

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.



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

Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière



Rapport final – 12 novembre 2020

Projet porté par :



En partenariat avec :



Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.



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

Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière

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. Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière. Commanditaire : DREAL Nouvelle-Aquitaine. 106 p.

Projet porté par :

En partenariat avec :



Tables des illustrations

Figure 1 : rappel du programme d'actions 2020.....	8
Figure 2 : zones d'étude retenues en 2020.....	10
Figure 3 : exemple de méthodes de prospection sur un site d'étude (C. LABORDE, S. VRIGAUD).....	11
Figure 4 : à gauche, prospection en PMT, au centre, prospection en basses eaux, et à droite, prospection en hautes eaux.....	12
Figure 5 : matrice des durées de prospections préconisées en fonction de la surface échantillonnée.....	13
Figure 6 : exemple de bathyscope éclairé du commerce à gauche (fortement déconseillé), et d'un système d'éclairage « maison » efficient (projecteurs étanches de plongée - 2 x 300 Lumens).....	14
Figure 7 : critères proposés pour l'évaluation de l'état des populations (Sources : PNA Moule perlière, 2012).....	15
Figure 8 : exemple d'histoire de capture sur un tronçon fictif prospecté par 2 observateurs indépendants dans le cadre d'une CMR.....	18
Figure 9 : cartographie de la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre sur le Grand Rieux pour le suivi de population par comptage répété.....	25
Figure 10 : cartographie de la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre sur la Vienne pour le suivi de population par comptage répété.....	26
Figure 11 : cartographie de la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre sur la Méouzette pour le suivi de population par indices d'abondances.....	30
Figure 12 : période et effort de prospection mis en œuvre en 2020.....	32
Figure 13 : détectabilité individuelle estimée par CMR virtuelle sur la Vienne et la Dronne (à gauche) et sur la Méouzette (à droite).....	33
Figure 14 : détectabilité par tronçon estimée par CMR virtuelle sur la Vienne et la Dronne (à gauche) et sur la Méouzette (à droite).....	34
Figure 15 : évolution des taux de détection en fonction de l'effort de prospection.....	35
Figure 16 : synthèse des taux de détection moyen en fonction du type de cours d'eau.....	36
Figure 17 : abondances observées et abondances estimées sur l'ensemble des sites d'étude.....	37
Figure 18 : vues sur les substrats dominants sur la Montane, et photographie d'un juvénile de Moule perlière.....	39
Figure 19 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV Montane.....	40
Figure 20 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV.....	43
Figure 21 : prospection de la Gartempe amont en PMT + bathyscope et vue une des problématiques forte du site : l'érosion de berges.....	45
Figure 22 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV Gartempe.....	47
Figure 23 : vue sur l'Escamel (à gauche), affluent de la Vézère (à droite).....	49
Figure 24 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV Haute Vézère.....	51
Figure 25 : vue sur la Vézère dans les gorges, avec des eaux assez turbides malgré des conditions favorables de prospection.....	53
Figure 26 : vue sur la Soudaine (à gauche) et photographie de la coquille découverte (à droite).....	54
Figure 27 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV Gorges et vallée de la Vézère.....	55
Figure 28 : résultats des suivis de stations historiques sur la Vienne amont.....	57
Figure 29 : résultats des suivis de stations historiques sur le Ruisseau de Caux.....	58
Figure 30 : vue sur le ruisseau de Caux (à gauche) et sur une coquille (à droite).....	58
Figure 31 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV Vienne amont.....	60
Figure 32 : résultats bruts du suivi par comptage répété en 2020 sur le Grand Rieux.....	62
Figure 33 : juvénile de 3,4 cm observé sur le Grand Rieux, et groupement d'individus adultes.....	63
Figure 34 : résultats bruts cartographiques du suivi par comptage répété sur le Grand Rieux.....	64
Figure 35 : vues sur des fonds limoneux peu favorables à l'espèce (à gauche) et des fonds gravier-pierre (à droite) abritant de plus fortes abondances d'après le modèle retenu.....	67
Figure 36 : résultats bruts du suivi par comptage répété entre 2014 et 2020 sur la Vienne.....	68
Figure 37 : juvéniles de Moules perlières observées en 2020 sur la Vienne.....	69
Figure 38 : résultats bruts cartographiques du suivi par comptage répété sur la Vienne.....	70
Figure 39 : évolution de l'abondance et du taux de multiplication estimés entre 2014 et 2020 sur la Vienne.....	72
Figure 40 : résultats bruts du suivi de population par indices d'abondances sur la Méouzette en 2020.....	74
Figure 41 : résultats bruts cartographiques du suivi par indices d'abondances sur la Méouzette.....	75
Figure 42 : vue sur un groupement de Moules perlière (à gauche) et sur un sub-adulte isolé (à droite).....	76
Figure 43 : influences significatives du faciès et du colmatage sur les indices d'abondances relevés en 2020 sur la Méouzette.....	77
Figure 44 : vue sur les différents milieux présents sur la Méouzette.....	77
Figure 45 : 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.....	78
Figure 46 : synthèse de l'état des connaissances sur le réseau Natura 2000 et évaluation des enjeux de conservation au 30/11/2020.....	79

