



**Communauté de Communes du
Bassin de Pont à Mousson**
Domaine de Charmilly – Chemin des Clos
54701 PONT-A-MOUSSON CEDEX

**DOSSIER DE DEMANDE DE DEROGATION EXCEPTIONNELLE DE
DEPLACEMENT D'UNE ESPECE PROTEGEE AU TITRE DE L'ARTICLE
L.411-2 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT**

**RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE DE L'ESCH
SUR LA COMMUNE DE JEZAINVILLE (54)**



Photo de couverture : Mulette épaisse de l'Esch (Sub&Eau, 2024)



Sub&Eau

*Etude et valorisation des
écosystèmes aquatiques*
37 route de Niherne
F-36320 Villedieu-sur-Indre
SIRET : 980 749 428 00010
06 30 72 25 42
contact@sub-eau.com
www.sub-eau.com



Arion.idé

*Bureau d'étude en ingénierie conseil et
recherche en environnement*
10 rue Louis Aragon
F-59147 Gondecourt
N° SIRET : 839 733 375 00019
arion.ide@orange.fr

Rédaction :

Anne-Cécile MONNIER – Sub&Eau

Delphine GOFFAUX – Sub&Eau

Xavier CUCHERAT – Arion.idé SARL

V4 : 14/01/2025

Sommaire

1	Contexte de la demande.....	1
2	Les travaux envisagés	3
2.1	Les ouvrages concernés	3
2.1.1	L'ouvrage du Centre Bertelle.....	3
2.1.2	Le seuil du moulin de Jezainville.....	4
2.2	Etapes de réalisation des travaux	5
2.2.1	Généralités.....	5
2.2.2	Étapes de l'aménagement de l'ouvrage du moulin de Jezainville	6
2.2.3	Étapes de l'aménagement de l'ouvrage du seuil Centre Bertelle	9
2.2.4	Évolution des sites	11
3	Historique des études réglementaires.....	13
4	Objectifs	14
5	La Mulette épaisse <i>Unio crassus</i>	15
5.1	Présentation générale.....	15
5.2	Conservation et protection	17
5.2.1	Conservation	17
5.2.2	Protection	18
5.2.3	Synthèse	19
5.3	Connaissances préalables sur la Mulette épaisse dans l'Esch	19
6	Matériels et méthodes	21
6.1	Rappel des objectifs	21
6.2	Estimation de l'abondance de la Mulette épaisse	21
6.2.1	Définition des aires d'étude	21
6.2.2	Stratégie d'échantillonnage	23
6.3	Caractérisation des zones d'accueil.....	26
7	Résultats.....	27
7.1	Occurrence de l'espèce et des poissons hôtes	27
7.2	Estimation des abondances	27
7.3	Estimation du nombre d'individus à déplacer.....	27
7.4	Caractérisation de la fonctionnalité des populations cibles de la Mulette épaisse	28
7.5	Caractérisation des zones d'accueil.....	32
7.5.1	Résultats site accueil pressenti n°1.....	32
7.5.2	Résultats site accueil pressenti n°2.....	34
7.5.3	Capacité de réception des zones d'accueil 1 et 2	36
8	Évaluation des impacts et mesures ERC	38
8.1	Contexte.....	38

8.1.1	Les effets positifs ou impacts positifs du projet sur la Mulette épaisse	38
8.1.2	Les effets négatifs ou impacts négatifs du projet sur la Mulette épaisse	39
8.1.3	Analyse des effets négatifs par sections étudiées	40
8.2	Mesures de réduction	43
8.2.1	Fiche mesure R1 : Organisation et suivis de chantier	43
8.2.2	Fiche mesure R2 : Déplacement des individus et suivi.....	45
8.2.3	Fiche mesure R3 : Lutte contre les EEE prédatrices sur l'aire d'accueil.....	48
8.2.4	Fiche mesure R4 : Abattre l'apport de matières en suspension et éviter les éventuelles pollutions.....	50
8.3	Propositions de mesures de compensation	52
8.3.1	Fiche mesure C1 : Mise en défens des berges	52
8.3.2	Fiche mesure C2 : Assurer l'abreuvement des animaux d'élevage.....	54
8.3.3	Fiche mesure C3 : Création de bande de ripisylve pérenne	56
8.3.4	Fiche mesure C4 : Poursuite de la lutte contre la prédation des EEE.....	58
8.4	Suivi d'accompagnement de la séquence ERC	60
8.4.1	Fiche mesure A1 : Suivi post-déplacement des zones d'accueil.....	60
8.5	Calendrier des mesures ERC	62
9	Bibliographie	63

1 Contexte de la demande

La création du SAGE Rupt-de-Mad - Esch – Trey en 2017 présentait un de ses objectifs principaux dans la définition d'actions de protections de la ressource en eau. Le bassin élémentaire Rupt de Mad-Esche-Terrouin, dont dépend l'Esch, fait partie des territoires intégrés au sein des mesures et perspectives du SDAGE Rhin-Meuse 2022-2027 (Agence de l'Eau Rhin-Meuse, 2022) en faveur de la renaturation (mesure MIA0203) et du rétablissement de la continuité écologique (mesure MIA0304) (AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE 2022 a, 2022 b, 2022 c).

Certaines orientations fondamentales de ce plan de gestion sont notamment focalisées sur la problématique de la reconquête de la qualité des masses d'eau à travers la restauration ou la sauvegarde des fonctionnalités naturelles des bassins versants, des sols et des milieux aquatiques (orientation T3-O3) et à travers la gestion des ouvrages existants pour adopter les mesures nécessaires à la continuité écologique (Orientation T3 – O3.2.2.1) (AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE 2022 a, 2022 b, 2022 c).

La mesure MIA0203 incite à réaliser des opérations de restauration de grande ampleur de l'ensemble des fonctionnalités d'un cours d'eau et de ses annexes en agissant sur l'ensemble des composantes altérées. Cette mesure se traduit notamment par des actions de reconstitution de la dynamique alluviale ou par des actions touchant au lit mineur et aux berges.

Les objectifs de limitation voire suppression des pressions sur l'hydromorphologie sont également soutenus par la mesure MIA0304 incitant à aménager ou supprimer un ouvrage. Cette mesure intègre des actions de restauration de la continuité écologique et/ou longitudinale pour rétablir la continuité écologique sur les plans sédimentaires et biologiques.

Pour répondre aux objectifs de gestion du réseau hydraulique du Grand-Est, ainsi qu'aux objectifs nationaux en faveur de l'atteinte du bon état des masses d'eau, **la Communauté de Communes du Bassin de Pont-à-Mousson (CCBPAM) est porteuse du projet de restauration de la continuité écologique de l'Esch au niveau de l'ouvrage du moulin de Jezainville (ROE56777) et du Centre Bertelle (ROE56775) sur la commune de Jezainville (54) (Figure 1)**. Ce projet s'inscrit dans le cadre de l'objectif de reconquête de la qualité des masses d'eau imposé par la Directive Cadre sur l'Eau et les deux obstacles précités ne remplissent aujourd'hui plus aucune fonction pour les activités humaines. La restauration de la continuité écologique au droit de ces deux ouvrages hydrauliques implique la réalisation de travaux dans le lit du cours d'eau (suppression des seuils, reprofilages, zones d'assec ou exondées durant les travaux, cf. plus bas pour les détails).

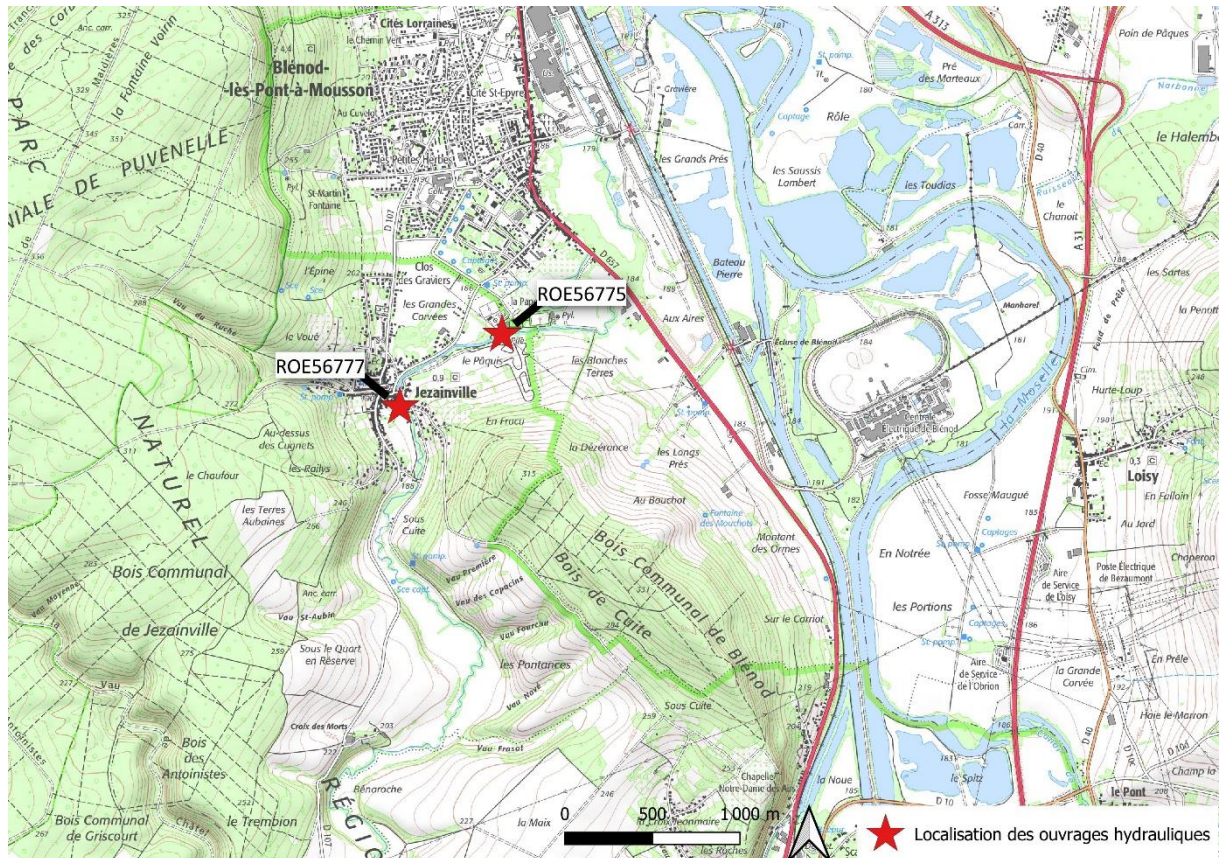


Figure 1. Localisation des ouvrages concernés par la présente étude (Fond de carte : © SCAN 25©IGN).

Compte tenu de la nature des travaux envisagés, le projet est soumis à autorisation au titre de la rubrique 3.1.2.0, à déclaration au titre de la rubrique 3.1.3.0 et à autorisation au titre de la rubrique 3.1.5.0. Cependant, la nomenclature de la Loi sur l'Eau a évolué en 2020 via l'introduction de la rubrique 3.3.5.0, soumettant à déclaration tout « Travaux, définis par un arrêté du ministre chargé de l'environnement, ayant uniquement pour objet la restauration des fonctionnalités naturelles des milieux aquatiques, y compris les ouvrages nécessaires à cet objectif ». Les opérations associées aux rubriques 3.1.2.0, 3.1.3.0 et 3.1.5.0 et soumises à déclaration ou autorisation correspondent aux travaux listés au sein de la rubrique 3.3.5.0, à savoir : l'arasement ou dérasement d'ouvrage en lit mineur, le déplacement du lit mineur pour améliorer la fonctionnalité des cours d'eau ou le rétablissement du cours d'eau dans son lit d'origine, la mise en dérivation ou suppression d'étangs existants, le remodelage fonctionnel ou la re-végétalisation des berges, le reméandrage ou remodelage hydromorphologique.

Le programme de restauration de l'Esch et de ses affluents est de ce fait soumis à déclaration au titre de la Loi sur l'Eau selon la rubrique 3.3.5.0 relative aux travaux de restauration des fonctionnalités naturelles des cours d'eau (L'ATELIER DES TERRITOIRES 2021). L'arrêté préfectoral n°DDT-ERC-2021-070 du 03 décembre 2021 porte déclaration d'intérêt général la réalisation de travaux de l'Esch et de ses affluents (PREFET DE MEURTHE-ET-MOSELLE 2021).

2 Les travaux envisagés

Les travaux répondent aux objectifs poursuivis par le programme de restauration de l'Esch et de ses affluents dont :

- L'amélioration de la continuité écologique ;
- La diversification des écoulements et des habitats dans le lit mineur de l'Esch pour améliorer l'accueil pour la faune et la flore aquatique ;
- La création de ripisylve; de zones de mises en défens et d'abreuvoirs ;
- La participation à l'amélioration de la qualité des eaux.

Il est important de préciser que la confluence de l'Esch avec la Moselle a subi de profonds aménagements au cours de l'Histoire. Au sein du site industriel de Saint-Gobain Pont-à-Mousson, une traversée souterraine de l'Esch sur environ 160 m comprend un passage en pression (syphon) sous le canal latéral de la Moselle. Ceci constitue un obstacle rédhibitoire à la continuité écologique.

2.1 Les ouvrages concernés

2.1.1 L'ouvrage du Centre Bertelle



Photo 1 : Ouvrage du Centre Bertelle (©Sub&Eau, 2024)

L'ouvrage du Centre Bertelle (Photo 1) est un barrage à clapet qui était autrefois utilisé comme prise d'eau. Il avait pour rôle d'alimenter un canal d'amenée d'eau qui dessert deux moulins.

L'ouvrage crée une chute verticale avec surplomb de 0,96 m de hauteur, dans un environnement bétonné. Outre son impact sur la continuité écologique, l'ouvrage génère une zone de remous très étendue et conduit à une banalisation des habitats aquatiques sur environ 500 m.

L'ouvrage du Centre Bertelle a un impact négatif notable sur le milieu aquatique comme l'altération de la mosaïque d'habitats, la rupture de la continuité écologique, une altération du transport solide, le colmatage des fonds et l'abaissement des vitesses d'écoulement.

2.1.2 Le seuil du moulin de Jezainville



Photo 2 : Seuil du moulin de Jezainville (©Sub&Eau, 2024)

L'ouvrage de Jezainville (Photo 2) alimentait initialement un moulin à farine qui a été reconverti en scierie au XIX^{ème} siècle.

Sans usage aujourd'hui, il ne subsiste qu'une partie des bâtiments, et ces derniers sont plus ou moins abandonnés ou sans vocation précise.

L'installation du moulin était constituée initialement de deux bras, qui existent toujours : le bras usinier menant au moulin, et le bras naturel de la rivière, utilisé alors comme bras de décharge (Figure 2).

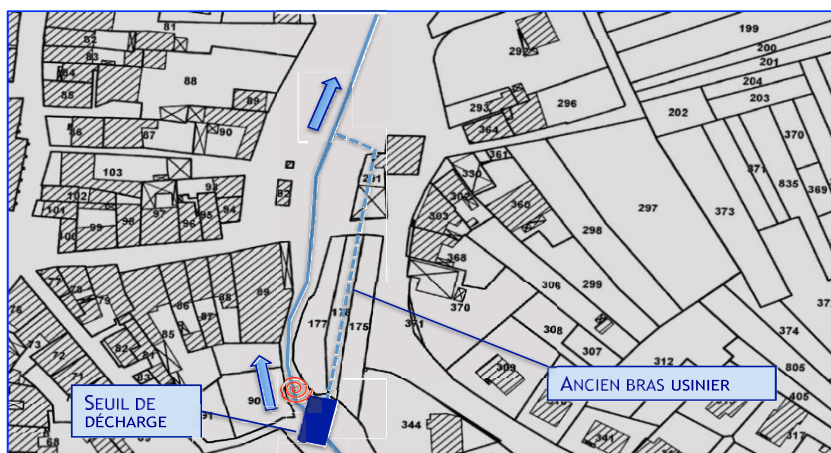


Figure 2 : Plan de configuration des bras en aval de l'ouvrage du moulin de Jezainville (AdT, 2021)

L'alimentation du bras usinier était assurée par une prise d'eau dont il ne reste qu'un seuil en enrochement,

qui était sans doute autrefois équipé de vannes. Aujourd'hui le bras usinier n'est plus alimenté qu'en hautes eaux, et donc asséché une grande partie de l'année.

L'ouvrage de répartition des eaux correspond à un seuil constitué de blocs et d'un parement bétonné, d'une chute d'environ 1 m.

Outre son impact sur la continuité écologique, l'ouvrage génère une zone de remous très étendue et conduit à une banalisation des habitats aquatiques sur environ 400 m.

Tout comme l'ouvrage du Centre Bertelle, le seuil de Jezainville a un impact négatif notable sur le milieu aquatique comme l'altération de la mosaïque d'habitats, la rupture de la continuité écologique, une altération du transport solide, le colmatage des fonds et l'abaissement des vitesses d'écoulement.

2.2 Etapes de réalisation des travaux

2.2.1 Généralités

L'aménagement de l'Esch au droit des ouvrages du moulin de Jezainville et du Centre Bertelle répond aux objectifs de rediversifier l'Esch à travers une amélioration des habitats, d'améliorer la qualité des eaux, de limiter l'évaporation en été, de rétablir la continuité écologique au droit des barrages et de valoriser le site sur le plan esthétique (AdT, 2021) (Figure 3, Figure 4).



Figure 3. Ouvrage du Moulin de Jezainville : Photographie du site avant travaux (à gauche) et perspective paysagère prévisionnelle (à droite) (AdT, 2021)



Figure 4. Ouvrage du Centre Bertelle : Photographie du site avant travaux (à gauche) et perspective paysagère prévisionnelle (à droite). (AdT, 2021)

Le projet prévoit des travaux de démolition des anciens aménagement hydrauliques, un retour au profil en long naturel du cours d'eau et une re-densification de la végétation en berge. Lors de la destruction des barrages, il sera généré un minimum de matières en suspension et un piège à fines sera placé sur l'ensemble de la section d'écoulement en aval du vannage.

Les modifications hydromorphologiques immédiates attendues seront définies par les zones d'arasement des ouvrages et de création d'îlots. Au niveau du moulin de Jezainville, un linéaire de travail, compris entre les batardeaux, sera mis à sec (linéaire estimé de 135 m pour l'ouvrage du moulin). En amont, le profil en long de l'Esch sera travaillé sur un linéaire d'environ 120 m.

Au niveau de l'ouvrage du centre Bertelle, les aménagements de démolition du clapet et de création d'îlots concerneront un linéaire immédiat estimé de 80 m qui restera en eau au cours de la procédure. En amont du clapet, le profil en long sera travaillé sur un linéaire d'environ 300 m (L'ATELIER DES TERRITOIRES 2021).

2.2.2 Étapes de l'aménagement de l'ouvrage du moulin de Jezainville

La Figure 5 illustre la zone de travaux et l'enchaînement des étapes de l'aménagement est :

- 1 -Réalisation des pêches de sauvetage de la Mulette épaisse en aval et en amont du seuil ;
- 2 -Terrassement du bras de décharge pour atteindre l'altitude 185,60 ;
- 3 -Mise en œuvre d'un dispositif de rétention de fines à l'aval du seuil ;
- 4 -Réalisation d'une brèche de 45 cm de haut (altitude 185,68) et 4 m de long dans le seuil [*La brèche peut être réalisée depuis la rive gauche, sur le côté gauche du seuil, afin que la pelle n'entre pas dans le cours d'eau. Une partie des eaux s'écoulera par le bras secondaire, le reste conservera son cheminement dans l'Esch*] ;
- 5 -Déplacement du dispositif de rétention de fines à l'aval du bras de décharge ;
- 6 -Mise en œuvre d'un pompage à l'aval de l'ouvrage pour diminuer la hauteur d'eau dans la fosse. Rejet des eaux de pompage dans le bras de décharge. [*En procédant de la sorte, les eaux issues du pompage passeront systématiquement par le filtre*] ;

Après réalisation de ces opérations :

- La brèche abaissera la longueur de la zone de remous à 120 ml depuis le seuil ;

- La hauteur d'eau à l'amont de l'ouvrage sera d'environ 50 cm ;
- La hauteur d'eau dans la fosse à l'amont de l'ouvrage sera d'environ 150 cm (profondeur maximale) ;
- En amont de la zone de remous, la hauteur d'eau sera comprise entre 30 et 40 cm ;
- Dans la fosse à l'aval de l'ouvrage, la hauteur d'eau sera gérée par un pompage qui sera mis en œuvre uniquement lors de la réalisation de la pêche de sauvetage des poissons. A part cette zone, l'ensemble du linéaire à l'aval du seuil est pêchable (entre 20 et 30 cm d'eau) sans réalisation de travaux.

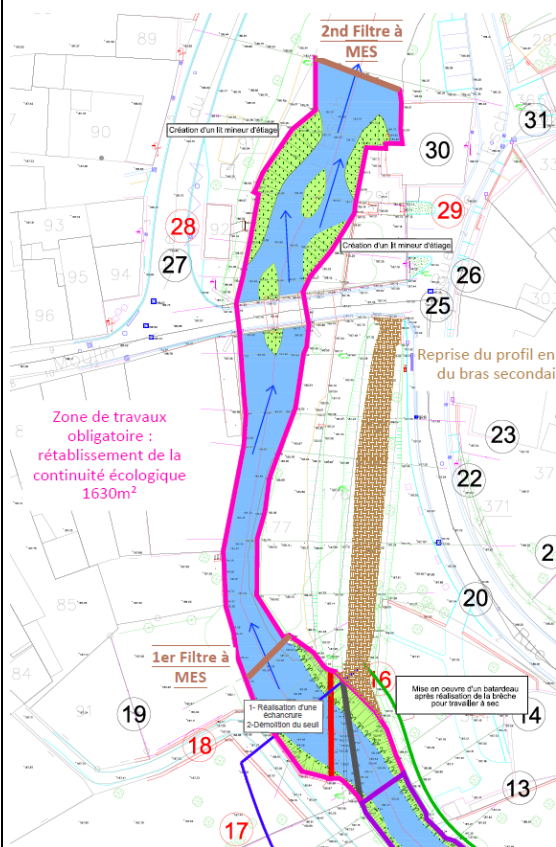
De cette manière, les zones pouvant être pêchées sont optimisées :

- A l'amont : la longueur du remous et la hauteur d'eau sont diminuées :
 - Longueur du remous : 120 m et 975 m² de cours d'eau ;
 - Hauteur d'eau en moyenne 30 à 40 cm et quelques fosses pouvant aller jusqu'à 150 cm.
 - A l'aval : le pompage permettra de rendre accessible l'unique zone qui ne l'est pas en tout temps :
 - Surface accessible après mise en œuvre du pompage : 1630 m²
-
- 1-Poursuite et finalisation des pêches de sauvetage de la Mulette épaisse en amont et en aval du seuil de Jezainville, suivies de la pêche de sauvetage de la population piscicole ;
 - 2-En ayant conservé le dispositif de rétention de fines à l'aval du site : mise en œuvre d'un batardeau composé d'argile à l'amont du seuil, afin de dériver l'ensemble des eaux vers le bras de dérivation [*L'ensemble du débit de l'Esch passera par le bras secondaire et ne pourra pas se charger en fines. L'eau passera tout de même dans le filtre situé à l'aval du bras de décharge, afin de protéger les Mulettes épaisses situées à l'aval de l'exutoire de ce bras*] ;
 - 3-Mise en place d'un batardeau à l'amont du seuil de Jezainville et à l'amont de la confluence entre l'Esch et l'exutoire du bras de décharge, afin d'éviter une remontée d'eau dans la zone déjà pêchée [*Le lit principal de l'Esch sera de ce fait à sec entre les batardeaux, afin d'éviter que les eaux ruisselant ne se chargent en fines lors de la réalisation des travaux*] ;
 - 4-Démolition complète du seuil à sec [*Les travaux ne généreront pas de fines*] ;
 - 5-Reprise du profil en long et rétrécissement du lit mineur par terrassement en déblai / remblai sur la zone de remous et à l'aval du seuil ;
 - 6-Mise en œuvre d'une protection de berge composée de lit de plants et plançons sur la rive gauche au droit du seuil ;
 - 7-Aménagement de banquettes composées de terre et de géotextiles à l'aval du pont ;
 - 8-Végétalisation des banquettes ;
 - 9-Remise en eau du site en conservant quelques heures le dispositif de rétention de fines.

