



Appel à projet : suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine

Suivi de la population de Moule perlière de la Méouzette par indices d'abondances Etat initial – année 2020



Rapport final – 12 novembre 2020

Projet porté par :



En partenariat avec :



Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Suivi de la population de Moule perlière de la Méouzette par indices d'abondances – Etat initial 2020



Appel à projet : suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine

Suivi de la population de Moule perlière de la Méouzette par indices d'abondances Etat initial – année 2020

Rapport final – 12 novembre 2020

Photographies et illustrations :

Photo de couverture : Moule perlière adulte (Sources : C. LABORDE ©)

Toutes les photographies et illustrations présentées dans le rapport ont été réalisées par les auteurs (C. LABORDE ©, E. LE ROY ©, D NAUDON ©) et sont la propriété de ces derniers (sauf mentions contraires). Toute reproduction interdite sans l'accord des auteurs.

Ce rapport peut être cité comme suit :

LABORDE C., LE ROY E., NAUDON D., BESNARD A. ; 2020. Suivi scientifique de la population de Moule perlière de la Méouzette par indices d'abondances - Etat initial 2020. Commanditaire : DREAL Nouvelle-Aquitaine. 36 p.

Projet porté par :

En partenariat avec :



Nature et
Environnement
Consultant



Tables des illustrations

Figure 1 : rappel du programme d'actions 2020	8
Figure 2 : cartographie de la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre sur la Méouzette pour le suivi de population par indices d'abondances.....	10
Figure 3 : période et effort de prospection mis en œuvre en 2020	12
Figure 4 : résultats bruts du suivi de population par indices d'abondance sur la Méouzette en 2020...	13
Figure 5 : résultats bruts cartographiques du suivi par indices d'abondances sur la Méouzette	14
Figure 6 : vue sur un groupement de Moules perlière (à gauche) et sur un sub-adulte isolé (à droite).	15
Figure 7 : influences significatives du faciès et du colmatage sur les indices d'abondances relevés en 2020 sur la Méouzette	16
Figure 8 : vue sur les différents milieux présents sur la Méouzette	16
Figure 9 : influences significatives de la végétation rivulaire, de l'occupation des sols sur les parcelles riveraines et de l'ombrage sur les indices d'abondances relevés en 2020 sur la Méouzette	17

Table des matières

I. Enjeux et objectifs du projet	7
A. Contexte	7
B. Enjeux du projet	7
C. Objectifs du projet	8
II. Protocole de suivi par indice d'abondances	9
A. Principes, hypothèses et moyens nécessaires	9
B. Définition du plan d'échantillonnage	10
C. Modalité de mise en œuvre sur le terrain	10
D. Analyse des résultats des indices d'abondance	11
E. Intérêt et limites des indices d'abondance	11
F. Effort et période de prospection	12
III. Résultats du suivi scientifique par indice d'abondances sur la Méouzette	13
A. Résultats bruts	13
B. Analyse des données	14
C. Synthèse et suite à donner	17
IV. Conclusion et perspectives	18
V. Bibliographie	19
VI. Annexes	23
A. Annexe n° 1 - présentation de la Mulette perlière - <i>Margaritifera margaritifera</i>	23
B. Annexe n° 2 - responsabilité régionale vis-à-vis de la Moule perlière	28
C. Annexe n° 3 – problématique de détection des bivalves en rivières	31
D. Annexe n° 4 - fiches terrain pour le relevé des co-variables environnementales	32
E. Annexe n° 5 – co-variables relevées en 2020 pour le suivi du Grand Rieux	33
F. Annexe n° 6 - présentation des porteurs de projet	34

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Suivi de la population de Moule perlière de la Méouzette par indices d'abondances – Etat initial 2020

I. Enjeux et objectifs du projet

A. Contexte

L'Europe et la France se sont engagées à assurer la préservation de la Moule perlière-*Margaritifera margaritifera* (annexe 1), de la Mulette épaisse – *Unio crassus* et de la Grande mulette (*Margaritifera auricularia*), notamment dans le cadre de la Directive Habitat Faune Flore du 21 mai 1992.

La Mulette perlière (et la Grande Mulette) a également fait l'objet en 2001 d'un plan d'action européen qui décline un ensemble de grands objectifs pour sauver ces espèces de l'extinction (ARAUJO & RAMOS 2001a).

En réponse à cette initiative européenne, le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement et de l'Aménagement du Territoire (MEEDAT) a décidé la rédaction d'un Plan National d'Actions pour les náyades de France, à savoir la Grande Mulette et la Mulette perlière. L'état de conservation des populations au sein du réseau Natura 2000 métropolitain est considéré comme « défavorable » et « mauvais » (INPN).

La Moule perlière est une espèce strictement protégée en France (tout comme la Mulette épaisse), en danger à l'échelle mondiale (UICN, 2018), en danger critique d'extinction en Europe (UICN, 2011), et voit ces dernières années son aire de répartition nationale régresser rapidement (CR* en région centre depuis 2012 (UICN)). L'état de conservation des populations au sein du réseau Natura 2000 métropolitain est considéré comme « défavorable » et « mauvais » (INPN).

La Mulette épaisse quant à elle bénéficie d'un statut de conservation relativement plus favorable, considérée comme vulnérable en Europe (UICN, 2011), en danger dans la Région Centre (UICN, 2012) et en danger critique d'extinction en Alsace (UICN, 2014). L'état de conservation des populations au sein du réseau Natura 2000 métropolitain est considéré comme « défavorable » et « mauvais » (INPN).

B. Enjeux du projet

Le projet porté par LNE en 2020, avec l'appui technique de la SLEM, de Nature et Environnement Consultant et de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes (EPHE), s'organise autour de 2 enjeux à l'échelle de la Nouvelle Aquitaine en travaillant sur la Mulette perlière et la Mulette épaisse, deux espèces d'intérêt communautaire au titre de Natura 2000.

Ces deux enjeux ont été définis ainsi :

- Enjeu 1 - Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis scientifiques sur la Moule perlière,
- Enjeu 2 - Poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur l'espèce en réalisant des inventaires et des suivis des populations.

C. Objectifs du projet

Pour chaque enjeu, nous avons ensuite dégagé des objectifs opérationnels concrets qui sont présentés dans la figure 1.

Enjeux et objectifs prévus	
Enjeu 1	Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis scientifiques sur la Moule perlière
E1-O1	Travail sur les protocoles d'inventaire au bathyscope
E1-O2	Harmonisation des pratiques et rédaction de protocoles
E1-O3	Analyse et propositions (Biostatisticien)
Enjeu 2	Poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur l'espèce en réalisant des inventaires et des suivis des populations
E2-O1	Réalisation d'inventaire de contrôle des populations anciennes sur les sites Natura et hors sites Natura
E2-O2	Réalisation d'inventaire des zones blanches sur les sites natura 2000 concernés
E2-O3	Caractérisation des populations - taille, dynamique...

Figure 1 : rappel du programme d'actions 2020

Le présent rapport constitue un extrait du rapport principal (Laborde et Al., 2020), concernant le suivi de population de Moule perlière de la Méouzette, dont l'année 2020 constitue un état initial.

II. Protocole de suivi par indice d'abondances

A. Principes, hypothèses et moyens nécessaires

Si l'on souhaite comparer des sites entre eux ou suivre des sites dans le temps, l'utilisation de ces indices d'abondance implique l'hypothèse que la détection soit constante dans le temps et l'espace. Pour ce faire, il faudra lors de chaque répétition veiller à réaliser les inventaires dans des conditions similaires (période de l'année, niveau d'eau, turbidité...) et avec des efforts de prospection standardisés.

Il peut également être utile, voire nécessaire de connaître (ou du moins d'en avoir une idée) son taux de détection individuel (protocole CMR « virtuelle »), ainsi que le taux d'enfouissement (protocole d'estimation du taux d'enfouissement) dans des conditions similaires à la zone d'étude et / ou à chaque type de sous unités définies, pour pouvoir réaliser ces estimations et ces comparaisons entre sites tout en limitant les biais.

Les Indices d'abondance (IKA - Ferry et Frochot, 1958)

Principe

Les indices d'abondance (tels que les IPA, les IKA) sont des méthodes permettant de mesurer une abondance relative d'espèces le long d'un trajet ou sur une surface donnée. Elles permettent d'obtenir une abondance relative par unité parcourue pour chacune des espèces cibles.

Ces indices posent **l'hypothèse que la détection des individus n'est jamais de 100%**, c'est-à-dire que l'observateur n'est pas en capacité de voir tous les individus présents sur un site donné lors de la session de terrain mais leur interprétation repose sur l'idée que cette détection est constante.

Hypothèses et règles d'utilisation

- La détection est constante dans le temps et l'espace (H1)

Moyens humains et matériels : temps imparti : 1 journée-homme (préparation)
2 journées-hommes (terrain)
1 observateur mobilisé
1 bathyscope éclairé, waders
Feuilles et stylos
GPS
1 minuteur

Pré-requis nécessaire : Connaitre son taux de détection individuel sur la zone d'étude

B. Définition du plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage aléatoire systématique mis en œuvre (figure 2) repose sur 16 unités de 4 ML x 50 ML, placés tous les 200 ML le long du cours d'eau, sur un secteur de présence connue historiquement.

L'échantillon représente ainsi 20 % de la zone d'étude.

L'observateur connaît son taux de détection (Cf. CMR « virtuelle ») sur la zone d'étude (hypothèse H1), mais avec un effort de prospection différent de celui mis en œuvre en 2020.

