant de garantir l'exhaustivité des prélèvements. La majorité des individus présent sera collectée lors du premier passage (10 dans cet exemple), puis à chaque passage de moins en moins d'individus jusqu'à ce qu'aucun spécimen supplémentaire ne puisse être collecté. Le décompte des individus à chaque passage fourni une approximation de la valeur de l'asymptote et donc une estimation du nombre total d'individus effectivement présents

En complément, et pour pouvoir juger des éventuelles dérives d'individus survenues sur la zone d'impact lors de la période hivernale 2024-2025, un passage de contrôle sera mené en amont direct du chantier sous réserve de conditions stationnelles adéquates.

5.3 Marquage et déplacement

Les individus seront mesurés afin d'avoir une photographie représentative de la population transférée. Les mesures suivantes seront réalisées grâce à un pied à coulisses :

- Longueur L ;
- Hauteur H ;
- Epaisseur E.



De manière à faciliter le suivi, un protocole de marquage individuel d'une partie des individus déplacés (numérotation) sera mis en œuvre à l'aide d'une micro-meuleuse de marque Dremel. Il s'agit d'un marquage simple à mettre en œuvre, qui limite au minimum les manipulations et le temps de marquage. Il sera privilégié un marquage au niveau du bord antérieur de l'individu, ce qui permet une protection de la marque du fait de l'enfouissement dans le substrat (protège à la fois de l'érosion et des dépôts calcaires) et donc facilite les identifications ultérieures. 10 individus seront ainsi marqués et déplacés sur chaque placette de suivi afin de limiter toute surdensité par rapport à la population autochtone. Les autres individus seront répartis sur le reste des 330 m de la zone de report en veillant à la présence d'individus autochtones témoins de bonnes conditions du milieu. Les individus autochtones au sein des placettes de suivi seront également marqués en amont direct du déplacement.

Le marquage n'est cependant pas possible sur les individus juvéniles, dont la coquille est trop fragile. A noter que ce type de marquage peut être vulnérant, puisqu'il détruit *a minima* le périostacum (couche protéique qui protège la coquille), ce qui peut créer une zone de faiblesse et avoir des impacts à long terme sur la survie des spécimens. Ce type de manipulation est donc à réaliser uniquement par une équipe de malacologues rompus à ce type de processus.

Pour le transport, les individus seront stockés dans une glacière sans réfrigérants (air ambiant), dans un sac en toile de lin imprégné de l'eau prélevée dans la Seine. La translocation sera réalisée au cours de la journée, le but étant de limiter au maximum le temps hors substrat pour l'animal. En effet, quand ils sont mis dans l'eau, ils cherchent généralement à fuir ou à se repositionner dans le substrat, et se faisant s'épuisent et libèrent diverses substances (mucus, déjections, avortement des œufs ou des glochidies), et l'eau se trouve rapidement viciée et désoxygénée. Le déplacement en eau stagnante n'est donc pas à privilégier (DREAL Grand Est & DRIEAT, 2021). A noter que la proximité entre le site à déplacer et les zones de report permettra de limiter le temps de transport et le stress des individus collectés.



Stockage en sac en toile de lin



Stockage en glacière pour le déplacement

La remise en place au niveau des 3 placettes de suivis sera faite à la main. Les individus seront enfoncés dans le substrat à la main. Un trou de deux ou trois centimètres sera aménagé dans le sédiment. En effet, les individus ne devront pas être enfoncés de force, pratique qui favorise l'insertion de sable entre les deux valves. Il est préférable de les positionner délicatement dans le sédiment, ouvertures vers le haut et enfoncés au moins jusqu'à la moitié, ce qui aidera l'individu à s'ancrer dans le sédiment à l'aide de son pied et à se déplacer s'il le souhaite.