La mise en œuvre d'un éventuel pompage pourra être nécessaire pour réguler les arrivées d'eau dans le lit principal à sec. Dans le cas où un pompage sera mis en œuvre, alors les eaux seront rejetées dans le bras de décharge ; puis elles passeront par le filtre à MES avant de rejoindre le cours de l'Esch.

PLANS (voir plan complet de la zone de travaux en document Annexe)

Schéma du projet d'aménagement en aval du seuil



Localisation du remous hydraulique (amont du seuil) concerné par les travaux de terrassement

(Source : d'après la photographie aérienne datant du 19/06/2022 et disponible sur www.geoportail.gouv.fr)

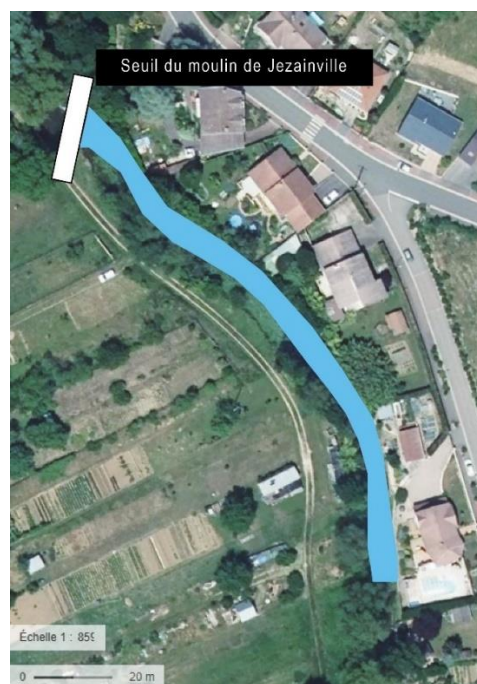


Figure 5 : Aménagements de l'ouvrage du moulin de Jezainville (Source : AdT, 2021 et 2023).

2.2.3 Étapes de l'aménagement de l'ouvrage du seuil Centre Bertelle

La Figure 6 illustre la zone de travaux et l'enchaînement des étapes de l'aménagement est :

- 1-Abaissement du clapet permettant de bloquer l'arrivée d'eau dans le bras secondaire de l'Esch ;
- 2-Suppression du seuil du bras secondaire *[Réalisation des travaux à sec. En supprimant le seuil du bras secondaire, la capacité de prélèvement du bras secondaire est augmentée, ce qui permettra de dériver une partie des eaux de l'Esch pendant les travaux]* ;
- 3-Mise en œuvre d'un dispositif de rétention de fines à l'aval du seuil principal au droit de l'Esch ;
- 4-Mise en œuvre d'un dispositif de rétention de fines dans le bras secondaire ;
- 5-Abaissement de la vanne du seuil principal sur l'Esch *[Après abaissement de la vanne, la hauteur d'eau est diminuée, ce qui permet de réaliser une pêche à partir de 100 m à l'amont de l'ouvrage. Il est à noter que la zone sous le bâtiment du centre Bertelle est elle aussi très peu profonde et pourra être pêchée. La zone non pêchable est située en amont immédiat de la vanne et s'étend sur 100 m]*.
- 6-Suppression des embâcles situées sous les piles du Centre Bertelle ;
- 7-Réalisation des pêches de sauvetage de la Mulette épaisse en aval et en amont du seuil ;

Après réalisation de ces opérations :

- L'abaissement du seuil diminue la longueur non pêchable à 100 m depuis le seuil ;
- La hauteur d'eau dans cette zone de remous diminuée variera entre 150 et 80 cm ;
- En amont de la zone de remous sur les 270 m restants, la hauteur d'eau sera comprise entre 15 et 25 cm ;
- Une partie des eaux s'écoulera dans le bras secondaire permettant de diminuer la hauteur d'eau dans la fosse à l'aval de l'ouvrage.

Avec la mise en œuvre de ces opérations préalables, les zones pouvant être pêchées sont optimisées car la longueur du remous et la hauteur d'eau sont diminuées :

- Longueur du remous : 100 m et 1020 m² de cours d'eau ;
- Hauteur d'eau en moyenne 15 à 25 cm en amont du remous ;

8-Poursuite et finalisation des pêches de sauvetage de la Mulette épaisse en amont et en aval du seuil du Centre Bertelle, suivies de la pêche de sauvetage de la population piscicole ;

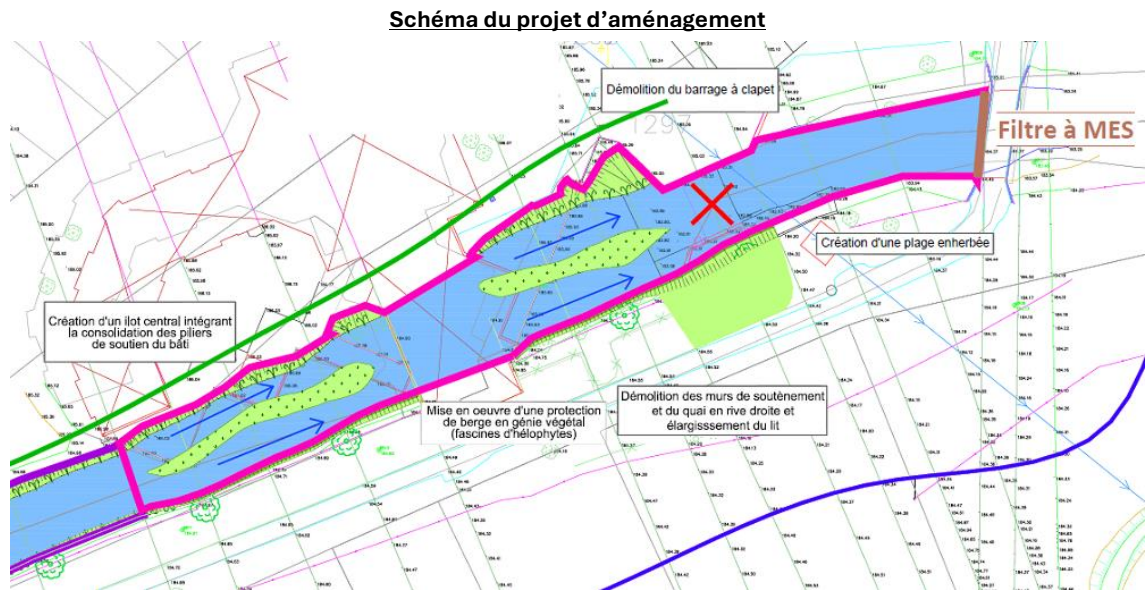
9-Effacement en eau de la vanne principale sur l'Esch ;

10-Reprise du profil en long et rétrécissement du lit mineur par terrassement en déblai / remblai sur la zone de remous ;

11-Terrassement des berges en pente douce *[Le Martin pêcheur est également une espèce à prendre en compte dans la mise en œuvre des travaux. Une prospection préalable n'a pas permis de mettre en évidence sa présence sur le site du Centre Bertelle. Toutefois, afin d'écarter tous les risques et une fois l'effacement de la vanne effectué, le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre, l'entreprise et le PNR parcourront le linéaire à pied afin d'identifier d'éventuelles galeries. Dans le cas où une trace d'espèce serait remarquée, les services de l'état en seront informés et les travaux de terrassement ne seront pas réalisés à proximité]* ;

12-Protection des piliers avec la mise en œuvre d'enrochements.

PLANS (voir plan complet de la zone de travaux en document Annexe)



Localisation du remous hydraulique (amont de l'ouvrage) concerné par les travaux de terrassement

(Source : d'après la photographie aérienne datant du 19/06/2022 et disponible sur www.geoportail.gouv.fr)



Figure 6. Aménagements de l'ouvrage du Centre Bertelle (Source : AdT, 2021 et 2023).

2.2.4 Évolution des sites

> Pour l'ouvrage de l'ancien moulin de Jezainville

Les impacts des travaux définis dans le cadre du dossier Loi sur l'Eau (AdT, 2021) mettent en avant plusieurs variations :

Sur le plan hydraulique, l'effacement aboutira à un abaissement sensible du niveau des eaux et l'augmentation des vitesses d'écoulement en amont de l'ouvrage. En amont du seuil arasé, les profils des lignes d'eau trouveront une pente plus en rapport avec le talweg naturel. Le remous hydraulique sera supprimé, alors qu'il atteignait plus de 400 m. La ligne d'eau s'abaissera de près de 0,40 à 0,50 m en basses et moyennes eaux. Cet abaissement s'intensifiera d'amont en aval. En période de hautes eaux, la ligne d'eau s'abaissera moins, seulement de 0,17 à 0,30 m au droit du seuil arasé. Dans les deux cas, les lignes d'eau seront abaissées, par conséquent, l'effacement de l'ouvrage n'aggraver pas l'intensité ni la fréquence des inondations de l'Esch. Le bras de décharge sera alimenté par des crues plus importantes qu'actuellement, puisque le lit de l'Esch sera abaissé d'environ 50 cm.

Sur le plan géomorphologique, le transit sédimentaire sera totalement rétabli. Aujourd'hui, la retenue située à l'amont du déversoir s'est sédimentée, si bien que lorsque le barrage sera effacé, il se produira un réajustement du profil en long des cours d'eau, par érosion régressive, qui va se développer jusqu'à la limite amont de la zone de remous. Par ce réajustement, le cours d'eau va chercher à retrouver son profil d'équilibre. La suppression de l'obstacle va se traduire par un retour à une diversité d'écoulement normale, c'est-à-dire constituée d'une succession de plats lents et de radiers, nettement plus favorable à la faune aquatique en place.

Le rétablissement de la continuité écologique lié à la suppression de l'obstacle aura un impact positif important sur les populations piscicoles du secteur en permettant aux espèces piscicoles de coloniser l'amont de l'Esch (8 km), que ce soit en hautes eaux ou en basses eaux. Cette remise en connexion est fondamentale pour la Mulette épaisse où les poissons hôtes ne seront plus bloqués dans leur dispersion lors de la période de reproduction de la Mulette épaisse.

En aval du pont, la création d'un lit mineur d'étiage permettra une meilleure répartition des écoulements dans le lit et une augmentation du tirant d'eau et des vitesses d'écoulements pendant l'étiage.

Le barrage de Jezainville se trouve dans une zone sans parcelle agricole adjacente. Par conséquent, aucun aménagement agricole n'est prévu dans le cadre de cette opération.

En revanche, comme pour chaque opération de renaturation, des plantations de différents types sont prévues.

- Boutures : en rive gauche, juste à l'aval du seuil, sera aménagé une protection de berge en génie végétal composé d'environ 1400 boutures de saule ; 200 autres boutures seront plantées de part et d'autre des berges pour diversifier la ripisylve, conforter les berges et assurer un ombrage.

- Hélophytes : les banquettes aménagées à l'aval du pont seront plantées densément en hélophytes. De plus, les berges à l'amont du seuil seront terrassées en pente douce et également plantées en hélophytes. En tout, 1100 hélophytes seront plantées.

- Ensemencement : l'ensemble des surfaces travaillées sera réensemencé.

La surface impactée par les travaux se découpe en deux parties :

- La zone de travaux strictement obligatoire pour le rétablissement de la continuité écologique qui se situe à l'aval de l'ouvrage et présente une superficie de 1630 m² (zone en rose en fiche Annexe).

- La zone de travaux en amont du seuil qui concerne uniquement la reprise du profil en long pour une superficie de 975 m² (zone en violet en fiche Annexe).

Dans la mesure où il est prévu de reprendre les profils en long, profils en travers et terrasser les banquettes, l'ensemble des surfaces travaillées seront sujettes à des terrassements.

Dans le cadre du projet actuel, le rétablissement de la continuité écologique apportera une plus-value sur le milieu :

- Sur l'ensemble du linéaire du remous, le milieu passera de lentique à lotique ;
- A l'aval du seuil jusqu'aux banquettes aménagées (140 m de linéaire), la largeur du cours d'eau y est beaucoup trop importante, les banquettes permettront de resserrer la lame d'eau à l'étiage et assurer une continuité écologique tout au long de l'année.

> Pour l'ouvrage du centre Michel Bertelle

Les impacts des travaux définis dans le cadre du dossier Loi sur l'Eau (AdT, 2021) mettent en avant plusieurs variations :

Sur le plan hydraulique, l'effacement aboutira à un abaissement sensible du niveau des eaux et l'augmentation des vitesses d'écoulement en amont de l'ouvrage. Jusqu'à une crue de fréquence cinquantennale, le cours d'eau reprendra un profil en long parallèle au talweg. Le remous hydraulique sera supprimé alors qu'il atteignait environ 500 m. En aval de l'ouvrage actuel, les niveaux d'eau en tout temps ne seront pas influencés par l'effacement du seuil.

Alors que les niveaux d'eau étaient maintenus artificiellement à 1,68 m d'épaisseur (étiage) par la vanne à clapet mobile, le retrait de cette dernière conduira à un abaissement de la lame d'eau jusqu'à 15 à 28 cm d'épaisseur en étiage. Au module, la lame d'eau présentera une épaisseur de 47 à 59 cm contre 1,81 m d'épaisseur d'eau en présence du barrage.

Sur le plan géomorphologique, le transit sédimentaire sera totalement rétabli. Aujourd'hui, la retenue située à l'amont du déversoir s'est sédimentée, si bien que lorsque le barrage sera effacé, il se produira un réajustement du profil en long des cours d'eau, par érosion régressive, qui va se développer jusqu'à la limite amont de la zone de remous. Par ce réajustement, le cours d'eau va chercher à retrouver son profil d'équilibre. L'érosion régressive va entraîner une reprise du stock alluvial bloqué derrière le barrage.

Le rétablissement de la continuité écologique lié à la suppression de l'obstacle aura un impact positif important sur les populations piscicoles du secteur en permettant aux espèces piscicoles de coloniser l'amont de l'Esch (8 km), que ce soit en hautes eaux ou en basses eaux. Cette remise en connexion est fondamentale pour la Mulette épaisse où les poissons hôtes ne seront plus bloqués dans leur dispersion lors de la période de reproduction de la Mulette épaisse.

La suppression de l'obstacle va se traduire par un retour à une diversité d'écoulement normale, c'est-à-dire constituée d'une succession de plat lent et de radiers, nettement plus favorable à la faune piscicole en place.

Les opérations de plantations mises en œuvre seront les suivantes :

- Arbres : après terrassement du linéaire amont, 60 arbres seront plantés en rive droite de l'Esch, sur les 320 ml de remous.
- Arbustes : en complément des arbres, 180 arbustes seront plantés afin de maintenir les berges et apporter un ombrage au cours d'eau.
- Hélophytes : des banquettes végétales seront terrassées dans le lit du cours d'eau, à proximité du bâtiment du centre de loisirs. 2040 hélophytes seront plantées sur ces banquettes.
- Ensemencement : L'ensemble des surfaces terrassées hors d'eau sera ensemencé.

Comme pour le barrage de Jezainville, les surfaces de terrassement se décomposent en deux parties :

- La zone de travaux obligatoire pour le rétablissement de la continuité écologique qui se trouve en amont du barrage, jusqu'à la fin des bâtiments. La surface de cette zone est de 1080 m².
- La zone en amont des bâtiments qui sera concernée par les travaux de terrassement du profil en long dont la surface est égale à 2450 m².

Dans la mesure où il est prévu de reprendre les profils en long, profils en travers et terrasser les banquettes, l'ensemble des surfaces travaillées seront sujettes à des terrassements.

3 Historique des études réglementaires

Ainsi au titre des articles R.214-1 à R.214-6 du Code de l'Environnement relatifs aux procédures d'autorisation et de déclaration, le projet a suivi une procédure administrative préalable (étude d'impact et demande d'autorisation).

L'occurrence de la Mulette épaisse a été démontrée à l'amont de Jezainville (Cucherat & Prié 2021), voir ci-après) sans toutefois se trouver dans le périmètre des travaux. Son occurrence a ensuite été confirmée à l'aval du seuil du Centre Bertelle par des prospections informelles (Cucherat, obs. pers.). Cette occurrence a justifié la tenue d'expertises spécifiques par le bureau d'étude Sialis (Sialis 2022). La synthèse de ce travail indique que « Des individus vivants d'*Unio crassus* sont répartis sur **tout** le linéaire d'emprise des travaux et de part et d'autre [...]. L'espèce semble surtout présente **entre les deux seuils et à l'amont du seuil de Jezainville** [...] : 2 individus ont été mis en évidence à l'aval du seuil du centre Bertelle, 26 entre les deux seuils et 13 en amont du seuil de Jezainville.

Les faciès les plus favorables sont de type radier (les plus courants et les moins profonds relativement aux autres faciès) et de type plat (vitesse non-nulle et profondeur jusqu'à 80 cm). Le type chenal lentique (vitesse parmi les plus faibles et profondeur parmi les plus élevées), présent à l'amont des deux seuils (remous) et ponctuellement en dehors de la zone d'influence de ces deux ouvrages, est également colonisé par l'espèce mais il semble se dessiner une influence **négative du colmatage**. Ainsi, à l'amont des deux seuils les recherches se sont avérées infructueuses là où le colmatage par des fines est le plus fort. Sa présence ici n'est toutefois pas à exclure. »

Compte tenu du caractère protégé de la Mulette épaisse (qui sera détaillé plus bas), les dispositions inscrites au titre de l'article L.411-1 du Code de l'Environnement indiquent que « *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* », il est interdit de détruire ou de perturber les habitats et communautés vivantes d'un milieu. Ces directives s'appliquent dès lors qu'une espèce présente est inscrite au sein de listes nationales, d'arrêtés interministériels et/ou de listes régionales. Toutefois, l'article L. 411-2 du Code de l'Environnement permet « *la délivrance de dérogation aux interdictions mentionnées aux 1°, 2° et 3° de l'article L. 411-1, à condition qu'il n'existe pas d'autre solution satisfaisante et que la dérogation ne nuise pas au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces concernées dans leur aire de répartition naturelle* ».

Étant donné que i) le projet de restauration de l'Esch au droit des ouvrages du moulin de Jezainville et du Centre Bertelle **a vocation à protéger la faune et la flore sauvage et à conserver ses habitats naturels** et que ii) il répond ainsi aux critères d'éligibilité à une demande de dérogation pour la destruction, l'altération ou la dégradation de sites de reproduction ou d'aires de repos d'animaux d'espèces animales protégées, une demande de dérogation concernant la Mulette épaisse a été rédigée en 2023 (P.A.I Environnement 2022). Compte tenu de l'inscription de la Mulette épaisse sur l'arrêté du 6 janvier 2020 fixant la liste des espèces animales et végétales à la protection desquelles il ne peut être dérogé qu'après avis du Conseil National de la Protection de la Nature (CNP), cette demande a été soumise audit conseil pour avis sur la base des conclusions des investigations menées par le bureau d'étude Sialis.

Après consultation du CNPN, celui-ci indique qu'en l'état actuel des faits présentés et des analyses effectuées dans le dossier, un avis défavorable est émis à la demande de dérogation. Il recommande, pour améliorer le dossier, de réaliser :

- Une estimation précise de l'abondance de l'espèce comprise dans l'aire d'étude, en ayant pour chaque zone les variables qui permettront de dimensionner les efforts humains et financiers pour les pêches de sauvetage ;
- Une appréciation de la fonctionnalité de la population de l'aire d'emprise du projet ;
- Une réévaluation des impacts du projet dans les différents compartiments de l'aire d'étude ;
- Une proposition de mesures de réduction et de compensation ;
- Un apport précis d'information sur la qualité de la population de la Mulette épaisse de la station réceptrice ;
- La proposition d'un suivi des Mulettes situées dans l'aire d'étude qui ne devront pas connaître de pêche de sauvetage, pour apprécier l'effet de l'effacement des deux ouvrages sur la population de Mulette épaisse résidente.

Notons que la configuration de la confluence Esch-Moselle (syphon) ne permet pas la libre circulation des espèces entre la Moselle et l'Esch, et permet d'écarter la possibilité de colonisation d'espèces introduites présentes dans la Moselle comme les gobies suite aux travaux de rétablissement de la continuité écologique sur l'Esch. De plus, suite aux investigations réalisées dans le cadre de cette étude, aucun individu de gobies n'a été observé en aval de l'ouvrage de Bertelle, ni dans les campagnes de pêches scientifiques réalisées sur le secteur antérieurement.

4 Objectifs

Les objectifs du présent rapport de demande de dérogation exceptionnelle de dérangement et de destruction d'une espèce protégée au titre de l'article L. 411-2 du Code de l'Environnement sont :

- De réaliser une estimation précise de l'abondance de la Mulette épaisse, dans la totalité de l'aire d'emprise des travaux, en ayant pour chaque zone les variables qui permettront de dimensionner les efforts humains et financiers pour les pêches de sauvetage ;
- D'apprécier la fonctionnalité de la population de l'aire d'emprise du projet ;
- De réévaluer les impacts du projet dans les différents compartiments de l'aire d'étude ;
- De proposer des mesures de réduction et de compensation adéquates ;
- D'apporter des éléments précis d'information sur la qualité de la population de la Mulette épaisse de la station réceptrice ;
- De proposer un suivi des Mulettes situées dans l'aire d'étude qui ne devront pas connaître de pêche de sauvetage, pour apprécier l'effet de l'effacement des deux ouvrages sur la population de Mulette épaisse résidente.

5 La Mulette épaisse *Unio crassus*

5.1 Présentation générale

Les éléments de présentation générale de l'espèce sont tirés de (Cucherat & Prié 2021).

La Mulette épaisse est un mollusque bivalve de la famille des Unionidae (Figure 7). C'est un organisme filtreur strictement dulçaquicole (elle ne peut pas survivre hors de l'eau). Elle possède deux ouvertures, inhalante et exhalante, l'inhalante étant pourvue de papilles sensibles. L'eau environnante est absorbée de manière active (ou passive quand le courant est suffisant) et filtrée par les deux paires de « branchies » appelées cténidies. Ces cténidies jouent à la fois un rôle dans la nutrition, en filtrant les particules présentes dans l'eau et en les acheminant vers la bouche, dans la respiration à l'instar des branchies des poissons, et dans la reproduction puisque deux d'entre elles vont recueillir les œufs.



Figure 7: Photographies de Mulette épaisse (à gauche, spécimen en position de vie provenant de l'Aube en Haute-Marne © X. Cucherat ; à droite provenant de l'Esch à Jezainville © Sub&Eau, 2024).

