



SOCIÉTÉ
D'HISTOIRE NATURELLE
ET D'ETHNOGRAPHIE
DE COLMAR

Depuis 1860, nous produisons et diffusons des connaissances pour la nature et les cultures du monde.

SHNEC

EXPERTISE

Etat des populations de Mulette épaisse (*Unio crassus*) et répartition des micro-bivalves sur le bassin versant du Durbion (Vosges, Grand Est)



■ Rapport d'étude

SOMMAIRE

Résumé	3
Introduction.....	5
I. Matériels et Méthodes	6
<i>I.1 Zone d'étude et répartition des populations de Mulette épaisse sur l'Onzaines et le Fontenay.....</i>	<i>6</i>
<i>I.2 Etude stationnelle de populations de Mulette épaisse.....</i>	<i>6</i>
<i>I.2.1 Propriétés physiques des stations</i>	<i>6</i>
<i>I.2.2 Propriétés physico-chimiques de l'eau.....</i>	<i>8</i>
<i>I.2.3 Dénombrement des populations</i>	<i>9</i>
<i>I.2.4 Analyses comparatives</i>	<i>9</i>
<i>I.3 Inventaire et répartition des micro-bivalves.....</i>	<i>10</i>
II. Résultats	10
<i>II.1 Répartition des populations de Mulette épaisse sur l'Onzaines et le Fontenay.....</i>	<i>10</i>
<i>II.2 Etude stationnelle de populations de Mulette épaisse.....</i>	<i>11</i>
<i>II.2.1 Propriétés physiques des stations</i>	<i>11</i>
<i>II.2.2 Propriétés physico-chimiques de l'eau.....</i>	<i>11</i>
<i>II.2.3 Dénombrement des populations</i>	<i>13</i>
<i>II.2.4 Analyses comparatives</i>	<i>13</i>
<i>II.3 Inventaire et répartition des micro-bivalves.....</i>	<i>17</i>
III. Discussion	19
<i>Etat des populations de Mulette épaisse</i>	<i>19</i>
<i>Causes probables de l'absence sur le Fontenay</i>	<i>20</i>
<i>Causes probables du déclin sur l'Onzaines</i>	<i>20</i>
<i>Inventaire et répartition des micro-bivalves.....</i>	<i>22</i>
<i>Priorité d'actions et recommandations dans le cadre du programme de restauration du Durbion.....</i>	<i>22</i>
Bibliographie.....	24

Etat des populations de Mulette épaisse (*Unio crassus*) et répartition des micro-bivalves sur le bassin versant du Durbion (Vosges, Grand Est)

RESUME

L'objectif de cette étude est d'apporter des éléments concernant l'état des populations de Mulette épaisse *Unio crassus* et la répartition des micro-bivalves. Elle s'inscrit dans le cadre des inventaires faune/flore visant à définir les mesures de la séquence ERC (éviter, réduire, compenser) en vue d'adapter les travaux de restauration du bassin versant du Durbion à la présence d'espèces protégées.

- (1) Le premier objectif visait à préciser la répartition de la Mulette épaisse sur le ruisseau d'Onzaines et le ruisseau de Fontenay. Des prospections visuelles menées à l'aquascope sur 15 tronçons mettent en évidence une quasi-disparition de l'espèce sur toute la partie amont de l'Onzaine ainsi que ses affluents, le Grand Ruisseau et le Ruisseau de l'étang. L'abondance de coquilles vides y atteste de la présence historique de population mais seul quelques individus survivent actuellement sur ce secteur et ne constituent pas de population viable. Sur le Fontenay, aucune trace de présence de l'espèce n'a été mise en évidence et l'espèce y est considérée comme absente.
- (2) Le second objectif concernait la recherche des facteurs limitants la présence de l'espèce et pouvant expliquer son déclin/disparition. 12 stations réparties sur l'ensemble du bassin versant sont étudiées au travers une série de paramètres physiques et physico-chimiques. Sur ces mêmes stations, les densités en Mulette épaisse sont déterminées par la réalisation d'excavations et en tenant compte du nombre d'individus juvéniles présents. Les résultats obtenus indiquent des densités populationnelles faibles à moyennes sur l'ensemble des stations avec présence de l'espèce (0,14 à 9,10 ind./m²). La part de juvéniles dans les populations étudiées est également relativement faible sur la plupart des stations et varie de 5,56 à 36,36 %.

La désoxygénation des cours d'eau en fin d'été, un apport excessif en matière organique conduisant à un fort colmatage du milieu interstitiel sont identifiés comme les principales causes affectant l'espèce sur le bassin. Elles apparaissent comme les causes principales du déclin de l'espèce sur l'Onzaines. Des problématiques de colmatage sont également présentes sur le cours du Durbion à des niveaux moins importants et de manière non systématique.

Ces constats conduisent à considérer la Mulette épaisse comme fortement menacée sur l'ensemble du bassin versant du Durbion.

- (3) Le dernier objectif visait à compléter la connaissance concernant la présence et la répartition des espèces de micro-bivalves sur le bassin versant. Leur présence est recherchée par des inventaires ciblés sur 17 stations réparties sur l'ensemble du bassin. Un total de 13 espèces de micro-bivalves est recensé. Les résultats obtenus montrent que la quasi-totalité des espèces présente une répartition restreinte au cours aval du Durbion en aval de Villoncourt. Seule l'espèce la plus pollueurésistante, *Sphaerium corneum*, présente une plus large répartition.

Ces éléments conduisent à proposer (1) la mise aux normes des traitements des rejets urbains, (2) la restauration de la continuité écologique (élimination des obstacles à l'écoulement) et (3) la diversification des écoulements et des habitats, comme des actions prioritaires du programme de restauration.

INTRODUCTION

Dans le cadre de leur compétence en matière de gestion des milieux aquatiques et prévention contre les inondations, la Communauté de Communes de Bruyères-Vallons des Vosges et la Communauté d'Agglomération d'Epinal (respectivement CCB2V et CAE) se sont associées par le biais d'un groupement de commande pour réaliser un programme de restauration hydromorphologique sur le bassin versant du Durbion. Les masses d'eau concernées sont considérées en état écologique « moyen » et « médiocre » d'après l'état des lieux de 2013 (AERM/DREAL). Globalement, le Durbion et ses affluents connaissent des problématiques de dégradation de leur qualité chimique et biologique qui reste l'une des plus importantes sur la Moselle amont. Cette situation est liée principalement à un manque de systèmes d'assainissement fonctionnels (eaux usées domestiques), à une dégradation de la qualité des berges et du lit (appauvrissement de la ripisylve, piétinement des animaux d'élevage, implantation d'espèces non adaptées...) et à la présence d'ouvrages infranchissables ou non adaptés à la morphologie du lit.

Suite aux premiers travaux réalisés en 2019, un manque de prise en compte de la présence potentielle ou avérée d'espèces protégées et de leurs habitats est constaté. Concernant les bivalves (moules d'eau douce), une importante population d'*Unio crassus* Philipsson, 1788 -la Mulette épaisse- a été mise en évidence (SHNEC 2019). Des populations sont recensées essentiellement sur le cours principal du Durbion, ainsi que sur l'Onzaines où elle semble en fort déclin (SHNEC 2019). L'espèce et ses habitats sont strictement réglementés par l'arrêté du 23/04/2007 fixant la liste des mollusques protégés en France et via la réglementation liée aux annexes II et IV de la Directive Européenne Habitat-Faune-Flore. Une importante diversité en espèce de micro-bivalve (famille des Sphaeriidae) est également observée sur le bassin avec 11 espèces identifiées en 2019.

Les moules d'eau douces vivent complètement ou en partie enfoncées dans le sédiment des cours d'eau et des plans d'eau. Il s'agit d'animaux filtreurs qui ont un comportement sédentaire, n'effectuant que de rares déplacements sur des distances limitées. Pour ces raisons, ils sont particulièrement sensibles aux perturbations physiques de leur habitat. La réalisation de travaux dans les cours d'eau est susceptible d'impacter directement les individus. Les moules d'eau douce jouent un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Leur activité de filtration modifie l'abondance et la composition en matière de la colonne d'eau. Elles influencent les cycles biogéochimiques, effectuent des transferts de matière organique et inorganique vers les sédiments. Elles permettent ainsi de créer des niches écologiques particulièrement riches en espèces de macro-invertébrés. A titre d'illustration, leur capacité de filtration d'une population peut représenter jusqu'à 50% des matières en suspension d'un cours d'eau durant l'été. Enfin, elles sont une part importante de la biomasse des cours d'eau, pouvant représenter 90 % de la biomasse benthique. Elles représentent donc un enjeu de conservation important pour le bon état de fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

Cette étude s'inscrit dans le cadre des inventaires faune/flore menés par le bureau d'étude Ecolor et visant à définir les mesures de la séquence ERC (éviter, réduire, compenser) en vue d'adapter les travaux de restauration à la présence d'espèces protégées. Cette étude sur les bivalves a comme objectifs : (1) de préciser la répartition de l'espèce *Unio crassus* sur le ruisseau d'Onzaines et le ruisseau de Fontenay, (2) de rechercher les facteurs limitants la présence de l'espèce ou pouvant expliquer son déclin/disparition et (3) de compléter la connaissance concernant la présence et la répartition des espèces de micro-bivalves sur le bassin versant.

I. MATERIELS ET METHODES

I.1 Zone d'étude et répartition des populations de Mulette épaisse sur l'Onzaines et le Fontenay

La zone d'étude correspond au bassin versant du Durbion, cours d'eau qui prend sa source à 478 mètres d'altitude et qui finit sa course dans la Moselle à 285 mètres d'altitude. Ce bassin représente une surface approximative de 158 km² avec un linéaire de cours d'eau estimé à 128 km (SHNEC 2019). Il se situe au sein du plateau sous-Vosgien hormis quelques zones de sources issues des Vosges gréseuses et se caractérise donc par un paysage de plaine et de collines avec des pentes faibles et un socle basique.

Plus précisément, la zone d'étude se concentre sur l'aire de répartition historique et actuelle supposée de la Mulette épaisse obtenue au travers des inventaires menés en 2019 par nous-même (SHNEC 2019). Dans le cadre de cette étude et afin d'obtenir une vue plus précise des limites de répartition et du niveau de populations de la Mulette épaisse, des prospections complémentaires sur l'Onzaines et le Fontenay sont réalisées. 15 tronçons de 20 à 50 mètres ont été prospectés sur ces deux cours d'eau : 7 sur l'Onzaines et ses affluents, notés T1 à T7 (figure 1A) ; et 8 sur le Fontenay et son affluent, notés T8 à T15 (figure 1B). Ils ont été disposés de manière disjointes aux précédents tronçons prospectés en 2019 et 2020 de manière à compléter efficacement la connaissance de la répartition de la Mulette épaisse.

La recherche des populations s'est faite au moyen d'un aquascope combiné à une lampe torche permettant d'observer le fond du cours d'eau. Tous les individus observés, valves ou spécimens vivants, sont identifiés au niveau spécifique. Chaque individu vivant contacté est précautionneusement extrait de son emplacement. Cette manipulation est nécessaire à la détermination spécifique. Par précaution, les moules sont préalablement "tapotées" afin de provoquer la fermeture des valves et la rétractation du pied de l'animal qui sert à l'ancrage dans le sédiment, évitant ainsi d'occasionner des blessures lors de l'extraction. Les individus sont ensuite identifiés et replacés à leur emplacement initial dans le cours d'eau. Ceci est réalisé, notamment pour l'espèce réglementée *Unio crassus*, sous couvert d'une dérogation obtenue par les services de la DREAL.