Table des matières

I. Enjeux et objectifs du projet	7
A. Contexte	7
B. Enjeux du projet	7
C. Objectifs du projet	8
D. Opérations prévues et définition des zones d'études	8
II. Méthodologie mise en œuvre	11
A. Méthode générale de prospection et éléments relevés	11
B. Protocole d'évaluation des taux de détection par CMR virtuelle	16
C. Protocole d'inventaire de type atlas	21
D. Protocole d'inventaire de type site occupancy	23
E. Protocole de suivi par comptage répété	23
F. Protocole de suivi par indices d'abondances	29
G. Effort et période de prospection	32
III. Evaluation des taux de détection sur 3 cours d'eau par CMR virtuelle	33
A. Taux de détection individuels	33
B. Taux de détection et unité d'échantillonnage	34
C. Taux de détection et effort de prospection	35
D. Taux de détection et largeur du cours d'eau	36
E. Evaluation de la viabilité de la CMR pour le suivi de population	37
IV. Résultats des inventaires de type Atlas	38
A. Résultats sur la zone d'étude BV Montane	38
B. Résultats sur la zone d'étude BV Deiro	42
C. Résultats sur la zone d'étude BV Gartempe	45
D. Résultats sur la zone d'étude BV Haute-Vézère	49
E. Résultats sur la zone d'étude BV Gorges de la Vézère et affluents	53
F. Résultats sur la zone d'étude BV Vienne amont	57
V. Résultats des suivis scientifiques de populations engagés	62
A. Suivi par comptage répété engagé sur le Grand Rieux	62
B. Suivi par comptage répété engagé sur la Vienne	68
C. Suivi par indices d'abondances engagé sur la Méouzette	74
VI. Evaluation des enjeux de conservation des bivalves de la DHFF sur les sites Natura 2000	79
VII. Conclusion et perspectives	80
VIII. Bibliographie	81
IX. Annexes	85
A. Annexe n° 1 – démarche de travail en réseau	85
B. Annexe n° 2 - présentation de la Mulette perlière - <i>Margaritifera margaritifera</i>	87
C. Annexe n° 3 - présentation de la Mulette épaisse - <i>Unio crassus</i>	92
D. Annexe n° 4 - responsabilité régionale vis-à-vis de la Moule perlière	96
E. Annexe n° 5 – problématique de détection des bivalves en rivières	99
F. Annexe n° 6 - fiches terrain pour le relevé des co-variables environnementales	100
G. Annexe n° 7 – co-variables relevées en 2020 pour le suivi du Grand Rieux	101
H. Annexe n° 8 – co-variables relevées en 2020 pour le suivi de la Vienne	102
I. Annexe n° 9 – co-variables relevées en 2020 pour le suivi de la Méouzette	103
J. Annexe n° 10 - présentation des porteurs de projet	104

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

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 2), de la Mulette épaisse – *Unio crassus* (annexe 3) et de la Grande mulette - *Pseudunio auricularius*, 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 (CNRS - 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 une réponse aux enjeux 1 et 2 en :

- poursuivant en 2020 l'amélioration des connaissances scientifiques par la réalisation des inventaires et des suivis de populations sur les sites Natura 2000 et leurs bassins versant,
- testant les protocoles établis en 2019 sur les populations remarquables connues, afin d'affiner et de valider ces protocoles d'inventaires et de suivis scientifiques sur la Moule perlière.

D. Opérations prévues et définition des zones d'études

1. Rappel des objectifs opérationnels en 2020

Les prospections réalisées en 2020 dans le cadre de l'appel à projet pour le suivi scientifique des sites Natura 2000 se sont orientées selon les 3 sous actions prévues, à savoir :

- Le contrôle de stations historiques, pour les données ayant plus de 10 ans,
- L'inventaire de zones blanches, c'est-à-dire jamais prospectées,
- Le suivi de populations.

Toutes ces opérations se font sous couvert d'une **dérogation préfectorale nominative** au titre des **espèces protégées pour la période 2017-2021**.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

a) Le contrôle de stations historiques

Le contrôle des stations historiques consiste à aller prospecter des secteurs qui l'ont déjà été par le passé (souvent depuis plus de 10 ans) afin de réactualiser les données de présence.