La Mulette épaisse est mobile dans le substrat, mais cette mobilité est toute relative, puisqu'elle n'est pas capable de fuir ou de quitter rapidement son lieu de vie lorsque ses conditions de maintien ne lui conviennent plus. Elle ne nage pas en pleine eau et se déplace dans et à la surface du substrat. Pour se déplacer, elle s'aide de son pied ancré dans le substrat. Il semble que les déplacements soient plus fréquents chez cette espèce que chez d'autres, mais se limitent tout de même à quelques dizaines de mètres tout au plus (Zajac *et al.* 2019). Le mobile des déplacements peut être lié à l'éjection des larves (voir ci-dessous), mais le plus souvent il s'agit simplement de trouver des conditions environnementales optimales suite à un dérangement (p. ex. après une crue). Elles sont aussi capables d'effectuer des mouvements verticaux dans le substrat de plusieurs dizaines de centimètres (Philippe & Patry, com. pers.).

Les conditions optimales recherchées par la Mulette épaisse sont généralement les berges, à relativement faible profondeur (Zajac *et al.* 2019). Comme la plupart des espèces de Naïades, elles évitent le lit vif où le transport sédimentaire est le plus important et les crues les plus fortes (Strayer 2008).

Chez la Mulette épaisse, les sexes sont séparés avec un sex-ratio à peu près équilibré. La maturité est atteinte au bout de 2 à 4 ans, en fonction des bassins hydrographiques. La reproduction débute au printemps et se poursuit jusqu'au milieu de l'été (Bauer 2000). Cependant, des comportements de reproduction ont été observés à la fin du mois d'août en Grand-Est (Durr, com. pers.). Les dates de début et de fin de frai ne sont pas connues avec précision en France, seuls les éléments indiqués par Bauer (2000) provenant de l'est de l'Europe sont disponibles. Les observations faites en France concordent avec une période de reproduction s'étendant de fin avril à mi-juillet en France (potentiellement fin août en Grand-Est). Les oocytes sont nichés dans le marsupium, situé dans la demi-branchie externe des cténidies de la femelle. Le mâle libère ses spermatozoïdes directement dans la colonne d'eau et les femelles les absorbent par filtration. La fécondation a lieu dans le marsupium (Zajac & Zajac 2020). L'œuf fertilisé

produit une larve appelée glochidie, dotée de deux petites valves, pourvues de crochets recouverts de petites dents sur la bordure ventrale et d'un filament mobile. Les glochidies de la Mulette épaisse mesurent environ 220 x 195 µm (Engel 1990; Hochwald 2000). Une femelle peut produire entre 9 000 et 100 000 glochidies (Bauer 2000). Elles sont expulsées par la femelle, mélangées à un mucus de trois manières :

- soit de manière passive et le mucus tombe sur le lit de la rivière où il pourra attirer des poissons comme source de nourriture,
- soit dans la colonne d'eau, et le mucus attire les poissons qui l'ingèrent,
- soit de manière active : la femelle se déplace jusqu'à la berge, l'ouverture exhalante affleurant à la surface de l'eau, et expulse violemment le mucus et les glochidies sur une distance d'un mètre environ. La chute du mucus sur la surface de l'eau attirera alors les poissons se nourrissant en surface. C'est ce type de comportement qui a été observé tardivement en août en Grand-Est.

Dans les trois cas, la stratégie vise à favoriser le contact entre les glochidies et le poisson hôte. En effet, les glochidies ne survivent que quelques heures dans l'eau et doivent entrer au plus vite en contact avec les branchies des poissons-hôtes (elles peuvent également se fixer sur les nageoires). Il peut y avoir jusqu'à trois libérations de glochidies au cours de la saison de reproduction (Hochwald 2000 ; Zajac & Zajac 2020). A contrario, certaines femelles peuvent suspendre la reproduction pendant une année (Hochwald 1997).

La Mulette épaisse utilise un large éventail de poissons-hôtes, avec 16 espèces connues pour héberger les glochidies et produire des juvéniles viables. Toutefois, les expérimentations menées par différents auteurs montrent que tous les poissons-hôtes potentiels n'ont pas le même succès pour la maturation des glochidies. Ainsi, les hôtes principaux seraient le Vairon commun, le Rotengle et le Chabot pour Douda et al. (2013), auxquels Taeubert et al. (2011) ajoutent le Hotu et le Chevaine. Ces derniers suggèrent que chez certaines espèces (dont le Chabot) les résultats varient en fonction de la lignée génétique. Dans le Grand-Est, ce sont principalement le Vairon commun, le Chevaine et le Chabot qui sont les poissons hôtes privilégiés (Lamand et al. 2016).

La présence et l'abondance des poissons hôtes, en particulier des hôtes principaux, sont primordiales pour le succès du recrutement des populations de la Mulette épaisse. Le temps d'enkystement des glochidies est très variable et dépend de la température, de l'espèce de poisson-hôte. Elle est généralement exprimée en degré-jours (ex. 10 jours à 10 °C = 100 degrés-jours). Mais elle est également variable sur le même poisson-hôte élevé à la même température : Taubert et al. (2013) ont observé les premières jeunes Mulettes au bout de 28 jours chez le Vairon à 14°C, les dernières au bout de 52 jours. En conditions d'élevage en routine, l'essentiel des jeunes Mulettes sont produites au bout de trois semaines à un mois à 15°C (F. Thielen comm. Pers.).

La mortalité des glochidies pendant la période d'enkystement est également variable selon l'espèce de poisson-hôte, elle semble osciller entre 50 et 90 % (Taeubert et al. 2013). La température idéale pour la métamorphose serait de 17° (Taeubert et al. 2014). Le stade parasitaire sur les poissons-hôtes est le plus mobile, puisqu'il permet aux larves de se déplacer à grande distance dans la rivière, de coloniser de nouveaux secteurs et d'assurer le brassage génétique. À l'issue de la phase d'enkystement, la jeune Mulette épaisse tombe des branchies du poisson-hôte sur le lit de la rivière, où elle s'enfonce dans le substrat pour commencer sa croissance. Elle mesure alors 0,2 mm de long. Les juvéniles vivent enfoués jusqu'à 10 cm dans le sédiment ((Tudorancea & Gruia 1968), Cucherat, observations personnelles) pendant au moins 3–4 ans. Sur la base des travaux de Dunca (2014), étude sur trois rivières du Luxembourg et de Belgique), la Mulette épaisse adopte un mode de vie des adultes lorsque la plus grande longueur de la coquille mesure entre 23 et 34 mm.

Le mode de distribution est agrégatif (Tudorancea & Gruia 1968, Cucherat, obs. pers.). Cela signifie que l'espèce forme des agrégats plus ou moins grands et importants en termes d'individus, séparé par des espaces de plus faibles densités ou sans individus. Ainsi, Tudorancea & Gruia (1968) décrivent des taches de plusieurs dizaines d'individus séparés des autres dans un mètre carré dans la rivière Nera. Par ailleurs, ils rapportent que les densités de la Mulette épaisse sont plus importantes dans les zones de courant faible.

De plus, le nombre d'individus diminue depuis les berges vers le centre de la rivière où le courant est le plus fort.

En France, Mouthon (1994) estime que la densité de la Mulette épaisse dans les cours d'eau français est inférieure à un individu par mètre carré, avec un maximum observé de 43 individus par mètre carré et un écart-type de 2 individus. Dans ce travail, 447 stations ont été échantillonnées sur l'ensemble des bassins hydrographiques français parmi lesquelles 43 hébergeaient la Mulette épaisse, avec une méthode (épuisette) non adaptée à l'estimation des densités de l'espèce. Dans quelques cours d'eau du Grand Est, Lamand & Beisel (2014) indiquent une densité moyenne de 6,36 ind.m⁻² (valeurs comprises entre 0,44 et 66 ind.m⁻², respectivement dans l'Halbmühlbach et l'Esch).

Enfin, la Mulette épaisse présente une forte proportion d'individus non-visibles depuis la surface du sédiment. Lamand & Beisel (2014) montrent que seulement 10 % des individus sont visibles depuis la surface, suggérant l'usage de l'excavation pour obtenir une estimation correcte des effectifs sur une aire d'étude donnée.

5.2 Conservation et protection

5.2.1 Conservation

> Les menaces connues

La Mulette épaisse n'a pas de prédateurs natifs naturels. Les causes de sa régression sont : l'aménagement des cours d'eau, les assècs répétés, la pollution, le parasitisme et la prédation par des espèces non-autochtones. En dehors de la prédation du Rat musqué *Ondatra zibethicus* et du Ragondin *Myocastor coypus* sur la Mulette épaisse, il n'existe pas de travaux spécifiques sur les effets de la prédation des poissons fouisseurs et des écrevisses allochtones sur cette espèce de mulette. En effet, l'observation des charniers de Rat musqué et de Ragondin n'implique pas de plan d'expérience et est visible in situ, alors que les autres prédateurs nécessitent des expérimentations en laboratoire vs des observations de terrain (ce qui n'est pas possible de faire compte tenu du caractère protégé de la Mulette épaisse, sans autorisations spéciales). La prédation du Rat musqué et du Ragondin a des effets délétères sur les populations de Mulette épaisse. Ils peuvent réduire de plus de 90 % les effectifs d'une population cible de Mulette en sélectionnant les classes de taille les plus grandes (adultes reproducteurs) (Cucherat, obs. pers.). Les individus de Mulette accessibles ou en mouvement sont consommés de manière privilégiée, en particulier les individus déplacés lors des pêches de sauvetage (Cucherat, obs. pers.). La prédation des écrevisses introduites est avérée en laboratoire sur des mulettes proches de la Mulette épaisse (Dobler & Geist 2022) et on ne peut écarter de la prédation en milieux naturels. Les effets des espèces de bivalves invasifs comme les Corbicules asiatiques *Corbicula* spp. commencent à être mieux compris. Les Corbicules modifient la nature du substrat par l'accumulation de coquilles mortes, qui ne convient pas aux mulettes (Szarmach *et al.* 2024), influencent négativement la croissance des mulettes (Haag *et al.* 2021) et ont une niche alimentaire qui recouvre celle des mulettes (Modesto *et al.* 2021).

> Monde :

Au niveau mondial, la Mulette épaisse est considérée comme une espèce en danger (EN A2ce) (Lopes-Lima *et al.* 2014).

> Europe

L'espèce est considérée comme vulnérable (VU A2ac+3ce), avec des populations en diminution (Cuttelod *et al.* 2011).

> France

L'évaluation de l'état de conservation des espèces de la Directive Habitat en France indiquait en 2018 un état de conservation défavorable à mauvais. Elle a été évaluée LC (préoccupation mineure ou non menacée) pour la France dans la liste rouge de 2021, avec une tendance à la diminution (UICN *et al.* 2021).

> Grand-Est

Elle était considérée déterminante ZNIEFF à l'échelle des anciennes régions Alsace (où elle était considérée comme CR également) et Lorraine. Elle a été catégorisée comme vulnérable (VU) sur la liste rouge régionale Grand Est (ODONAT Grand Est 2023).

5.2.2 Protection

> Europe

La Mulette épaisse est listée aux annexes II et IV de la Directive européenne « Faune-Flore-Habitats ».

> France

Par transposition de la directive européenne, l'espèce est protégée en France par l'arrêté interministériel du 23 avril 2007 fixant les listes des mollusques protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000645048/>

Ce régime de protection stricte concerne à la fois les individus et leurs habitats : l'article 2 de l'arrêté interdit notamment la destruction, la capture, le transport, la perturbation ou le commerce, ainsi que la destruction, la dégradation ou l'altération des habitats de la Mulette épaisse.

L'article 2 de l'arrêté dispose que :

I. - 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.

II. - 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. 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.

III. - 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.

Enfin, l'arrêté du 6 janvier 2020 dispose que la protection de Mulette épaisse ne peut être dérogée qu'après avis du Conseil national de la protection de la nature <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000041491367/>

5.2.3 Synthèse

Le Tableau 1 présente la synthèse des statuts de protection et de conservation de la Mulette épaisse.

Tableau 1 : Synthèse des statuts de protection et de conservation de la Mulette épaisse (EN en danger, Vu vulnérable, LC préoccupation mineure).

Nom français	Nom scientifique	Protection			Conservation			
		Directive Européenne « Habitats-Faune-Flore »	Arrêté du 23/04/2007	Arrêté du 06/01/2020	Monde	Europe	France	Grand-Est
Mulette épaisse	<i>Unio crassus</i>	Ann. II Ann. IV	Art. 2	oui	EN*	VU	LC Défavorable mauvais	VU

5.3 Connaissances préalables sur la Mulette épaisse dans l'Esch

L'espèce a bénéficié d'une étude de sa population en 2021 au sein du périmètre du site Natura 2000 FR4100240 « Vallée de l'Esch de Ansauville à Jezainville » (Cucherat & Prié 2021). L'étude menée a conclu que dans le périmètre du site Natura 2000 l'espèce est présente depuis l'aval du site Natura 2000 englobant le ruisseau d'Esch jusqu'à Gézoncourt environ, avec des densités diminuant depuis l'aval vers l'amont (Figure 8). Au-delà, la limite de la population n'est pas connue précisément et seules des coquilles anciennes ont été observées dans les tronçons à l'amont des derniers individus contactés.

Parmi les facteurs de dégradation observés et relevés, l'assèchement du cours d'eau et les sécheresses sont des facteurs rédhibitoires pour l'existence de la Mulette épaisse, étant probablement responsables de fortes mortalités observées en 2019 et en 2021. À cela se conjugue la prédation exercée par le Rat musqué. En dehors de ces facteurs, l'effet du moulin de Villevaux doit être évalué précisément et la progression de la Corbicule asiatique vers l'amont est à surveiller. En dehors de ces facteurs de menace, il est difficile de mettre en évidence un facteur de dégradation plus qu'un autre responsable de l'absence de l'espèce ou qui met en péril sa survie. Ils doivent agir en synergie. L'analyse éco-paysagère ne permet pas de tirer des conclusions sur des caractéristiques éco-paysagères particulières aux tronçons avec ou sans Mulette. Elle est présente ou absente dans des tronçons entourés de prairies pâturées. On note cependant que la surface de culture annuelle autour des tronçons où elle est absente est plus importante qu'autour des tronçons avec l'espèce, mais elle est absente également de tronçons forestiers. L'étude du mésohabitat apporte des résultats, en particulier sur les forces de cisaillement, contradictoire avec la littérature actuelle. Cette contradiction est liée au biais induit par les fortes mortalités observées dans les tronçons aval étudiés.

En intégrant et analysant l'ensemble des résultats obtenus sur cette étude, l'évaluation de l'état de conservation de l'espèce conclue à un état de conservation défavorable mauvais à l'échelle du site Natura 2000.

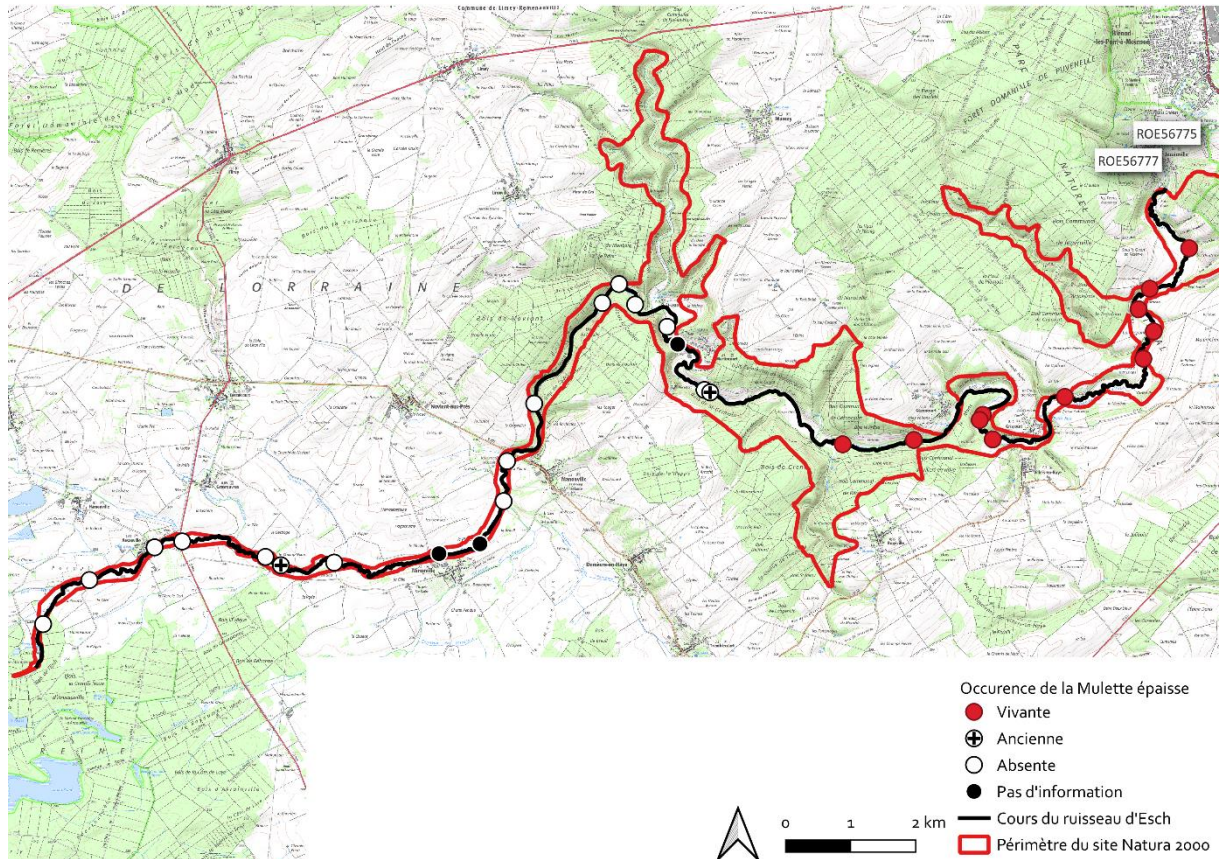


Figure 8. Périmètre Natura 2000 sur le ruisseau de l'Esch et localisation des occurrences de la Mulette épaisse d'après Cucherat & Prié (2021) par rapport aux deux ouvrages hydrauliques et les zones de l'Esch concernés par les travaux (Fond de carte : ©SCAN 25 © IGN).

6 Matériels et méthodes

6.1 Rappel des objectifs

Les objectifs des investigations de terrain étaient :

- **D'estimer le plus justement l'abondance de la population cible de Mulette épaisse résidant dans les secteurs concernés par les travaux afin de quantifier le nombre d'individus soumis aux impacts directs,**
- **De déterminer, dans la zone d'emprise, le nombre d'individus à déplacer,**
- **D'identifier les efforts nécessaires (humain et financier) à consentir pour atteindre l'objectif de déplacement,**
- **D'identifier la zone d'accueil favorable à l'amont de la zone d'impact où une population fonctionnelle est déjà présente.**

6.2 Estimation de l'abondance de la Mulette épaisse

6.2.1 Définition des aires d'étude

L'aire d'étude globale a été partitionnée en plusieurs sections de cours d'eau. Ces sections ont été délimitées en fonction des travaux qui y seront menés et en fonction des impacts envisagés dans celles-ci. Ces zones d'emprises de travaux sont (Figure 9Figure 10Figure 11) :

> **Section aval du seuil de Bertelle (avb)**

Cette section se situe à l'aval du seuil du Centre Bertelle. Sa longueur a été fixée à 35 m, en considérant que cette zone du cours d'eau était susceptible de connaître des impacts directs sur la Mulette épaisse (principalement mortalité). La largeur moyenne est de 7,5m et la profondeur n'excède pas 60 cm au débit du jour. Cette section est constituée d'un dalot au pied du seuil, avec des berges en partie artificialisées dans la continuité du dalot. Puis, une fois passé sous la passerelle qui enjambe le cours d'eau, elles sont végétalisées. Le lit du cours d'eau est constitué de sédiment sablo-caillouteux avec, en rive gauche, principalement des gros blocs de pierres.

> **Section amont du seuil de Bertelle profonde (ambp)**

Cette section se situe à l'amont direct du seuil du Centre Bertelle et s'étend sur 100m avec une profondeur d'environ 1,70 m au débit du jour. Cette section est susceptible de connaître des impacts directs sur la Mulette épaisse (principalement mortalité). Elle est occupée par les piliers du Centre Bertelle implantés dans le lit de la rivière, puisque le Centre recouvre la rivière. Ces piliers sont à l'origine d'un talweg créé lors des crues et/ou lorsque le seuil était ouvert. Par conséquent, le lit mouillé ne représente pas l'extension maximale de la surface colonisable par la Mulette sur cette section. La partie de la section considérée comme favorable à la Mulette correspond à la largeur du talweg. Des embâcles sont présents autour des piliers du centre. Les fonds présentent un colmatage important par l'accumulation de matière organique et de sédiments due à la présence de l'obstacle.

> **Section amont du seuil de Bertelle peu profonde (amb)**

Cette section se situe à l'amont de l'ambp et s'étend sur une longueur de 220 m, une largeur moyenne de 8,65m et une profondeur d'environ 60 cm au débit du jour. Cette section connaîtra des impacts directs sur la Mulette épaisse (mortalité principalement). Le lit du cours d'eau est constitué de sédiment sablo-caillouteux.

> **Section aval du seuil de Jezainville (avj)**

Cette section de 150 m de long et 8,25m en moyenne de large est située à l'aval du seuil de Jezainville. Elle s'étend vers l'aval, depuis le seuil jusqu'à la confluence entre l'Esch et l'exutoire du bras de décharge du

moulin de Jezainville. Elle connaîtra un assec total compte tenu des travaux envisagés. Le lit du cours d'eau est constitué de sédiment sablo-caillouteux. Hors fosse au pied du seuil, la zone présente une profondeur moyenne de 30 cm au débit du jour.

> **Section amont du seuil de Jezainville (amj)**

Cette section de 183 m et de 7,25m de large se situe à l'amont du seuil de Jezainville et correspond au remous liquide du seuil. Ce linéaire connaîtra un abaissement de sa lame d'eau et des aménagements le long des berges. Dans une première partie allant du seuil à 40 m en amont, le lit du cours d'eau constitué de matière organique déposée sur sédiment sablo-caillouteux ainsi que de quelques places de nénuphars. La profondeur moyenne de cette partie est de 60 cm. Dans la seconde partie en amont, le lit du cours d'eau est constitué de sédiment sablo-caillouteux sur une profondeur moyenne de 50 cm au débit du jour.

L'aire d'étude globale de recherche de la Mulette épaisse est de 688 m linéaire correspondant à 5800 m². On soulignera que la section de l'Esch compris entre l'amont de la section amb et l'aval de la section avj n'a pas fait l'objet de prospections car l'impact sera indirect (non concerné par les assecs et les reprofilages, pas d'intervention dans le lit du cours d'eau) et il ne sera pas concerné par un déplacement.