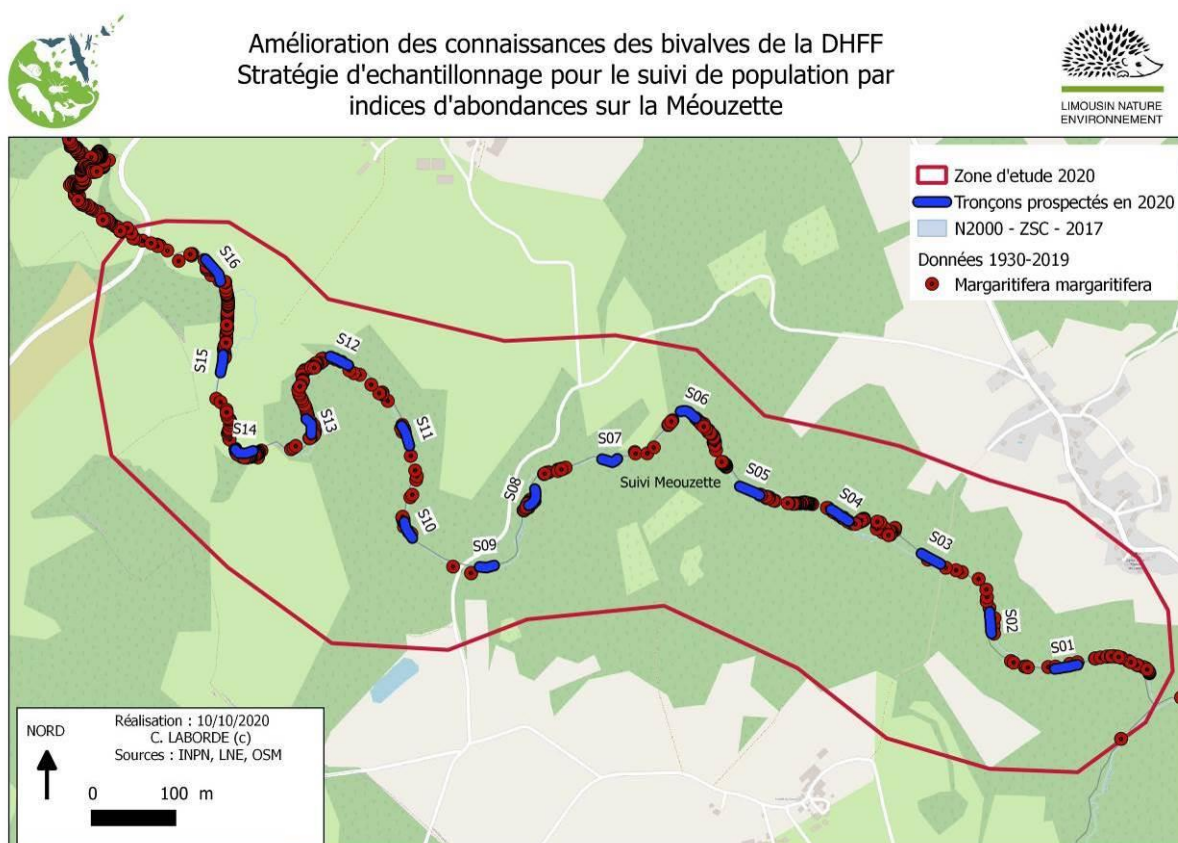


Figure 2 : cartographie de la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre sur la Méouzette pour le suivi de population par indices d'abondances

C. Modalité de mise en œuvre sur le terrain

Lors d'une session de comptage sur le terrain, selon le plan d'échantillonnage retenu, l'opérateur commence par repérer son premier site « d'entrée » dans l'eau. C'est la limite aval de la première unité, qu'il pointe au GPS.

En fonction de la largeur du cours d'eau, il estime la vitesse de progression vers l'amont qu'il doit mettre en œuvre afin de respecter au mieux son effort de prospection, à raison de 15 minutes par unités de 200 m². Il prospecte ensuite intégralement la sous unité de l'aval vers l'amont, en dénombant les individus observés. Le pointage des individus observés au GPS peut également être réalisé.

Une description des variables environnementales propres à chaque unité écologiquement homogène a également été réalisée, après avoir achevé la prospection de ladite unité (faciès, colmatage, substrat dominant, végétation rivulaire, occupation des parcelles riveraines, pente...).

D. Analyse des résultats des indices d'abondance

Dès lors que l'on dispose des taux de détection des observateurs (cf. CMR « virtuelle »), idéalement pour chaque type de sous unités retenues, et que l'on a obtenu les abondances relatives sur chaque sous-unité, les calculs des abondances estimées ou de densité moyenne ainsi que de leurs intervalles de confiance sont relativement aisés et peuvent être réalisés à l'aide d'un logiciel convivial tel qu'Excel ©.

Ils peuvent être calculés par sous unité, par groupe de sous unités ou encore à l'échelle du cours d'eau, en intégrant une estimation de la détection.

Si l'on ne dispose pas des taux de détection, il est possible de comparer les abondances relatives entre sites ou dans le temps si l'on pense que la détection est relativement homogène (hypothèse forte).

Les abondances sont également mises en regard avec les co-variables environnementales relevées par la méthode des Modèles Linéaires Généralisés (GLM).

E. Intérêt et limites des indices d'abondance

Les indices d'abondance mis en œuvre avec un protocole standardisé dans l'espace et dans le temps, permettent de réaliser des **suivis standardisés**.

Cette standardisation, couplée à une/des estimation(s) de la détectabilité (et de l'enfouissement), permet de comparer les sites entre eux et de suivre dans le temps l'abondance relative des espèces étudiées.

F. Effort et période de prospection

L'ensemble des prospections terrain réalisées en 2020 dans le cadre de la présente étude est présenté dans la figure 3. Cette figure n'inclue pas les réunions et le temps de préparation, notamment pour la mise en œuvre des suivis.

Synthèse des prospections réalisées dans le cadre de l'étude				
Date	Heures	Conditions météorologiques	Objet de la prospection	Auteur de la prospection
22-juin-20	9h45 à 17h30	Temp. : 26°C Ensoleillement : 8/8 Vent : 0/8	Suivi de population Méouzette	Cyril LABORDE
30-juin-20	9h30 à 17h	Temp. : 22°C Ensoleillement : 8/8 Vent : 0/8	Suivi de population Méouzette	Cyril LABORDE

Figure 3 : période et effort de prospection mis en œuvre en 2020

III. Résultats du suivi scientifique par indice d'abondances sur la Méouzette

Site(s) Natura 2000 concerné(s) :

FR8302011 Tunnel SNCF du Chavanon

FR8301095 Lacs et rivières à loutres

A. Résultats bruts

L'étude 2020 a été réalisée en deux sessions de terrain, organisées le 22 puis le 30 juin 2020, avec un unique observateur.

L'ensemble des unités d'échantillonnage prévues ont été prospectées et l'indice d'abondance observé a été noté selon les classes suivantes « adultes », « juvéniles » et « coquilles ». Au regard du faible nombre de juvéniles observés (9 au total), adultes et juvéniles ont été regroupés en « individus vivants » pour les analyses (figures 4 et 5).

Des co-variables environnementales ont également été relevées systématiquement (annexe 5).

Résultats bruts sur la Méouzette			
unité / tronçon	Indice d'abondance 2020 adultes vivants	Indice d'abondance 2020 Juvéniles vivants	Indice d'abondance 2020 Coquilles
S01	2		1
S02	2		
S03	11		
S04	22	3	1
S05	6		
S06	15	1	
S07	3		
S08	59	2	3
S09	3		2
S10	4		1
S11	37		3
S12	13		1
S13	36		
S14	132	3	2
S15	22		
S16	15		1

Figure 4 : résultats bruts du suivi de population par indices d'abondance sur la Méouzette en 2020

Notons tout d'abord un taux d'occupation des sites (choisis aléatoirement) de 100%, ce qui est remarquable.

Au total, 391 individus ont été recensés, avec des abondances très variables entre les unités (entre 2 et 135 individus sur 200 m²), soit des densités minimales comprises entre 0,01 et 0,67 individu par mètre carré.

Les 15 coquilles découvertes lors du suivi représentent 2,46% du total des observations 2020.