I.2 Etude stationnelle de populations de Mulette épaisse

A partir des connaissances acquises précédemment (cf. *supra*), des stations d'études sont définies afin de documenter précisément le nombre d'individus et l'état des populations de Mulette épaisse, ainsi que les caractéristiques physiques du cours d'eau et les propriétés physico-chimiques de l'eau. Les stations représentent une surface de 50 m² de lit mineur toujours en eau en période d'étiage.

Les stations sont choisies afin de correspondre à différentes situations tant populationnelles (abondance, déclin supposé, absence) que géographiques sur le bassin versant. Quatre stations sur le Durbion (SE1 à SE4), trois stations sur le Fontenay (SE5 à SE7) et quatre stations sur l'Onzaines (SE8 à SE12) sont étudiées (figure 1C).

I.2.1 Propriétés physiques des stations

Une série de propriétés physiques est relevée sur chaque station afin de caractériser les différents tronçons de cours d'eau étudiés. Ces propriétés sont présentées succinctement ci-dessous.

Largeur plein bord (Lpb) : largeur du cours d'eau lorsque la hauteur de l'eau atteint le niveau de débordement (plein bord) ; Deux mesures sont réalisées à l'amont et l'aval de chaque station au moyen d'un décimètre.

Hauteur plein bord (Hpb) et hauteurs du lit (H) : correspond à la différence de hauteur entre le fond du lit du cours d'eau et la hauteur de l'eau à plein bord ; Cinq mesures (H1 à H5) sont réalisées le long de deux transect transversaux à l'amont et à l'aval de chaque station. La hauteur plein bord (Hpb) correspond à la hauteur maximale soit entre le point le plus bas du lit et la hauteur de l'eau à plein bord.

Encaissement (Enc) : correspond au niveau de resserrement du lit du cours d'eau entre ces berges. Il est calculé ici à partir de la largeur plein bord (Lpb) divisée par la moyenne des cinq hauteurs (H1 à H5) mesurées précédemment. Plus la valeur est élevée et moins l'encaissement du cours d'eau est important.

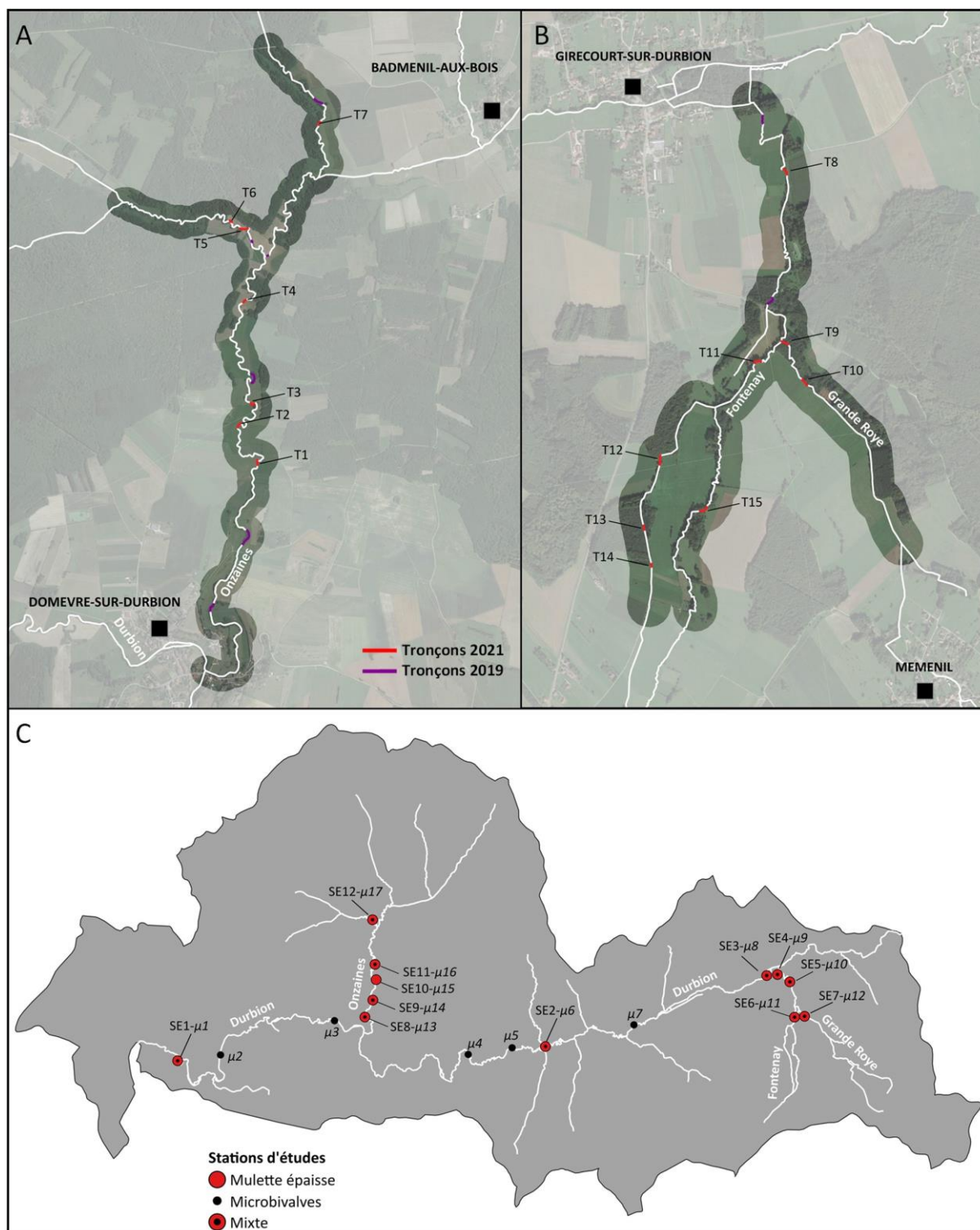


Figure 1 : Cartographie du bassin versant du Durbion, tronçons et stations d'études. **A. :** Localisation des tronçons prospectés en 2021 (présente étude) et en 2019 (SHNEC 2019) sur l'Onzaines et ses affluents. **B. :** Localisation des tronçons prospectés en 2021 (présente étude) et en 2019 (SHNEC 2019) sur le Fontenay et la Grande Roye. **C. :** Localisation des stations d'études pour la Mulette épaisse (SE1 à SE12) et pour les micro-bivalves (μ1 à μ17).

Pente (P) : correspond à la différence de hauteur entre deux points du lit sur une distance donnée. Deux calculs de la pente ont été effectués. Le première (P1) correspond à la pente à l'échelle de la station. Elle a été mesurée directement sur le terrain au moyen d'un niveau de chantier et d'une mire entre les limites amont et aval de chaque station. La deuxième (P2) correspond à la pente moyenne du tronçon hydrographique sur lequel se situe la station et a été calculée à partir du référentiel topographique de l'IGN, RGE ALTI®, avec une résolution au mètre et une précision d'altitude au centimètre. Ce calcul de pente est effectué pour un linéaire d'environ 300 mètres.

Rayon hydraulique plein bord (Rh) : correspond à une mesure de la section mouillée du cours d'eau, calculé ici pour le niveau de plein bord. Il peut être approximé pour les cours d'eau en fonction de la forme globale de ce dernier par les formules suivantes :

Dans le cas d'un cours d'eau de forme trapézoïdale : $Rh = [(b+m.h).h] / [b+2h.\sqrt{(1+m^2)}]$

Dans le cas d'un cours d'eau de forme parabolique : $Rh = 2B^2h / [3B^2h + 8h^2]$

Deux calculs du rayon hydraulique sont faits par station en utilisant la formule adaptée à la situation et correspondent aux mesures en limites amont (Rh1) et aval (Rh2) de chacune d'entre elles.

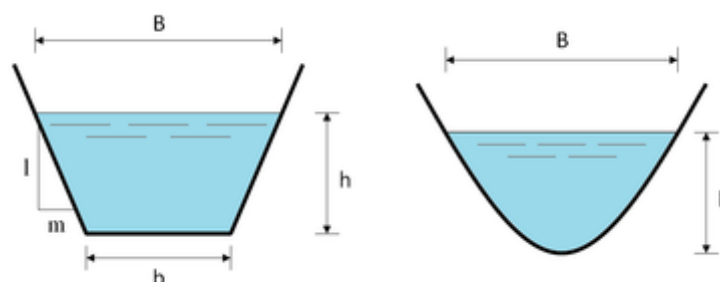


Figure 2 : Schéma d'une coupe de cours d'eau de forme trapézoïdale (à gauche) et parabolique (à droite) et mesures associées au calcul du rayon hydraulique

Paramètre de Shields (τ) : Cette valeur correspond à la force qu'exerce l'eau sur le fond du lit de la rivière à l'origine de la mise en mouvement des sédiments de fond. Elle est calculée pour le débit de plein bord (τ_{pb}) au moyen de la formule de Shields (1936) :

$$\tau = p.g.Rh.P$$

avec p la densité de l'eau (998 kg/m³ à ~20°C), g l'accélération de la pesanteur (9.81m/s²), Rh le rayon hydraulique (en mètre), P la pente (en mètre/mètre). La valeur obtenue s'exprime en kg.m⁻¹.s⁻² ou N.m⁻².

Pour chaque station, deux valeurs du paramètre de Shields sont calculées en utilisant la pente moyenne du tronçon (P2) et les deux mesures de rayon hydraulique (Rh1 et Rh2). Ceci permet d'obtenir une gamme de valeurs pour le paramètre de Shields liée à la variabilité naturelle de la forme du cours d'eau. La valeur moyenne du paramètre ainsi que les valeurs extrêmes sont fournies dans la partie résultat.

I.2.2 Propriétés physico-chimiques de l'eau

Sur chaque transect une mesure du pH, de la conductivité électrique de l'eau à 20 °C, du potentiel d'oxydoréduction (redox), de la concentration et du taux de saturation en oxygène et de la turbidité est réalisée dans la colonne d'eau. Les mesures sont effectuées au moyen d'une sonde placée dans l'eau à hauteur du substrat, et la mesure, réalisée au moyen d'un multi-paramètre, est enregistrée au bout de quelques minutes, après stabilisation des valeurs lues sur le dispositif. Ces mesures sont répétées trois fois au cours de la période d'étiage, en juillet, août et septembre, afin de documenter plus précisément ces paramètres. La valeur moyenne des différents paramètres est présentée dans la partie résultat. L'ensemble des mesures est fourni par ailleurs en annexe 1.

Afin d'évaluer le colmatage et les conditions physico-chimiques du milieu interstitiel, une mesure de pH, de la conductivité électrique à 20 °C et du potentiel redox est réalisée également à 5 cm de profondeur dans le substrat. La mesure se fait par le prélèvement d'eau interstitielle au moyen d'un tube rigide en métal inoxydable

reliée à un tube en plastique souple et enfin à une seringue de 100 mL. Le tube rigide est enfoncé à 5 cm dans le substrat. L'eau est ensuite aspirée via la seringue. Un premier prélèvement de 100 mL est éliminé afin d'évacuer l'eau s'étant infiltrée pendant l'insertion du tube dans le substrat. Un second prélèvement de 100 mL est transféré dans un flacon afin de réaliser la mesure au moyen de la sonde.