Plusieurs opérations de contrôle des données historiques ont ainsi été réalisées en 2020, en lien avec les animateurs Natura 2000 concernés et les techniciens rivières locaux.

Le protocole testé et mobilisé pour ces opérations correspond à un inventaire de type atlas.

b) L'inventaire de zones blanches

Nous avons également sélectionné des zones blanches sur les bassins versants des sites Natura 2000 concernés. Plusieurs opérations ont ainsi été engagées en 2020, en lien avec les animateurs Natura 2000 et les techniciens rivières locaux.

Le protocole testé et mobilisé pour ces opérations correspond à un inventaire de type atlas.

En 2020, nous n'avons pas pu tester le protocole d'inventaire par présence/absence (occupancy).

c) Suivi des populations remarquables

Enfin, sur les principales populations remarquables connues (Laborde et Al, 2019, PRA, 2018, Barthélémy, 2011), nous avons choisis de mettre en œuvre les protocoles de suivis établis en 2019 afin de les tester en conditions réelles, et de débiter des suivis reproductibles sur ces cours d'eau.

L'hydro-morphologie du cours d'eau et les caractéristiques de ses abords sont également relevées au sein d'une fiche terrain et ce, pour certaines zones inventoriées, notamment dans le cadre des suivis de population.

Les protocoles testés et mobilisés en 2020 pour ces opérations de suivis sont :

- Les comptages répétés, sur le Grand Rieux et la Vienne,
- Les indices d'abondances, sur la Méouzette.

En 2020, nous n'avons pas pu tester le protocole de suivi par Capture Marquage Recapture (CMR) mais nous présentons dans ce rapport des travaux non publiés sur les taux de détections estimés par CMR virtuelle réalisés en 2014.

2. Définition des zones d'étude

En accord avec la DREAL Nouvelle-Aquitaine, nous avons fait le choix de ne pas se restreindre aux périmètres stricts des sites Natura 2000, mais d'élargir les prospections aux bassins versants concernés par ces sites Natura 2000.

Nous avons ainsi définis 9 zones d'études sur le territoire du Limousin (figure 2), auxquelles s'ajoutent le travail réalisé sur la Nivelle (64) en partenariat avec la Communauté d'agglomération du Pays Basque, les opérations de prélèvements d'ADN Environnemental, l'opération de mise en contact « glochidies-Truite fario » piloté par le CEN et l'OFB et enfin le travail en cours avec le PNR Périgord Limousin sur la Dronne (Projet de programme Life en partenariat avec le PNR de Millevaches en Limousin).