Amélioration des connaissances des bivalves de la DHFF Résultats bruts du suivi de population par indices d'abondances sur la Méouzette

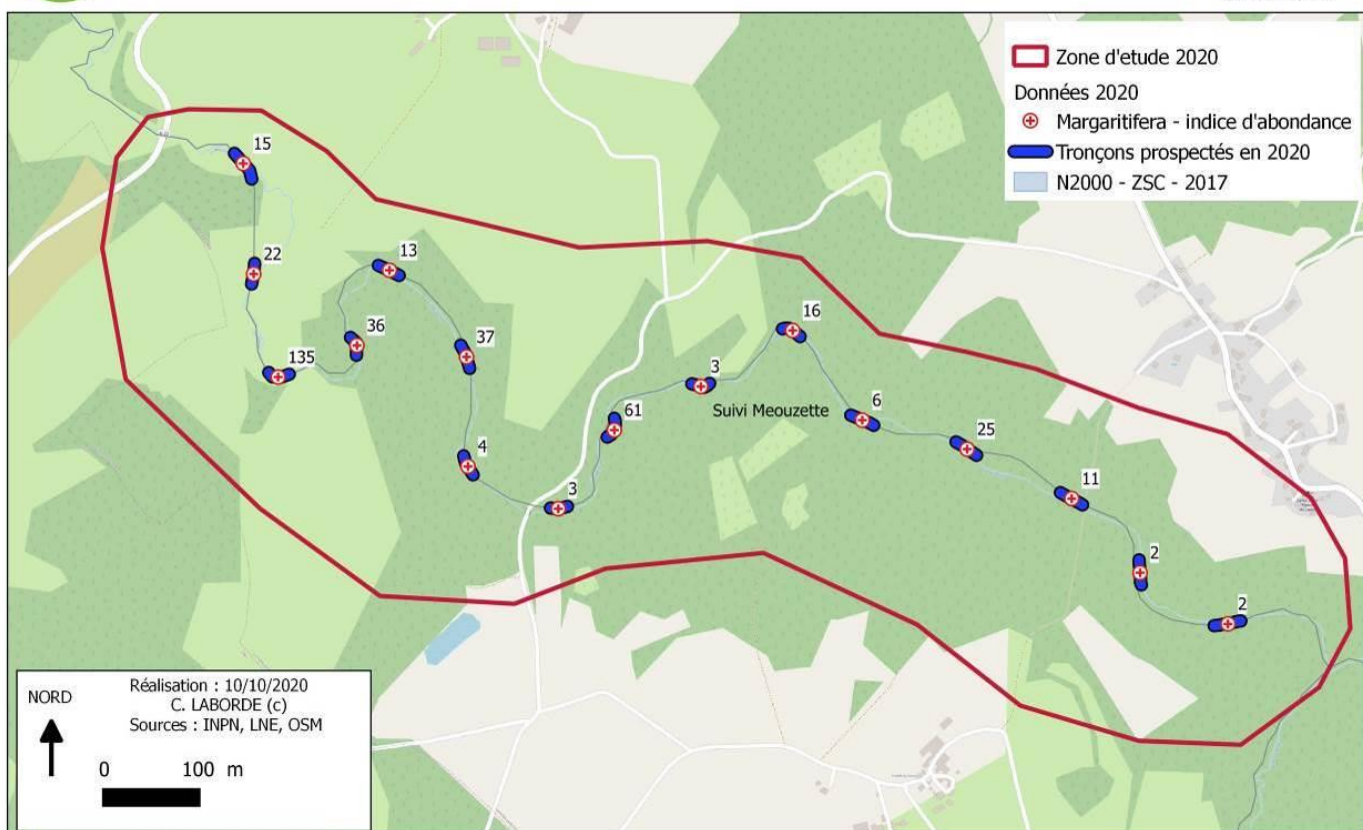


Figure 5 : résultats bruts cartographiques du suivi par indices d'abondances sur la Méouzette

En 2016, les stations S01 à S08 et S10 - S11 avaient été inventoriées par deux observateurs qui prospectaient conjointement dans le cadre du CTMA par LNE. L'abondance observée était alors de 132 individus vivants, alors qu'en 2020, elle est de 161, illustrant bien l'importance de disposer de son taux de détection individuelle lors d'un inventaire en un passage unique (tout comme la nécessité de calibrer son effort de prospection).

B. Analyse des données

Il s'agit du jeu de données le plus « simple » : un seul passage, des relevés d'abondance et plusieurs co-variables explicatives (figure 5). L'observateur connaît son taux de détection sur ce cours d'eau, mais avec un effort de prospection trois fois supérieurs (15 s/m^2) à celui mis en œuvre en 2020 pour le suivi (5 s/m^2).

Il n'y a donc pas possibilité d'estimer la détection mais il est possible d'estimer l'abondance moyenne détectée par tronçon ainsi que l'abondance minimale sur la zone d'étude, mais aussi de regarder l'impact des co-variables environnementales sur ces abondances.

1. Estimation d'abondances

Les analyses ont d'abord été réalisées en suivant des Modèles Linéaires Généralisés, avec une distribution de Poisson (données de comptages). Cependant, au vu des fortes variations d'abondance entre les tronçons, la distribution de Poisson n'est pas du tout ajustée aux données avec une très forte sur-dispersion (avec un coefficient de sur-dispersion « \hat{C} » de 90 alors que l'on recherche une valeur inférieure à 1,2). En effet, la Méouzette présente des densités très variables, avec tantôt des groupements d'individus, et tantôt des individus isolés (figure 6).

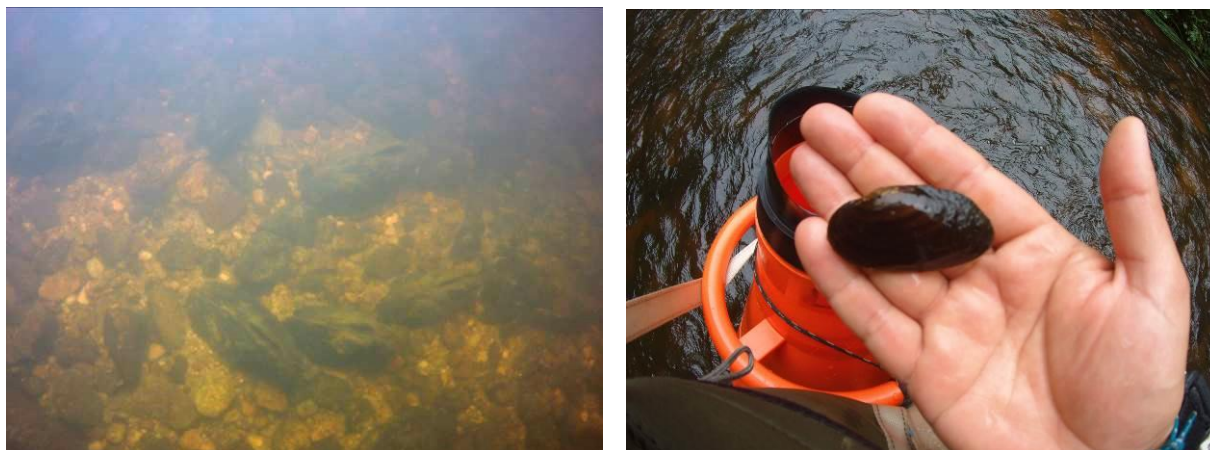


Figure 6 : vue sur un groupement de Moules perlière (à gauche) et sur un sub-adulte isolé (à droite)

L'analyse requiert donc d'utiliser une Loi Binomiale Négative qui permet de gérer cette sur-dispersion (avec un c-chapeau de 1,2). Avec ce modèle, à partir des abondances observées (391 individus vivants) et leur répartition sur les stations, l'abondance moyenne par tronçon a pu être estimée à 24,44 individus avec un intervalle de confiance à 95% de [14,23-41,97].

L'échantillonnage étant aléatoire, il est représentatif de la zone d'étude. Ainsi, il est possible d'estimer l'abondance minimale sur l'ensemble de la zone d'étude à au moins 1955 individus.

2. Analyse des co-variables explicatives par les GLM

Parmi les co-variables testées par GLM sur l'abondance détectée par tronçon, plusieurs sont significatives et influent donc sur les abondances observées.

Dans les tableaux ci-dessous « N-estimée » est l'abondance moyenne par tronçon selon les différentes modalités de la variable, « low IC » est la borne inférieure de l'intervalle de confiance à 95% et « up IC » la borne supérieure de cet intervalle.

➤ Le faciès et le colmatage

Le faciès et le colmatage sont deux critères importants qui influent classiquement la présence de la Moule perlière, et cela se retrouve dans les résultats des GLM.

Influence significative des co-variables sur les indices d'abondances relevés en 2020				
Analyse par GLM (Modèle Linéaire Généralisé)				
Co-variables	Taille de l'échantillon	N-estimée	low IC à 95%	up IC à 95%
Faciès - Plat courant	n = 10	9,50	5,59	16,14
Faciès - Plat lentique	n = 6	49,33	25,94	93,84

Influence significative des co-variables sur les indices d'abondances relevés en 2020				
Analyse par GLM (Modèle Linéaire Généralisé)				
Co-variables	Taille de l'échantillon	N-estimée	low IC à 95%	up IC à 95%
Colmatage - Faible	n = 6	18,00	8,24	39,33
Colmatage - Moyen	n = 8	16,63	8,43	32,77
Colmatage - Fort	n = 2	75,00	19,96	281,79

Figure 7 : influences significatives du faciès et du colmatage sur les indices d'abondances relevés en 2020 sur la Méouzette

Comme l'indique la figure 7, les abondances estimées seraient cinq fois plus élevées sur les faciès de plats lentiques, ou avec un colmatage fort que sur les plats courants, ou les secteurs au colmatage faible à moyen.

Si le résultat concernant les faciès correspond bien à la bibliographie, celui concernant le colmatage est plus surprenant mais ce résultat apparait peu fiable au regard de la taille de l'échantillon pour la classe des colmatages forts (n=2).

➤ La végétation et l'ombrage

Sur la Méouzette, les abondances estimées semblent également corrélées de manière significative à l'ombrage et aux types de végétation rivulaire présents sur les stations (figure 8).



Figure 8 : vue sur les différents milieux présents sur la Méouzette

L'espèce semble ainsi être deux à quatre fois plus abondance dans les milieux peu ombragés, avec peu ou pas de végétation haute en berge, ou sur les parcelles riveraines (figure 9).

Notons cependant que l'échantillon des « stations peu ombragées en milieux herbacés » reste petit (3 unités), même si il reste conforme aux analyses réalisées.