Ces mesures dans le milieu interstitiel sont réalisées à l'échelle de 9 à 11 placettes disposées sur l'ensemble de la surface de la station et correspondant aux placettes sur lesquelles un dénombrement précis du nombre de mulettes épaisses est réalisé par la suite (cf. *infra*). Les mesures sont faites au mois de juillet avant les excavations. La valeur moyenne des différents paramètres est présentée dans la partie résultat. L'ensemble des mesures sont fournis par ailleurs en annexe 1.

Note : le potentiel d'oxydo-réduction est mesuré sur le terrain ($E_{\text{mesuré}}$) au moyen d'une électrode combinée de type Ag/AgCl. Les mesures de potentiel d'oxydo-réduction présentées dans ce rapport (E_h) sont exprimées par rapport à l'électrode standard hydrogène (ESH) en appliquant la correction standard suivante : $E_h = E_{\text{mesuré}} + 208\text{mV}$ afin de permettre les comparaisons entre études.

I.2.3 Dénombrement des populations

Sur chaque station, un dénombrement précis du nombre d'individus est fait par excavation sur une série de placettes. Les excavations sont réalisées au moyen d'un tamis à maille fine (2 mm) et d'une truelle. La surface excavée sur chaque placette correspond à la surface du tamis de 0,72 m² et est réalisée sur une profondeur de 10 cm dans le substrat. Sur chaque station entre 9 et 11 placettes sont excavées soit une surface échantillonnée (Se) comprise entre 6,48 et 7,92 m² par station (entre 13,0 et 15,9 % de la surface totale de la station).

Les individus sont ainsi dénombrés lors de chaque excavation en distinguant les individus adultes des juvéniles. Pour ce faire, la taille des individus est mesurée. La mesure prise est celle de la longueur des valves et nous considérons tous les individus de longueurs inférieurs à 3,0 cm comme juvéniles. Les sédiments puis les individus sont ensuite réimplantés à leur emplacement initial.

Ainsi, nous obtenons pour chaque station : le nombre total d'individus adultes (Na), le nombre total d'individus juvéniles (Nj), la densité d'individus adultes par mètre carré ($Da = Na / Se$), la densité d'individus juvéniles par mètre carré ($Dj = Nj / Se$) et la densité totale en mulettes épaisses par mètre carré ($Dt = [Na + Nj] / Se$).

I.2.4 Analyses comparatives

Deux types d'analyses comparatives sont proposées.

La première concerne l'échelle stationnelle. Nous avons ici comparé conjointement les valeurs prises par les différentes variables physiques et physico-chimiques mesurées sur l'ensemble des stations, avec ou sans présence de Mulette épaisse (SE1 à SE12). La valeur moyenne de chaque variable sur chaque station est utilisée. Dans le cas de la physico-chimie par exemple, c'est donc la valeur moyenne des paramètres obtenus lors des trois passages en juillet, août et septembre qui est utilisé ici. Une analyse en composante principale (ACP) est réalisée sur cette base afin de visualiser les corrélations entre ces différentes variables mais aussi les similitudes entre les différentes stations étudiées. Nous attribuons à chaque station un statut concernant la situation de la Mulette épaisse sur la base des résultats d'excavations : population, déclin/extinction, absence. Les indices de densités en mulettes épaisses (Da , Dj , Dt) sont projetés parmi les résultats à l'issue de l'analyse afin de visualiser les variables influençant potentiellement la présence de l'espèce.

La seconde concerne l'échelle des placettes d'excavations. Nous avons ici cherché les corrélations entre le nombre d'individus (Nt) ou le nombre de juvéniles (Nj) et les paramètres physico-chimiques mesurés sur chaque placette en juillet dans le milieu interstitiel et dans l'eau de surface. Seules les placettes se situant sur une station avec présence (actuelle ou historique) de l'espèce sont considérées ici. Nous cherchons ici à mettre en évidence l'influence de la physico-chimie sur l'abondance locale en Mulette épaisse.

I.3 Inventaire et répartition des micro-bivalves

Afin d'appréhender la répartition des différentes espèces de micro-bivalves (famille des Sphaeriidae), des inventaires ciblés sont réalisés sur un ensemble de 17 stations, notées $\mu 1$ à $\mu 17$, répartis sur l'ensemble du bassin versant (figure 1C).

La méthode d'inventaire utilisée consiste à prospector les différents micro-habitats (radier, fosse, sous berge, chevelu racinaire, patch de végétation aquatique, etc.) présents avec un effort de recherche d'une heure sur chaque station. Un filet troubleau à maille fine (500 μm) est utilisé pour sonder la végétation aquatique et un tamis à maille fine (500 μm) est utilisé pour sonder les sédiments. Nous intégrons également les résultats obtenus par un inventaire par ADN environnemental réalisé en 2019 sur les stations $\mu 1$ et $\mu 3$.

Les spécimens de micro-bivalves observés sont récoltés pour une détermination *a posteriori* en laboratoire. Les déterminations spécifiques sont faites sous loupe binoculaire en suivant les recommandations de Bichain *et al.* (2019) et les critères de déterminations fournis par Glöer (2015) et Umbrecht & Bichain (2017).

Sur la base de la présence/absence de détection des différentes espèces sur les stations, une extrapolation de leur aire de répartition à l'échelle du bassin versant est proposée.

II. RESULTATS

II.1 Répartition des populations de Mulette épaisse sur l'Onzaines et le Fontenay

Les résultats des prospections visuelles à l'aquascope sur l'Onzaines et le Fontenay et leurs affluents sont présentés dans le tableau 1.

Sur le bassin de l'Onzaines, les prospections mettent en évidence une présence relictuelle de quelques individus adultes sur le tronçon T1. De même deux individus adultes sont présents dans le Grand Ruisseau (T5), affluent de l'Onzaine. Sur les tronçons T2, T3 et T6, seules des valves vides sont observées. Aucune observation n'a pu être faite sur les tronçons T4 et T7. Finalement, aucune véritable population n'a pu être mise en évidence sur la partie amont de ce bassin.

Sur le Fontenay et son affluent, la Grande Roye (T8 à T15), aucun individu de Mulette épaisse n'est observé. De même aucune valve vide ou fragment de coquille n'est présente dans le cours d'eau, ce qui aurait pu suggérer une présence historique de l'espèce. Seul un individu d'Anodonte des rivières a été observé sur la partie aval du Fontenay (T8). A noter que deux étangs sont présents à proximité et qu'ils constituent un milieu qui correspond plus à cette espèce que le cours du Fontenay. L'individu observé en est probablement issu.

Tableau 1 : Résultats des inventaires à l'aquascope menés sur les 15 tronçons prospectés en 2021.

Tronçons	Cours d'eau	Linéaire prospecté (m)	Mulette épaisse	Autres espèces
T1	Onzaines	30	5 adultes	4 mulettes des peintres
T2	Onzaines	30	valves vides	
T3	Onzaines	30	valves vides	1 anodonte des rivières
T4	Onzaines	20	absence	
T5	Grand Ruisseau	50	2 adultes	
T6	Grand Ruisseau	20	1 valve vide	
T7	Ruisseau de l'Etang	20	absence	
T8	Fontenay	30	absence	1 anodonte des rivières
T9	Grande Roye	30	absence	
T10	Grande Roye	30	absence	
T11	Fontenay	40	absence	
T12	Fontenay	40	absence	
T13	Fontenay	20	absence	
T14	Fontenay	15	absence	
T15	Fontenay	40	absence	

II.2 Etude stationnelle de populations de Mulette épaisse

II.2.1 Propriétés physiques des stations

Les résultats des mesures de caractérisation physique des stations d'études sont présentés dans le tableau 2 ci-après. Les stations étudiées réparties sur l'ensemble du bassin versant du Durbion se différencient nettement par leurs propriétés physiques. La largeur plein bord varie de 2,70 mètre sur la station SE6 correspondant au cours du Fontenay proche de sa source à 11,5 mètres pour la station SE1 à l'aval du Durbion. La largeur plein bord varie de 0,67 mètre sur la station SE3 à 1,60 mètres sur la station SE1. Le niveau d'encaissement des stations est également très différencié avec le Fontenay (SE5 et SE6) qui présente un fort encaissement par rapport au Durbion et à l'Onzaines.

La pente globale (P2) des stations situées sur le Durbion (SE1 à SE4) est de l'ordre de 0,10 à 0,73 ‰. Pour celles situées sur le bassin du Fontenay (SE5 à SE7), elle est de 0,09 à 0,37 ‰. Enfin sur l'Onzaines (SE8 à SE12), elle est comprise entre 0,02 et 0,38 ‰.

Concernant le paramètre de Shields, les valeurs sont variables entre stations situées sur un même cours d'eau et varient de 2,36 N/m² sur la station SE10 à 38,44 N/m² sur la station SE7.

Tableau 2 : Propriétés physiques des stations d'études pour la Mulette épaisse. Lpb = largeur plein bord ; Hpb = Hauteur plein bord ; Enc = encaissement ; P1 = pente locale de la station ; P2 = pente moyenne du tronçon. Rh1&2 = rayon hydraulique à l'aval et à l'amont de la station ; τ = paramètre de Shield, moyenne des deux valeurs.

Station d'étude	Cours d'eau	Lpb (m)	Hpb (m)	Enc (m/m)	P1 (m/m)	P2 (m/m)	Rh1	Rh2	τ (N/m ²)
SE1	Durbion	11,5	1,60	7,9	0,001574	0,007264	0,927	-	33,24
SE2	Durbion	8,2	1,83	7,0	-0,000930	0,005184	1,020	1,136	10,17
SE3	Durbion	4,5	0,67	9,9	0,004880	0,001014	0,420	0,311	3,90
SE4	Durbion	5,8	1,08	7,6	0,012761	0,003759	0,662	0,640	23,93
SE5	Fontenay	4,65	1,03	5,7	0,004392	0,001091	0,588	0,630	6,04
SE6	Fontenay	2,70	1,02	4,8	-0,001541	0,000965	0,448	0,493	23,86
SE7	Grande Roye	4,32	0,99	7,2	0,005600	0,003666	0,530	0,552	38,44
SE8	Onzaine	6,7	1,40	6,81	0,004167	0,003817	0,778	0,704	27,66
SE9	Onzaine	8,1	1,14	8,75	0,013974	0,002513	0,758	0,675	17,61
SE10	Onzaine	5,5	1,35	6,02	0,009867	0,000330	0,690	0,771	2,36
SE11	Onzaine	9,35	1,51	8,8	0,000086	0,000282	0,824	0,964	2,47
SE12	Le Grand Ruisseau	6,15	1,05	9,6	0,000256	0,001908	0,583	0,665	11,64

II.2.2 Propriétés physico-chimiques de l'eau

Les résultats des mesures de physico-chimie sont présentés dans le tableau 3 ci-après. Les valeurs affichées correspondent, pour l'eau de surface, à la moyenne des trois mesures réalisées en juillet, août et septembre. Pour l'eau interstitielle, la valeur correspond et à la moyenne des mesures réalisées à l'échelle des différentes placettes.