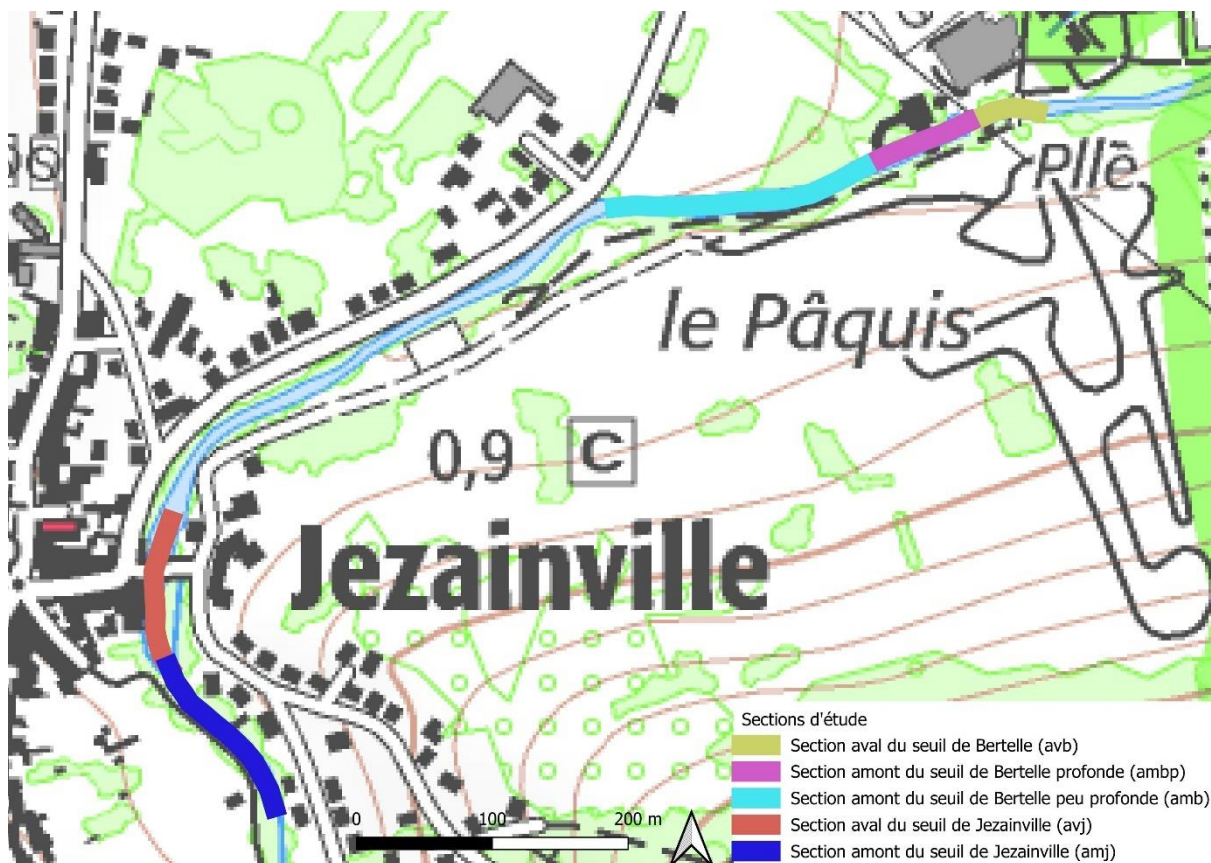


Figure 9 : Localisation des sections d'étude (Fond de carte :® SCAN 25©IGN).



Figure 10 : Photographies de la zone aval du seuil du Centre Bertelle (à gauche) et de la zone amont (à droite) (Sub&Eau, 2024)



Figure 11 : Photographies de l'aval du seuil du moulin de Jezainville (à gauche) et de sa zone amont (à droite) (Sub&Eau, 2024).

6.2.2 Stratégie d'échantillonnage

> Préambule

Compte tenu de la longueur des différentes sections de l'Esch concernées par les travaux, il est impossible de réaliser un comptage exhaustif de la totalité des individus de la Mulette épaisse. Cette opération est d'autant plus impossible qu'une fraction des individus de Mulette épaisse vit totalement enfouie dans le sédiment (Lamand & Beisel 2014). Leur détection n'est pas possible par simple contrôle visuel depuis la surface du sédiment. Par ailleurs, la réalisation d'un comptage exhaustif est limitée par le fait qu'il ne permet de mesurer l'effort consenti, ainsi que la marge d'erreur liée à la non-détection des spécimens.

La mise en œuvre d'un plan d'échantillonnage a été par conséquent indispensable. L'échantillonnage permet d'étudier une fraction de la population (au sens statistique) en considérant que cette fraction est représentative de cette population (au sens statistique), et permet de réaliser des estimations d'abondance et d'estimer la précision de celles-ci.

Ici, l'estimation du nombre d'individus correspondra au nombre d'individu dans chacune des sections de travaux précédemment définies. Cette estimation de l'abondance permettra de dimensionner les moyens humains nécessaires pour la réalisation du déplacement. Compte tenu de la longueur totale des différentes sections de l'Esch concernées par les travaux, il a été décidé de mettre en œuvre dans chacune

d'entre elles un échantillonnage systématique avec un seul point de départ (Thompson 2002; Strayer & Smith 2003).

> L'échantillonnage systématique

L'échantillonnage systématique consiste à tirer au hasard un i^{e} élément, situé entre le premier et p^{e} de la population puis à prélever systématiquement le $(i + p)^{\text{e}}$, $(i + 2p)^{\text{e}}$, $(i + 3p)^{\text{e}}$, ..., $(1+(n-1)p)^{\text{e}}$ élément de la population. Les rangs des n unités sont ainsi en progression arithmétique dont la base est un nombre aléatoire i et la raison un nombre p calculé de telle sorte que l'échantillon se répartisse uniformément sur toute la population.

Il était possible d'utiliser plusieurs points de départ aléatoire. Toutefois, pour des raisons de temps, nous avons fixé à un seul point de départ aléatoire. Ce point de départ correspond à l'emplacement d'un quadrat de 0.50 x 0.50 m et constitue un échantillon systématique.

La raison p , c'est-à-dire la distance entre chaque échantillon systématique est calculée comme suit :

$$p = [(L \cdot l) / (n/k)]^{0.5}$$

avec p la distance entre échantillon systématique, L la longueur du cours d'eau, l sa largeur, n le nombre total de quadrat (qui sera défini à partir d'un pré-échantillonnage) et k le nombre de départs aléatoires. Par exemple, en prenant $L = 10$, $l = 3$, $n = 10$, $k = 1$, donc $p = 3$ m. La distance entre chaque échantillon systématique est de 1.73, arrondie à 2 m (Figure 12). Cette distance a été variable en fonction de l'effort d'observation et la surface du cours d'eau.

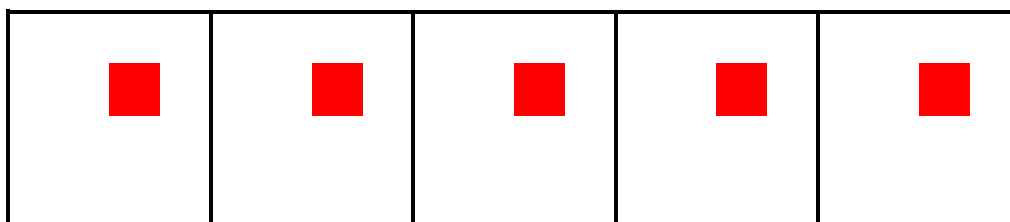


Figure 12 : Exemple de répartition des échantillons systématiques et des quadrats le long d'une section fictive de cours d'eau de 2 m de large et de 10 m de long (un carré mesure 50 x 50 cm).

> Techniques de collecte des observations

• Zones peu profondes (<1m)

Lorsqu'une fraction de bivalve est non visible depuis la surface du sédiment, la mise en œuvre d'excavations du sédiment est indispensable pour assurer l'estimation de l'abondance de l'espèce cible. Ici, compte tenu du fait qu'en moyenne plus de 90 % des individus de la Mulette épaisse peuvent être enfouis (Lamand & Beisel 2014), il a été décidé de systématiquement réaliser des excavations dans les zones ayant une profondeur inférieure à 1 mètre (84% des zones prospectées). Pour ce faire, le sédiment de chaque quadrat (Surber adapté aux excavations) a été excavé sur une profondeur de 8 cm (la longueur des dents des griffes utilisées) (Figure 13). Le sédiment excavé a ensuite été versé sur un tamis de maçon de 5 mm de vide de maille, puis trié. L'arrêt des recherches des spécimens dans le tamis a été décidé lorsque qu'au terme de trois recherches consécutives, plus aucun spécimen n'était observé dans le tamis. Tous les individus de Mulettes ont été identifiés et comptés. Le nombre d'individus récupérés a ensuite été noté par quadrat dans le sens de progression dans la rivière (de l'aval vers l'amont dans chacune des sections étudiées). Après cette opération, les individus ont été placés dans une bourriche tenue immergée pour la réalisation des mesures de longueur. Une fois la totalité de la superficie de la section étudiée échantillonnée, les individus ont été mesurés et remis à l'eau directement dans la section de l'Esch correspondante.



Figure 13 : Photographies des opérations en zone peu profonde (Sub&Eau, 2024)

• Zones profondes (>1m)

Dans la zone où la profondeur est supérieure à 1 mètre (16% des zones prospectées), les observations ont été menées en plongées hyperbares (Figure 14). Il s'agit de la zone nommée Section amont du seuil Bertelle profonde (ambp) (Figure 9). En effet, elle présentait des contraintes techniques en termes de mise en œuvre, compte tenu du faible débit (augmentation de la turbidité) et impliquait des remontées/immersions pour le tri en surface incompatible avec la sécurité des plongeurs. La collecte des spécimens dans les quadrats s'est donc opérée par recherches tactiles. L'estimation des parties profondes sera de facto biaisée par rapport aux autres zones, avec une sous-estimation de l'abondance.

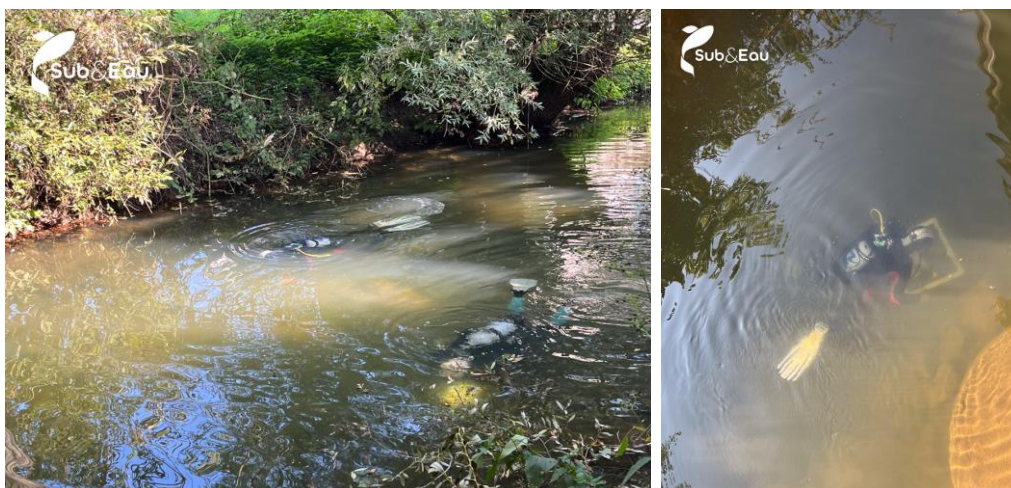


Figure 14 : Photographies des opérations en zone profonde (Sub&Eau, 2024)

> Matériels utilisés

- Un quadrat : cadre en métal de 0,5 x 0,5 m, soit d'une superficie de 0,25 m². L'un de ses cotés est muni d'une poche de filet à phytoplancton de maille 0,5mm pour récolter les individus.
- Une griffe de jardinier à 4 dents permettant de gratter jusqu'à 10 cm de profondeur
- Un tamis munis d'une maille de 5 mm afin de trier les prélèvements extraits du filet
- Un aquascope afin de prospecter finement la zone précédemment excavée pour repérer des individus n'ayant pas été capturés dans le filet
- Une lampe étanche afin d'éclairer la zone lors du passage à l'aquascope
- Un pied à coulisse pour mesurer les individus échantillonnés avant leur remise à l'eau
- Un appareil photo
- Un équipement de plongée pour les zones prospectables en milieu hyperbare uniquement
- Carnets et plaques étanches pour la prise de notes

> Intervenants

Le Tableau 2 détaille l'identité et la qualité des intervenants mobilisés dans le cadre du présent dossier. **Un arrêté préfectoral** datant du 1^{er} août 2024 a été délivré sur la période d'intervention (joint en annexe) afin de **permettre la manipulation de la Mulette épaisse** lors de ces relevés.

Tableau 2 : Identité, qualité et nature des interventions des personnes ayant réalisées les recherches

Intervenant	Qualité	Intervention
Xavier Cucherat	Malacologue (Arion.idé SARL) titulaire du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie (CAH) IB	Aquascope/ Plongée hyperbare
Delphine Goffaux	Hydrobiologiste (Sub&Eau SAS) titulaire du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie (CAH) IIB	Aquascope/Plongée hyperbare
Anne-Cécile Monnier	Hydrobiologiste (Sub&Eau SAS) titulaire du Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie (CAH) OB	Aquascope/ Surveillant hyperbare

> Analyse des données

Les estimations des abondances (nombre d'individu par quadrat) dans chacune des sections de l'Esch étudiée, ont été effectuées selon les formules classiques d'estimation pour les techniques de sondage proposées (Thompson 2002; Strayer & Smith 2003). L'estimation de l'intervalle de confiance à 95% de ce nombre moyen d'individus par quadrat pour chaque placette a été calculé à l'aide d'un bootstrap avec 1 000 répliquions et avec la méthode BCa (DiCiccio & Efron 1996). Le logiciel R (R Core Team 2018) a été utilisé pour la réalisation des calculs.

> Dates et conditions d'intervention

Les prospections ont été réalisées au cours de deux campagnes les 18,19,20 **septembre** et les 2,3,4 **octobre 2024**. Les interventions ont eu lieu à un **débit de 0,3 L.s⁻¹** (correspondant au débit d'étiage) avec des bonnes conditions de visibilité (eau claire, visibilité supérieure à 20 cm) permettant de garantir l'efficacité des observations.

6.3 Caractérisation des zones d'accueil

Les recherches des potentielles zones d'accueil ont été menées à la même période que les prospections sur les zones d'impact, afin de bénéficier des débits et conditions de visibilité similaires. L'aire de recherche des zones d'accueil est située en amont de la zone impactée par les travaux (c'est-à-dire à l'amont du remous du seuil du moulin de Jezainville).

Des recherches ont été menées sur des tronçons de 25 m linéaires espacés de 50 m, en suivant le même protocole mis en œuvre pour estimer l'abondance de la Mulette épaisse sur chacune des zones de travaux (réalisation d'un échantillonnage systématique avec excavation de substrat systématique). Au-delà du caractère avéré sur la présence d'une population (ici, la population est entendue la population cible comprise dans le tronçon de 25 m de cours d'eau), la fonctionnalité de ladite population a été étudiée pour apprécier le potentiel de reproduction du site et donc d'habitabilité. Pour cela, les classes de taille des individus observés ont été déterminées après mesure de la plus grande longueur de tous les individus collectés. Les critères de sélection retenus ici sont **la présence d'une population avérée et fonctionnelle sur au moins deux zones de 25 m espacées au minimum de 50 m permettraient de valider les secteurs d'accueil**. Si les zones situées entre les tronçons favorables présentent les mêmes caractéristiques (écoulement, profondeur, substrat) que les sites choisis, ce linéaire peut être ajouté à l'aire d'accueil.

7 Résultats

7.1 Occurrence de l'espèce et des poissons hôtes

La Mulette épaisse a été observée dans toutes les zones d'étude, aussi bien dans celles parcourables à pied que dans celle uniquement accessible en plongée. Qualitativement, les poissons-hôtes suivants ont été observés lors de nos prospections sur l'aire d'étude et la zone d'accueil :

- Chabot commun *Cottus gobio*
- Chevesne *Squalius cephalus*
- Vairon commun *Phoxinus phoxinus*

7.2 Estimation des abondances

Les estimations des abondances pour chacune des sections de l'Esch étudiées sont présentées dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Estimation de l'abondance de la Mulette épaisse dans chacune des sections étudiées de l'Esch en 2024 (N : nombre de quadrat ; IC : Intervalle de confiance).

	Superficie prospectée (m ²)	N	N possibles	moyenne ind/quadrat	Écart-type	IC inf	IC sup	Estimation nb ind	IC inf est	IC sup est
Amont Jezainville	1323	121	5292	0,32	0,81	0,19	0,48	1693	1005	2540
Aval Jezainville	1236	73	4944	0,51	0,98	0,31	0,76	2521	1532	3757
Amont Bertelle (à pieds)	1902	101	7608	0,4	0,84	0,25	0,58	3043	1902	4412
Amont Bertelle (en plongée)	650	64	2600	0,08	0,26	0,03	0,17	208	78	442
Aval Bertelle	220	33	880	0,17	0,48	0,04	0,57	149	35	501

7.3 Estimation du nombre d'individus à déplacer

En tenant compte du seuil de 85% minimum d'individus à déplacer, le Tableau 4 présente les valeurs estimées du nombre d'individu à déplacer.

Tableau 4 : Estimation de l'abondance de la Mulette épaisse dans chacune des sections étudiées de l'Esch en 2024 et du nombre minimum à déplacer.

	Estimation nb ind./secteur	Intervalle de confiance [95%]	Nombre d'individus à déplacer estimé à 85% de l'abondance initiale estimée
Amont Jezainville	1693	[1005 - 2540]	1439
Aval Jezainville	2521	[1533 - 3757]	2142
Amont Bertelle (à pied)	3043	[1902 - 4412]	2586
Amont Bertelle (en plongée)	208	[78 - 442]	176
Aval Bertelle	150	[35 - 501]	127
TOTAL			6470

7.4 Caractérisation de la fonctionnalité des populations cibles de la Mulette épaisse

La qualification de la viabilité des populations de la Mulette épaisse revient à chercher si ces populations sont fonctionnelles ou pas, autrement dit si elles se reproduisent et si cette reproduction est efficace : les juvéniles se maintiennent et se reproduisent, arrivés à maturité.

C'est sur base de la taille des individus, qu'il est possible d'identifier la présence de juvéniles et d'adultes dans les échantillons.

Ci-dessous (Tableau 5) la distribution des classes de taille des individus de chaque secteur échantillonné.

Tableau 5 : Effectifs total et par classe de tailles des mulettes prélevées dans chaque zone d'emprise de l'aire d'étude avec Amj: Amont seuil Jezainville; AvJ: Aval seuil Jezainville; AmB: Amont seuil Bertelle peu profond; AmBp: Amont seuil Bertelle profonde; Aval seuil Bertelle

Classe taille / Secteur	AmJ	AvJ	AmB	AmBp	AvB
<5					
5-9	1	5			
10-14	2	1	1		
15-19	2	5	1		
20-24	4	8	2		1
25-29	6	7	1		
30-34	10	10	12	1	2
35-39	12	3	15	2	1
40-45	3	1	8	2	
>45					
Total	40	40	40	5	4

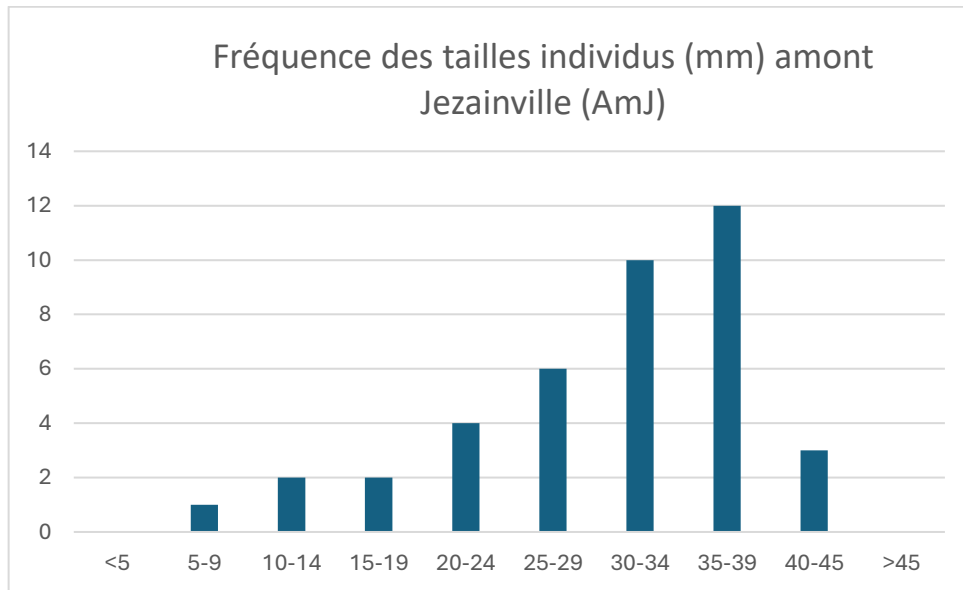


Figure 15 : Distribution en classe de taille (mm) des individus récupérés dans la zone à l'amont du seuil de Jezainville.

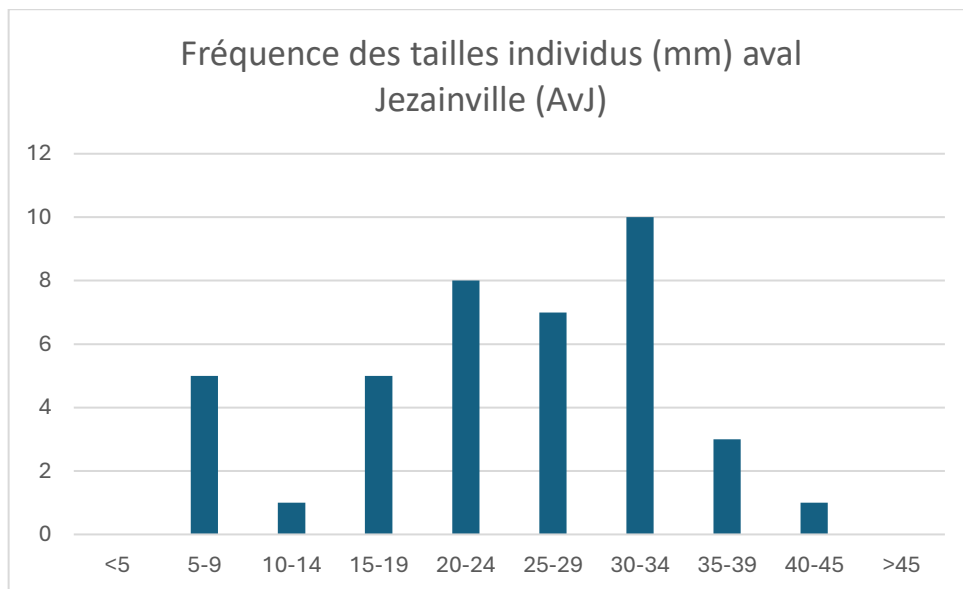


Figure 16 : Distribution en classe de taille (mm) des individus récupérés dans la zone à l'aval du seuil de Jezainville.

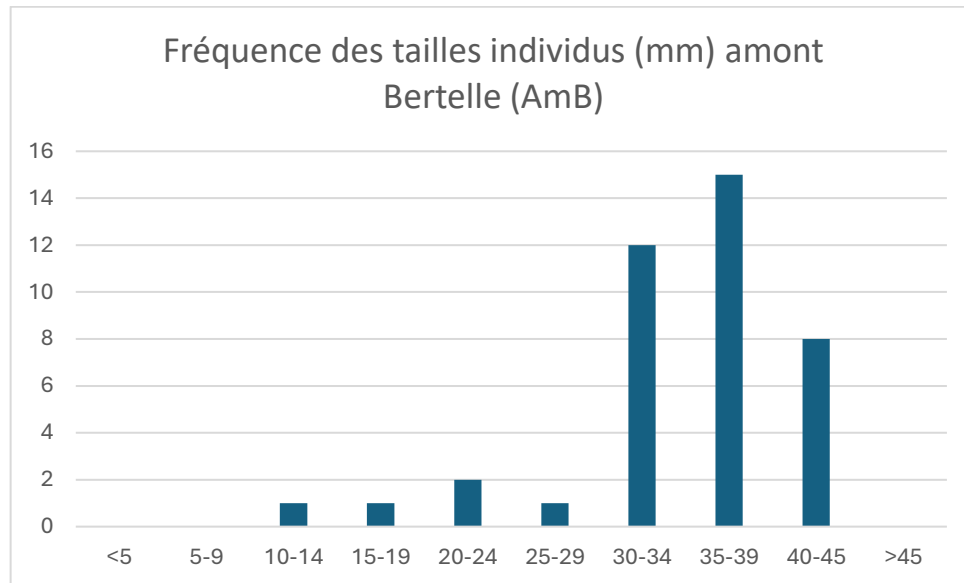


Figure 17 : Distribution en classe de taille (mm) des individus récupérés dans la zone à l'amont du seuil de Bertelle (zone peu profonde prospectée à pieds + aquascope).