Marquage d'un individu



Individus marqués (cas d'un marquage non individuel)

6 Suivis

Le protocole de suivi des mulettes déplacées s'inspire des protocoles déjà existant en Amérique du Nord et en Europe pour le suivi du rétablissement des mulettes déplacées (Dunn 1993, Dunn & Sietman 1997, Cope *et al.* 2003, Nakamura *et al.*, 2022). Le principe du protocole repose sur le suivi d'individus déplacés marqués dans des quadrats ou des rectangles. Suite à analyse de la zone de report, des placettes de 3m x 3 m ont été choisies. On précisera que ces cellules correspondent à la taille de quadrats que nous utilisons en routine pour estimer les effectifs et les densités de mulettes en cours d'eau. Comme vu précédemment, ces placettes sont géolocalisées au GPS et leurs coins marqués.

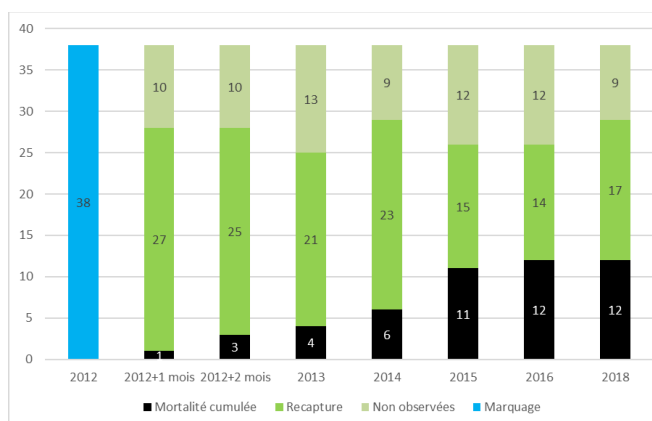
Plusieurs passages seront effectués sur les 3 placettes réceptrices par une équipe de 3 plongeurs malacologues CAH de classe B (dont 1 sécurité en surface). Les résultats des observations à chaque passage seront soigneusement consignés de manière à effectuer des analyses statistiques pour évaluer le succès du déplacement.

- Un premier passage sera réalisé une semaine après le déplacement, de manière à apprécier la réaction des individus déplacés. En effet, il est connu que, suite au stress du déplacement et/ou pour rechercher des conditions plus favorables, la Mulette épaisse peut effectuer des déplacements importants, allant jusqu'à quelques dizaines de mètres. Si des déplacements de telle ampleur sont observés, les protocoles de suivi devront être adaptés. Le contrôle sera effectué sans manipulation (contrôle de mortalité simple), de manière à ne pas perturber le milieu récepteur et la bonne acclimatation des individus.
- Un second passage sera effectué 1 an après le déplacement. Il permettra de juger de la bonne acclimatation des individus avec le recul sur l'année entière (incluant les différentes saisons et la saison de reproduction) et d'avoir une première idée du taux de mortalité et de la disparition d'individus (par dévalaison par exemple).
- Un troisième passage sera effectué deux ans après le déplacement. Il permettra de mettre en œuvre les premières analyses statistiques, avec d'une part trois périodes de suivi et donc une première estimation statistique des taux de détection et de la mortalité.
- Un dernier passage sera réalisé cinq ans après le déplacement. Il permettra de conclure sur le succès de l'opération.

Lors des différents passages (hors T+1 mois), en parallèle des mesures des individus pour estimer le taux de croissance (individus déplacés et autochtones au sein des placettes) plusieurs variables seront analysées et comparées aux variables de départ :

- Nombre d'individus déplacés sur la placette,
- Nombre d'individus autochtones sur la placette,
- Nombre d'individus vivants dans la placette,
- Nombre de coquilles d'individus déplacés retrouvées,
- Nombre de coquilles d'individus autochtones retrouvées.

Les résultats permettront d'évaluer le taux de reprise et la mortalité des individus déplacés et autochtones sur la station de report. Des tests sur R seront réalisés pour évaluer les différences entre les suivis.