A l'échelle des différentes stations d'étude, le pH moyen est de 7,66. Il est plus faible sur la partie amont du bassin (SE3 à SE7), les sources de ces stations sont situées au sein des Vosges gréseuses. Le pH augmente progressivement de l'amont vers l'aval du Durbion avec un pH maximum de 8,06 mesuré sur la station SE1. Sur l'Onzaines (SE8 à 12) le pH est plus élevé tant à l'amont qu'à l'aval avec une moyenne de 7,84.

A l'image du pH, la conductivité électrique est faible à l'amont du bassin (SE3 à SE7) avec une moyenne de 79 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ et augmente de l'amont vers l'aval du Durbion. Elle est particulièrement élevée sur l'Onzaines (SE8 à 12) avec une moyenne 867 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ sur ces stations.

Le potentiel d'oxydo-réduction est relativement homogène à l'échelle des stations avec une moyenne globale de 311,87 mV. La valeur maximale est observée sur le Fontenay (SE5) et la valeur minimale sur le Grand Ruisseau (SE12).

La concentration et saturation en oxygène est maximale sur la station aval du Durbion (SE1). Les taux sont globalement plus faibles sur la partie amont du Durbion et notamment sur le Fontenay. Mais ils sont particulièrement bas sur les stations de l'Onzaines avec un minimum de 5,82 mgO₂/L et une saturation de 64 % sur la station SE10.

La turbidité varie fortement entre sites sans cohérence globale avec la position des stations sur le bassin. Les turbidités les plus faibles sont observées sur la station aval du Durbion (SE1). Les turbidités les plus élevées sont observées sur l'Onzaines sur la station SE10.

Concernant le milieu interstitiel, les prélèvements n'ont pas pu être réalisés sur la station SE5 en raison de l'absence de substrat. Sur les stations SE10 à SE12, le nombre de prélèvements et donc de mesures dans le milieu interstitiel est plus faible que sur les autres stations (cf. annexe 1) en raison de l'absence quasi-totale de substrat (SE10) ou d'un colmatage extrême rendant quasiment impossible le prélèvement d'eau interstitielle (SE11&12).

Le pH du milieu interstitiel le plus bas est observée sur le Fontenay, sur la station SE6, et le plus haut l'est sur le Durbion, sur la station SE1. La conductivité électrique du milieu interstitiel la plus basse est observée sur la Grande Roye (SE7) et la plus élevée l'est sur l'Onzaines (SE9).

Enfin, concernant le potentiel redox du milieu interstitiel, il est sur l'ensemble des stations inférieur à 300 mv, c'est-à-dire que les conditions dans le milieu interstitiel sont globalement réductrices sur l'ensemble des stations mais avec des degrés variables. Les conditions les plus réductrices sont observées sur l'Onzaines et en particulier sur son affluent le Grand Ruisseau (SE12). Les conditions les moins réductrices sont observées sur la Grande Roye (SE7).

Tableau 3 : Paramètres physico-chimiques relevés sur les stations dans l'eau de surface et dans l'eau interstitielle à 5cm de profondeur. Cond.= conductivité électrique à 20°C ; Eh = potentiel redox corrigé ; [O₂] & O₂% = concentration et saturation en oxygène ; Temp. = température de l'eau ; i = relevés dans le milieu interstitiel à 5 cm de profondeur.

Station d'étude	Cours d'eau	----- Eau de surface -----							-- Eau interstitielle --		
		pH	Cond (μS/cm ²)	Eh (mV)	[O ₂] (mg/L)	O ₂ % (%)	Turbidité (FNU)	Temp. (°C)	pH _i	Cond _i (μS/cm ²)	Eh _i (mV)
SE1	Durbion	8,06	567	303,17	8,30	91,83	5,6	18,49	7,69	519	183
SE2	Durbion	7,62	322	313,77	7,73	82,5	28,2	17,64	7,32	492	189,3
SE3	Durbion	7,45	69	323,93	7,76	79,13	18,1	14,97	6,86	187	138,4
SE4	Durbion	7,36	83	318,40	7,47	77,73	17,5	15,69	7,08	146	201,6
SE5	Fontenay	7,26	73	327,27	6,77	68,17	23,6	14,46	-	-	-
SE6	Fontenay	7,51	102	315,60	7,26	72,47	33,9	13,87	6,72	207	194
SE7	Grande Roye	7,50	70	321,20	7,33	73,5	9,5	13,88	6,85	88	255,7
SE8	Onzaine	7,82	837	299,63	7,08	77,1	11,5	17,72	7,67	906	177,9
SE9	Onzaine	7,75	841	304,73	6,19	66,93	13,2	17,54	7,61	846	229,9
SE10	Onzaine	7,83	950	317,17	5,82	64	34,5	18,15	7,09	1217	112,2
SE11	Onzaine	7,84	983	306,87	5,83	65,3	29,7	19,14	7,29	645	131,7
SE12	Le Grand Ruisseau	7,95	725	290,73	7,37	78,1	32,7	16,59	6,98	548	71
	Moyenne	7,66	469	311,87	7,08	74,73	21,5	16,51	7,20	527	171

II.2.3 Dénombrement des populations

Les dénombrements de population de Mulette épaisse par excavation sont présentés dans le tableau 4 pour les 12 stations d'études (SE1 à SE12).

Cinq stations d'études sont concernées par l'absence totale de l'espèce. Trois sont situées sur le Fontenay et son affluent ainsi que sur un bras de Durbion recevant les eaux du Fontenay (SE4 à SE7). L'espèce est considérée comme absente sur ces tronçons de cours d'eau (cf. partie II.1). Une est située sur l'Onzaine où l'espèce semble avoir disparu (SE11).

Sur les sept autres stations, la densité totale varie de 0,14 à 9,10 individus par mètre carré avec une moyenne de 3,32 ind./m² et un écart-type 3,75 ind./m². Les plus fortes densités sont observées sur les stations aval du Durbion (SE1 et SE2). Des densités moyennes sont observées sur la station amont du Durbion (SE3) ainsi que sur les stations à l'aval de l'Onzaines (SE8 et SE9). Enfin les stations SE10 et SE12, situées à l'amont de l'Onzaines et sur son affluent le Grand Ruisseau, présentent les plus faibles densités.

La présence de juvéniles est mise en évidence sur 5 des 7 stations avec présence d'individus vivants. La part de juvénile dans la population totale des stations varie de 5,56 à 36,36 %. Les deux stations situées à l'aval de l'Onzaines présentent le moins de juvéniles (SE8 et SE9) au contraire des stations situées sur le Durbion (SE1 à SE3).

Tableau 4 : Dénombrement des individus de Mulette épaisse par excavation. Nj/Na = nombre de juvénile/adulte ; Se = surface échantillonnée (m²) ; Dj/Da/Dt = densité juvénile/adulte/totale en individu par mètre carré.

Station d'étude	Cours d'eau	Nj	Na	Se	Dj	Da	Dt	%juv
SE1	Durbion	9	50	6,48	1,39	7,72	9,10	15,25
SE2	Durbion	10	43	6,48	1,54	6,64	8,18	18,87
SE3	Durbion	4	7	7,2	0,56	0,97	1,53	36,36
SE4	Durbion	0	0	7,2	0	0	0	-
SE5	Fontenay	0	0	7,2	0	0	0	-
SE6	Fontenay	0	0	7,2	0	0	0	-
SE7	Grande Roye	0	0	7,2	0	0	0	-
SE8	Onzaine	1	10	7,92	0,13	1,26	1,39	9,09
SE9	Onzaine	1	17	6,48	0,15	2,62	2,78	5,56
SE10	Onzaine	0	1	7,2	0	0,14	0,14	0
SE11	Onzaine	0	0	7,2	0	0	0	-
SE12	Le Grand Ruisseau	0	1	7,2	0	0,14	0,14	0

II.2.4 Analyses comparatives

La figure 3 présente la position relative des différentes stations obtenus par l'analyse en composante principale (ACP) à partir des différents paramètres physiques et physico-chimiques relevés. Les deux dimensions de l'ACP (Dim1 et Dim2) résument ici respectivement 39,7 % et 24,9 % de la variance du jeu de données, soit 64,6 %

Les stations SE10 à SE12 où la Mulette épaisse est en déclin ou à déjà disparu présentent de fortes similitudes et sont corrélés négativement à l'axe 2 et positivement à l'axe 1 de l'ACP. Les stations avec d'importantes populations sur le Durbion (SE1 et SE2) et les populations situées à l'aval du Durbion (SE8 et SE9) présentent également des similitudes et sont corrélées positivement à l'axe 1 et 2 de l'ACP à l'exception du site d'étude 9 plus proche des stations en déclin de l'Onzaine (SE10 à SE12). En revanche, le SE3 qui accueille une petite population active de Mulette épaisse présente des caractéristiques similaires aux sites SE4 à SE7 sur lesquelles aucune présence de l'espèce n'a pu être mise en évidence. Ces stations sont corrélées négativement à l'axe 2 de l'ACP.

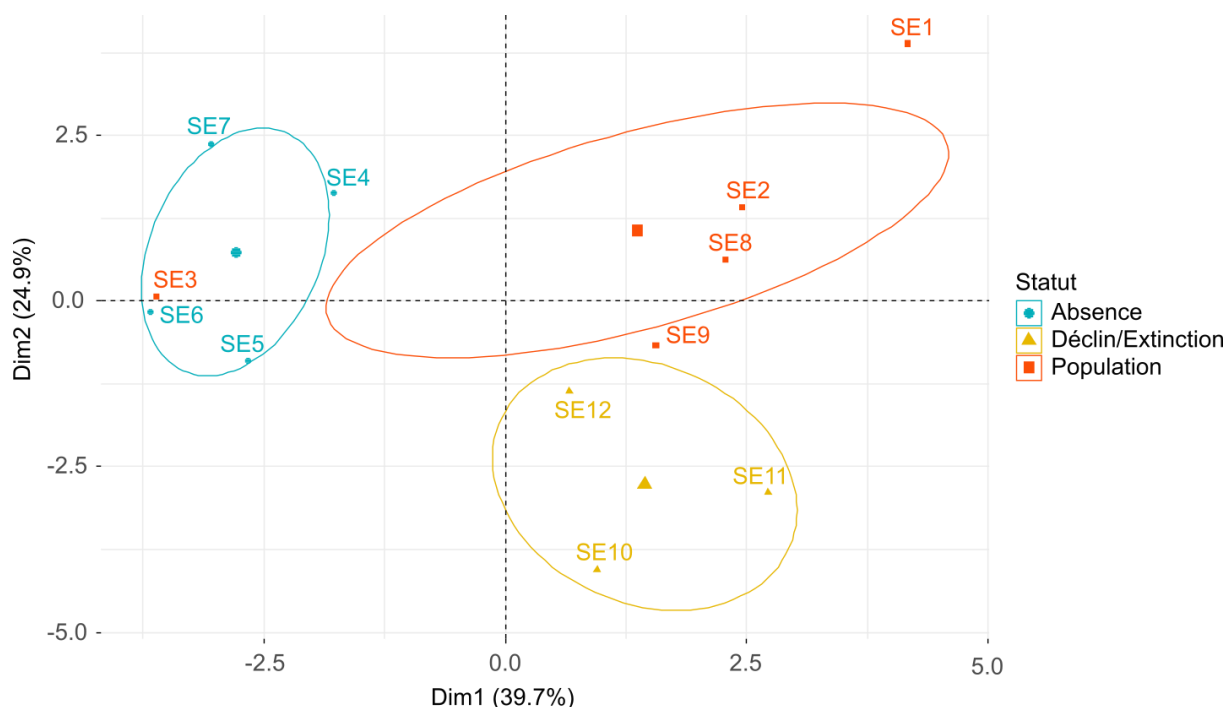


Figure 3 : Résultats de l'ACP concernant la position relative des stations d'études (SE1 à SE12) pour les deux premières dimensions. La couleur des statuts se réfère à la situation de la Mulette épaisse comme définis précédemment (cf. Matériel et Méthodes). Les ellipses sont tracées à titre illustratif et correspondent à un intervalle de confiance de 66 %.