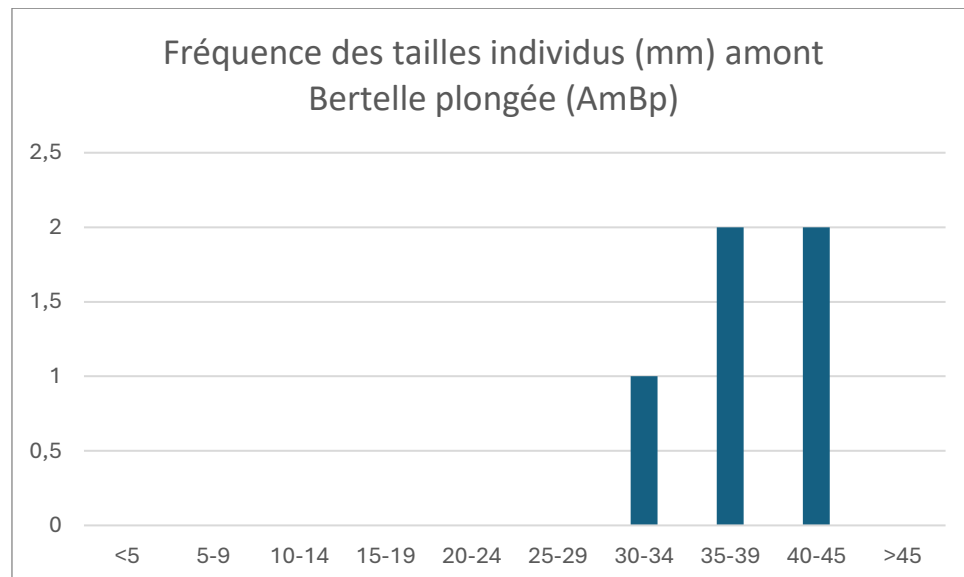


Figure 18 : Distribution en classe de taille (mm) des individus récupérés dans la zone à l'amont du seuil de Bertelle (zone profonde prospectée en plongée).

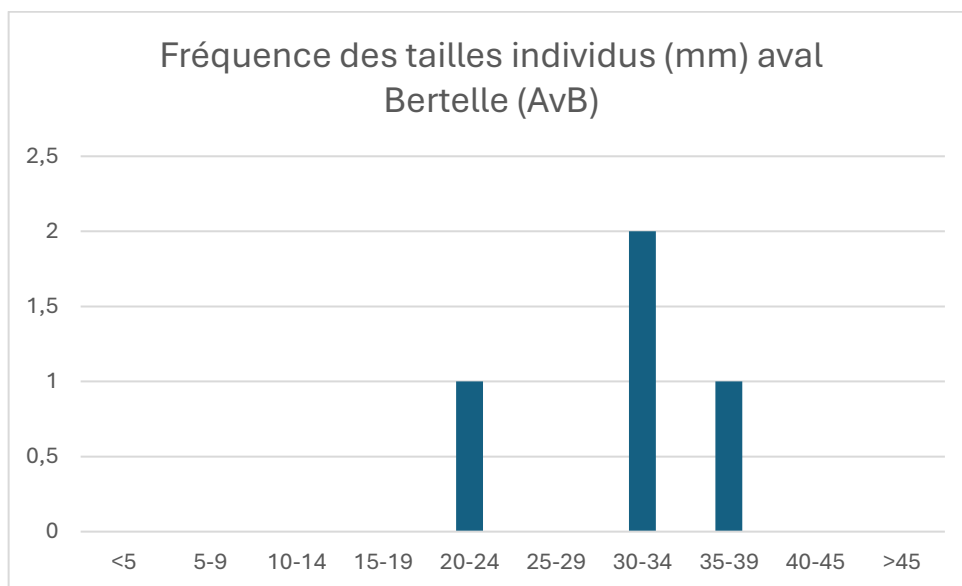


Figure 19 : Distribution en classe de taille (mm) des individus récupérés dans la zone à l'aval du seuil de Bertelle

Sur base de la distribution des classes de tailles identifiée au GD du Luxembourg (**Dunca, 2014**), la classe de taille à la maturité de l'espèce entre 2 et 4 ans, varie entre 20mm et 34mm. Si l'on considère la limite supérieure de la classe de taille à l'âge de 4 ans, nous considérons que les individus ≤ 34 mm sont des juvéniles et ceux > 34 mm sont des adultes.

Sur base de cette taille-pivot, la proportion des juvéniles dans les secteurs échantillonnés dans la zone d'emprise de l'Esch se présente comme (Tableau 6):

Tableau 6 : proportion de juvéniles (taille totale ≤ 34 mm) et adultes (taille totale > 34 mm) dans chacune des sections étudiées

	AmJ	AvJ	AmB	AmBp	AvB
≤ 34 mm	0,625	0,9	0,425	0,2	0,75
> 34 mm	0,375	0,1	0,575	0,8	0,25

Des juvéniles sont présents dans chaque secteur. La plus faible proportion dans le secteur à l'amont du seuil de Bertelle s'explique par la méthode d'échantillonnage (absence d'excavation et la faible visibilité lors des plongées). Ainsi, en dehors du cas particulier du secteur AmBp, les populations cibles de chaque secteur, semble bien viables et fonctionnelles, puisqu'en comparaison avec les travaux de **Stöckl et al. (2015)**, la proportion de juvéniles est supérieur à 31%, seuil qu'ils jugent comme un critère qui caractérise la fonctionnalité d'une population.

La densité des poissons hôtes par unités de surface dans l'air d'étude est un second critère qui permet de valider cette fiabilité. Elle pourra être établie lors de la réalisation des pêches de sauvetages planifiées en amont des travaux.

7.5 Caractérisation des zones d'accueil

Deux zones d'accueil ont été présélectionnées, situées toutes les deux en amont de la zone de remous amont du seuil de Jezainville, elles présentent un linéaire de 25 m chacune, séparées par une distance de 50m linéaire, soit 100m entre l'amont et l'aval des zones d'accueil.

Pour chacune de ces 2 zones d'accueil, l'estimation de l'abondance et de la fonctionnalité ont été évaluées.

7.5.1 Résultats site accueil pressenti n°1

Dans la première zone d'accueil la plus à l'amont (Figure 20), d'une superficie de 150 m², 30 quadrats ont été excavés et ont permis de récolter 37 individus.



Figure 20 : Photographie du site d'accueil 1 (Sub&Eau, 2024).

L'effectif (tableau 7) et la distribution des classes de tailles (Figure 21) de ces individus se présentent comme suit :

Tableau 7 : Effectif de mulette épaisse par classe de taille dans la zone d'accueil 1.

Classe taille / Secteur	ZA#1
<5	
5-9	
10-14	
15-19	1
20-24	5
25-29	13
30-34	10
35-39	8
40-45	
>45	
Total	37

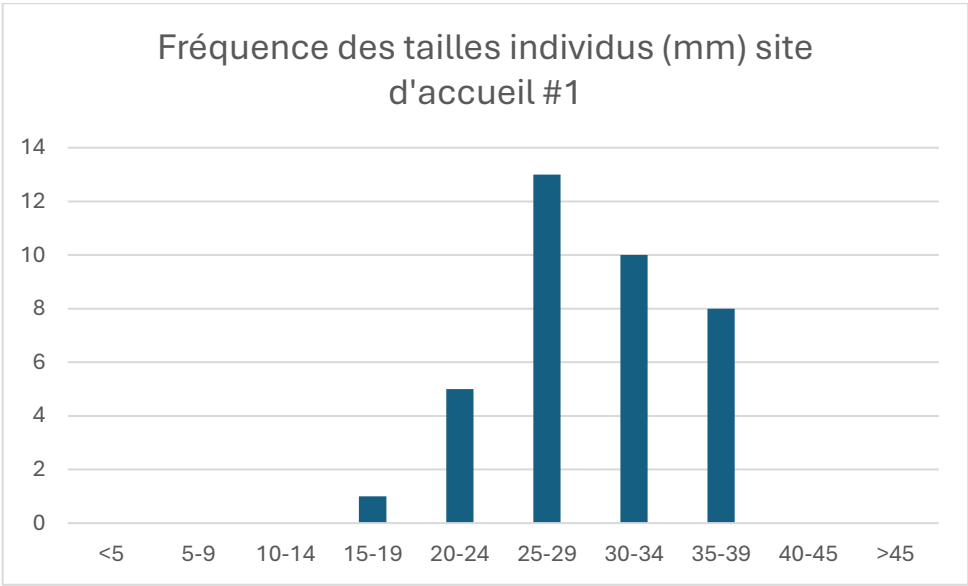


Figure 21 : Distribution en classe de taille (mm) des individus récupérés dans la zone accueil 1 (ZA#1)

Comme pour l'évaluation de la fonctionnalité des populations des secteurs d'emprises, la taille-pivot de 34mm a été utilisée pour identifier la proportion des juvéniles dans la zone d'accueil1 qui se présente comme (Tableau 8) :

Tableau 8 : Proportion de juvéniles (taille totale $\leq 34\text{mm}$) et adultes (taille totale $> 34\text{mm}$) dans la ZA#1.

	ZA #1
$\leq 34\text{ mm}$	0,78
$> 34\text{ mm}$	0,22

L'estimation de l'abondance pour la zone d'accueil 1 est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9 : Estimation de l'abondance de la Mulette épaisse dans la zone d'accueil 1 de l'Esch en 2024 (N : nombre de quadrat, N-1 : nombre de quadrat – 1, utilisé pour calculer la méthode de petits échantillons ; ZA#1 : zone accueil 1).

	Superficie prospectée (m²)	N	N possible	Nb ind récoltés	moyenne ind/quadrat	Moyenne ind / m²	estimation nb ind./secteur
ZA #1	150	30	600	37	1,276	5,10	766

7.5.2 Résultats site accueil pressenti n°2

Sur la seconde zone d'accueil, la plus à l'aval d'une superficie de 115 m², 30 quadrats ont été excavés et ont permis de récolter 28 individus.



Figure 22 : photographies du site d'accueil 2 et d'une partie des individus échantillonnés (Sub&Eau,2024).

La distribution des classes de tailles de ces individus se présente comme suit (Tableau 10 et Figure 23) :

Tableau 10 : Effectif de Mulette épaisse par classe de taille dans la zone d'accueil #2

Classe taille / Secteur	Zone accueil #2
<5	
5-9	
10-14	3
15-19	3
20-24	7
25-29	4
30-34	6
35-39	4
40-45	1
>45	
Total	28

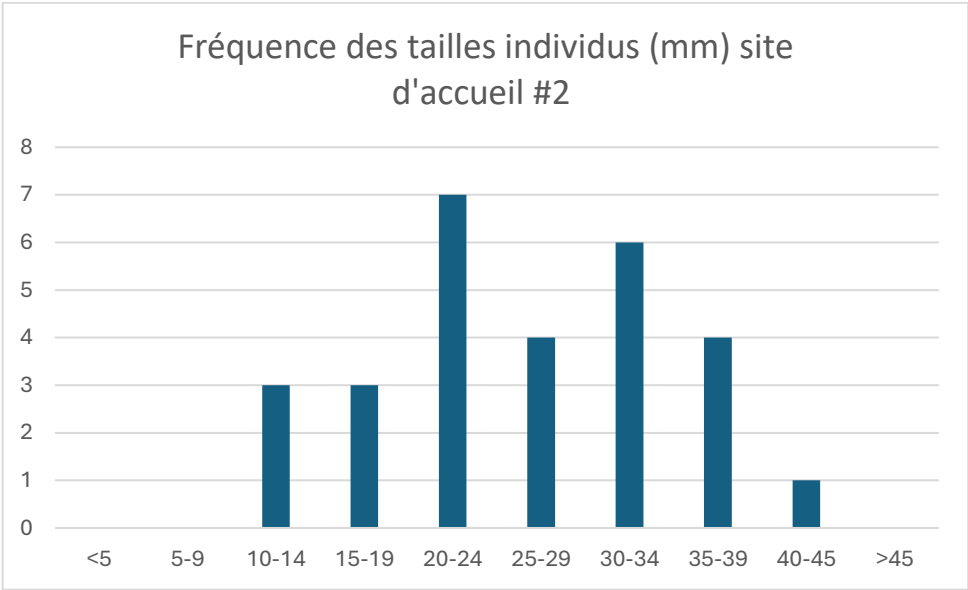


Figure 23 : Fréquence de taille des individus échantillonnés sur le site d'accueil 2

Ici encore, la taille-pivot de 34mm a été utilisée pour identifier la proportion des juvéniles dans la zone d'accueil2 qui se présente comme (Tableau 11) :

Tableau 11 : Proportion de juvéniles (taille totale ≤ 34mm) et adultes (taille totale > 34mm) dans la ZA#2

	ZA #2
≤ 34 mm	0,82
> 34 mm	0,18

L'estimation de l'abondance pour la zone d'accueil 2 est présentée dans le tableau ci-dessous (Tableau 12) :

Tableau 12 : Estimation de l'abondance de la Mulette épaisse dans la zone d'accueil 2 de l'Esch en 2024 (N : nombre de quadrat, N-1 : nombre de quadrat – 1, utilisé pour calculer la méthode de petits échantillons ; ZA#2 : zone accueil 2).

	superficie prospectée (m2)	N	N possible	Nb ind récoltés	moyenne ind/quadrat (avec N-1)	Moyenne ind / m2	estimation nb ind./secteur
ZA #2	115	30	460	28	0,966	3,86	444

7.5.3 Capacité de réception des zones d'accueil 1 et 2

Les deux zones d'accueil présélectionnées, situées toutes les deux en amont de la zone de remous amont du seuil de Jezainville, représentent à elles deux un linéaire de 50 m et une superficie totale de 265 m². Elles sont séparées l'une de l'autre par un linéaire de 50 m, ce qui représente un linéaire total de 100 m entre l'amont et l'aval des deux zones d'accueil. Ce linéaire non prospecté séparant les deux zones d'accueil, comporte des caractéristiques similaires (écoulements, substrat) qui pourrait lui permettre d'être également utilisé comme zone d'accueil. Bordées par un pré en rive gauche et en partie un pré et la route en rive droite. Lors des interventions sur ces zones, aucun accès aux bovins n'a été repéré directement dans ce linéaire et aucun piétinement n'a été observé. Néanmoins, il sera impératif de s'assurer qu'aucun accès est laissé libre depuis les berges, le cas échéant.

Avec leurs 78% et 82% d'individus de maximum 34mm, les populations des deux zones d'accueil peuvent être considérées comme viables et fonctionnelles, puisqu'elles dépassent ici le seuil de 31% établis par Stöckl et al. (2015).

En termes de capacité d'accueil, ajouter les 6500 individus déplacés dans la superficie totale de 265 m² pour les deux zones, reviendra à ajouter 25 individus / m². Soit au total, en prenant en compte les résidents des zones 1 et 2 déjà en place (5 et 4 individus au m²), la densité des deux zones d'accueil atteindra 30 ind./m². Ceci semble être nettement en dessous des densités maximales de 66 ind./m² trouvées dans l'Esch par Lamand & Beisel (2014). En définitive, la capacité d'accueil des deux zones est suffisante pour accueillir les 6500 individus à déplacer.

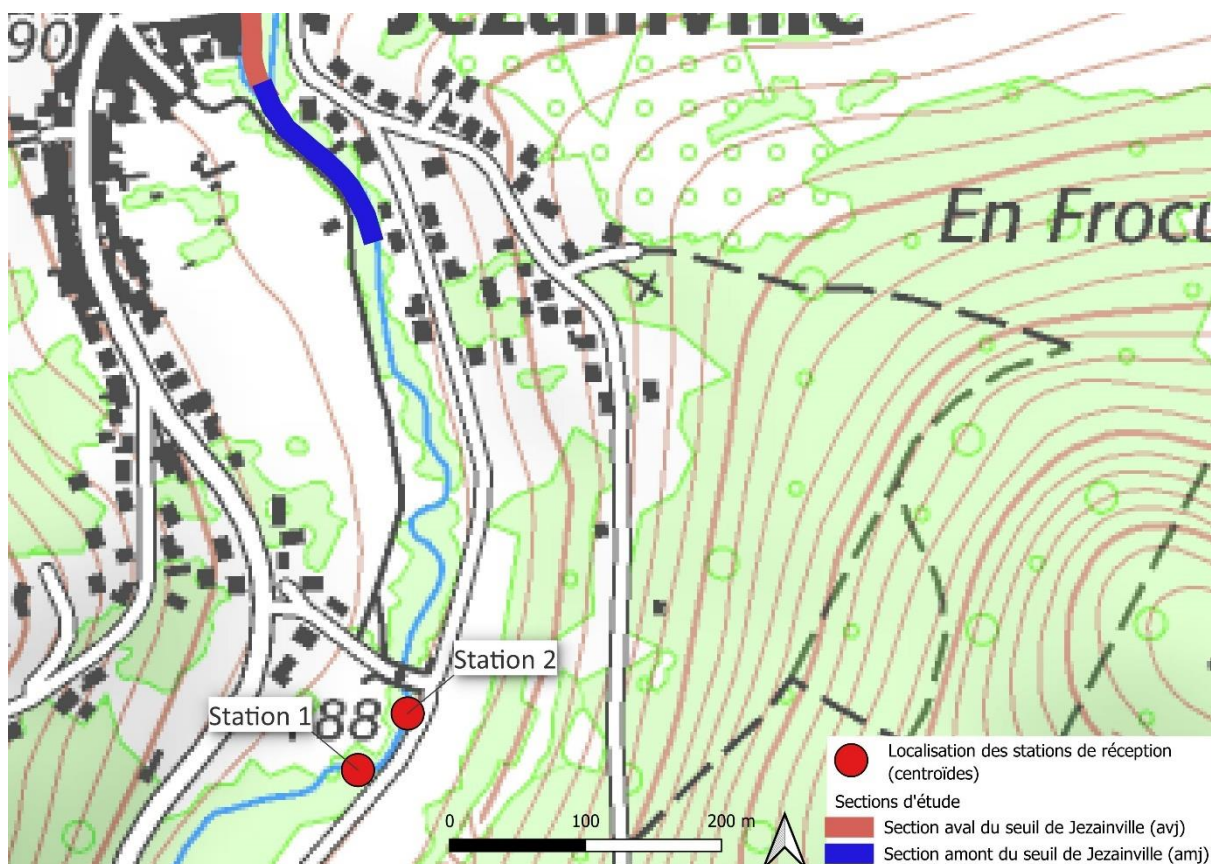


Figure 24 : Localisation des stations d'accueil étudiées (Fond de carte : © SCAN 25©IGN).

De nombreuses coquilles vides ont été observées lors de l'état des lieux de deux zones d'accueil, suggérant un épisode de mortalité. Malgré la présence d'individus morts dans le lit du cours d'eau, nous n'avons pas relevé de traces de prédation sur ce secteur (charnier, coquilles vides sur la berge, traces ou présence de mammifères type ragondin ou rat musqué). Cela ne signifie pas pour autant qu'il n'y ait pas de prédation. **Par mesures de précaution, des mesures devront être mises en place pour tenir compte de cette menace en amont et après le déplacement.**

Par ailleurs, concernant la présence de corbicules observées sur ces zones, Cucherat & Prié (2021) indiquaient que : « *La nature des interactions entre la Corbicule asiatique et les Mulettes d'une manière générale n'est pas encore bien connue (Ferreira-Rodríguez et al. 2018). Néanmoins, il a été observé que les cours d'eau où la Mulette épaisse se reproduit abondamment sont ceux où l'espèce est absente (V. Prié, obs. pers.)* ». Les auteurs soulignaient dans leur étude que : « *Parmi les deux tronçons étudiés à l'aval du site (la Corbicule y est présente) des petites classes de tailles sont manquantes, tandis qu'elles sont présentes dans le tronçon étudié le plus à l'amont (alors que la Corbicule y est absente).* » Les auteurs remarquent qu'il n'existe pas de lutte contre ce bivalve envahissant et suggèrent de bien surveiller la progression de l'espèce et s'assurer que le recrutement de la Mulette épaisse se fasse toujours. Le résultat observé dans les deux zones d'accueil est contradictoire avec les observations de Cucherat & Prié (2021), puisque plus de 20 % de jeunes mulettes ont été détectés dans ces deux sections alors que la Corbicule asiatique y est bien représentée. Une attention particulière devra être portée néanmoins sur l'évolution de la fonctionnalité des populations de Mulette épaisse de l'Esch néanmoins.

8 Évaluation des impacts et mesures ERC

8.1 Contexte

✓ Une période de travaux adaptée

D'après les préconisations prévues dans le projet de travaux (AdT, 2021) :

- la période sélectionnée correspond aux mois de juillet à octobre, en période d'étiage, de manière à limiter le lessivage des terrains qui peuvent être compactés par le passage des engins ;
- la période des travaux est en dehors de la période de frai des espèces de poissons ciblées ;
- la période des travaux permet d'éviter la période de reproduction de la Mulette épaisse qui a lieu de mai à juillet. Il est préconisé de réaliser les travaux en fin de saison estivale de manière à éviter au maximum la perturbation des Mulettes pendant leur période de reproduction.

La période de travaux sera donc définie entre septembre et octobre.

8.1.1 Les effets positifs ou impacts positifs du projet sur la Mulette épaisse

L'arasement des ouvrages et la restructuration du site représentent, du fait de la nature des modifications, une mesure forte et concrète pour le maintien et le fonctionnement de la population de la Mulette épaisse de l'Esch. En effet, le résultat à moyen/long terme des aménagements envisagés répond aux diverses préconisations pour la conservation de l'espèce (Cucherat *et al.*, 2021).

La suppression de l'ouvrage du Moulin de Jezainville et du Centre Bertelle donnera un libre accès à la faune aquatique à près de 8 km de cours d'eau et supprimera respectivement 400 m et 500 m de remous hydrauliques.

Cette suppression permettra de décroiser les noyaux de Mulette épaisse situés de part et d'autre des ouvrages hydrauliques, en laissant la possibilité aux poissons hôtes de se déplacer dans l'Esch en période de reproduction du bivalve. On peut s'attendre à un brassage génétique plus efficace.

Sur la zone concernée par les travaux, la végétalisation des berges et le maintien d'une ripisylve fonctionnelle sera un atout dans la création d'habitats pour la faune piscicole hôte et favorisera la qualité du milieu par le tamponnement de la température de l'eau.

Enfin, la création d'un lit mineur d'étiage pour palier la largeur de l'Esch sur le site du moulin de Jezainville permettra de **faire face aux impacts des assecs**, mais également de **favoriser la diversité des écoulements et des habitats aquatiques**. De nouvelles surfaces d'habitats seront disponibles pour la Mulette épaisse. Cette même diversification des habitats et des vitesses d'écoulement est également favorable à l'accroissement des populations de poissons hôtes (AdT, 2021 ; Cucherat *et al.*, 2021).