Influence significative des co-variables sur les indices d'abondances relevés en 2020				
Analyse par GLM (Modèle Linéaire Généralisé)				
Co-variables	Taille de l'échantillon	N-estimée	low IC à 95%	up IC à 95%
Veg. Riv. - Arborée	n = 13	16,85	9,78	29,03
Veg. Riv. - Herbacée	n = 3	57,33	18,91	173,78

Influence significative des co-variables sur les indices d'abondances relevés en 2020				
Analyse par GLM (Modèle Linéaire Généralisé)				
Co-variables	Taille de l'échantillon	N-estimée	low IC à 95%	up IC à 95%
ODS - Arborée feuillue	n = 13	16,85	9,78	29,03
ODS - Herbacée	n = 3	57,33	18,91	173,78

Influence significative des co-variables sur les indices d'abondances relevés en 2020				
Analyse par GLM (Modèle Linéaire Généralisé)				
Co-variables	Taille de l'échantillon	N-estimée	low IC à 95%	up IC à 95%
Ombrage - Faible	n = 3	57,33	19,93	164,93
Ombrage - Moyen	n = 4	8,75	3,34	22,96
Ombrage - Fort	n = 9	20,44	10,99	38,04

Figure 9 : influences significatives de la végétation rivulaire, de l'occupation des sols sur les parcelles riveraines et de l'ombrage sur les indices d'abondances relevés en 2020 sur la Méouzette

Concernant ces résultats, un biais peut exister malgré l'utilisation d'un éclairage tout au long du suivi, car nous avons montré que l'ombrage et la profondeur influençaient négativement la détection dans le cadre d'une précédente étude menée sur la Vienne (Laborde et Al., 2019).

Ce biais pourrait avoir induit sur sous-estimation des abondances sur les stations ombragées et inversement mais nous ne disposons pas de « taux de détection » sur ce site avec l'effort de prospection mis en œuvre qui permettraient de confirmer cela.

C. Synthèse et suite à donner

Le suivi de la population de la Méouzette réalisé en 2020 a permis d'estimer l'abondance moyenne (sans correction pour la probabilité de détection) de la Moule perlière sur la zone d'étude à 24,44 individus par station de 200 m² avec un intervalle de confiance à 95% de [14,23-41,97].

Nous avons également pu identifier quelques co-variables (le faciès, le colmatage, la végétation rivulaire, l'ombrage et l'occupation des sols des parcelles riveraines) qui semblent influencer sur les abondances observées, permettant de caractériser plus finement l'habitat de l'espèce sur ce cours d'eau. Cependant, aux vues de la taille des échantillons, ces co-variables pourraient être utilisées pour mener un échantillonnage stratifié lors d'un prochain suivi, permettant d'affiner les estimations.

Nous préconisons que ce suivi soit répété à l'identique (protocole, stations de suivi, matériel, et si possible avec le même observateur) d'ici 5 à 7 ans, soit entre 2025 et 2027.

IV. Conclusion et perspectives

Cette étude a permis d'établir un état initial de population de Moule perlière de la Méouzette, espèce d'intérêt communautaire au titre de la Directive Habitat Faune Flore, par une méthode de suivi accessible, et reproductible dans le temps.

Après ces deux années de travail qui ont permis la production, la diffusion et le test de protocoles standardisés de suivis scientifiques de populations de bivalves, il appartient désormais aux animateurs et animatrices Natura 2000 de mettre en œuvre les suivis de populations sur leurs sites, mais également partout sur le territoire, via les CTMA et autres programmes.

Pour ce faire, les collectivités et les associations peuvent compter sur un appui technique de la part des porteurs du projet.

De par la sensibilité des espèces cibles, les données brutes ne sont pas diffusées ou localisées précisément dans le présent rapport. Cependant, elles peuvent être mises à disposition sur demande auprès de Limousin Nature Environnement.

V. Bibliographie

APHLP. 2003. Etude de la population de Moules perlières *Margaritifera margaritifera* sur la Dronne cristalline en Dordogne. Rapport d'étude pour le PNR Périgord Limousin. 26pp.

ARAUJO, R. & M. A. RAMOS 2001. - Action plans for *Margaritifera auricularia* and *Margaritifera margaritifera* in Europe. Council of Europe Publishing, Strasbourg, 64 pp.

ARCHAMBAUD G., GIORDANO L., DUMONT B., 2005 : Description du substrat minéral et du colmatage. Note technique. Cemagref Aix-en-Provence, UR Hydrobiologie.

AUTIER, C. 2009. Etude de populations de Moules perlières et des milieux associés sur la Haute Cure, Parc Naturel Régional du Morvan, 37pp.

BARTHELEMY G., 2011. La moule perlière, emblème de la pureté de nos eaux : histoire d'une évolution aux côtés de l'homme, de l'Europe à la Creuse, Mémoires de la Société des Sciences naturelles, archéologiques et historiques de la Creuse – Tome 56e 201°/2011 – p. 5-19.

BAUER, G. 1987. - Reproductive strategy of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. *Journal of Animal Ecology* 56: 691-704. BAUER, G. 1998. - Allocation policy of female freshwater pearl mussels. *Oecologia* 117: 90-94.

BEAUFILS, 2012. Suivi de populations de Mulette perlière par CMR. Présentation du PNR Normandie Maine lors des rencontres interrégionales à Nedde (87) du 22/11/2012.

BESNARD A. & J.M. SALLES, 2010. Suivi scientifique d'espèces animales. Aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis. Note méthodologique à l'usage des gestionnaires de sites Natura 2000. Rapport DREAL PACA, pôle Natura 2000. 62 p.

BONNEMERE, L. 1901.- Les mollusques des eaux douces de France et leurs perles. Publié par Institut international de bibliographie scientifique, 1901, Paris, 154 pp.

BOUCHET, P. 1990. - La malacofaune française: Endémisme, Patrimoine naturel et Protection. *Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie)* 45: 259-288.

BOUCHET, P., G. FALKNER & M. B. SEDDON 1999. - Lists of protected land and freshwater molluscs in the Bern Convention and European Habitats Directive: are they relevant to conservation? *Biological Conservation* 90 (1): 21-31.

BUDDENSIEK, V. 1995. - The culture of juveniles freshwater pearl mussels *Margaritifera margaritifera* L. in cages: a contribution to conservation programmes and the knowledge of habitat requirement. *Biological Conservation* 74: 33-40.

COCHET, G. 1998.- Inventaire des cours d'eau à *Margaritifera margaritifera* en France. Ministère de l'Environnement, pp.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Suivi de la population de Moule perlière de la Méouzette par indices d'abondances – Etat initial 2020

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

COCHET, G. 2000. - Inventaire des cours d'eau à *Margaritifera margaritifera* en France. Paris, Ministère de l'environnement et Direction de l'eau: 175 pp.

COCHET G. 2002 : *Margaritifera margaritifera*, la Mulette perlière – In : Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 7. Espèces animales. La documentation Française. Paris. 353 p.

COCHET, G. 2004.- La Moule perlière et les nayades de France. Histoire d'une sauvegarde. Christian Bouchardy, Nohanent, 32 pp.

COCHET, G. 2008 : Moule perlière et Grande Mulette en France : vers une prochaine extinction, *Penn ar Bed*, 203 : 18-24.

CPIE Collines Normandes, 2018, suivis de la survie et de la croissance depuis 2015 sur les bassins de l'Airou, de la Rouvre, et du Sarthon. Bilan intermédiaire PNA et programme Life, 32p.

CUCHERAT X., 2014. Quand les Mulettes se cachent lorsque l'on veut les compter. Poster présenté au Colloque International sur la conservation de la Moule perlière à Brest, le 27 novembre 2014. Biotope.

HASTIE, L. C., M. R. YOUNG, P. J. BOON, P. J. COSGROVE & B. HENNIGER 2000c. - Sizes, densities and age structures of Scottish *Margaritifera margaritifera* (L.) populations. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 10: 229- 247.

HUMBERT L., BARTHELEMY G., SZREMSKI W., 2009. Note méthodologique de localisation et de caractérisation des cours d'eau à *Margaritifera margaritifera* dans le Massif central (V1) : Présentation de l'espèce - Caractérisation des sites favorables

KUEHN R. & GEIST J., 2014. Analyses génétiques de 8 populations de moules perlières (*Margaritifera margaritifera*) et analyse du substrat des rivières de la région Limousin (France). Rapport d'étude pour ASF et LNE. 23 p.

LABORDE, C. 2017. « Mise en œuvre d'un programme de formation auprès des techniciens rivières, des pêcheurs, des étudiants de GPN et des sympathisants de la SLEM sur le bassin versant Adour Garonne de la Corrèze ». Commanditaire : Société Limousine d'étude des Mollusques (SLEM).

LABORDE C. ; NAUDON D. ; MARCILLAUD C. ; BESNARD A. , 2019. « Estimation de population et détectabilité de la population de Moules perlières entre Nedde (87) et Tarnac (19) sur la haute vallée de la Vienne par les méthodes de comptage mixte répété (N-Mixture) ». *Revue Plumes de Naturalistes*.

LABORDE C., LEROY E., NAUDON D., BESNARD A. ; 2020. Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Amélioration des connaissances concernant les bivalves de la DHFF sur les principaux bassins versants de Nouvelle-Aquitaine. Commanditaire : DREAL Nouvelle-Aquitaine. 106 p.

LABORDE B. et LBORDE C., (2019). « Structure et dynamique de population de la Mulette perlière (*Margaritifera margaritifera*) sur la haute vallée de la Vienne ». Revue Plumes de Naturalistes.