La figure 4 présente les corrélations entre les différents paramètres physiques et physico-chimiques à l'échelle de l'ensemble des sites d'études. Les paramètres pH, pH_i, Rh1&2, Lpb, Hpb, T°, Cond et Cond_i sont significativement et positivement corrélés à la dimension 1 de l'ACP et le paramètre Eh est significativement et négativement corrélés à la dimension 1 : p-value <0.05 & r²>0.60 pour l'ensemble de ces paramètres.

Les paramètres Eh_i, [O2], O2%, t et P2 sont significativement et positivement corrélés à la dimension 2 de l'ACP et les paramètres Turbidité et Cond_i sont significativement et négativement corrélés à la dimension 2 de l'ACP : p-value <0.05 & r²>0.58.

Les paramètres P1 et Enc ne présente pas de corrélation significative aux deux axes de l'ACP et ne sont globalement pas corrélés aux autres paramètres.

Enfin, la densité total (Dt) et la densité en adultes de Mulette épaisse (Da) sont positivement et significativement corrélées à la dimension 1 (p-value<0.05 & r²>0.60). La densité totale, la densité en adulte et la densité en juvénile (Dj) apparaissent également étroitement corrélées à l'axe 2 de l'ACP avec une p-value proche du seuil de significativité (0,053-0,060) et un coefficient de corrélation r²>0.55.

La p-value et le coefficient de corrélation r² sont fournis en annexe 2 pour l'ensemble des paramètres étudiés.

Globalement, à l'échelle du bassin versant les populations de Mulette épaisse se concentrent sur les tronçons les plus à l'aval présentant des largeurs et hauteurs plein bord importantes, un pH élevé (basique) et une température de l'eau plus importante : variables corrélées positivement à la dimension 1 de l'ACP. Ces tronçons se caractérisent également par des pentes plus importantes, une concentration et saturation en oxygène et un potentiel redox dans le milieu interstitiel plus élevés : variables corrélées positivement à la dimension 2 de l'ACP). Le paramètre de Shields est également plus important sur ces stations.

A contrario, les stations avec des populations en déclin sur l'Onzaines (SE10 à 12), se caractérisent par une conductivité électrique élevée dans l'eau courante et dans le milieu interstitiel ainsi que par une turbidité importante.

Enfin, les stations avec absence de mulette épaisse se distinguent par leur faible largeur et hauteur plein bord, des eaux fraîches, peu minéralisées avec un pH bas et moins eutrophes que le reste du bassin (potentiel redox Eh plus élevé). Le site d'étude SE3 avec une petite population de Mulette épaisse présente néanmoins les mêmes caractéristiques.

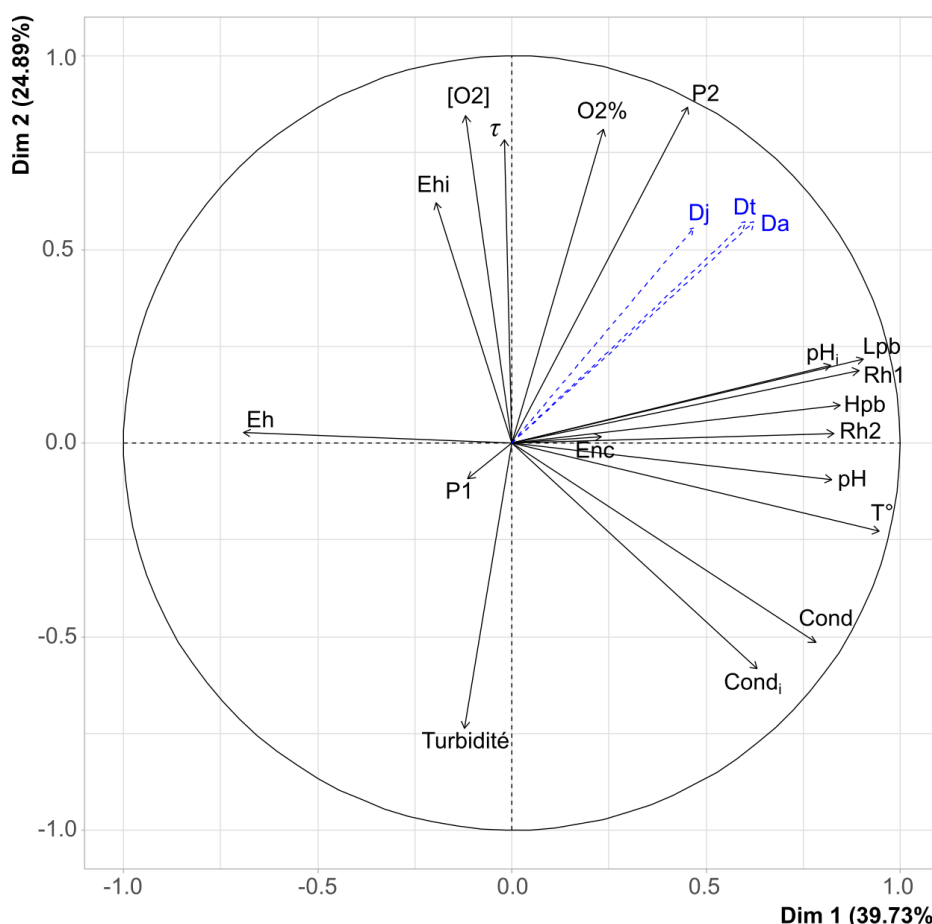


Figure 4 : Résultats de l'ACP concernant les corrélations entre les variables physiques et physico-chimiques relevés sur l'ensemble des stations pour les deux premières dimensions.

A l'échelle des placettes, le tableau 5 présente les résultats des tests de corrélations linéaires entre les différents paramètres physico-chimiques et le nombre total de mulettes (Nt) et le nombre de juvéniles (Nj).

La saturation et la concentration en oxygène apparaissent significativement corrélées au nombre total (Nt) et au nombre de juvéniles (Nj). Cette relation déjà mise en évidence à l'échelle stationnelle au travers de l'ACP. La figure 5 présente la relation entre densité en juvéniles et densité totale et la saturation en oxygène de l'eau au mois de septembre. Le potentiel redox du milieu interstitiel (ORPi) apparaît significativement corrélé à l'abondance totale de Mulette épaisse (p-value < 0.05) et de manière moins significative au nombre de juvéniles (p-value = 0,0651). Cette relation est représentée sur la figure 6.

Tableau 5 : Résultats des tests de corrélations linéaire entre les paramètres physico-chimiques de l'eau courante et interstitielle et le nombre total (Nt) ou le nombre de juvénile (Nj) de Mulette épaisse.

Paramètre	Nombre total de Mulette (Nt)				Nombre de juvéniles (Nj)			
	r	r ²	t	Pr(> t)	r	r ²	t	Pr(> t)
ORPi	0,4667	0,2179	3,6181	0,0007	0,2656	0,0705	1,8885	0,0651
pHi	0,436	0,1901	3,3218	0,0017	0,196	0,0384	1,3701	0,1772
Condi	-0,1361	0,0185	-0,9415	0,3512	-0,2461	0,0606	-1,7407	0,0883
ORP	-0,1033	0,0107	-0,7122	0,4798	0,0794	0,0063	0,546	0,5877
Cond	-0,0715	0,0051	-0,4914	0,6254	-0,2416	0,0584	-1,7072	0,0944
pH	0,323	0,1043	2,3398	0,0236	0,1444	0,0208	1,0001	0,3224
O2%	0,3859	0,1489	2,8673	0,0062	0,3969	0,1576	2,9649	0,0047
[O2]	0,3019	0,0912	2,1712	0,035	0,372	0,1384	2,7473	0,0085
Turbidité	-0,1092	0,0119	-0,7531	0,4551	-0,0361	0,0013	-0,2476	0,8055

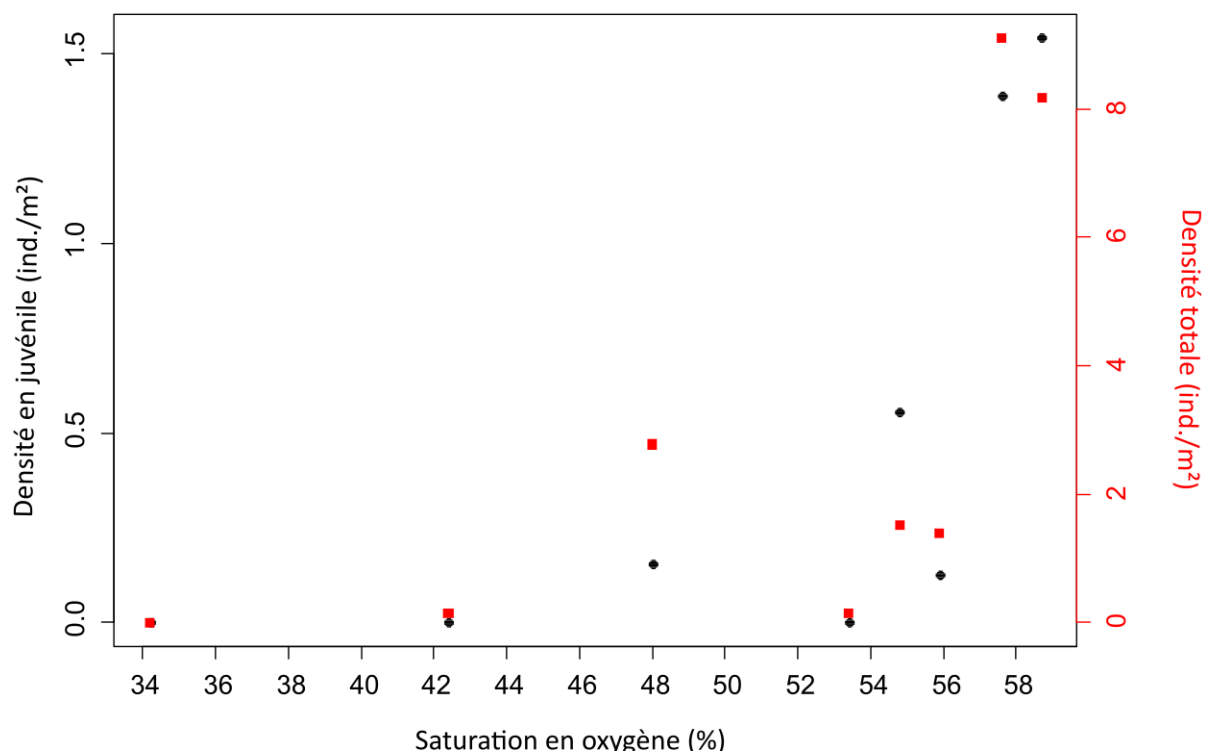


Figure 5 : Relation entre la saturation en oxygène de l'eau et la densité en juvénile (axe gauche) et la densité totale en individu (axe droit) de Mulette épaisse à l'échelle des stations d'études.