Analyse de la mortalité d'individus de Grande Mulette dans le cadre de suivis annuels post-déplacement



Recherche d'individus déplacés dans une placette de suivi

7 Bibliographie

- ④ BENSETTITI F. & GAUDILLAT V. (COORD.), 2002 - « CAHIERS D'HABITATS » NATURA 2000. CONNAISSANCE ET GESTION DES HABITATS ET DES ESPECES D'INTERET COMMUNAUTAIRE. TOME 7 - ESPECES ANIMALES. MEDD/MAAPAR/MNH. ÉD. LA DOCUMENTATION FRANÇAISE, PARIS, 353 P
- ④ BIOTOPE, 2012. Protocole de déplacement de Mulettes protégées dans le cadre de la LGV SEA. Rapport d'études COSEA, 48 pp.
- ④ CHEN, L.-Y., HEATH, A, NEVES, R., 2001. American Malacological Bulletin. Volume: 16, Issue: 1-2, Pages: 147-154.
- ④ COPE, G, and DL Waller 1995. Evaluation of freshwater mussel propagation as a conservation and management strategy. Regulated Rivers : Research and Management 11:147–155.
- ④ COPE, W. G., M. C. HOVE, D. L. WALLER, D. J. HORNBACH, M. R. BARTSCH, L. A. CUNNINGHAM, H. L. DUNN, and A. R. KAPUSCINSKI 2003. Evaluation of translocation of unionid mussels to in situ refugia. Journal of Molluscan Studies 69:27–34.
- ④ COPE, G., T. NEWTON & C. GALENBY 2003. Evaluation of relocation of Unionif mussels to in situ refugia. Journal of shellfish research, vol 22, No1, 177-184.
- ④ CUTTELOD A., SEDDON M. & NEUBERT E., 2011 - EUROPEAN RED LIST OF NON-MARINE MOLLUSCS. LUXEMBOURG : PUBLICATIONS OFFICE OF THE EUROPEAN UNION, 98 P.
- ④ DREAL Grand Est, DRIEAT Ile-de-France, Guide technique : Mulette épaisse et autres bivalves : Quels projets doivent les prendre en compte et comment ? Décembre 2021.
- ④ DUNN, H.L. 1997. Survival of unionids four years after relocation. pp. 93-99 in: K.S. Cummings, A.C. Buchanan, and L.M. Koch (eds.). Conservation and management of freshwater mussels: Proceedings of a UMRCC symposium, 12-14 October 1992, St. Louis, Missouri. Upper Mississippi River Conservation Committee, Rock Island, Illinois.
- ④ DUNN, H.L. 2000. Development of strategies for sampling freshwater mussels (Bivalvia:Unionidae). Freshwater Mollusk Symposia Proceedings. OhioBiological Survey Special Publication, Columbus. 274 pages.
- ④ DUNN, H.L., B.E. Sietman, and D.E. Kelner. 2000. Evaluation of recent Unionid (Bivalvia) relocations and suggestions for future relocations and reintroductions. pp. 69-183 in: R.A. Tankersley, D.I. Warmolts, G.T. Watters, B.J. Armitage, P.D. Johnson, and R.S. Butler (eds.). Freshwater Mollusk Symposia Proceedings. Part 1. Proceedings of the Conservation, Captive Care, and Propagation of Freshwater Mussels Symposium. Ohio Biological Survey Special Publication, Columbus.
- ④ DUNN, H. L. 2000. Development of strategies for sampling freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae). Pp. 161-167 In: P.D. Johnson and R.S. Butler (eds.). Proceedings of the First Freshwater Mollusk Conservation Society Symposium. Ohio Benthological Survey, Columbus, Ohio (in press).
- ④ DUN H. & KITCHEL L., 2010. Relocated unionid survival, 15 years later, Wolf River, Wisconsin. Presentation powerpoint.
- ④ HAVLIK, M.E. 1995. A 1994 Unionid mussel survey (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) from the headwaters of the Root River system, Minnesota, to the Mississippi River. Final report submitted to the Natural Heritage and Nongame Research Program, Minnesota Department of Natural Resources. 28 pp.
- ④ HAVLIK, M.E., and J.S. SAUER. 2000. Native freshwater mussels of the Upper Mississippi River System. Project Status Report 2000-4, U.S. Geological Survey, Upper Midwest Environmental Sciences Center, La Crosse, WI. 2pp.
- ④ HAMILTON, H., J. BRIM BOX & R. DORAZIO 1997. Effects of habitat suitability on the survival of relocated freshwater mussels. Regulated rivers : research & management 13: 537–541.
- ④ KURTH JE, Methods for the Translocation of the Yellow Lampmussel (*Lampsilis cariosa*) and the Tidewater Mucket (*Leptodea ochracea*) in the Fort Halifax Dam Impoundment of the Sebasticok River, Maine" (2007). Electronic Theses and Dissertations. 110 pages.
- ④ LAMAND, F., and J.-N. BEISEL. 2014. "Comparison of Visual Observation and Excavation to Quantify Density of the Endangered Bivalve *Unio crassus* in Rivers of North-Eastern France." Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems, no. 413:11.
- ④ LAYZER, J.B., and E. M. SCOTT, Jr. 2006. Restoration and colonization of freshwater mussels and fish in a southeastern United States tailwater. River Research & Applications. 22:475-491
- ④ LUZIER, C. & MILLER, S., 2009. Freshwater Mussel Relocation Guidelines. Fisheries Bethesda (2009), 7 pages.