LAMAND F., BEISEL J.N., 2004. Proposal for a simple hydromorphological habitat survey method for freshwater bivalve (Unionidae) inventories. Springer Science+Business Media Dordrecht 2014

MOORKENS, E. A. 2000. - Conservation Management of the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera*. Part 2: Water Quality Requirements. Irish Wildlife Manuals, No. 9, 44 pp.

NAGEL, K.-O. 2000. - Testing hypotheses on the dispersal and evolutionary history of freshwater mussels (Mollusca: Bivalvia: Unionidae). Journal of Evolution Biology 13: 854-865.

NAUDON D., 2018. Bilan annuel du Plan Régional d'Action en faveur de la Moule perlière en Limousin. Version provisoire.

NAUDON D. , FOUCOUT A. BARTHELEMY G. 2018. Suivi de gravidité et mise en contacts de glochidies avec leurs poissons hôtes en vue de leurs réintroductions dans le milieu naturel. Non publié.

OTIS, D. L., K. P. Burnham, G.C.White, and D.R. Anderson. 1978. Statistical inference from capture data on closed animal populations. Wildlife Monographs, 62.

PRIE, V. 2009. - The Giant Pearl Mussel : A new location discovered in France increases significantly the known number of living individuals. Tentacle 17 (January 2009): 17-18.

PRIE V., 2017. Naïades et autres bivalves d'eau douce de France. Biotope, Mèze, Museum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaire & biodiversité), 336p.

PRIE, V., G. COCHET & L. PHILIPPE 2008a. - La Grande Mulette *Margaritifera auricularia* dans l'Oise - Chronique d'une mort annoncée. Le Courrier de la Nature 239: 20-24.

PRIE, V., G. COCHET, L. PHILIPPE, H. RETHORET & R. FILALI 2008b. – Une population majeure de la très rare Grande Mulette *Margaritifera auricularia* (Spengler 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae) dans le fleuve Charente (France). MalaCo 5: 230- 239.

PRIE, V., L. PHILIPPE & G. COCHET 2007. - Evaluation de l'impact d'un projet de canal sur les naïades de l'Oise (France) et découverte de valves récentes de *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) (Bivalvia : Margaritiferidae). MalaCo 4: 178-182.

ROYLE, J. A. (2004) N-mixture models for estimating population size from spatially replicated counts. Biometrics, pp 108-115.

SMITH D.R., ROGALA J.T., GRAY B.R., ZIGLER S.J., NEWTON T.J., 2009, « Evaluation of single and two stage adaptive sampling designs for estimation of density and abundance - of freshwater mussels in a large river », River Research and Applications, 27, 1, p. 122-133.

STRAYER, CLAYPOOL S., SPRAGUE S.J., 1997, « Assessing unionid populations with quadrats and timed searches », K. S. Cummings, A. C. Buchanan, C. A. Mayer, and T. J. Naimo (eds.). Conservation and Management of Freshwater Mussels II: Initiatives for the Future. Proceedings of a UMRCC Symposium, 16-18 October 1995, St. Louis, Missouri, p. 163-169.

STRAYER D.L., SMITH D.R., 2003, A guide to sampling freshwater mussel populations, Bethesda, Md, American Fisheries Society (American Fisheries Society monograph), 103 p.
THOMPSON, W.L. (dir.), 2004, Sampling rare or elusive species: concepts, designs, and techniques for estimating population parameters, Washington, Island Press, 429 p.

VRIGNAUD, S. 2007. Différentes techniques de détermination de l'âge et du sexe des moules perlières, *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus, 1758) (Mollusca, Bivalvia, Margaritiferidae). MalaCo, 4 : 222-224.

VRIGNAUD S., 2007a. Numéro spéciale : Corbicules. Margaritifera. Bulletin de liaison de la cartographie des mollusques de l'Allier 6. non paginé. Moulins.

YOUNG M.R., HASTIE L.C., COOKSLEY S.L., 2003, Monitoring the freshwater pearl mussel: *Margaritifera margaritifera*, Peterborough, English Nature, 22 p.

VI. Annexes

A. Annexe n° 1 - présentation de la Mulette perlière - *Margaritifera margaritifera*

➤ Généralités

Parmi les bivalves des cours d'eau, le groupe des naïades (« moules d'eau douce ») rassemble deux familles : les uniodiés et les margaritiféridés. La Moule perlière ou Mulette perlière (*Margaritifera margaritifera*) est l'une des deux espèces de margaritiféridés présentes en Europe, la seconde étant la Grande mulette (*Pseudunio auricularius*). La famille des margaritiféridés est considérée comme la plus primitive des moules d'eau douce.



A gauche, Coquille de Moule perlière, au centre, Siphon inhalant et exhalant, à droite, Dents cardinales de la Moule perlière (Sources : C. LABORDE)

Le nom de genre, *Margaritifera*, donné par Linné en 1758, signifie « qui porte des perles », car effectivement, l'espèce produit de la nacre pour couvrir la couche interne de la valve, appelée hypostracum, et dans le cas où un corps étranger s'introduit entre le manteau et la coquille, la Moule perlière l'englobe de cette nacre, formant ainsi une perle. Néanmoins, il apparaît qu'une moule sur mille produit une perle. Le periostracum, épiderme recouvrant les valves, est de forme allongée en forme de rein ou de haricot, brun chez les jeunes individus et noir chez les adultes, du fait d'un recouvrement de Diatomées. La taille des coquilles peut atteindre 15 à 16 cm dans les pays Scandinaves, alors que le maximum connu en France est de 13 cm. La détermination des naïades est basée sur l'examen des « dents » qui s'emboîtent parfaitement lors de la fermeture des coquilles ; la Moule perlière possède deux dents dites cardinales sur la valve gauche et une seule sur la valve droite ; le caractère permettant de déterminer de façon certaine cette espèce est l'absence de dents latérales.

La Moule perlière vit dans des cours d'eau oligotrophes pauvres en calcaire, c'est pour cela qu'on la retrouve sur des anciens massifs de granite, gneiss, schistes et aussi de grès. C'est un filtreur qui se nourrit des particules peu décomposées transportées par le cours d'eau. L'espèce vit la tête en bas. Le manteau de la partie postérieure est muni de deux siphons, l'un d'aspiration et filtration via les cténidies, et l'autre d'exhalation, qui lui permettent de respirer et de se nourrir. Un individu adulte peut filtrer jusqu'à 50 litres d'eau par jour, et une population naturelle sur 10 km participe ainsi à la sédimentation de plus de 90% des particules de matière organique en suspension et réduisent ainsi la turbidité de l'eau (Cochet, 2000). Le sommet des valves, appelé umbo, est souvent détérioré car il s'agit de la partie de la coquille la plus âgée et donc la plus longuement sujette à l'érosion chimique et physique du cours d'eau. La moule adulte est sédentaire, et vit fixée dans le substrat par son pied, l'orifice inhalant face au courant.

Toutefois, son pied lui permet d'effectuer des déplacements limités qui peuvent s'observer par des sillons témoignant du passage de l'individu. Ce phénomène a pu être observé au cours de l'étude réalisée, comme l'attestent les photos ci-dessous, la moule était positionnée les siphons vers l'aval de la Vienne, et elle a ainsi remonté le cours d'eau sur quelques dizaines de centimètres, laissant derrière elle un sillon dans le gravier.



Moules perlières en déplacement observées sur la Vienne. (Sources : C. LABORDE)

➤ Un cycle biologique bien particulier

Les sexes sont séparés et il n'y a pas de dimorphisme sexuel chez la Moule perlière. Cependant, en cas de stress et de très faible densité, la femelle peut devenir hermaphrodite (Bauer, 1987).

Le taux de fertilité dépend de la taille des individus. L'évolution des populations de Moules perlières dépend de la nourriture charriée par le cours d'eau. En cas de manque de nourriture, les individus ont un développement plus lent, avec un âge retardé des premières reproductions, mais se reproduisent plus longtemps, jusqu'à plus de 80 ans (Bauer, 1998). Effectivement, sur la Vienne, où les eaux sont très pures, rares sont les individus observés dépassant 9 cm de longueur, alors que sur la Dronne (24), où les eaux sont très turbides, la majorité des individus ont des tailles supérieures à 10 cm.

Les ovules produits par la femelle se fixent sur ses cténidies. Le sperme, libéré par le mâle au début de l'été (Groh, 2000 in Vrignaud 2005) et en suspension dans l'eau, est filtré par les cténidies des femelles où la fécondation a lieu. Ainsi, la répartition des individus dans le cours d'eau influe fortement les taux de fécondité. Les larves sont incubées dans les quatre cténidies pendant plusieurs semaines (3 semaines en Ecosse, Hastier et Young, 2003 ; 4 semaines, Cochet, 2000).

Une femelle produit entre deux cent mille et plusieurs millions de gamètes par an, appelés glochidies ou glochidium. A ce stade, une glochidie mesure de 48 à 90 μm , et est formée de deux valves contenant un manteau larvaire, un muscle et quelques cellules sensibles à la surface du manteau (Perkkarinen and Valovirta, 1996). Elle ressemble à un petit lamellibranche muni d'un long filament et de crochets à l'extrémité des valves. Le naissain est produit entre fin juin et début septembre, et sa libération dans le cours d'eau semble déclenchée par des événements thermiques ou hydrologiques, répondant à la notion de degré-jour (Hastie et Young, 2003).