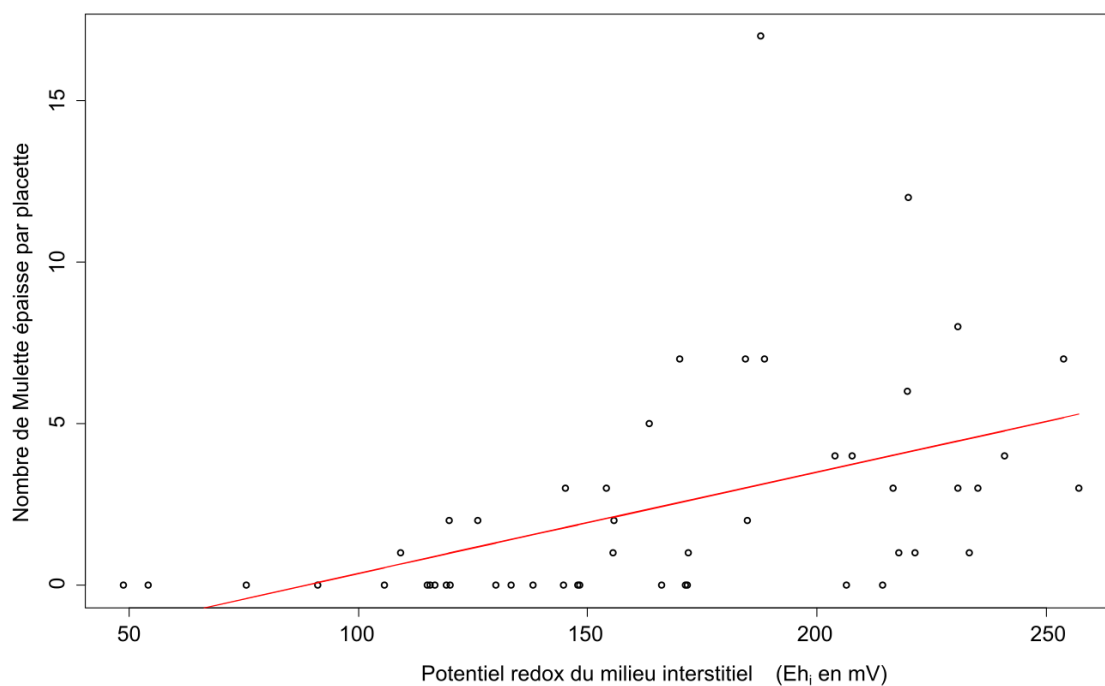


Figure 6 : Relation entre le potentiel redox du milieu interstitiel des placettes d'excavations et le nombre de Mulette épaisse. Trait rouge : courbe de tendance.

II.3 Inventaire et répartition des micro-bivalves

Sur les 11 espèces détectées par ADN environnemental (ADNe) en 2019, 9 ont pu être retrouvées dans le cadre de cette étude à l'échelle des 17 stations (Tableau 6). 2 espèces non détectées en 2019, ont également été mises en évidence : *Pisidium amnicum* et *Odhneripisidium tenuileatum*, soit 13 espèces au total recensées sur le bassin versant.

En moyenne, 2,12 espèces sont observées par station avec cinq stations ne présentant aucune espèce, neuf stations présentant 1 à 4 espèces et deux stations présentant 7 espèces (9 d'après l'ADNe). En moyenne chaque espèce est observée sur 2,77 stations avec 4 espèces observées sur une seule station, 7 observées sur deux à trois stations et 2 présentes sur cinq à neuf stations. Le taxon présentant la plus large répartition sur le bassin est *Sphaerium corneum* (9 stations) suivi par *Pisidium amnicum* (5 stations).

Sur les 13 taxons, 9 ne sont présents que sur la partie aval du Durbion (station $\mu 1$ à $\mu 4$). 1 taxon, *Odhneripisidium tenuileatum*, n'a été observé que sur une station amont du Durbion ($\mu 9$). 1 taxon, *Euglesa subtruncata*, est présent sur la partie sur la partie aval du Durbion (station $\mu 1$ à $\mu 3$) mais avec une présence également sur le Grand Ruisseau ($\mu 17$). Enfin, *Sphaerium corneum* est largement répartie sur les différents cours d'eau du bassin tout comme, dans une moindre mesure, *Pisidium amnicum*.

Tableau 6 : Présence/absence des différentes espèces de micro-bivalves sur les stations d'inventaires $\mu 1$ à $\mu 17$. Ns = nombre de site de présence par espèce. Entre parenthèse = présence reposant uniquement sur l'ADN environnemental.

	$\mu 1$	$\mu 2$	$\mu 3$	$\mu 4$	$\mu 5$	$\mu 6$	$\mu 7$	$\mu 8$	$\mu 9$	$\mu 10$	$\mu 11$	$\mu 12$	$\mu 13$	$\mu 14$	$\mu 15$	$\mu 16$	$\mu 17$	Ns
E casertana	X		X	X														3
E henslowana	X	X	X															3
E hibernica	(X)																	(1)
E nitida	(X)		(X)															(2)
E personata	X																	1
E pulchella			X															1
E subtruncata	X		X														X	3
E supina	X	X	X															3
O. moitessierianum			X	X														2
O. tenuileatum									X									1
P. amnicum				X				X		X	X						X	5
S. corneum	X	X	X	X	X			X					X	X			X	9
S. lacustre	(X)		(X)															2
Nb. sp.	7(9)	3	7(9)	4	1	0	0	2	1	1	1	0	1	1	0	0	3	

Les différentes espèces sont présentées succinctement ci-dessous associées à leur statut liste rouge à l'échelle française (UICN comité français *et al.* 2021) et à l'échelle régionale, d'après la pré-liste rouge du Grand Est en attente de validation par l'UICN (Umbrecht & Bichain 2021).

Euglesa casertana (Poli, 1791). Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Large amplitude écologique. Peuple les petits points d'eau temporaires, les sources, ruisseaux et rivières à faible courant ainsi que certains lacs. Euryèce et peu polluosensible.

Euglesa henslowana (Sheppard, 1825). Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Présent dans les cours d'eau, les fossés, les étangs et lacs présentant un certain courant et des eaux calcaires. Préfère les substrats sableux riches en matière organique, eutrophes.

Euglesa hibernica (Westerlund, 1894) Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Lacs et petits points d'eau, zones marécageuses, cours d'eau et fossés à faible courant, indépendamment de la teneur en calcaire. Préfère les substrats vaseux, riches en matière organique.

Euglesa nitida (Jenyns, 1832) Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Large gamme d'habitats de grande taille, étangs, lacs, cours d'eau. Également dans des milieux pauvres en calcaire. Évite les petits points d'eau et sources froides.

Euglesa personata (Malm, 1855) Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Habitats pauvres en général, petits écoulements et pièces d'eau sujettes à dessiccation. Rives des rivières en plaine et des lacs mais également au niveau des résurgences. Elle est souvent la seule pisidie dans son habitat et en forte densité.

Euglesa pulchella (Jenyns, 1832). Statut FR : DD / Statut GE : DD. Espèce en déclin.

Habitat. En général dans les eaux vives de bonne qualité et sur substrat calcaire. L'espèce est considérée comme peu fréquente en France (Mouthon 2018). Calciphile.

Euglesa subtruncata (Malm, 1855) Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Large gamme d'habitat. Probablement la pisidie la plus fréquente.

Euglesa supina (A. Schmidt, 1851) Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Eaux courantes, cours d'eau, canaux, ruisseaux. Habite également la zone littorale de lacs au fond sableux. Calciphile.

Odhneripisidium moitessierianum (Paladilhe, 1866) Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Principalement dans les rivières, canaux et lacs, rarement dans les ruisseaux. Calciphile.

Odhneripisidium tenuilineatum (Stelfox, 1918) Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Principalement dans les eaux de bonne qualité. Ruisseau de plaine, rivières et lacs. Calciphile.

Pisidium amnicum (O.F. Müller, 1774) Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Eaux courantes et non polluées des cours d'eau, berges des lacs, principalement sur substrat sableux.

Sphaerium corneum (Linnaeus, 1758) Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Large gamme d'habitats : rivières, canaux, lacs, zones marécageuses. Mésosaprobe (polluorésistante).

Sphaerium lacustre (O.F. Müller, 1774) Statut FR : LC / Statut GE : LC.

Habitat. Petits points d'eau même temporaires, étangs, fossés, mares, marais ; plus rarement au sein de cours d'eau à faible courant.

III. DISCUSSION

La Mulette épaisse est une espèce à large répartition en Europe et par ailleurs considérée comme l'espèce de grand bivalve d'eau douce la plus abondante autrefois (Lopes-Lima *et al.* 2015). Dans notre région, elle était également considérée comme largement répandue et commune, que ce soit en Alsace au début du siècle dernier (Bichain 2017) ou dans les Vosges au 19^{ème} siècle (Puton 1847). Puton (1847) documente dès le 19^{ème} siècle des populations remarquables dans les Vosges et notamment sur le bassin versant du Durbion. Il identifie deux morphes distincts de l'espèce présents sur le cours principal du Durbion et sur le « ruisseau d'Hadigny » correspondant au Grand Ruisseau et potentiellement à l'Onzaines qui sont étudiés dans cette étude.

Les quelques individus éparpillés – tous adultes – recensés sur les tronçons T1 et T8 impliquent une densité au mètre carré proche de 0, tel que mesurée sur les stations d'études SE10 et 12 ($Dt = 0,14 \text{ ind./m}^2$). Or, du fait de la séparation des sexes chez *Unio crassus* (individus mâle et femelle au contraire de la Mulette perlière), une concentration minimale d'individus est nécessaire pour la reproduction. En l'absence de reprise populationnelle à partir de populations fonctionnelles situées ailleurs sur le bassin, une extinction de l'espèce à plus ou moins court terme peut être attendue sur toute la partie amont de l'Onzaines et ses affluents.

19

ind./m²) et un faible taux de recrutement (%juv = 9,09 et 5,56 %). La fonctionnalité de ces populations serait à vérifier sur le plus long terme. Enfin la station SE3 sur la partie amont du Durbion présente certes des densités faibles (Dt = 1,53 ind./m²) mais avec une part de juvéniles importantes (36,36 %). Cette station est concernée par la présence de l'Anodonte des rivières avec des densités supérieures à la Mulette épaisse (SHNEC 2019). Les faibles densités pour *Unio crassus* peuvent s'expliquer ici par des effets de compétitions entre les deux espèces. L'important recrutement dans cette petite population laisse présumer de sa fonctionnalité.