Sur les zones soumises aux travaux (zones de reprofilage, assecs, suppression des seuils) des pêches de sauvetage des espèces piscicoles auront lieu. Ces pêches permettront d'extraire l'ensemble des poissons présents et de les relâcher en amont de la zone de travaux. Ainsi les poissons-hôtes de la Mulette épaisse bénéficieront de cette mesure de sauvegarde.

Cette amélioration globale du milieu sera donc bénéfique pour la Mulette épaisse, mais également à ses poissons hôtes. Ce projet permettra de limiter les pressions anthropiques sur tous les compartiments du cycle biologique de la Mulette épaisse.

8.1.2 Les effets négatifs ou impacts négatifs du projet sur la Mulette épaisse

Les travaux ne permettent pas d'éviter l'impact sur l'aire d'étude. Comme spécifié dans les prescriptions de l'article 7 de l'arrêté préfectoral n°DDT-ERC 2021-070 portant Déclaration d'Intérêt Général du programme de travaux de restauration de l'Esch et de ses affluents (voir annexe), l'objectif sera donc de **réduire les incidences** le milieu naturel et la faune aquatique par **des mesures de réduction des impacts**. Des **mesures de compensation** seront également proposées selon les impacts résiduels.

- **Impacts directs :**

Les impacts directs de ce chantier sont la destruction des habitats et des individus suite aux interventions dans le lit mineur (effacement de seuils, reprofilage, terrassements, mise en assec de tronçon).

A noter que le déplacement des individus augmentera la densité sur une zone (d'accueil) et donc la prédation potentielle.

- **Impacts indirects :**

Les impacts indirects sont les suivants :

- Dégradation de l'habitat par augmentation de la turbidité
- Diminution de l'oxygénation et colmatage des fonds
- Modification des paramètres physiques pré-existants (après chantier) ex : modification des écoulements, de la hauteur d'eau, ...

- **Impact brut :**

L'impact brut est ici le résultat des impacts directs et/ou indirects face à l'abondance et la fonctionnalité de la population de mulettes en place sur une zone donnée (sections étudiées). (Voir tableaux impacts en 8.1.3)

Sa valeur va varier en fonction des **mesures de réduction** qui seront adoptées, proposées en partie 8.2.

- **Impacts résiduels :**

Les impacts résiduels sont ceux qui, quel que soit le compartiment du cycle biologique considéré, vont contribuer à détériorer l'état actuel de conservation de la population cible, **après la mise en place des mesures de réduction**.

L'ensemble des mesures envisagées ont pour but d'obtenir un projet sans impacts résiduels. Les objectifs sont donc ici de réduire les effets altérants ou dégradants du projet sur la fonctionnalité des populations.

Si, à l'issue des filtres des mesures de réduction, il existe des impacts résiduels, alors il y a enclenchement de **mesures compensatoires** proportionnées, qui sont proposées en partie 8.3.

8.1.3 Analyse des effets négatifs par sections étudiées

Tableau 13 : Analyse des effets négatifs des travaux sur la section aval du seuil de Bertelle

Section aval du seuil de Bertelle			
Type de travaux	Nature d'impact	Type d'impact	Impact à prévoir sur la section
Phase chantier : Effacement de seuils/reprofilage/ terrassement du lit de la rivière	Destruction des habitats	Impact direct	OUI
	Destruction des individus		OUI
	Dégradation de l'habitat par augmentation de la turbidité	Impact indirect	OUI
	Diminution de l'oxygénation et colmatage des fonds		OUI
Après chantier	Modification des paramètres physiques pré-existants		OUI
+			
Caractérisation de la population de Mulette épaisse		Abondance (ind moy/m2)	0,68
		Fonctionnalité	NON
=			
Impact brut			MOYEN
Mesures de réduction			
R1 Organisation et suivis de chantier			X
R2 Pêches de sauvegarde des individus et suivis pendant travaux			X
R3 Lutte contre les EEE prédatrices sur et à proximité de la zone d'accueil			X
R4 Abattement de la MES et évitement des éventuelles pollutions			X
Impact après mesures de réduction			NEGLIGEABLE

Tableau 14 : Analyse des effets négatifs des travaux sur la section amont du seuil de Bertelle profonde

Section amont du seuil de Bertelle profonde			
Type de travaux	Nature d'impact	Type d'impact	Impact à prévoir sur la section
Phase chantier : reprofilage/ terrassement du lit de la rivière	Destruction des habitats	Impact direct	OUI
	Destruction des individus		OUI
	Dégradation de l'habitat par augmentation de la turbidité	Impact indirect	OUI
	Diminution de l'oxygénation et colmatage des fonds		OUI
Après chantier	Modification des paramètres physiques pré-existants		OUI
+			
Caractérisation de la population de Mulette épaisse		Abondance (ind moy/m2)	0,32
		Fonctionnalité	NON
=			
Impact brut			MOYEN
Mesures de réduction			
R1 Organisation et suivis de chantier			X
R2 Pêches de sauvegarde des individus et suivis pendant travaux			X
R3 Lutte contre les EEE prédatrices sur et à proximité de la zone d'accueil			X
R4 Abattement de la MES et évitement des éventuelles pollutions			X
Impact après mesures de réduction			NEGLIGEABLE

Tableau 15 : Analyse des effets négatifs des travaux sur la section amont du seuil de Bertelle peu profonde

Section amont du seuil de Bertelle peu profonde			
Type de travaux	Nature d'impact	Type d'impact	Impact à prévoir sur la section
Phase chantier : reprofilage/ terrassement du lit de la rivière	Destruction des habitats	Impact direct	OUI
	Destruction des individus		OUI
	Dégradation de l'habitat par augmentation de la turbidité	Impact indirect	OUI
	Diminution de l'oxygénation et colmatage des fonds		OUI
Après chantier	Modification des paramètres physiques pré-existants		OUI
+			
Caractérisation de la population de Mulette épaisse		Abondance (ind moy/m2)	1,6
		Fonctionnalité	OUI
=			
Impact brut			FORT
Mesures de réduction			
R1 Organisation et suivis de chantier			X
R2 Pêches de sauvegarde des individus et suivis pendant travaux			X
R3 Lutte contre les EEE prédatrices sur et à proximité de la zone d'accueil			X
R4 Abattement de la MES et évitement des éventuelles pollutions			X
Impact après mesures de réduction			NEGLIGEABLE

Tableau 16 Analyse des effets négatifs des travaux sur la section aval du seuil de Jezainville

Section aval du seuil de Jezainville			
Type de travaux	Nature d'impact	Type d'impact	Impact à prévoir sur la section
Phase chantier : effacement de seuil/mise en assec/reprofilage/ terrassement du lit de la rivière	Destruction des habitats	Impact direct	OUI
	Destruction des individus		OUI
	Dégradation de l'habitat par augmentation de la turbidité	Impact indirect	OUI
	Diminution de l'oxygénation et colmatage des fonds		OUI
Après chantier	Modification des paramètres physiques pré-existants		OUI
+			
Caractérisation de la population de Mulette épaisse		Abondance (ind moy/m2)	2,04
		Fonctionnalité	OUI
=			
Impact brut			FORT
Mesures de réduction			
R1 Organisation et suivis de chantier			X
R2 Pêches de sauvegarde des individus et suivis pendant travaux			X
R3 Lutte contre les EEE prédatrices sur et à proximité de la zone d'accueil			X
R4 Abattement de la MES et évitement des éventuelles pollutions			X
Impact après mesures de réduction			NOTABLE

Tableau 17 : Analyse des effets négatifs des travaux sur la section amont du seuil de Jezainville

Section amont du seuil de Jezainville			
Type de travaux	Nature d'impact	Type d'impact	Impact à prévoir sur la section
Phase chantier : reprofilage/ terrassement du lit de la rivière	Destruction des habitats	Impact direct	OUI
	Destruction des individus		OUI
	Dégradation de l'habitat par augmentation de la turbidité	Impact indirect	OUI
	Diminution de l'oxygénation et colmatage des fonds		OUI
Après chantier	Modification des paramètres physiques pré-existants		OUI
+			
Caractérisation de la population de Mulette épaisse		Abondance (ind moy/m2)	1,28
		Fonctionnalité	OUI
=			
Impact brut			FORT
Mesures de réduction			
R1 Organisation et suivis de chantier			X
R2 Pêches de sauvegarde des individus et suivis pendant travaux			X
R3 Lutte contre les EEE prédatrices sur et à proximité de la zone d'accueil			X
R4 Abattement de la MES et évitement des éventuelles pollutions			X
Impact après mesures de réduction			NEGLIGEABLE

8.2 Mesures de réduction

Ce type de mesure est à mettre en œuvre afin de limiter au maximum les impacts du projet.

8.2.1 Fiche mesure R1 : Organisation et suivis de chantier

MESURE R1	ORGANISATION ET SUIVIS DE CHANTIER (1/2)
Période du cycle de vie <i>Unio crassus</i>	Adulte Larve Poissons-hôtes
Objectif de la mesure	- Éviter et/ou réduire la ou les dégradations du lit mineur du cours d'eau ; - réduire la mortalité des individus ; - maintenir l'espèce.
Durée de la mise en œuvre	Court terme
Moment de la mise en œuvre	Avant les impacts du projet Phase travaux
Catégorie	Conserver en l'état Limiter les impacts et préserver l'existant
Famille	Technique et géographique
Mesures croisées	Mesures R2, R3, R4
Descriptif	
Caractéristiques de la mesure	<p>L'organisation du chantier sera adaptée aux différentes étapes nécessaires à la préservation de la Mulette épaisse. Un suivi de chantier spécifique à la préservation des Mulettes durant les phases travaux permettra de veiller à ce que chaque étape puisse être réalisée et évaluer leur efficacité (ex : mesures d'abattement des MES et éventuelles pollutions).</p> <p>La mesure consiste à avoir accès à un plan détaillé de l'organisation du chantier (en relation avec les travaux envisagés) réalisé dans le temps et dans l'espace, dans le but d'éviter une mortalité non naturelle de Mulettes et de réduire autant que possible les impacts sur le milieu aquatique où elles se trouvent.</p>
Détail de la mise en œuvre	<p>Organisation du chantier</p> <p>Chaque chantier et chaque projet présentent une configuration qui leur est propre. Ainsi, pour obtenir les détails techniques de la démarche globale de l'organisation d'un chantier pour éviter et réduire les impacts environnementaux sur le milieu aquatique, on pourra se référer à l'ouvrage de Mc Donald et al. (2018).</p> <p>À ce stade, en particulier, les points techniques à mettre en œuvre seront :</p> <ul style="list-style-type: none"> - produire un document de planification environnemental des travaux (fiche technique Anticiper n°1 p 27 de Mc Donald et al. 2018) ; - réaliser un schéma d'installation environnementale du chantier (fiche technique Anticiper n°2 p 30 de Mc Donald et al. 2018) ; - concevoir un phasage du chantier et un planning dans lequel figureront notamment les étapes pour le sauvetage et déplacement des Mulettes, les pêches de sauvetage piscicole, etc (fiche technique Anticiper n°3 p 34 de Mc Donald et al. 2018). <p>Suivi du chantier</p> <p>Un suivi de chantier sera effectué pour les différentes étapes en lien avec la préservation des habitats et des individus de Mulette épaisse :</p> <ul style="list-style-type: none"> - mise en place d'une réunion de pré-chantier avec le maître d'œuvre, le conducteur des travaux et le bureau d'études en charge du sauvetage des mulettes afin de présenter les mesures environnementales à mettre en place et à respecter ; - des visites régulières de suivi du chantier pour le contrôle du respect des mesures environnementales (bon fonctionnement des filtres, absence de traces de pollutions, etc.) - la vérification de l'absence de mulettes épaisses hors d'eau et le déplacement si nécessaire lors de l'abaissement de la lame d'eau. (en lien avec la campagne de sauvetage - Mesure R2) <p>La fréquence/durée sera à adapter en fonction de la durée des travaux et des phases d'avancement ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - la rédaction d'un rapport de suivi de chantier. Ce rapport intégrera les prescriptions établies lors de la réunion initiale, l'ensemble des remarques effectuées lors des différentes visites ainsi qu'un reportage photographique réalisé à chacune des visites. Ce rapport sera envoyé aux services de l'état concernés une fois le chantier finalisé.

MESURE R1		ORGANISATION ET SUIVIS DE CHANTIER (2/2)
Point particulier à étudier	La situation topographique et le sens des écoulements des eaux de ruissellement, ainsi que la configuration du paysage sont des points essentiels déterminés avant le lancement de la phase travaux et dont le personnel en charge du suivi de chantier doit être averti.	
Localisation	La mesure est à déployer sur l'intégralité de la zone d'emprise des travaux.	
Ampleur de la mesure	La mesure sera adaptée à la nature des impacts, aux mesures de réduction en place et à leur extension spatiale.	
Pertinence de la mesure	C'est une mesure d'ordre général dont les détails techniques, et surtout leur mise en œuvre, permettront d'éviter et/ou de réduire sensiblement la dégradation de l'habitat des Mulettes (quel que soit le stade) et de leurs poissons-hôtes (habitat compris).	
Condition de la mise en œuvre/limites/points de vigilance	<p>La mesure et son efficacité sont conditionnées à la réalisation préalable d'une étude d'impact sur l'aire d'étude et l'espèce concernée, qui permettra de préparer, phaser et adapter le chantier en tenant compte des points environnementaux sensibles. L'essentielle communication entre chaque corps de métier en amont du chantier (documents et réunion de préparation) permettra d'initier l'efficacité de la mesure.</p> <p>La situation topographique et le sens des écoulements des eaux de ruissellement, ainsi que la configuration du paysage sont des points essentiels déterminés avant le lancement de la phase travaux et dont le personnel en charge du suivi de chantier doit être averti.</p>	
Modalité de réalisation	Suivi de chantier par un ingénieur écologue, si possible encadré par un malacologue.	
Coûts	Les coûts sont intégrés dans le chiffrage du maître d'œuvre.	
Références consultables	<p>Mc Donald D., de Billy V. & Georges N., 2018. Bonnes pratiques environnementales. Cas de la protection des milieux aquatiques en phase chantier : anticipation des risques, gestion des sédiments et autres sources potentielles de pollutions des eaux. Collection Guides et protocoles. Agence française de la biodiversité. 148 pages.</p> <p>[https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-guides-protocoles/bonnes-pratiques-environnementales-protection-milieux-aquatiques-en-phase].</p>	

8.2.2 Fiche mesure R2 : Déplacement des individus et suivi

MESURE R2	PÊCHE DE SAUVEGARDE DES INDIVIDUS + SUIVI PENDANT TRAVAUX (1/3)
Période du cycle de vie <i>Unio crassus</i>	Individus juvéniles et adultes
Objectif de la mesure	Réduire la mortalité des individus
Durée de la mise en œuvre	10 jours
Moment de la mise en œuvre	Avant travaux Phase travaux
Catégorie	Limitier les impacts et préserver l'existant
Famille	Technique et géographique
Mesures croisées	Mesure R1, R3
Descriptif	
Caractéristiques de la mesure	<p>Si la Mulette épaisse est mobile dans le substrat du cours d'eau, elle n'est pas en mesure d'échapper au danger comme peuvent le faire d'autres espèces comme les poissons par exemple. Au mieux, lorsque elle n'est plus immergée, elle se referme et / ou se déplace à la recherche du milieu aquatique. Mais ses mouvements sont ératiques, et elle n'est pas en capacité de quitter de la zone d'impact dans laquelle elle peut être stressée, exposée aux prédateurs, écrasée ou broyée. De part son statut d'espèce protégée, aucune expérience sur sa résistance à la dessiccation et sa durée de vie à l'air libre n'ont jamais été menée. Toute période de dessiccation envisagée lors de travaux doit donc être considérée comme une perturbation intentionnelle causant un stress pour les individus. La pêche de sauvegarde devient alors une mesure impérative de réduction de la mortalité des individus.</p> <p>La mesure consiste à récolter les individus dans la zone d'emprise et à les replacer dans une zone de réception propice à leur accueil où elles pourront vivre. Cette zone doit être située dans le même cours d'eau, en amont des travaux. Avant toute implantation, il est primordial de s'assurer de la présence d'individus de mulette épaisse, et notamment de jeune individus, dans le secteur sélectionné preuve que le secteur permet le développement d'une population fonctionnelle qui se reproduit.</p>
Détail technique de la mesure	<p><u>Sélection du site d'accueil:</u></p> <p>Les recherches des potentielles zones d'accueil sont menées à la même période que l'étude d'abondance réalisée sur les zones d'impact, afin de bénéficier des conditions similaires de débit et de visibilité.</p> <p>Début octobre 2024, durant les jours qui ont suivi les prospections sur les futures zones de travaux, des recherches ont été menées sur des tronçons de 25m linéaires espacés de 50m, en suivant le même protocole que sur l'ensemble de l'étude afin d'estimer l'abondance de ces sites potentiellement favorables à la présence de la Mulette épaisse et donc garantir leur capacité d'accueil.</p> <p>2 sites ont été prospectés et ont permis de déterminer un potentiel d'accueil favorable. La distribution des classes de tailles a confirmé la présence de juvéniles (<34mm) et la fonctionnalité de la population en place. Ces sites sont situés hors et à l'amont de la zone d'influence des travaux, juste à l'aval de la zone Natura 2000.</p>

MESURE R2

PÊCHE DE SAUVEGARDE DES INDIVIDUS + SUIVI PENDANT TRAVAUX (2/3)

Détail technique de la mesure (suite)

Méthodologie du déplacement:

Le processus de déplacement se fera en 4 étapes dans chaque secteur:

1. ramassage visuel dans chaque secteur concerné par les travaux
2. ratissage complet des secteurs
3. ramassage post ratissage
4. contrôle une fois en assec

Ces étapes seront nécessaires afin de garantir la récolte d'au moins 85% de la population estimée comme précisé dans les conditions de mise en œuvre.

1. Ramassage visuel

Afin de récupérer les individus non enfouis, les secteurs seront parcourus, de l'aval vers l'amont, en observation depuis la surface à l'aide d'aquascope, permettant d'extraire aisément les individus visibles. Les zones plus profondes seront explorées à vue en plongée.

2. Ratissage

Une fois les individus visibles depuis la surface ramassés, la seconde étape sera consacrée au ratissage complet de chaque secteur, afin de déloger les individus enfouis dans le sédiment.

3. Ramassage post-ratissage

À la suite du ratissage, plusieurs passages à l'aquascope seront à nouveau réalisés afin de récolter les individus délogés du substrat par le ratissage. Les passages seront aussi nombreux que nécessaire pour atteindre la récolte de 85% de l'abondance estimée dans chaque secteur.

Tous les individus récoltés au cours de ce processus seront entreposés dans des sacs-filets entreposés dans une zone courante du cours d'eau jusqu'à leur déplacement dans des glacières non réfrigérées. Le transfert sera assuré à la fin de chaque secteur, afin de limiter au maximum le temps hors substrat pour les individus et limiter leur épuisement (quand ils sont hors du substrat, les individus cherchent à se repositionner au sein de ce dernier et s'épuisent).

Juste avant de les relâcher dans les zones d'accueil, les individus seront mesurés et marqués sur leur coquille (sur le bord antérieur de l'individu à l'aide d'une micro-meuleuse) pour assurer le suivi des individus déplacés vs résidents.

4. Contrôle des assecs

Un effort supplémentaire sera mis en place sur la zone mise en assec en aval du seuil de Jezainville et sur les zones soumises à l'abaissement de l'eau juste avant le démarrage des travaux de terrassement, afin de vérifier qu'aucun individu n'est encore visible, et les récupérer le cas échéant.

Point à étudier

Le nombre d'individus déplacés respectera les 85% de l'estimation de l'abondance calculée pour chaque secteur. Il sera nécessaire de confirmer que les zones d'accueil ne sont pas soumises à une pression liée au bétail (parcelle non mise en défens, piétinement dans le cours d'eau), auquel cas il sera impératif de prendre les mesures nécessaires pour isoler ces zones et ses environs de cette pression (mise en défens des berges) **avant les opérations de déplacement.**

Localisation

L'aire d'étude s'étend depuis l'aval du seuil de Bertelle jusqu'à l'amont de la zone de remous liquide du seuil de Jezainville.

Cette aire d'étude globale a été partitionnée en différentes sections de cours d'eau en fonction des travaux qui y seront menés et en fonction des impacts envisagés dans celles-ci.

Ces zones d'emprises de travaux sont :

- Section aval du seuil de Bertelle
- Section amont du seuil de Bertelle profonde
- Section amont du seuil de Bertelle peu profond
- Section aval du seuil de Jezainville
- Section amont du seuil de Jezainville

Correspondent à la zone d'impact directe les zones d'assec ou exondées pendant et après les travaux, les zones de reprofilage et de suppression des seuils, et toute intervention dans le lit mineur.

MESURE R2

PÊCHE DE SAUVEGARDE DES INDIVIDUS + SUIVI PENDANT TRAVAUX (3/3)

Ampleur de la mesure

Les moyens humains et financiers nécessaires pour mettre en oeuvre cette mesure sont:

moyens humains:

3+2 personnes pendant 10 jours sur place

budget:

27 000,00 € ht pour 3 opérateurs hydrobiologistes/plongeurs

+ mise à disposition de 2 personnes supplémentaires non-expertes

Pertinence de la mesure

Cette mesure doit être impérativement mise en oeuvre vu le caractère protégé de l'espèce et la nature des travaux qui sera impactante dans le milieu aquatique des secteurs concernés. Le processus proposé ci-dessus tend à maximiser les chances de réussite de cette mesure. Ces chances seront augmentées si elle est accompagnée des autres mesures de réduction et notamment du piégeage des EEE prédatrices. Une campagne d'information/sensibilisation auprès des propriétaires riverains sera mise en place avant les interventions. Le maître d'ouvrage devra s'assurer auprès du/des propriétaire(s) riverains, par le biais d'une convention, que les stations d'accueil seront accessibles lors des opérations de déplacement et non soumises à une pression pouvant impacter les mulettes déplacées (type présence de bétail sans mise en défens) durant et au delà des opérations. Cette convention stipulera la non-intervention dans le lit mineur par le/les propriétaire(s) riverain(s).

Condition de la mise en œuvre/limites/points de vigilance

La mise en oeuvre de la mesure sera planifiée à la période d'étiage avant travaux et en phase travaux (de août à octobre), et en dehors de la période de reproduction de l'espèce (avril à juillet) et ce pour permettre de (1) travailler dans des conditions de débits et vitesse de courant praticables afin d'assurer l'atteinte des objectifs et (2) d'éviter les avortements dus au stress.

Les juvéniles < 5mm étant plus difficiles à récupérer, la mesure proposée respecte ce qu'il est communément admis dans la littérature: les efforts nécessaires à mettre en oeuvre devront permettre d'atteindre une récupération et un déplacement de 85% de l'abondance des individus de chaque secteur.