Néanmoins, les glochidies sont libérées presque simultanément au sein d'une même population (sur 1 ou 2 jours). Au moment de la libération des larves dans le cours d'eau, elles peuvent avoir atteint la taille de 200 (Vrignaud, 2005) à 500 μm (Cochet, 2000; Bauer, 1994). Elles ne peuvent survivre que quelques heures avant de parasiter un poisson hôte. Le taux de mortalité des larves entre leur libération dans le milieu et l'infestation du poisson-hôte est de 99,9996% (Young & Williams, 1984b). Les poissons-hôtes des larves de Moules perlières sont des salmonidés ; le Saumon Atlantique (*Salmo Salar*), absent sur la Vienne amont, et la Truite fario (*Salmo trutta fario*). La Truite arc-en-ciel (*Onchorynchis mykiss*), l'omble ou saumon de fontaine (*Salvenilus fontanilis*) peuvent également être « parasités » mais les chances de survie des glochidies au terme de la phase « parasitaire » sont souvent proches de zéro (Groh, 2000 in Vrignaud, 2005).

Les glochidies se fixent sur le système branchial de ses poissons-hôtes. Cette phase « parasitaire » peut suivre deux stratégies ; une phase courte de 20 à 60 jours avec libération des glochidies en fin d'été, ou une phase longue de 7 à 9 mois avec libération des larves au printemps et début de l'été après une période de repos hivernal (Cochet, 2004). Les deux stratégies ont déjà été observées au sein d'une même population et participent ainsi à l'aire de répartition de la Moule perlière. Selon Cochet, il faut au moins des densités de 2000 à 3000 truites à l'hectare pour assurer une bonne reproduction. Young & Williams (1984a) estiment à 5% le taux de survie des glochidies dans les branchies de truites, alors que Preston et al. (2007) indiquent une mortalité inférieure à 1% chez des truites aux Etats-Unis en conditions contrôlées.



Cycle de reproduction de la Moule perlière (L. Humbert & G. Barthelemy, ONEMA et M. Young)

Les glochidies se libèrent des branchies du poisson-hôte et se fixent jusqu'à 50 cm de profondeur dans le substrat (Cochet, 2004) dans lequel elles vont vivre de 2 à 5 ans. A ce stade, elles ne filtrent pas encore et cherchent leur nourriture dans le sédiment. Le régime alimentaire le plus approprié pour les moules juvéniles est constitué des produits de la décomposition de prairies inondables à graminées de type Vulpin des prés et Pâturin commune, graminées qui contiennent une teneur élevée en calcium nécessaire à la formation de la coquille (Vrignaud, 2002). Les juvéniles doivent trouver dans le sous-écoulement (hyporhéique) la même qualité d'eau que celle de la rivière au moins dans les 10 premiers centimètres.

Lorsque les moules juvéniles sortent du substrat, elles mesurent alors de 1,5 à 2 cm et leur periostracum est de couleur brune claire, puis devient plus sombre avec l'âge et en fonction de la trophie du milieu, comme l'attestent les photos suivantes de juvéniles observés sur la Vienne.



Photographie de Moules perlières observées sur la Vienne à différentes classes d'âge (Sources : C. LABORDE)

Les Moules perlières atteignent leur maturité sexuelle entre 12 et 20 ans (Kinet et Libois, 1999 ; Cochet, 2000, Groh, 2000 in Vrignaud, 2005 ; Merlet, 2008). Les différentes étapes qui conduisent à la maturité sexuelle sont caractérisées par de forts taux de mortalité : moins de 10 moules sur 1 million de glochidies (Bauer, 1989 ; Young et Williams, 1984). Elles peuvent rester fertiles jusqu'à plus de 80 ans (Bauer, 1998). La longévité de cette espèce varie selon la ressource en nourriture, ainsi les populations du Nord de l'Europe peuvent vivre jusqu'à 200 ans (Helama & Valorvita, 2008) alors que San Miguel et al (2004) donnent un âge maximum de 65 ans en Espagne.

La détermination de l'âge des individus est basée sur le comptage des stries de croissance annuelle visibles sur les valves ou sur le ligament. Des méthodes permettent de déterminer précisément l'âge de la moule après traitement des valves avec des solutions chimiques. K.Groh stipule que la Moule perlière réalise 2 à 3 stries par an observables sur la couche externe du périostacum.

➤ Une espèce bio indicatrice et parapluie

La Moule perlière est très sensible à la qualité et à la température de l'eau, en particulier au stade juvénile. Elle se retrouve en général dans des eaux de 0 à 23°C, ne survivant que quelques dizaines de minutes à une eau à 28°C (Araujo & Ramos, 2001a). La température serait le principal facteur de mortalité des juvéniles, suivie par les concentrations en magnésium et ammoniacque. Il apparait que la croissance et la survie des juvéniles sont inversement corrélées à la conductivité, la concentration en ammoniacque, nitrates, phosphates, sodium, potassium, calcium et magnésium ; tous ces paramètres étant des indicateurs d'eutrophisation (Buddensiek, 1995).

Les données issues d'études scientifiques menées au Royaume-Uni, en Allemagne, en Scandinavie et en Russie sur les exigences de la Moule perlière ont été rassemblées lors d'une mise en commun au sein d'une commission du Conseil de l'Europe. Il apparait que la Moule perlière ne peut plus se reproduire dès lors que la concentration en nitrates de l'eau dépasse 1 mg/L. Les individus adultes deviennent sensibles à partir de 7 mg/L, et des concentrations de 13 mg/L augmentent de 50% la mortalité (Cochet et Paris, 2001). Pour les phosphates, la concentration à ne pas dépasser est de 0,03 mg/L. Le pH doit rester inférieur à 7,5, mais en dessous de 6, la trop forte acidité devient fatale. La figure ci-dessous synthétise les caractéristiques physico-chimiques des cours d'eau à Moule perlière.

	[O ₂] dissous (mg O ₂ /L; % satur)	pH	Conductivité (µS/cm)	Nitrates (mg NO ₃ ⁻ /L)	Orthophosphates (mg PO ₄ ³⁻ /L)	Ammoniums (mg NH ₄ ⁺ /L)	DBO5 (mg O ₂ /L)	Calcium (mg Ca/L)
Vrignaud, 2005	.	6-7	<100-150	<1	<<3	.	.	.
Cochet et Paris, 2001	>4,5	6-7	.	<7	<0,1	.	<3	<10
Oliver, 2000	90-110%	6,5-7,2	<100	<1	<0,03	.	<1,3	<10
This study (reproducing populations) (Ireland)	>9	6,5-8,3	<195	<1,7	<0,12	<0,1	<3,0	.
Buddensiek, 1995 (Germany)	mean 9,76	mean 7,05	mean 208	mean 0,01	mean 0,11	mean 0,22	.	.
Ofenb-ck et al (in press) (Austria)	98-131%	6,8-7,5	91-110	<1,4	<0,014	<0,01	.	.

Synthèse bibliographique des caractéristiques physico-chimiques des eaux hébergeant des populations de Moules perlières (Moorkens, 2000)

B. Annexe n° 2 - responsabilité régionale vis-à-vis de la Moule perlière

Le contrefort ouest du Massif central (Corrèze, Creuse, Haute-Vienne, Dordogne, Charente...) est un massif granitique ancien. Il est caractérisé par la présence de très nombreuses sources, et d'un réseau hydrographique oligotrophe très dense (1,95 km de cours d'eau au km² sur la Montagne Limousine, contre 0,87 sur Loire Bretagne et 1,03 sur Adour Garonne), donnant naissance à des rivières du bassin Adour-Garonne (Chavanon, Vézère, Luzège... affluents de la Dordogne) et du bassin Loire-Bretagne (Thaurion, Maulde, Combade... qui se jettent dans la Vienne).

Cette région est très favorable à une espèce comme la Moule perlière (*Margaritifera margaritifera*).

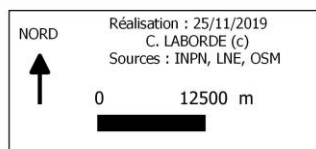
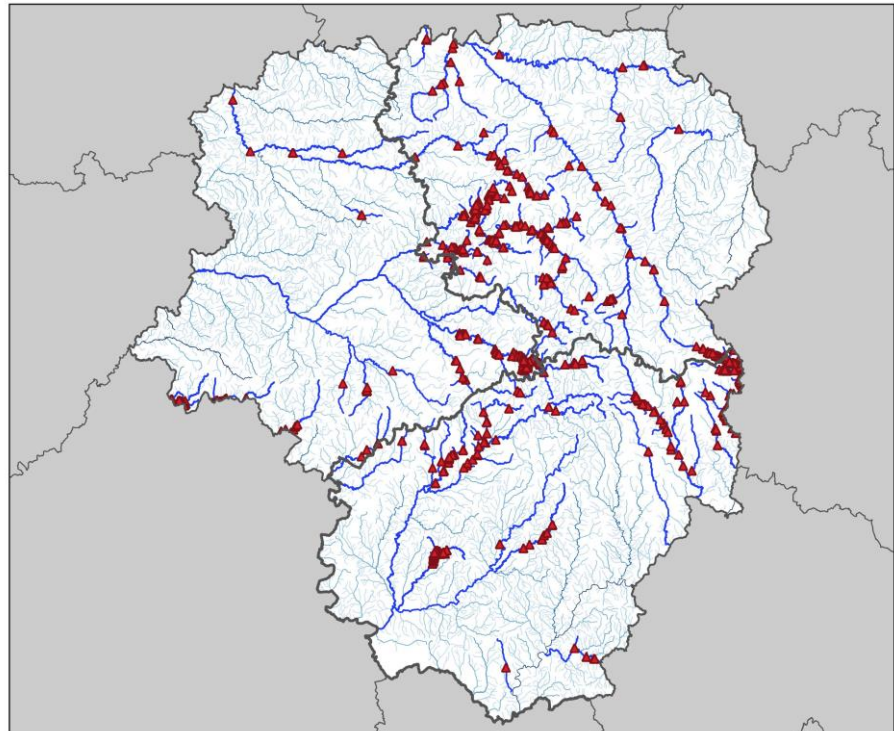
Après plusieurs années de prospections régulières entre 2008 et 2020, on estime aujourd'hui qu'il y a au moins 40 000 Moules perlières en Limousin-Dordogne. Les experts du Groupe Mulette limousin considèrent 7 cours d'eau (sur les plus de 80 cours d'eau de la région qui abritent l'espèce) comme prioritaires :