Causes probables de l'absence sur le Fontenay

La situation de la Mulette épaisse sur la partie amont du Durbion est curieuse. Sur la commune de Girecourt-sur-Durbion, la rivière Durbion présente deux bras de cours d'eau dont l'un accueille une confluence avec le Fontenay. La station d'étude SE4 se situe sur le bras accueillant la confluence avec le Fontenay. La station SE3 se situe sur l'autre bras, parallèle au premier. Les résultats de cette étude ne mettent en évidence aucune différence significative entre ces deux stations (figure 2). De même, les conditions relevées sur le Fontenay et son affluent la Grande Roye sont très similaires. Pour autant, sur les cinq stations étudiées, seule la station SE3 héberge une population de Mulette épaisse, c'est-à-dire le bras du Durbion non alimenté par les eaux du Fontenay.

Il est possible que d'autres paramètres non étudiés dans cette étude expliquent l'absence de l'espèce sur le Fontenay et le bras du Durbion qu'il alimente. Nous pouvons néanmoins noter que l'encaissement du cours du Fontenay est particulièrement important. Le mémoire de Vrignaud (2016) met en évidence une probabilité de présence d'*Unio crassus* nulle pour des valeurs d'encaissement inférieures à 5. Or, sur les deux stations du Fontenay, les valeurs d'encaissement sont de 5,7 et 4,8. Les cinq stations évoquées ont également comme caractéristiques de présenter des eaux peu minéralisées associées à un pH bas et une température de l'eau très basse. Sur la partie amont du Fontenay et sur son affluent, la Grande Roye, la température moyenne relevée en juillet, août et septembre est de 13,88 °C. Il est possible que la Mulette épaisse atteigne ici la limite de son amplitude écologique.

Le Fontenay est également concerné par des problématiques d'ordre sédimentaire. Sur sa partie amont, une partie de son flux est détourné de son cours naturel dans un chenal perché. Dans sa partie aval, un déséquilibre sédimentaire a pu être observé avec une absence de sédiment sur des portions importantes de son lit actuel. Ces éléments sont peu, voir incompatibles, avec l'installation d'une population de Mulette épaisse qui nécessite un fond sédimentaire et une certaine stabilité de ce dernier.

Causes probables du déclin sur l'Onzaines

Les stations qui présentent un fort déclin ou une extinction des populations d'*Unio crassus* sur l'Onzaines (SE10 à 12) montrent des différences marquées avec les stations hébergeant encore des populations qui se reproduisent (SE1, 2, 3, 8 et 9) sur l'Onzaines et le Durbion. Ces différences concernent notamment la concentration et la saturation en oxygène de l'eau. Ces deux paramètres apparaissent étroitement corrélés à la densité en Mulette épaisse (figures 3 et 4). D'autres études concernant *Unio crassus* évoquent des concentrations en oxygène de l'ordre de 8,17 à 10,51 mg d'O₂/L (Coskun *et al.* 2019, Ettl 2017, Duda 2007, Hus 2005) mais avec des mesures probablement réalisées en début d'été. Serdar *et al.* (2007) font un suivi mensuel de l'oxygène sur une population de Mulette épaisse et obtiennent des valeurs minimales de 6,0 mg/L en fin d'été. En Allemagne, Zettler et Jueg (2007) indique la désoxygénation comme une cause probable de disparition de l'espèce sur plusieurs cours d'eau. Or sur l'Onzaines, les concentrations en oxygène chutent drastiquement en septembre avec des concentrations inférieures à 5 mg/L sur les stations SE10 à SE12 au contraire des stations présentant une abondance de jeunes mulettes épaisses.

D'autres facteurs affectent directement les populations et notamment le potentiel d'oxydo-réduction du milieu interstitiel. Une corrélation significative entre le nombre d'individu et ce potentiel est mis en évidence dans cette étude (figure 5). Aucun individu de Mulette épaisse n'est observé pour des valeurs Eh_i inférieur à 100 mv. Les valeurs les plus extrêmes ont notamment été mesurées sur le Grand Ruisseau (SE12) avec des valeurs autour de 50mV. A titre illustratif, pour un pH de 7,5, un potentiel redox autour de 0mV correspond à des eaux septiques. Des apports et une accumulation très importantes de matière organique sont ici mis en évidence. De manière globale, le milieu interstitiel sur le bassin de l'Onzaines est fortement réducteur et conduit à une anoxie dès les premiers centimètres de sédiments. Cet état favorise également la formation d'ammonium (NH₄⁺),

éléments toxiques pour de nombreuses espèces aquatiques, à partir des nitrates (NO_3^-) contenus dans l'eau. Les conditions du milieu interstitiel sur l'Onzaines et affluent sont incompatibles avec la survie de la plupart des organismes vivants.

Une corrélation positive entre la pente des tronçons et la densité en mulette épaisse est également démontrée par les résultats. Ce fait semble contre-intuitif puisque l'espèce favorise généralement les zones calmes synonyme de stabilité (Stoeckl & Geist 2016). Cependant, il faut noter que l'ensemble des tronçons étudiés présente des pentes très faibles ($<0,73\text{ ‰}$). *Unio crassus* colonise des cours d'eau aux pentes bien supérieures de 1,5 à 2,5 ‰ (Vaessen *et al.* 2021). La corrélation entre densité de mulettes et pente s'explique, sur le bassin versant du Durbion, par la corrélation entre la pente et le niveau d'oxygène et le potentiel redox du milieu interstitiel. Les pentes plus faibles sur la partie amont du bassin de l'Onzaines impliquent des écoulements plus lents qui engendrent une oxygénation plus faible et une accumulation de la matière organique plus importante dans le fond du cours d'eau. Ce phénomène est également amplifié par les curages successifs qui ont sensiblement homogénéisé les écoulements.

Un constat similaire peut être fait concernant le paramètre de Shields. Une corrélation positive entre densité de mulettes et ce paramètre est mise en évidence. Or des études précédentes ont démontrées la relation inverse (Stoeckl & Geist 2016). Un paramètre de Shields élevé implique une mise en mouvement des sédiments du lit et donc une instabilité sédimentaire peu favorable aux mulettes. Daraio & Newton (2010) calculent dans leur étude une force d'arrachement critique de 1,5 N/m^2 pour la remise en mouvement d'un juvénile dans le cours d'eau et de 50 N/m^2 pour un individu adulte. Sur le bassin versant du Durbion, la valeur la plus élevée pour ce paramètre avec présence d'*Unio crassus* est de 33 N/m^2 (station SE1) ce qui apparaît incompatible avec l'implantation de juvéniles. Cependant le calcul du paramètre de Shields proposé dans cette étude est une approximation au travers de formules adaptées dans le cas de conditions d'écoulement uniforme (débit, pente, rayon hydraulique constant), ce qui n'est évidemment pas le cas d'un cours d'eau naturel. Ce calcul avait pour objectif de mettre en évidence de potentielles valeurs hors norme incompatibles avec la présence de l'espèce sur les tronçons non colonisés, ce qui n'est finalement pas le cas à l'échelle des 12 sites étudiées. Stoeckl & Geist (2016) ont quant à eux étudié le paramètre de Shields localement au moyen d'hémisphère FST disposé directement sur le fond du cours d'eau et permettant une mesure plus précise et locale. Leurs mesures, réalisées en période de basses eaux, indiquent une préférence de l'espèce pour des contraintes faibles ($<1,5\text{ N/m}^2$). Ils mettent en évidence l'importance de zones abritées du courant principal dans la distribution et répartition des individus. Sur la station d'étude SE1, où une contrainte de 33 N/m^2 est mesurée dans cette étude pour un débit de plein bord, les individus se répartissent essentiellement en rive convexe, à l'abris du courant, avec 26 individus dénombrés en rive droite, 18 au centre et 6 en rive gauche. Au final, la corrélation entre densité de Mulette épaisse et paramètre de Shields de valeurs plus importants s'explique, comme dans le cas de la pente, par le maintien des populations de Mulette épaisse sur les tronçons les plus dynamiques du bassin *versus* un déclin sur les tronçons les plus lents. Ces résultats ne contredisent pas ceux obtenus par Stoeckl & Geist (2016).

Pour conclure, le cycle de vie de la Mulette épaisse passe par deux stades majeurs : un stade larvaire parasitaire d'un poisson hôte et un stade juvénile qui suit le détachement des glochidies du poisson hôte où les individus vivent enfouis dans le milieu interstitiel. Le maillon le plus sensible dans ce cycle est la phase où les jeunes mulettes passent les premières années de leur vie dans le milieu interstitiel. Les conditions défavorables (faible teneur en oxygène, envasement, apport excessif de nutriments) conduisent à la mort des jeunes moules et donc à la surmortalité et à l'extinction des populations (Zettler & Jueg 2000). C'est ce qui apparaît être la situation actuelle sur l'Onzaines. Des problématiques de colmatage sont également présentes sur le cours du Durbion présentant des populations de Mulette épaisse. Le niveau de colmatage y est cependant moins important et non systématique. Au final, les densités populationnelles restent faibles à moyennes sur l'ensemble des stations étudiées. La part de juvéniles dans les populations étudiées est également relativement faible à l'exception de la station SE3. En l'absence d'amélioration des conditions de milieu, le déclin en cours de l'espèce sur ce bassin est amené à se poursuivre. Dans le contexte de changement climatique actuel, les étiages de plus en plus sévères et le réchauffement de la température de l'eau sont des facteurs aggravant susceptible d'accélérer le déclin en cours. La Mulette épaisse doit être considérée comme fortement menacée sur l'ensemble du bassin versant du Durbion.

Le second stade critique dans le cycle de vie de l'espèce est le stade larvaire qui nécessite la présence d'un poisson hôte. En Europe de l'Ouest, les poissons hôtes d'*Unio crassus* sont représentées en particulier par le Chabot, le Vairon et le Chevesne (Lamand *et al.* 2016, Lopes-Lima *et al.* 2015). Les données acquises par la

fédération de pêche des Vosges (2010-2019) fournissent un état des lieux relativement précis des peuplements piscicoles sur le bassin versant du Durbion. Sur le Fontenay notamment, la part de poisson hôte en termes de nombre d'individus varie de 24 à 42 % à l'échelle de trois sites d'inventaire. Sur le Durbion à Sercoeur, elle est de 23 %, et sur la partie aval de l'Onzaines, elle atteint 46 %. On peut ici exclure un manque de poisson hôte comme cause d'absence d'*Unio crassus* sur le Fontenay ou du faible taux de juvénile sur la partie aval de l'Onzaines.

Inventaire et répartition des micro-bivalves

Les inventaires menés dans le cadre de cette étude ont permis de recenser deux espèces de micro-bivalves supplémentaires qui n'avaient pas été détectées par ADN environnemental en 2019. Ces deux espèces, *Pisidium amnicum* et *Odhneripisidium tenuileatum* ne sont observées que sur les parties amont du bassin. C'est ce qui explique probablement l'absence de détection par ADNe, les prélèvements ayant été fait tout à l'aval du Durbion.

A contrario, deux espèces détectées par ADNe n'ont pas été retrouvées lors des inventaires 2021. Il s'agit notamment de l'espèce *Sphaerium lacustre*. Cette espèce peuple préférentiellement les petits points d'eau lenticules tel que les mares, fossés et étangs. Facilement identifiable et de grande taille, il est probable qu'elle ne soit pas présente dans le Durbion. Son absence de détection cette année résulte probablement de sa présence au sein d'annexes de type fossé ou étang. La seconde, *Euglesa hibernica*, est probablement dans la même situation.