Les intervenants

Ingénieurs écologues, spécialistes des mulettes et plongeur CAHB

Modalité de suivi envisageables

Suivis post-déplacement à 1 mois et 4 ans

8.2.3 Fiche mesure R3 : Lutte contre les EEE prédatrices sur l'aire d'accueil

MESURE R3		LUTTE CONTRE LES ESPECES PREDATRICES EXOTIQUES ENVAHISSANTES (EEE) (1/2)	
Période du cycle de vie			
Unio crassus		Adulte et juvénile	
Objectif de la mesure		Maintenir l'espèce ; réduire la mortalité des individus ; favoriser la colonisation de l'espèce.	
Durée de la mise en œuvre		Court et moyen terme	
Moment de la mise en œuvre		Avant les impacts du projet Phase travaux Période post travaux	
Catégorie		Mesure de Réduction Limiter les impacts et préserver l'existant Améliorer la qualité de l'habitat	
Famille		Technique et géographique	
Mesures croisées		Mesure R2	
Descriptif			
Caractéristiques de la mesure		L'objectif principal est ici de diminuer de manière forte la pression de prédation sur les Mulettes épaisses en lien avec l'opération de déplacement. Il s'agit de déployer des mesures qui permettront de lutter contre les principales espèces exotiques envahissantes prédatrices de la Mulette épaisse et qui ont un impact significatif sur ses populations. Les espèces concernées sont : - le Rat musqué Ondatra zibethicus (Linnaeus, 1766), - le Ragondin Myocastor coypus (Molina, 1782). La présence de corbicules et d'écrevisses américaines Faxonius limosus a été observée sur la zone.	
Détail technique de la mesure		Des tirs et du piègeage seront mis en oeuvre. Ces méthodes seront ciblées sur le Rat musqué et le Ragondin. Cette lutte sera menée par des personnes habilitées et préalablement formées pour cela (louveter, piégeur agréé). La mesure débutera le plus tôt possible (plusieurs mois avant le déplacement) à raison de plusieurs campagnes de piegeage par semaine. Une pression de capture sera plus soutenue durant la période de déplacement des mulettes (piegeages journaliers, tirs de nuit) notamment sur la zone d'accueil. Un suivi soutenu se prolongera jusqu'à 1 mois après le déplacement. Un suivi sur la zone d'accueil et à proximité 1 mois après le déplacement permettra de recueillir des observations liées à la prédation sur les individus déplacés (marqués). L'efficacité de la mesure se traduira par les résultats de capture et d'observation obtenus, qui feront l'objet d'une note de synthèse. Concernant les écrevisses, il s'agira de détruire les spécimens pêchés lors des opérations de sauvetage pour réduire leur présence sur l'aire d'étude.	
Point à étudier		Concernant les mammifères, une évaluation de la pression de prédation sera mise en œuvre avec la localisation des familles (terriers) des prédateurs sur la zone considérée.	

MESURE R3

LUTTE CONTRE LES ESPECES PREDATRICES EXOTIQUES ENVAHISSANTES (EEE) (2/2)

Exemple



Photo : Coquilles vides de Mulettes épaisses laissées par le Rat musqué (Crédit photo : Xavier Cucherat).

Localisation

La zone d'intervention s'étalera sur environ 1km englobant la zone d'accueil des mulettes.

Ampleur de la mesure

La fréquence des visites (piégeage, tirs) et le nombre de pièges ainsi que leur localisation seront définis à la suite d'une évaluation de la pression. Une campagne de piégeage durant plusieurs mois avant le déplacement des mulettes sera nécessaire. Un piégeage plus soutenu aura lieu durant le déplacement et les semaines qui suivront.

Pertinence de la mesure

Cette mesure doit être systématiquement associée à la mesure de pêche de sauvetage des individus et permettra d'en garantir l'efficacité. L'effet escompté est une baisse de la pression de prédation.

Condition de la mise en œuvre/limites/points de vigilance

La mesure sera mise en œuvre de manière soutenue dans le temps sur un linéaire significatif de cours d'eau. La durée sera la plus longue possible. Elle dépendra de l'efficacité des mesures de piégeages et de leur faisabilité. Les efforts humains sont assez conséquents. Il sera question de poser et relever des pièges et effectuer des sorties spécifiques (à tirs) durant une période de minimum 6 mois soit environ 100 campagnes. Piégeurs agréés (associations de chasse locale) et louvetiers seront à solliciter.

Modalité de suivi envisageable

Les Mulettes déplacées seront marquées avant d'être réimplantées sur le site d'accueil. Ainsi un **suivi de la mortalité des Mulettes à 1 mois après le déplacement sera mis en place. Il s'agira de réaliser des prospections en lit mineur ainsi que sur les berges à la recherche de coquilles marquées.** Ce suivi pourra être un indicateur de la pression de prédation. L'évolution des prises de Rats musqués et de Ragondins peut également être une variable de suivi de l'efficacité de la mesure.

Coûts

Matériel utilisé (20 pièges) : 2 000,00 € ht
Estimation de la population, organisation des intervention et suivi des résultats : 3 000,00 € ht
Interventions (piégeage et tirs) durant 6 mois : 5 000,00 € ht
Coût total de l'opération : 10 000,00 € ht

8.2.4 Fiche mesure R4 : Abattre l'apport de matières en suspension et éviter les éventuelles pollutions

MESURE R4	ABATTRE LA MATIERE EN SUSPENSION ISSUE DES TRAVAUX (PROVENANT DU LIT MINEUR ET LIT MAJEUR) ET LES EVENTUELLES POLLUTIONS (1/2)
Période du cycle de vie <i>Unio crassus</i>	Adulte Larve Poissons-hôtes
Objectif de la mesure	Réduire la mortalité des individus ; maintenir l'espèce ; limiter le colmatage des fonds.
Durée de la mise en œuvre	Court terme
Moment de la mise en œuvre	Phase travaux
Catégorie	Limitier les impacts et préserver l'existant
Famille	Technique et géographique
Mesures croisées	MESURE R1
Descriptif	
Caractéristiques de la mesure	<p>Durant les travaux de restauration de la continuité écologique de l'Esch et le reprofilage du cours d'eau, la mobilisation de matière en suspension (MES) sera produite suite aux interventions dans le lit mineur. Cette mobilisation non naturelle de MES présente deux principaux risques pour les Mulettes situées dans la zone d'impact indirect (en aval des zones d'intervention) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - augmenter la Demande Biologique en Oxygène (DBO), - augmenter le colmatage du substrat (réduit la circulation d'eau interstitielle et donc les apports d'oxygène et nutriments), et augmenter la dénitrification de l'eau interstitielle. - impacter les poissons-hôtes par le colmatage de leur branchies pouvant entraîner une mortalité <p>Les conséquences sont de rendre la colonne d'eau et le substrat impropres pour le maintien des Mulettes adultes et des juvéniles sur du court terme et moyen terme, risquant d'augmenter une mortalité non naturelle.</p>
Détail technique de la mesure	<p>Consignes de prévention</p> <p>Cette mesure nécessite la mise en place de plusieurs consignes de sécurité (AdT, 2021 et Mc Donald et al, 2018) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'accès au lit mineur des cours d'eau sera strictement limité aux aménagements dans le lit afin de réduire la dispersion de matières en suspension. La circulation des engins se fera depuis la berge, au sein de laquelle sera aménagée une piste d'accès. - la mise en place du chemin d'accès prendra en compte la topographie du site en limitant le décapage des sols par les engins de chantier en zone de pente. Cela limitera l'orientation des écoulements et des sédiments vers le cours d'eau en cas d'épisode de pluie ; - La destruction des deux obstacles à l'écoulement devra se faire progressivement (arrasement du seuil du moulin de Jezainville et ouverture du clapet du Centre Bertelle) pour éviter une dévalaison massive des sédiments retenus en amont et ainsi garantir l'efficacité des filtres à MES en aval. - les eaux de pompage issues de la mise à sec du lit seront rejetées dans les bras prévus à cet effet ou bien à terre de manière qu'elles puissent ruisseler sur le sol et permettre la décantation des matières fines ; - les pratiques de chantier limitent le rejet accidentel d'hydrocarbures : la vidange et le remplissage de réserves d'hydrocarbures ou de produits polluants à proximité du cours d'eau seront interdits. Les engins et les produits polluants seront stockés hors de portée des crues. Des kits anti-pollution seront mis à la disposition des employés sur le chantier ; - en cas de pollution accidentelle, un barrage flottant sera mis en place à l'aval du chantier ; - l'entreprise devra prendre en compte l'ensemble des mesures complémentaires qu'elle juge utiles pour éviter de polluer la rivière. En cas de rejets accidentels, la brigade départementale de l'OFB et la Direction Départementale des Territoires de la Meurthe et Moselle (DDT54) seront alertées.

MESURE R4	ABATTRE LA MATIERE EN SUSPENSION ISSUE DES TRAVAUX (PROVENANT DU LIT MINEUR ET LIT MAJEUR) ET LES EVENTUELLES POLLUTIONS (2/2)
Détail technique de la mesure (suite)	<p>Filtres à MES</p> <p>Afin d'abattre les MES sur l'aire de chantier et en aval, des filtres à MES seront installés. Positionnés sur toute la largeur du lit mouillé, ils seront composés d'une géomembrane de maillage suffisamment fin pour retenir les sédiments : treillis coco tissé de type H2M9 900g/m2 doublé. Le filtre est fixé de part et d'autre du lit à l'aide de piquets métalliques et couvre l'ensemble de la section d'écoulement afin de capturer l'ensemble des eaux. La maille de ce géotextile est de 5 x 10 mm. Une fois doublé, elle passe à 2,5 x 5 mm.</p> <p>En plus de bloquer les fines dans ses mailles, le treillis permet de suffisamment ralentir les écoulements afin de permettre la décantation des matières en suspension. Ainsi ralenties, les MES retombent dans le fond du lit.</p> <p>Un déblai fin sera réalisé juste en amont du filtre afin de retirer les MES et éviter un nouveau départ lors de son retrait du cours d'eau. Cette procédure est réalisée dès que le filtre est visiblement colmaté afin de s'assurer de son efficacité tout au long des travaux.</p>
Point à étudier	Le dimensionnement de la mesure est adapté en fonction de l'émission prévue de matière en suspension selon la nature des interventions. Cela est mis en œuvre par la société en charge des travaux.
Localisation	Le premier filtre à MES sera situé en aval du seuil du Moulin de Jezainville, le second en aval du rejet du bras secondaire, le troisième en aval de la zone de chantier sur l'Esch (aval seuil du centre Bertelle) et le quatrième sera installé le long du bras secondaire situé au droit du seuil du centre Bertelle (voir cartes travaux en annexe).
Ampleur de la mesure	Quatre filtres à MES seront mis en place sur la zone d'implantation du chantier. Leur période et durée d'installation sera définie par l'avancement des différentes phases du chantier.
Pertinence de la mesure <p>C'est une mesure d'ordre général qui permet de réduire un apport excessif et brutal non naturel d'éléments qui peuvent perturber le cycle biologique des Mulettes sur les zones d'impact indirect et en aval de la zone des travaux.</p>	
Condition de la mise en œuvre/limites/points de vigilance <p>Les dispositifs seront installés sur l'aire d'étude au sein des zones où la Mulette épaisse aura été préalablement extraite (Mesure de déplacement).</p>	
Modalité de suivi envisagé <p>Suivi de la mortalité de la Mulette épaisse à l'aval de la mesure</p>	
Coûts <p>Coût prévisionnel du matériel: 500 € HT par site</p> <ul style="list-style-type: none"> - 300 € HT prix unitaire d'un kit anti-pollution universel, - 100 € HT coût d'un rouleau de géotextile de 10 m de long (par 2 m de large) - 100 € HT pour les piquets et le grillage. <p>Il est à noter que ces coûts doivent être compris dans la proposition tarifaire de l'entreprise qui réalisera les travaux, c'est elle qui se chargera de cette mesure.</p> <p>Les coût de mise en place et de maintenance sont à ajouter.</p>	
Autres <p>Ces dispositifs et leur maintenance sont à prévoir dans le cadre des travaux.</p>	

8.3 Propositions de mesures de compensation

Ces mesures sont proposées pour répondre aux potentiels impacts résiduels.

Les mesures C1, C2 et C3 pourront s'inscrire dans le cadre des actions prévues dans le « Programme de restauration de l'Esch et ses affluents ». Une adaptation de ces actions sera alors nécessaire pour répondre au besoin de préservation de la Mulette épaisse. Les mesures de compensation seront à mettre en place dans un délai d'une année après le déplacement et l'évaluation des impacts résiduels.

8.3.1 Fiche mesure C1 : Mise en défens des berges

MESURE C1	MISE EN DEFENS DES BERGES (1/2)
Période du cycle de vie	
<i>Unio crassus</i>	Ensemble du cycle de vie
Objectif de la mesure	<ul style="list-style-type: none"> - Réduire et/ou supprimer le piétinement du bétail au sein du lit mineur du cours d'eau ; - réduire la mortalité des individus ; - limiter le colmatage des fonds ; - préserver la ripisylve ; - favoriser la colonisation de l'espèce.
Durée de la mise en œuvre	Long terme
Moment de la mise en œuvre	Phase d'exploitation/développement
Catégorie	Mesure Compensatoire => Améliorer la qualité de l'habitat
Famille	Technique et géographique
Mesures croisées	Mesure C2
Descriptif	
Caractéristiques de la mesure	<p>La mesure consiste à soustraire les berges du cours d'eau de toutes sources de dégradation d'origine anthropique liées à l'élevage. Il s'agit alors (soit l'un, soit l'autre) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'installer une clôture permanente (fil barbelé + piquets de clôture adaptés) ; - d'installer une clôture électrique temporaire (le temps de la période de pâturage), le long des berges du cours d'eau pour maintenir les animaux d'élevage éloignés du lit mineur de la rivière. <p>Dans les deux cas, les deux berges doivent être aménagées sur toute la longueur considérée.</p>
Points à étudier	<p>Au préalable, il est nécessaire de diagnostiquer les linéaires du cours d'eau pressentis pour déployer la mesure. Il s'agit d'identifier les linéaires à aménager, et de choisir le type de mesure le plus approprié à la situation.</p> <p>Il est important :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de négocier avec les exploitants agricoles des parcelles agricoles pâturées pour mettre en œuvre cette mesure (clôtures) ; - de convenir d'une convention avec les autres propriétaires (non concernés par le pâturage et donc la pose de clôtures) afin de s'engager à ne pas altérer le milieu/intervenir dans le lit mineur, - d'étudier la possibilité d'un soutien logistique, financier (achat de matériel, installation) par le truchement de convention avec les exploitants agricoles concernés pour pérenniser la mesure.
Localisation	D'après l'occupation du sol, les sites pressentis sur ce secteur seraient localisés en aval du centre Bertelle et en amont de Jezainville. L'amont de l'aire d'étude serait le plus significatif au regard des impacts (voir pertinence de la mesure).
Ampleur de la mesure	Le linéaire de mise en défens devra être d'au minimum 10 fois la largeur de plein bord à proximité de l'aire d'étude sur les zones où la pression est la plus forte (traversée du cours d'eau par le bétail) soit une portion d'environ 50m linéaire sur les deux rives.

MESURE C1

MISE EN DEFENS DES BERGES (2/2)

Pertinence de la mesure

La mesure permet de soustraire les Mulettes à la pression anthropique sur les berges du cours d'eau en :

- limitant le piétinement du lit mineur par les animaux d'élevage ;
- limitant l'écrasement des Mulettes épaisses ;
- limitant le colmatage du lit mineur induit par le piétinement des animaux d'élevage et le ruissellement de surface ;
- améliorant la qualité de l'eau et des sédiments (diminution de l'apport de matière fécale, abatement des ruissellements de surface, abatement des intrants agricoles de surface percolant dans le sédiment et dans la colonne d'eau).

La mesure sera couplée avec les mesures suivantes :

- assurer l'abreuvement des animaux d'élevage ;
- assurer le franchissement transversal du cours d'eau pour les animaux et/ou engin agricoles ;
- recréation de ripisylve

Les chances de réussite sont conditionnées à la pérennité de la mise en œuvre de la mesure (entretien des clôtures et leur installation pour les clôtures temporaires).

Le temps de réponse est rapide : environ une à deux années pour voir les premiers résultats visibles sur la qualité du milieu.

Condition de la mise en œuvre/limites/points de vigilance

La mise en œuvre est conditionnée par l'accord des exploitants agricoles, de la nature de la convention pour assurer la pérennité de la mesure dans le temps et l'espace.

Modalité de suivi envisageable

Un suivi régulier de l'état des clôtures (tous les 2-3 ans) permet de déceler des détériorations (par l'érosion des berges ou autre).

Coûts

Clôture barbelée : 6,50 € ht /ml

Clôture électrique : 4,50 € ht/ml

8.3.2 Fiche mesure C2 : Assurer l'abreuvement des animaux d'élevage

MESURE C2	ASSURER L'ABREUVEMENT DES ANIMAUX D'ELEVAGE (1/2)
Période du cycle de vie	Ensemble du cycle de vie
Unio crassus	
Objectif de la mesure	<ul style="list-style-type: none"> - Réduire et/ou supprimer le piétinement du bétail au sein du lit mineur du cours d'eau ; - limiter le colmatage ; - réduire la mortalité des individus ; - favoriser la colonisation de l'espèce.
Durée de la mise en œuvre	Long terme
Moment de la mise en œuvre	Mesure de compensation Phase d'exploitation/développement
Catégorie	Améliorer la qualité de l'habitat
Famille	Technique et géographique
Mesure croisée	Mesure C1
Descriptif	
Caractéristiques de la mesure	<p>Couplée à une mise en défens des berges, la mesure consiste à permettre l'abreuvement des animaux d'élevage, qui n'ont pas/plus accès à la rivière, soit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - par un accès déporté, par la mise en place d'une pompe à museau (c'est celle qui présente le moins d'impact sur le cours d'eau) ; - par une descente empierrée d'abreuvement dans la rivière pour les animaux d'élevage qui limite l'érosion des berges et la destruction du lit mineur de la rivière. <p>Ces deux techniques sont à adapter en fonction des besoins et de la configuration du terrain.</p>
Détail technique de la mesure	<p>Il existe plusieurs types de configuration et de dispositifs pour répondre à ce besoin :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Détails techniques pour la pompe à museau : <p>Il existe plusieurs types de pompe à museau. Elle doit être choisie en concertation avec l'éleveur. Cela dit, il est important de tenir compte de la profondeur de la rivière lors de son installation. En effet, la crépine de la pompe à museaux doit se situer à un point de la rivière toujours en eau, même en étiage.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Détails techniques pour la descente empierrée d'abreuvement : <p>À l'endroit décidé pour la mise en place du dispositif, la berge est creusée sur une largeur suffisante (4-5 m) et terrassée en pente douce pour que les animaux soient dirigés vers un accès facile à l'eau de la rivière. Une clôture permanente est installée dans la continuité de la berge pour éviter la progression des animaux dans la rivière. Le fond de l'accès est tapissé d'un géotextile surmonté de graviers ou concassés sur une épaisseur d'au moins 20 cm. Un merlon de géotextile + gravier est disposé en périphérie, pour éviter la fuite des graviers. La profondeur doit être suffisamment importante pour que le dispositif soit toujours en eau même en période d'étiage.</p>
Point à étudier	<p>Il est important au préalable de diagnostiquer les linéaires du cours d'eau pressentis pour déployer la mesure qui nécessite une parcelle isolée du cours d'eau. Cette étude permettra d'identifier l'aménagement le plus efficace, et les points possibles de l'aménagement choisi.</p> <p>Il est important :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de négocier avec les exploitants agricoles des parcelles en pâture pour mettre en œuvre cette mesure ; - d'étudier la possibilité d'un soutien logistique, financier (achat de matériel, installation) par le truchement de convention avec les exploitants agricoles concernés pour pérenniser la mesure.
Localisation	La mesure devra être déployée à l'amont immédiat ou le long de l'aire d'étude.

MESURE C2	ASSURER L'ABREUVEMENT DES ANIMAUX D'ELEVAGE (2/2)
Ampleur de la mesure	<p>La mesure est à proportionner notamment en fonction des besoins des exploitants agricoles concernés. Une campagne de création d'abreuvoirs et de pompes à museau est déjà intégrée au "Programme de restauration de l'Esch et ses affluents", il sera donc question d'adapter ces travaux afin qu'ils puissent prendre en compte la problématique de la Mulette épaisse (localisation par rapport à la zone d'accueil,...). Compte tenu du linéaire impacté, il s'agirait d'adapter les besoins sur 500ml en amont de la zone d'étude dans un secteur pâturé.</p>
Pertinence de la mesure	<p>La mesure permet de soustraire les Mulettes à la pression anthropique sur les berges du cours d'eau en :</p> <ul style="list-style-type: none"> - limitant le piétinement des animaux d'élevage dans le lit mineur ; - limitant l'écrasement des Mulettes épaisses ; - limitant le colmatage du lit mineur ; - améliorant la qualité de l'eau ainsi que des sédiments (diminution de l'apport de matière fécale, abatement des ruissellements et intrants dans le sédiment et dans la colonne d'eau). <p>La mesure doit être couplée avec une mise en défens les berges le cas échéant. Les chances de réussite sont conditionnées à la pérennité de la mise en œuvre de la mesure (entretien du dispositif), mais aussi à l'adaptation des animaux à l'usage de cette installation. Le temps de réponse est rapide : environ une à deux années pour voir les premiers résultats visibles sur la qualité du milieu.</p>
Condition de la mise en œuvre/limites/points de vigilance	
	<p>La mise en œuvre est conditionnée par l'accord des exploitants agricoles, de la nature de la convention pour assurer la pérennité de la mesure dans le temps et l'espace.</p>
Modalité de suivi envisageable	<ul style="list-style-type: none"> - État initial du site support de la mise en œuvre de la mesure compensatoire (permettra d'évaluer la plus-value écologique) ; - suivis de l'évolution de la qualité écologique du cours d'eau en aval de la zone traitée ; - suivi de la population de Mulettes concernées.
Coûts	<p>Abreuvoir maçonné : 1500,00 € ht Pompe à nez : 450,00 € ht</p>

8.3.3 Fiche mesure C3 : Création de bande de ripisylve pérenne

MESURE C3	CREATION DE BANDES DE RIPISYLVE PERENNE (1/2)
Période du cycle de vie	
Unio crassus	Ensemble du cycle de vie
Objectif de la mesure	<ul style="list-style-type: none"> - Favoriser la colonisation de l'espèce par une amélioration de ses habitats (limiter l'échauffement de l'eau, le lessivage des fines,...) ; - limiter l'effet des effluents agricoles ;
Durée de la mise en œuvre	Long terme
Moment de la mise en œuvre	Phase d'exploitation/développement
Catégorie	Mesure de compensation Limite les impacts et préserver l'existant Améliore la qualité de l'habitat
Famille	Technique et géographique
Mesures croisées	Mesure C1
Descriptif	
Caractéristiques de la mesure	<p>Au delà des plantations prévues dans le cadre des travaux (sur la zone d'emprise), cette mesure est à développer en dehors de l'aire d'étude afin d'assurer son rôle de compensation pour la population de la Mulette épaisse concernée par ce projet. Notons que ce type d'action est également développé dans le cadre du "Programme de restauration de l'Esch et ses affluents" qui comprend la création de bandes de ripisylve tout au long de l'Esch, notamment en amont de notre aire d'étude.</p> <p>Dans le cadre de cette mesure, il sera question de planter des essences ligneuses adaptées au contexte local, soit pour créer une ripisylve ex nihilo ou bien renforcer une ripisylve existante dégradée. Pour être considérée comme réussie, elle implique l'atteinte des résultats fixés et non des moyens mis en œuvre.</p> <p>Quoi qu'il en soit, cette zone de bande doit être préservée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - par une mise en défens lorsqu'il y a des animaux d'élevage (Cette mesure est indépendante de la mise en défens contre des animaux (voir fiche concernée), mais cette dernière peut y contribuer et/ou s'ajouter) <p>ou</p> <ul style="list-style-type: none"> - par un balisage spécifique sur les zones de travaux.
Détails techniques de la mesure	<p>Quelle que soit la situation, il est suggéré de faire apparaître au sein d'une convention d'engagement, l'existence de la bande de ripisylve pour la protéger (si propriétaire privé) spécifiant la préservation de ces plantations et l'obligation ne pas les altérer sous quelque forme que ce soit (protection sur le long terme).</p> <p>En situation de zones d'élevage, une bande tampon est recommandée entre la végétation et la clôture mise en place pour éviter l'abrouissement.</p> <p>La bande en défens sera plantée en essences ligneuses locales inféodées aux rives de cours d'eau (espèces dites hygrophiles) caractéristiques du bassin versant de l'Esch. Il peut s'agir d'une plantation sur une surface vierge sans arbres, ou en renforcement pour combler les trouées d'une ripisylve dégradée. Si ce choix est décidé, alors il y a une obligation de résultats de la mesure. Ceci signifie que les plantations respecteront le calendrier et les modalités de plantation. La densité des plants et le plan de plantation sera à adapter en fonction des situations.</p>

MESURE C3

CREATION DE BANDES DE RIPISYLVE PERENNE (2/2)

Point à étudier

Il est nécessaire d'avoir un diagnostic préalable des berges concernées sur les points suivants :

- dans le cas des rives avec ripisylve, le diagnostic doit porter sur l'état du linéaire de ligneux et s'assurer que les moyens fonciers puissent permettre le déploiement de la mesure. L'accord avec les riverains et/ou exploitants agricoles est un préalable ;
- dans le cas des rives sans ripisylve, avec ou sans élevage ou en zone de chantier, les longueurs à mettre en défens sont à déterminer et à localiser par la pose de clôtures permanentes ou temporaires (étape donc de mise en défens). Pour les zones de chantier, la bande doit être préalablement définie dans le plan de chantier et balisée pour éviter toute intrusion et/ou dépôts divers de quelle que nature que ce soit.