- 3 cours d'eau présentent des populations viables et des effectifs conséquents il s'agit de la Vienne (10 000 individus minimum et présence de juvéniles), la Dronne (20 000 individus au minimum et présence de juvéniles) et le Grandrieux (3000 ind + juv). La Vienne et la Dronne présentent des caractéristiques hydro morphologiques encore très favorables à l'espèce, et du recrutement y est observé tous les ans.
- La Méouzette, avec 4000 individus, est également considérée comme prioritaire de part ces effectifs importants.
- 3 autres cours d'eau sont prioritaires car présentant des preuves de recrutement récent, il s'agit du Bandiat (1000 ind + juv), de la Béraude (250 ind + juv) et du Ruisseau de Feyt (400 ind + juv).

Ce territoire présente au moins 85 rivières occupées par l'espèce, mais cette dernière est largement méconnue, car sous prospectée : à l'échelle des communes, le linéaire prospecté ne représente jamais plus de 1% du linéaire favorable à l'espèce (Onema, 2009) et est probablement encore bien présente sur bon nombre de cours d'eau.



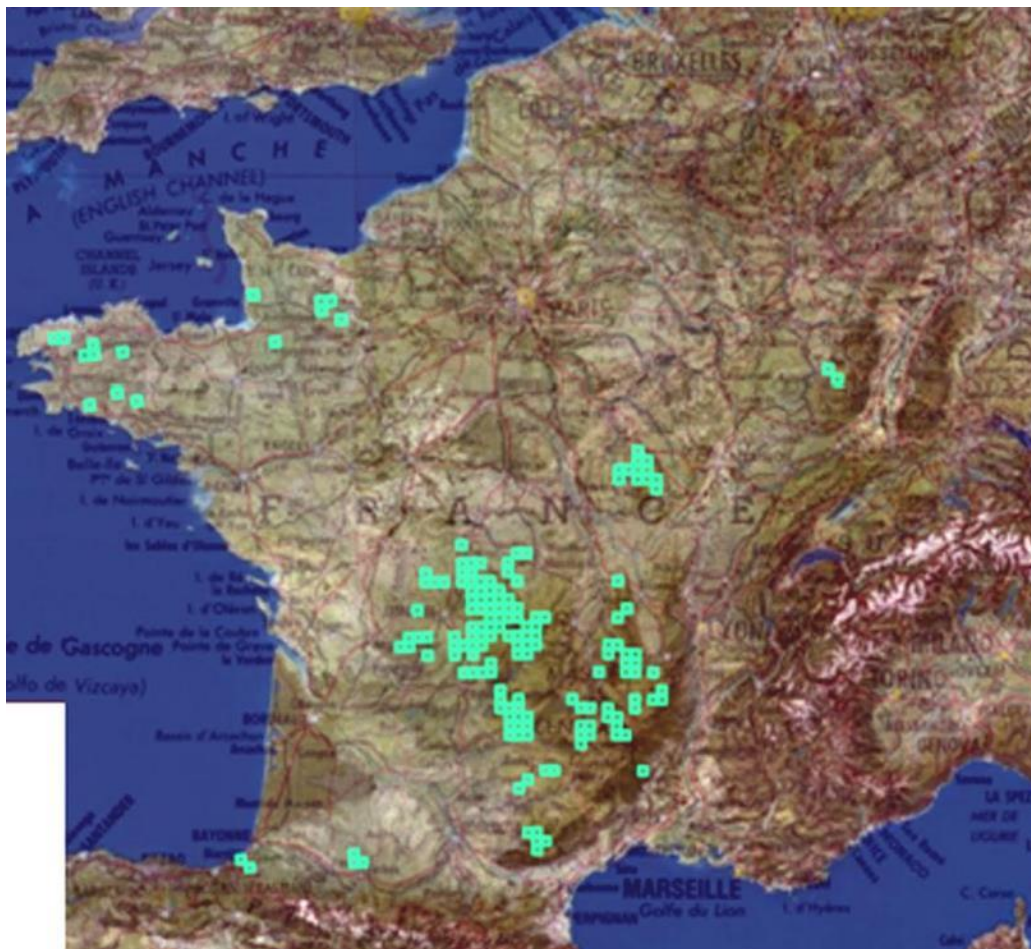
Suivis scientifiques des sites natura 2000
Synthèse de l'état des connaissances concernant
Margaritifera margaritifera en Corrèze, Creuse et Haute-Vienne



Répartition limousine de la Moule perlière (Laborde et Al, 2019)

Dans les Pyrénées Atlantiques, une population est également connue sur la Nivelle qui fait l'objet d'une mobilisation locale et d'études en cours en partenariat avec LNE.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Suivi de la population de Moule perlière de la Méouzette par indices d'abondances – Etat initial 2020



Données disponibles sur la Moule perlière sur l'INPN (Sources : MNHN, 2019)



Répartition nationale des populations de Moules perlière en France (Sources : Cochet, 2004, MAJ CEN A-2019)

C. Annexe n° 3 – problématique de détection des bivalves en rivières

➤ Déteçtabilité de l'espèce sur les cours d'eau

La Moule perlière est une espèce très difficilement déteçtable (conditions de prospeçtion difficiles, largeur du cours d'eau, biais observateur, enfouissement partiel à total...), et il paraît inévitable de rater des individus, ce qui représente une problématique majeure pour assurer un dénombrement.

L'expérience montre que même des observateurs avertis ratent une (grande) partie des individus visibles lors des comptages, et ce pour diverses raisons : luminosité, profondeur, turbidité, difficulté à se repérer sur le cours d'eau...

Les premiers travaux réalisés en France (Laborde & Al. 2019, Cucherat, 2014, Millière et Pasco, 2015) indiquent des taux de déteçtion de la Moule perlière sont compris entre 0 et 90 %, le plus souvent entre 0,2 et 0,4.

Avant toute étude basée sur des prospeçtions au bathyscope, il est primordial de s'interroger sur ces taux de déteçtions, et le cas échéant, de chercher à les déterminer par une méthode reproductible.

➤ Enfouissement et déplacement de l'espèce

Les Moules perlières comme les Mulettes épaisses ont la capacité de s'enfouir dans le substrat, mais aussi de se déplacer sur de courtes distances. Ils peuvent également être entraînés dans le courant, et se réinstaller sur des plats lenticulaires par exemple ou encore juste à l'amont de seuils.

Concernant l'enfouissement ; des expériences de Capture Marquage Recapture (Beaufils, 2012) ainsi que des manipulations d'excavation (Cucherat, 2014) ont montré que 30 à 60% des individus adultes étaient enfouis dans le substrat.

Ces phénomènes sont non négligeables et doivent être pris en compte dans le suivi des populations et l'estimation de leurs effectifs.

D. Annexe n° 4 - fiches terrain pour le relevé des co-variables environnementales

Données générales		
Observateur : _____	Date : ___/___/_____	Protocole : _____
Condition : <input type="checkbox"/> Basses eaux	<input type="checkbox"/> Moyennes eaux	<input type="checkbox"/> Hautes eaux
Nébulosité (de 0 à 8) : <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8	0 : ouvert (0% nébulosité) ; 8 : 100% de couverture	
Code tronçon : _____	Nom cours d'eau : _____	
Commune : _____	Pt GPS aval (photo) : _____	Pt GPS amont (photo) : _____
	Heure début : _____	Heure fin : _____

Hydrologie
Largeur moyenne : _____
Facès d'écoulement : <input type="checkbox"/> Retenue <input type="checkbox"/> Mouille <input type="checkbox"/> Plat lentique <input type="checkbox"/> Plat courant <input type="checkbox"/> Radier <input type="checkbox"/> Rapide <input type="checkbox"/> Chute <input type="checkbox"/> Radier-plat <input type="checkbox"/> Radier-mouille <input type="checkbox"/> Rapide-plat <input type="checkbox"/> Rapide-mouille
Hauteur d'eau moyenne : _____