Sur les 13 espèces finalement recensées, 12 sont considérées comme commune et peuplent largement différent type de cours d'eau. Deux d'entre elles *Euglesa subtruncata* et *E. casertana* font partie des espèces les plus ubiquistes. Trois autres apprécient particulièrement les eaux riches en matière organique et eutrophe, en particulier *Sphaerium corneum* qualifié de mésosaprobe (Glöer 2015) et donc particulièrement pollurésistante. Cette dernière est la seule qui présente une large répartition sur le bassin versant du Durbion, avec une présence détectée sur 9 des 17 stations inventoriées. Ces 12 taxons sont catégorisés « LC » (préoccupation mineure) sur la liste rouge France (UICN comité français 2021) et Grand Est (Umbrecht & Bichain 2021).

En revanche, la treizième, *Euglesa pulchella*, est considérée comme relativement rare en France et en déclin (Mouthon 2018). L'espèce est catégorisée « DD » (données insuffisantes) à l'échelle Française et du Grand Est en l'absence de connaissance précise sur la dynamique des populations et l'intensité de son déclin.

Priorité d'actions et recommandations dans le cadre du programme de restauration du Durbion

Tout d'abord, la réalisation d'un programme de restauration sur le bassin versant du Durbion apparaît comme primordiale tant pour l'atteinte du « bon état » des cours d'eau que pour la conservation/le rétablissement de la faune aquatique. Dans un objectif de sauvegarde de la Mulette épaisse mais également de conservation de la diversité en micro-bivalves et plus globalement de restauration efficace de la qualité des cours d'eau, certaines recommandations ou priorisations peuvent être proposées :

L'Onzaines et ses affluents présentent actuellement le niveau de dégradation le plus important, à la fois en ce qui concerne la qualité de l'eau et l'état des milieux : homogénéisation des habitats et des écoulements par curage, absence de sédiments, colmatage, etc. Pour être efficace, le programme de restauration doit en priorité s'attacher à restaurer ce sous-bassin en mettant l'accent sur (1) le traitement des rejets urbains, (2) l'élimination des obstacles à l'écoulement (seuils, barrages), (3) la diversification des écoulements sur les tronçons les plus homogénéisés et (4) la reconstitution du matelas alluvial sur la partie médiane/amont de l'Onzaines notamment.

Sur le cours du Durbion, (1) l'élimination des obstacles à l'écoulement apparaît comme une priorité, suivi (2) du traitement des rejets urbains qui apparaissent cependant moins impactant que sur l'Onzaines. De manière plus localisé, le Durbion entre les communes de Dompierre et Girecourt-sur-Durbion nécessiterait également (3) des opérations de diversification des écoulements, voire de reméandrage, suivis, si nécessaire, (4) de la reconstitution du matelas alluvial.

Enfin sur le Fontenay, outre (1) un défaut de traitement efficace des rejets urbains qui mérite d'être traité en priorité comme sur l'Onzaines, il apparaît primordial (2) de rétablir les écoulements dans le bras naturel et originel du cours d'eau. Ceci permettrait potentiellement de résoudre les problèmes d'équilibre sédimentaire observés sur la partie aval. A défaut, (3) la reconstitution d'un matelas alluvial serait ici également à envisager.

Ces différents types d'opérations sont, pour la plupart, déjà envisagés dans le programme de restauration d'après le cahier des clauses techniques particulières (CCTP). Sur la base des résultats obtenus dans cette étude, nous proposons ci-après une priorisation de ces différentes actions et évaluons l'impact global sur la Mulette épaisse et plus largement sur le rétablissement du fonctionnement des cours d'eau (tableau 7).

Tableau 7 : Opérations de restauration à envisager sur le bassin versant du Durbion. Ces opérations sont priorisées en fonction des aspects traités et de leur importance dans la dégradation des milieux. L'impact global sur la Mulette épaisse est évalué en considérant les causes majeurs du déclin mise en évidence dans cette étude.

Opérations	Priorité	Prévus dans le CCTP	Impact global sur la Mulette épaisse	Sensibilité en phase travaux pour la Mulette épaisse
Traitement des rejets urbains	1	Non	Très positif	Aucun
Restauration de la continuité écologique (élimination des obstacles à l'écoulement)	1	Oui	Très positif	Fort mais localisé (voir le rapport de Tinca environnement 2021)
Diversification des écoulements et des habitats	1	Oui	Très positif	Impact fort sur les individus subsistants mais concerne des sites où l'espèce a (quasiment) disparu
Reconstitution d'un matelas alluvial	2	Non	Très positif	Impact fort sur les individus subsistants mais concerne des sites où l'espèce a (quasiment) disparu
Mise en défend du cours d'eau en zone de pâturage	2	Oui	Positif	Aucun en l'absence d'intervention en lit mineur
Plantations (restauration ripisylve)	2	Oui	Positif	Aucun en l'absence d'intervention en lit mineur
Arasement des atterrissements	3*	Oui	Neutre ?	Aucun en l'absence d'intervention en lit mineur
Gestion de la ripisylve	3	Oui	Neutre ?	Aucun en l'absence d'intervention en lit mineur
Lutte contre les espèces exotiques envahissantes	3	Oui	Neutre ?	Aucun en l'absence d'intervention en lit mineur

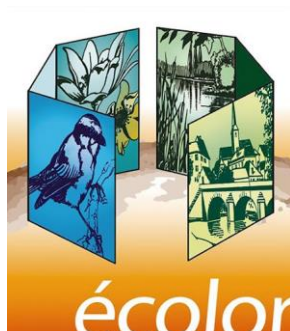
* l'arasement des atterrissements est une priorité lorsqu'ils présentent un danger pour les biens et les personnes. La priorisation repose ici uniquement sur une considération associée à l'état des cours d'eau.

BIBLIOGRAPHIE

- Bichain J.M., 2017. Les macro-bivalves (Anodontes, Corbicules, Moules et Mulettes) du Haut- et du Bas-Rhin. Malacofaune (cahier technique – volume 3) : 46pp. Document numérique.
- Bichain J.-M., Cucherat X., Brulé H., Durr T., Guhring J., Hommay G., Ryelandt J. & Umbrecht K. 2019. Liste de référence fonctionnelle et annotée des Mollusques continentaux (Mollusca: Gastropoda & Bivalvia) du Grand-Est (France). *Naturae*, (11). doi:10.5852/naturae2019a11
- Coşkun, T., Qaranjiki, A. & Doğankaya, L. (2019). Assessment of some biometric parameters of freshwater mussels (*Unio crassus*, Philipsson, 1788) from the Karasu Stream in Sinop Turkey. *Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 4(2), 174-181.
- Daraio J.A. & Newton L.J. 2010. Hydrodynamic modeling of juvenile mussel dispersal in a large river: the potential effects of bed shear stress and other parameters. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 2010, 29(3):838–851
- Duda K. 2007. The Occurrence and Growth of *Unio crassus* (Mollusca: Bivalvia: Unionidae) in Lužnice River Basin in Respect to Water Quality. *Acta Universitatis Carolinae Environmentalica* 21 (2007): 57–63
- Ettl A.M. 2017. Habitat analyse von Beständen der Bachmuschel (*Unio crassus*) in der Bayerischen Murn [Thèse de doctorat, Université de Munich].
- Glöer P. 2015. Süßwassermollusken : Ein Bestimmungsschlüssel für die Muscheln und Schnecken im Süßwasser der Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung. 135 p.
- Hus M., Smialek M., Zajac K., Zajac T. 2005. Occurrence of *Unio Crassus* (Bivalvia, Unionidae) Depending on Water Chemistry in the Foreland of the Polish Carpathians. *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 15, No. 1 (2006), 169-172.
- 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. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 26. 10.1002/aqc.2603.
- Lopes-Lima M., Sousa R., Geist J., Aldridge D.C., Araujo R., Bergengren J., Bernal Y., Bodis E., Burlakova L., Van Damme D., Douda K., Froufe E., Georgiev D., Gumpinger C., Karatayev A., Kebapçı Ü., Killeen I., Lajtner J., Larsen B.M., Lauceri R., Legkis A., Lois S., Lundberg S., Moorkens E., Motte G., Nagel K.O., Proschwitz T., Riccardi N., Rudzite M., Rudzitis M., Scheder C., Seddon M., Sereflisan H., Simic V., Sokolova S., Stoeckl K., Taskinen J., Teixeira A., Thielen F., Trichkova T., Varandas S., Vicentini H., Zajac K., Zajac T. & Zogaris S., 2015. Conservation status of freshwater mussels in Europe : state of the art and future challenges. *Biological Reviews* (2015) 000-000.
- Mouthon J. 2018. Répartition en France des formes actuelle et fossile d'*Euglesa pulchella* Jenyns, 1832 (Bivalvia, Sphaeriidae), une espèce rare. *Folia conchyliologica*, n°45, mars 2018.
- Puton E. 1847. Essai sur les mollusques terrestres et fluviatiles des Vosges in Lepage, H., Charton, CH. 1845. Le département des Vosges: statistique historique et administrative. Première partie : 530–623.

- Shields, A. (1936). Anwendung der Aehnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung. Mitteilung der Preussischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Heft 26, Berlin. Belin.
- Stoeckl K. & Geist J. 2016. Hydrological and substrate requirements of the thick-shelled river mussel *Unio crassus* (Philipsson 1788). *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 26: 456–469 (2016)
- Umbrecht, K. & Bichain, J.M. 2017. Les micro-bivalves du Haut- et du Bas-Rhin. Malacofaune d'Alsace (cahier technique - volume 5) : 71 pp. Document numérique.
- Umbrecht, K. & Bichain, J.-M. 2021. Pré-liste rouge des mollusques du Grand-Est. Document de travail en attente de validation par l'UICN.
- Zettler M. L. & Jueg U., 2007. The situation of the freshwater mussel *Unio crassus* (Philipsson, 1788) in north-east Germany and its monitoring in terms of the EC Habitats Directive. *Mollusca* 10 (2007).
- Vaessen Q., Houbrechts G., Peeters A. et Campenhout J.V. 2021. Caractéristiques hydro-géomorphologiques des microhabitats d'*Unio crassus* (Ardenne, Belgique). *Géomorphologie : relief, processus, environnement* [En ligne], vol. 27 - n° 1 | 2021. DOI : <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.15113>

Etude réalisée en sous-traitance du bureau d'étude ECOLOR



sollicitée par la Communauté de Communes de Bruyères-Vallons des Vosges et la Communauté d'Agglomération d'Epinal



Communauté de Communes
BRUYÈRES, VALLONS DES VOSGES



COMMUNAUTÉ
D'AGGLOMÉRATION
ÉPINAL

Avec le soutien financier de



Opération soutenue par l'État

**DOTATION D'EQUIPEMENT
DES TERRITOIRES RURAUX**

SHNEC. 2021. *Etat des populations de Mulette épaisse (Unio crassus) et répartition des micro-bivalves sur le bassin versant du Durbion (Vosges, Grand Est).* Rapport d'étude (rédacteur Kevin Umbrecht). Société d'Histoire naturelle et d'Ethnographie, Colmar. 23 pp + documents annexes.

<http://www.museumcolmar.org/bulletin>