Localisation

La mesure peut être déployée à l'amont, le long et à l'aval immédiat de l'aire d'étude.

Ampleur de la mesure

La mesure doit être proportionnée à l'impact produit sur l'habitat des Mulettes. Pour qu'il y ait un effet significatif la longueur de rives plantées devra correspondre au moins à 10 fois la largeur à plein bord soit entre 50 ml et 100 ml pour ce qui concerne l'Esch à proximité de l'aire d'étude.

Pertinence de la mesure

La mesure limitera les apports en matière organique pour le cours d'eau. Elle augmentera également l'ombrage et donc une certaine régulation thermique. Enfin, les arbres permettront le renforcement naturel et le maintien de la berge. Ils permettront également par leur présence ou l'apport de matériaux (bois morts) la création d'habitats favorables à la faune aquatique et la création de zones de diversification des écoulements.

Condition de la mise en œuvre/limites/points de vigilance

Cette mesure doit être mise en œuvre avec le concours des propriétaires riverains (sans que cela soit à leur charge). L'entretien de ces bandes est inutile, il viendrait mettre en échec l'objectif de la mesure qui est de laisser la végétation spontanée s'exprimer. Il sera cependant nécessaire d'être vigilant à l'arrivée et à l'installation d'EEE. Dans ce cas, s'il y en a préalablement et spontanément, il s'agira d'assurer suivi et ou une gestion du site jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de risques pour les plants.

S'il y a échec des plantations, il y a alors obligation de replanter à nouveau. Il s'agit donc de bien réaliser les plantations, aux bonnes périodes et adapter les protections des plants aux pressions potentielles d'abrutissement.

La garantie de reprise donnée par l'entreprise qui va réaliser le travail, ainsi que la veille ultérieure sur le long terme, sont des éléments fondamentaux : ils permettent de vérifier le bon développement des végétaux sur les deux premières années (période cruciale) et leur correcte gestion.

La veille permettra d'éviter les mortalités par sécheresse, surtout de remplacer les plants déficients, retirer après chaque crue les embâcles et flottants qui risquent de perturber leur développement, mais surtout de repérer le plus tôt possible les éventuelles dégradations du site et de les réparer avant qu'elles ne s'aggravent et ne remettent en cause la stabilité générale.


Modalité de suivi envisageable

- Vérification du respect des clôtures et du balisage ;
- vérification et contrôle de l'usage des zones tampons ;
- vérification de la réussite de la plantation dans le temps (voir points de vigilance).

Coûts

Plantation d'arbres et arbustes : 12,00 € ht /ml
Veille sur les plantations/entretien : 2,00 € ht /ml

8.3.4 Fiche mesure C4 : Poursuite de la lutte contre la prédation des EEE

MESURE C4	POURSUITE DE LA LUTTE CONTRE LES ESPECES PREDATRICES EXOTIQUES ENVAHISSANTES (EEE) (1/2)
Période du cycle de vie <i>Unio crassus</i>	Adulte et juvénile
Objectif de la mesure	Maintenir l'espèce ; réduire la mortalité des individus ; favoriser la colonisation de l'espèce.
Durée de la mise en œuvre	Court et moyen terme
Moment de la mise en œuvre	Période post travaux
Catégorie	Mesure de Compensation Limiter les impacts et préserver l'existant Améliorer la qualité de l'habitat
Famille	Technique et géographique
Mesures croisées	MESURE R1
Descriptif	
Caractéristiques de la mesure	<p>L'objectif principal de cette mesure de compensation est ici de diminuer la pression de prédation sur les Mulettes épaisses le long de l'Esch.</p> <p>Il s'agit de déployer des mesures qui permettront de poursuivre les actions prises en mesure R2, sur un plus long terme et sur une portion de rivière plus étendue.</p> <p>Les espèces concernées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le Rat musqué <i>Ondatra zibethicus</i> (Linnaeus, 1766), - le Ragondin <i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782), - les écrevisses exotiques envahissantes.
Détail technique de la mesure	<p>Pour les mammifères prédateurs, des tirs et du piègeage seront mis en oeuvre.</p> <p>Ces méthodes seront ciblées sur le Rat musqué et le Ragondin. Cette lutte sera menée par des personnes habilitées et préalablement formées pour cela (louveter, piégeur agréé).</p> <p>La mesure consistera à définir un linéaire spécifique où la présence/trace de prédation est particulièrement marquée et de mettre en place des campagnes de lutte.</p> <p>Concernant les écrevisses exotiques envahissantes, des nasses seront déployées sur un linéaire défini afin de capturer des individus, durant plusieurs campagnes de piégeage.</p> <p>L'efficacité de la mesure se traduira par les résultats de capture et d'observation obtenus.</p>
Point à étudier	<p>Concernant les mammifères, une évaluation de la pression de prédation sera mise en œuvre avec la localisation des familles (terriers) des prédateurs sur le périmètre ciblé.</p> <p>Concernant les écrevisses, il sera notamment question de déceler la présence de <i>Pacifastacus leniusculus</i> dont l'impact sur les Mulettes est avéré.</p>
Exemple	 <p>Photo : Coquilles vides de Mulettes épaisses laissées par le Rat musqué (Crédit photo : Xavier Cucherat).</p>

MESURE C4	POURSUITE DE LA LUTTE CONTRE LES ESPECES PREDATRICES EXOTIQUES ENVAHISSANTES (EEE) (2/2)
Localisation	La zone d'intervention s'étalera sur un minimum de 1 km.
Ampleur de la mesure	La fréquence des visites (piégeage, tirs) et le nombre de pièges ainsi que leur localisation seront définis à la suite d'une évaluation de la pression. Un minimum de 1 km sera à parcourir le long de l'Esch pour définir les zones propices à la capture. Les sites les plus accessibles par les opérateurs seront privilégiés.
Pertinence de la mesure	L'effet escompté est une baisse de la pression de prédation
Condition de la mise en œuvre/limites/points de vigilance	
	La mesure sera mise en œuvre dans le temps sur un linéaire significatif de cours d'eau, où la présence de la Mulette a été identifiée. La durée sera d'au moins une année. Son efficacité dépendra des techniques de piégeage, notamment du choix de localisation des pièges. Il sera question de mettre en oeuvre un partenariat avec des piégeurs agréés (associations de chasse locale) et louvetiers, ainsi que de faire appel à des hydrobiologistes pour les campagnes de lutte contre les écrevisses exotiques.
Modalité de suivi envisageable	Vérification de l'absence de charnier qui traduisent la pression de prédation.
Coûts	
	<p>Matériel utilisé :</p> <p>Piège : 200,00 € ht /u</p> <p>Nasse : 100,00 € ht/u</p> <p>Estimation de la population, organisation des intervention et suivi des résultats : 4 000,00 € ht</p> <p>Interventions :</p> <p>- piégeage (pose et relevé) et tirs durant 1 année : 5 000,00 € ht</p> <p>- nasses (pose et relevé) : 3000,00 € ht</p> <p>Les coûts seront variables en fonction de l'ampleur du déploiement de la mesure.</p>

8.4 Suivi d'accompagnement de la séquence ERC

Ce suivi est préconisé dans le cadre de l'évaluation générale de l'impact des travaux.

8.4.1 Fiche mesure A1 : Suivi post-déplacement des zones d'accueil

MESURE A1	SUIVI POST-DEPLACEMENT DES ZONES D'ACCUEIL (1/2)
Période du cycle de vie <i>Unio crassus</i>	Individus juvéniles et adultes
Objectif de la mesure	Appréciation sur la Mulette épaisse des effets des mesures de déplacement mises en oeuvre dans le cadre du projet
Durée de la mise en œuvre	2 + 3 jours
Moment de la mise en œuvre	1 mois et 4 ans après travaux
Catégorie	Mesure d'accompagnement Evaluation de l'efficacité des mesures de réduction
Famille	Contrôle avant / après (BACI)
Mesures croisées	Mesures R2,R3
Descriptif	
Caractéristiques de la mesure	<p>Après le déplacement des individus des zones d'emprises dans les zones d'accueil, il est essentiel de pouvoir évaluer la réussite de cette mesure.</p> <p>1 mois après le déplacement des individus dans la zone d'accueil, un suivi sera effectué afin de s'assurer qu'il n'y a pas de mortalité de masse ni de prédation par des nuisibles.</p> <p>Ensuite il sera question de pouvoir évaluer la viabilité de l'ensemble des individus dans la zone d'accueil (déplacés et résidents), et la fonctionnalité de la population globale dans cette zone.</p> <p>Le principe repose sur le suivi d'une fraction d'individus déplacés marqués comparé à une fraction d'individus résidents marqués également.</p>
Détail technique de la mesure	<p>La définition, la caractérisation de la zone de réception et les densités de Mulettes épaisses de celle-ci ont été réalisées en même temps que l'estimation de l'abondance des zones d'emprise.</p> <p>Lors du déplacement des individus, il faudra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sélectionner aléatoirement des placettes de suivi dans la zone d'accueil (4 placettes de 3x3m dans les linéaires de réception de 25m) - matérialiser les angles des placettes par des pieux en bois enfoncés dans le substrat et les identifier par un pît-tag - réaliser l'état initial de la population de chaque placette en dénombrant, marquant, mesurant et pesant chaque individus résidents de la placette - replacer les individus dans leur placette - sélectionner aléatoirement et marquer une fraction des individus déplacés - placer ces individus déplacés et marqués dans les placettes aux cotés des individus résidents - réaliser 1 mois après un suivi simple (sans mesure ni comptage) dans la zone de réception pour voir si les individus filtrent correctement - réaliser 4 ans après le déplacement un suivi comprenant les mesures des variables suivantes: <p>Taux de reprise: ratio entre le nombre de Mulette marquées (mortes ou vivantes) dans une placette / nombre de Mulettes placées dans la placette</p> <p>Le mouvement: ratio entre le nombre de Mulettes marquées retrouvées vivantes en dehors de la placette initiale / le nombre total des Mulettes marquées vivantes</p> <p>La mortalité des individus marqués: ratio entre coquilles marquées retrouvées / individus marqués vivants + individus non marqués vivants</p> <p>La mortalité des individus résidents non marqués: ratio entre les individus non marqués morts récemment / individus non marqués morts récemment + individus non marqués vivants</p> <p>La croissance: différence de taille entre le déplacement et le suivi.</p>
Point à étudier	La fraction des individus marqués et suivis devra être représentative de l'ensemble des individus qui auront été déplacés.

MESURE A1	SUIVI POST-DEPLACEMENT DES ZONES D'ACCUEIL (2/2)
Localisation	Zone d'implantation des individus déplacés
Ampleur de la mesure	Les moyens humains et financiers nécessaires pour mettre en oeuvre cette mesures sont: <u>moyens humains</u> : suivi à 1 mois : comprenant 2 personnes sur site pendant 2 jours + rapport de suivi suivi à 4 ans : comprenant 2 personnes sur pendant 3 jours + rapport de suivi <u>budget</u> : 9500,00 € HT
Pertinence de la mesure	Cette mesure doit être systématiquement associée à la mesure de déplacement des individus afin de pouvoir évaluer le taux de réussite de la mesures mise en place et la viabilité des populations en place
Condition de la mise en œuvre/limites/points de vigilance	La mise en oeuvre de la mesure sera planifiée à la période d'étiage (en septembre) avant travaux, et en dehors de la période de reproduction de l'espèce (avril à juillet) et ce pour permettre de (1) travailler dans des conditions de débits et vitesse de courant praticables afin d'assurer l'atteinte des objectifs et (2) d'éviter les avortements dûs au stress.
Les intervenants	Ingénieurs écologues, spécialistes des Mulettes épaisses

8.5 Calendrier des mesures ERC

Tableau 18 : Calendrier des mesures ERC selon la période de travaux

			2025							2026	2027	2028	2029	
			mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.					déc.
Mesures ERC	Travaux													
	Réduire	Organisation et suivi de chantier												
		Pêche de sauvetage des individus/déplacement												
		Lutte contre la prédation EEE												
		Abattre les MES et éviter éventuelles pollutions												
	Compenser	Mise en défens des berges												
		Assurer l'abreuvement des animaux d'élevage												
		Création de bandes de ripisylve perenne												
		Poursuite de la lutte contre la prédation EEE												
	Accom-pagner	Suivi à 1 mois et 4 ans												

*Couleur foncée : Période ciblée Couleur claire : Période de flexibilité

9 Bibliographie

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE 2022. — Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2022-2027 du bassin Rhin-Meuse. Tome2 : Objectifs de qualité et de quantité des eauxAGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE. p. 456.

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE 2022. — Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2022-2027 du bassin Rhin-Meuse. Tome3 : Orientations fondamentales et dispositionsAGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE. p. 368.

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE 2022. — Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2022-2027 du bassin Rhin-Meuse. Programmes de mesures des districts du Rhin et de la MeuseAGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE. p. 154.

BAUER G. 2000. — Life-history variation of different taxonomic levels of Naiads, in BAUER G. & WÄCHTLER K. (eds.), *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*Vol. 145. Berlin, Springer. p. 83–91. (Ecological Studies).

CUCHERAT X. & PRIÉ V. 2021. — Étude sur la population de la Mulette épaisse dans le site Natura 2000 de la Vallée de l'Esch Rapport d'étude. Gondécourt/Lodève, Arion.idé/ Vincent Prié – Expertises Biodiversité/ Syndicat Mixte du Parc naturel régional de Lorraine. p. 36.

CUCHERAT X. & PRIÉ V. 2021. — Mulette épaisse *Unio crassus* & autres bivalves - Quels projets doivent les prendre en compte et comment ? 106 p. (Guide technique).

CUTTELOD A., SEDDON M.B. & NEUBERT E. 2011. — *European red list of non-marine molluscs*. Luxembourg : [Gland, Switzerland], Publications Office of the European Union ; Prepared by IUCN and the Natural History [Museum] of Bern. 97 p. (IUCN red list of threatened species. Regional assessments).

DICICCIO T.J. & EFRON B. 1996. — Bootstrap confidence intervals. *Statistical Science* 11 (3): 189–228

DOBLER A.H. & GEIST J. 2022. — Impacts of native and invasive crayfish on three native and one invasive freshwater mussel species. *Freshwater Biology* 67 (2): 389–403. <https://doi.org/10.1111/fwb.13849>

DOUDA K. 2013. — Quantifying the host relationships of endangered freshwater mussels – *Unio crassus* demonstrates a need for unifying methodologies. *Biological Conservation* 159: 548–549. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.12.030>

DUNCA E. 2014. — Age determination of *Unio crassus* shells from Sauer and Our Rivers Bivalvia report N9. p. 20.

ENGEL H. 1990. — Untersuchungen zur Autökologie von *Unio crassus* (Philipsson) in Nord-deutschland Hannover, *Universität Hannover*.

FERREIRA-RODRIGUEZ N., SOUSA R. & PARDO I. 2018. — Negative effects of *Corbicula fluminea* over native freshwater mussels. *Hydrobiologia* 810 (1): 85–95. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-3059-1>

HAAG W.R., CULP J., DRAYER A.N., MCGREGOR M.A., WHITE D.E.J. & PRICE S.J. 2021. — Abundance of an invasive bivalve, *Corbicula fluminea*, is negatively related to growth of freshwater mussels in the wild. *Freshwater Biology* 66 (3): 447–457. <https://doi.org/10.1111/fwb.13651>

HOCHWALD S. 2000. — Plasticity of life-history in *Unio crassus*, in BAUER G. & WÄCHTLER K. (eds.), *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*Vol. 145. Berlin, Springer. p. 127–141. (Ecological Studies).

HOCHWALD S. 1997. — Populationsökologie der Bach muschel (*Unio crassus*). *Bayreuther Forum Ökologie* 50

LAMAND F. & BEISEL J.-N. 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* (413): 11. <https://doi.org/10.1051/kmae/2014009>

LAMAND F., ROCHE K. & BEISEL J.-N. 2016. — *Glochidial infestation by the endangered mollusc Unio crassus in rivers of north-eastern France : Phoxinus phoxinus and Cottus gobio as primary fish hosts: Primary Fish Hosts of Unio Crassus. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 26 (3): 445–455. <https://doi.org/10.1002/aqc.2603>

L'ATELIER DES TERRITOIRES 2021. — Programme de restauration de l'Esch et de ses affluents. Dossier de déclaration au titre du Code de l'Environnement et de Déclaration d'Intérêt Général *Communautés de communes du Bassin de Pont-à-Mousson & Communautés de communes des Terres Toulouses*. p. 296.

LOPES-LIMA M., TEIXEIRA A., FROUFE E., LOPES A., VARANDAS S. & SOUSA R. 2014. — Biology and conservation of freshwater bivalves: past, present and future perspectives. *Hydrobiologia* 735 (1): 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-1902-9>

MODESTO V., DIAS E., ILARRI M., LOPES-LIMA M., TEIXEIRA A., VARANDAS S., CASTRO P., ANTUNES C. & SOUSA R. 2021. — Trophic niche overlap between native freshwater mussels (Order: Unionida) and the invasive *CORBICULA FLUMINEA*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 31 (8): 2058–2071. <https://doi.org/10.1002/aqc.3618>

MOUTHON J. 1994. — Fréquences et densités des espèces de mollusques dans les cours d'eau français. *Vertigo* 4: 19–28

ODONAT GRAND EST 2023. — *Liste rouge des Mollusques continentaux du Grand-Est* 16 p. (Les Listes rouges des espèces menacées du Grand-Est).

P.A.I ENVIRONNEMENT 2022. — RESTAURATION DE LA CONTINUITE ECOLOGIQUE DE L'ESCH SUR LA COMMUNE DE JEZAINVILLE (54) DOSSIER DE DEMANDE DE DEROGATION EXCEPTIONNELLE DE DEPLACEMENT D'UNE ESPECE PROTEGEE AU TITRE DE L'ARTICLE L.411-2 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT Rapport d'expertise. Metz, *P.A.I Environnement/CCBPAM*. p. 36.

PREFET DE MEURTHE-ET-MOSELLE 2021. — Arrêté préfectoral n° DDT-ERC-2021-070 du 3 décembre 2021 portant déclaration d'intérêt général au titre de l'article L.211-7 du code de l'environnement et prescriptions spécifiques à déclaration au titre des articles L.214-1 à L.214-6 du même code, à la demande de Monsieur Henry LEMOINE, Président de la Communauté de Communes du Bassin de Pont-à-Mousson en vue de la réalisation de travaux de restauration de l'Esch et de ses affluents sur les communes de MARTINCOURT, ROGEVILLE, GEZONCOURT, VILLERS-EN-HAYE, GRISCOURT, DIEULOUARD, JEZAINVILLE, BLENOD-LES-PONT-A-MOUSSON, PONT-A-MOUSSON, ainsi que sur le territoire de la Communauté de Communes Terres Toulouses, communes de GROSROUVRES, ROYAUMEIX, ANSAUVILLE, MINORVILLE, MANONVILLE, DOMEVRE-EN-HAYE, TREMBLECOURT et NOVIANT-AUX-PRES Nancy, *Direction Départementale des Territoires de la Meurthe et Moselle*. p. 11.

R CORE TEAM 2018. — R: A Language and Environment for Statistical Computing

SIALIS 2022. — Recherche de la mulette épaisse (*Unio crassus*) sur l'Esch de part et d'autre du seuil du moulin de Jezainville et du seuil du Centre Bertelle en préalable aux aménagements prévus au programme de restauration de l'Esch et de ses affluents Rapport d'étude. *Sialis/CCBPAM*. p. 10.

STRAYER D.L. 2008. — *Freshwater mussel ecology - A multifactorial approach to distribution and abundance*. Berkeley, University of California Press. 204 p. (Freshwater ecology series).

STRAYER D.L. & SMITH D.R. 2003. — *A guide to sampling freshwater mussel populations* Vol. Monograph 8. Bethesda, American Fisheries Society. xi + 103 p.

SZARMACH D., WISNIEWSKI K., KOBAK J., LICHOCKA K., JERMACZ Ł., KAKAREKO T., SOUSA R. & POZNANSKA-KAKAREKO M. 2024. — Impact of habitat engineering by invasive *Corbicula* clams on native European unionid mussels. *Science of The Total Environment* 948: 174764. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174764>

TAEUBERT J.-E., GUM B. & GEIST J. 2011. — Host-specificity of the endangered thick-shelled river mussel (*Unio crassus*, Philipsson 1788) and implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22: 36–46

TAEUBERT J.-E., EL-NOBI G. & GEIST J. 2014. — Effects of water temperature on the larval parasitic stage of the thick-shelled river mussel (*Unio crassus*). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24 (2): 231–237. <https://doi.org/10.1002/aqc.2385>

THOMPSON S.K. 2002. — *Sampling - Second edition*. New York, John Wiley & Sons. xvii + 367 p. (Wiley series in probability and statistics).

TUDORANCEA C. & GRUIA L. 1968. — Observation on the *Unio crassus* Philipsson population from the Nera River. *Travaux du Muséum d'histoire naturelle 'Grigore Antipa'* 8: 381–394

UICN, OFB, & MNHN 2021. — *La Liste rouge des espèces menacées en France - Mollusques continentaux de France métropolitaine* 16 p.

ZAJAC K. & ZAJAC T.A. 2020. — Seasonal patterns in the developmental rate of glochidia in the endangered thick-shelled river mussel, *Unio crassus* Philipsson, 1788. *Hydrobiologia*. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04240-y>

ZAJAC K., ZAJAC T.A., ADAMSKI P., BIELANSKI W., ĆMIEL A.M. & LIPINSKA A.M. 2019. — Dispersal and mortality of translocated thick-shelled river mussel *UNIO CRASSUS* Philipsson, 1788 adults revealed by radio tracking. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 29 (3): 331–340. <https://doi.org/10.1002/aqc.3063>