Berges
Végétation rivulaire : <input type="checkbox"/> Herbacée <input type="checkbox"/> Arbustive <input type="checkbox"/> Arborée feuillue <input type="checkbox"/> Arborée résineux <small>(Dominante)</small>
Ombrage : <input type="checkbox"/> Nul (0%) <input type="checkbox"/> Faible (<25%) <input type="checkbox"/> Moyen (25-50%) <input type="checkbox"/> Fort (>50%)
Hauteur moyenne de berge : _____
Pente des berges : <input type="checkbox"/> Surplomb <input type="checkbox"/> Verticale <input type="checkbox"/> Inclinée (~45°) <input type="checkbox"/> « Lisse »
Nature des berges : <input type="checkbox"/> Roche mère <input type="checkbox"/> Bloc <input type="checkbox"/> Pierre/galet <input type="checkbox"/> Gravier <input type="checkbox"/> Sable <input type="checkbox"/> Tourbe <input type="checkbox"/> Limon <input type="checkbox"/> Béton <input type="checkbox"/> Enrochement <input type="checkbox"/> Palleplanche <input type="checkbox"/> Remblais <input type="checkbox"/> Autre :
Stabilité des berges : <input type="checkbox"/> Nulle <input type="checkbox"/> Faible <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/> Forte

Lit
Substrat dom 1 : <input type="checkbox"/> Limon <input type="checkbox"/> Sable <input type="checkbox"/> Gravier (0,2-2) <input type="checkbox"/> Caillou (2-6) <input type="checkbox"/> Pierre (6-25) <input type="checkbox"/> Blocs (>25) <input type="checkbox"/> Dalle
Substrat dom 2 : <input type="checkbox"/> Limon <input type="checkbox"/> Sable <input type="checkbox"/> Gravier (0,2-2) <input type="checkbox"/> Caillou (2-6) <input type="checkbox"/> Pierre (6-25) <input type="checkbox"/> Blocs (>25) <input type="checkbox"/> Dalle
Recouvrement végétation aquatique : <input type="checkbox"/> Nul (0%) <input type="checkbox"/> Faible (<25%) <input type="checkbox"/> Moyen (25-50%) <input type="checkbox"/> Fort (>50%)
Colmatage : <input type="checkbox"/> Nul (0%) <input type="checkbox"/> Faible (<25%) <input type="checkbox"/> Moyen (25-50%) <input type="checkbox"/> Fort (>50%)
Classe colmatage : <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <small>(CEMAGREF - Archambaud et al., 2005)</small>
% recouvrement atterrissement : _____

Parcelles riveraines
RD : <input type="checkbox"/> Cultures <input type="checkbox"/> Prairie fertilisée <input type="checkbox"/> Prairie non fertilisée <input type="checkbox"/> Zone urbaine <input type="checkbox"/> Forêts feuillues <input type="checkbox"/> Forêts résineux
RG : <input type="checkbox"/> Cultures <input type="checkbox"/> Prairie fertilisée <input type="checkbox"/> Prairie non fertilisée <input type="checkbox"/> Zone urbaine <input type="checkbox"/> Forêts feuillues <input type="checkbox"/> Forêts résineux

Commentaires :

E. Annexe n° 5 – co-variables relevées en 2020 pour le suivi du Grand Rieux

unité / tronçon	profondeur moyenne (cm)	faciès	Végétation rivulaire (herbacée, arbustive, arborée feuillue, arborée résineux)	Ombrage (Nul(0%), Faible(<25%), Moyen(25-50%), Fort(>50%))	Hauteur moyenne des berges (cm)	Pente des berges	Nature des berges	stabilité des berges	substrat dominant 1	substrat dominant 2	Recouvrement végétation aquatique (%): faible <25%; moyen 25-50%; fort >50%	Colmatage (Nul(0%), Faible (<25%), Moyen(25-50%), Fort(>50%))	Classe colmatage	% recouvrement atterrissage	RD	RG
S01	30	Plat courant	Arboree feuillue	Fort	40	Verticale	Roche mere	Forte	Sable	Gravier	faible	Moyen	2	0	Arboree feuillue	Arboree feuillue
S02	40	Plat courant	Arboree feuillue	Moyen	50	inclinee	Roche mere	Moyenne	Sable	Gravier	faible	Moyen	3	0	Arboree feuillue	Arboree feuillue
S03	30	Plat lentique	Arboree feuillue	Moyen	80	Verticale	Roche mere	Forte	Gravier	Pierre	Nul	Faible	1	10	Arboree feuillue	Arboree feuillue
S04	20	Plat courant	Arboree feuillue	Fort	40	inclinee	Limon	Moyenne	Sable	Bloc	Nul	Moyen	2	0	Arboree feuillue	Arboree feuillue
S05	10	Plat courant	Arboree feuillue	Moyen	20	inclinee	Roche mere	Forte	Gravier	Pierre	faible	Moyen	2	10	Arboree feuillue	Arboree feuillue
S06	20	Plat lentique	Arboree feuillue	Moyen	60	Verticale	Limon	Faible	Sable	Pierre	faible	Faible	1	0	Arboree feuillue	Arboree feuillue
S07	30	Plat courant	Arboree feuillue	Fort	40	inclinee	Roche mere	Forte	Gravier	Pierre	Nul	Moyen	3	0	Arboree feuillue	Arboree feuillue
S08	50	Plat lentique	Arboree feuillue	Fort	50	inclinee	Roche mere	Forte	Gravier	Pierre	faible	Faible	1	0	Arboree feuillue	Arboree feuillue
S09	30	Plat courant	Arboree feuillue	Fort	60	inclinee	Limon	Forte	Sable	Gravier	faible	Faible	1	0	Arboree feuillue	Herbacee
S10	20	Plat courant	Arboree feuillue	Fort	40	Verticale	Roche mere	Forte	Gravier	Pierre	Nul	Faible	1	0	Arboree feuillue	Arboree feuillue
S11	40	Plat lentique	Arboree feuillue	Fort	50	inclinee	Roche mere	Forte	Sable	Gravier	faible	Moyen	2	10	Arboree feuillue	Herbacee
S12	20	Plat courant	Arboree feuillue	Fort	50	Verticale	Roche mere	Forte	Sable	Pierre	faible	Faible	1	0	Arboree feuillue	Herbacee
S13	40	Plat lentique	Arboree feuillue	Fort	60	Verticale	Limon	Forte	Sable	Gravier	faible	Moyen	2	0	Arboree feuillue	Arboree feuillue
S14	20	Plat lentique	Herbacee	Faible	40	Verticale	Limon	Moyenne	limon	Gravier	Nul	Fort	3	10	Herbacee	Herbacee
S15	30	Plat courant	Herbacee	Faible	30	inclinee	Limon	Faible	limon	limon	Nul	Moyen	2	20	Herbacee	Herbacee
S16	20	Plat courant	Herbacee	Faible	40	inclinee	Limon	Faible	limon	Gravier	Nul	Fort	4	0	Herbacee	Herbacee

F. Annexe n° 6 - présentation des porteurs de projet

L'Europe et la France se sont engagées à assurer la préservation de la Moule perlière. Cette espèce protégée en France, et en danger critique d'extinction en Europe, vit dans les cours d'eau des massifs granitiques anciens.

Limousin Nature Environnement (LNE), est une association à but non lucratif, régie par la loi 1901. Administrée par des bénévoles, elle regroupe une cinquantaine d'associations Limousines (Haute-Vienne, Creuse, Corrèze) qui se retrouvent autour d'une même idée : l'Écologie. La Fédération rassemble près de 5000 personnes aussi bien des citoyens œuvrant pour l'intérêt général que des professionnels. Limousin Nature Environnement est affiliée à France Nature Environnement. LNE anime le Plan Régional d'Action en faveur de la moule perlière, depuis 2012. LNE est membre fondateur de France Nature Environnement Nouvelle-Aquitaine.



La **Société Limousine d'Etude des Mollusques (SLEM)**, est une association loi 1901 qui regroupe des amateurs qui souhaitent connaître et protéger les mollusques, en Limousin, mais aussi partout en France. Elle est issue d'un groupe informel (le groupe mulette) qui s'est formé dans le cadre du Plan Régional d'Action 2011-2016 en faveur de la moule perlière en Limousin, animé par Limousin Nature Environnement.

Nature Environnement Consultant (N.E.C.) est un bureau d'étude spécialisé dans l'expertise et l'éducation au patrimoine naturel. Cyril LABORDE, qui dirige N.E.C. est installé en Corrèze, dans le secteur d'Egletons, depuis 2008. Fort de près de 15 ans d'expériences professionnelles, il est titulaire d'un diplôme d'ingénieur en Agro-écologie, et réalise son activité au sein de la coopérative d'entrepreneur(e)s : Oxalis Scop SA.



Il a travaillé 8 ans dans les PNR, et ce notamment en tant que chargé de mission Natura 2000 sur une rivière à Moule perlière – La haute vallée de la Vienne. Dans ce cadre, et au sein d'associations, dont la Société Limousine d'Etude des Mollusques, il a réalisé de nombreuses études, suivis et projets divers concernant l'espèce. Il a publié plusieurs articles sur l'espèce, et notamment sur le développement et la mise en œuvre de suivi de population.

Il s'est formé aux bio-statistiques auprès du CNRS (UMR 5175 – CEFE) en suivant les 4 modules de formations proposés, et se passionne pour le développement de méthodes de suivis de la faune. Il maîtrise également les Systèmes d'Information Géographique.



Aurélien BESNARD, biostatisticien spécialisé en biologie de la conservation travaille au Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CNRS-EPHE, UMR 5175) qui regroupe plus de 250 chercheurs, spécialisés sur l'étude de la faune et de la flore, avec des méthodes à la pointe de la recherche, via le développement des bio-statistiques, et une volonté forte de lier recherche et expertise de terrain. Il suit les travaux menés par LNE, la SLEM et le PNR de Millevaches depuis 2011.



Cliché d'un juvénile de Moule perlière de 1.8 cm (Sources : C. LABORDE)