- ④ MACKIE, G., MORRIS, T.J. & MING, D., 2008. Protocole pour la détection et détournement des espèces de moules d'eau douce en péril en Ontario et des Grand Lacs. Canadian manuscript report of fisheries and aquatic sciences; 2790. 46 pages.
- ④ MALAVOI J.R. & SOUCHON Y., 2002 - DESCRIPTION STANDARDISEE DES PRINCIPAUX FACIES D'ECOULEMENT OBSERVABLE EN RIVIERE : CLE DE DETERMINATION QUALITATIVE ET MESURES PHYSIQUE. BULLETIN FR. PECHE PISCICULTURE 365/366 : 357-372
- ④ MEADOR, J.M., J.T. PETERSON, and J.M. WISNIEWSKI. An evaluation of the factors influencing freshwater mussel capture probability, survival, and temporary emigration in a large lowland river. Journal of the North American Benthological Society. 16 pages.
- ④ NAKAMURA, K., GUERRERO-CAMPO, J., GINES, E., MESQUITA-JOANES, F., ALCANTARA, M., SOUSA, R., 2022. Translocation as an ultimate conservation measure for the long-term survival of a critically endangered freshwater mussel. Hydrobiologia 849 (15), 3401–3417. Nienhuis, J., 2003.
- ④ PEREDO, S.; PARADA, E.; VALDEBENITO, & I.; PEREDO, M. Relocation of the freshwater mussel *Diplodon chilensis* (Hyriidae) as a strategy for its conservation and management. M. Journal of Molluscan Studies , Volume 71 (2).
- ④ PRIE V., 2017 – NAÏADES ET AUTRES BIVALVES D'EAU DOUCE DE FRANCE. BIOTOPE, MEZE, MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, PARIS (COLLECTION INVENTAIRES & BIODIVERSITE), 336P.
- ④ STRAYER D.L. & SMITH D.R., 2003, A guide for sampling freshwater mussel populations. American fisheries monography n°8.
- ④ UICN COMITE FRANÇAIS, OFB & MNHN (2021). LA LISTE ROUGE DES ESPECES MENACEES EN FRANCE – CHAPITRE MOLLUSQUES CONTINENTAUX DE FRANCE METROPOLITAINE. PARIS, FRANCE.
- ④ VILLELA, R. F.; SMITH, D. R.; LEMARIE, D. P. Estimating Survival and Recruitment in a Freshwater Mussel Population Using Mark-recapture Techniques. American Midland Naturalist; Jan2004, Vol. 151 Issue 1, 114 pages.
- ④ WALLER DL, Rach JJ, Cope WG 1995. Effects of handling and aerial exposure on the survival of Unionid mussels. J. Freshw. Ecol. 10: 199-208. Style « Liste Bibliographie »



Biotope Siège Social
22, boulevard Maréchal Foch
B.P. 58
34140 MÈZE
Tél. : +33 (0)4 67 18 46 20
www.biotope.fr