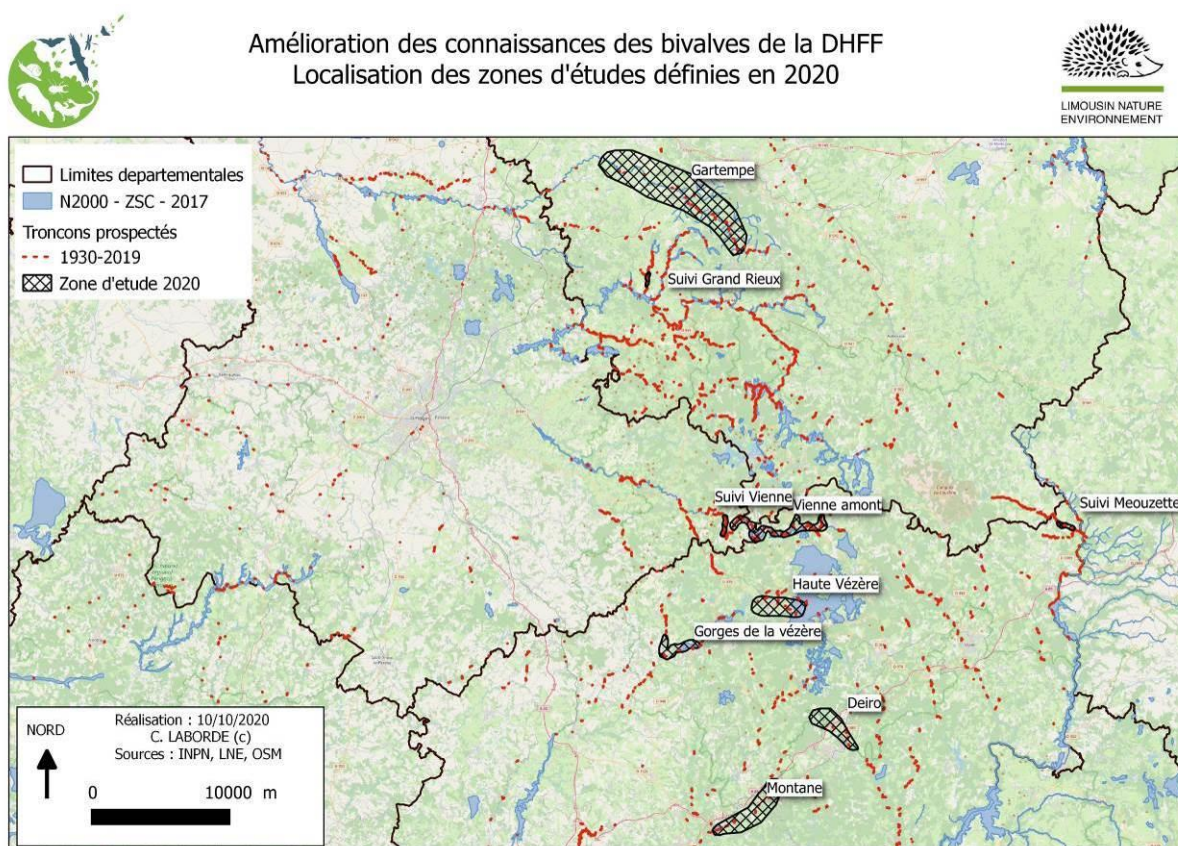


Figure 2 : zones d'étude retenues en 2020

Nous avons ainsi retenu :

- 3 sites pour tester les protocoles de suivis : la Vienne / site FR7401148, la Méouzette / sites FR8302011 et FR8301095, et le Grand Rieux / site FR7401146,
- 6 sites pour des opérations d'inventaires de zones blanches et/ou de contrôle de populations historiques, que sont la Montane / site FR7401113, le Deiro / site FR7401103, la Haute Vézère / site FR7401105, la Gartempe / site FR7401147 et les Gorges de la Vézère / site FR7401109).

II. Méthodologie mise en œuvre

A. Méthode générale de prospection et éléments relevés

1. Méthode générique de prospection

Pour l'ensemble des zones d'étude, les prospections ont été principalement réalisées en waders avec un bathyscope, les zones les plus dangereuses ou inaccessibles étant écartées.

En fonction du nombre d'observateurs, les prospections se font par allers-retours dans la rivière en couvrant toute la surface de l'aval vers l'amont, ou par couloirs (figure 3). Chaque tronçon prospecté est pointé au GPS (points d'entrée et de sortie). Chaque observation est relevée au GPS en notant l'espèce, sa classe d'âge et l'abondance observée pour les individus morts et vivants.

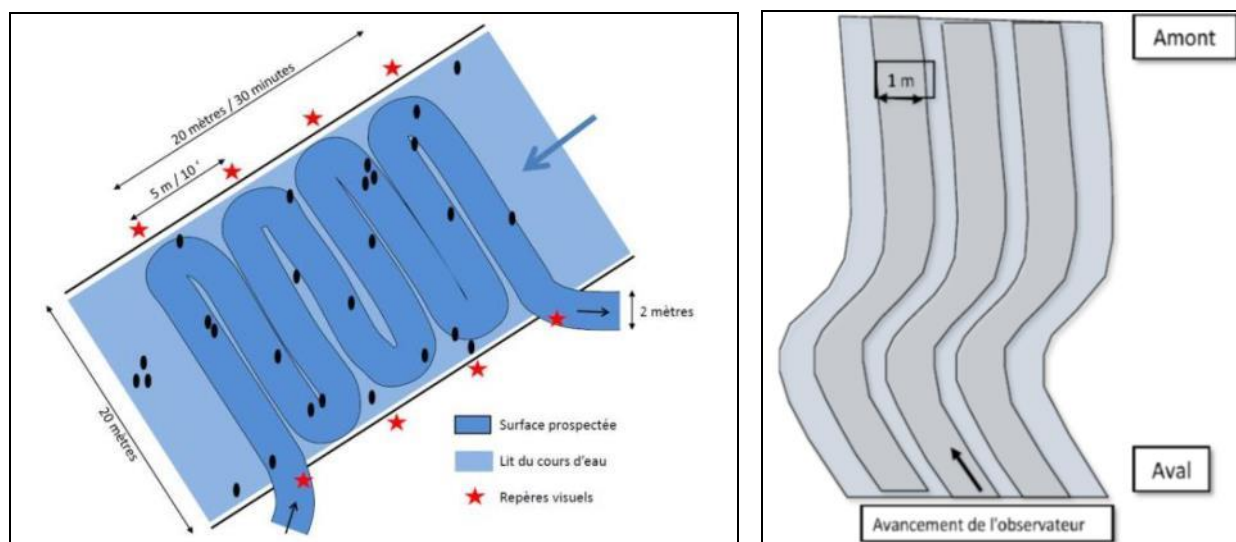


Figure 3 : exemple de méthodes de prospection sur un site d'étude (C. LABORDE, S. VRIGAUD)

Il est également possible (testée 2019 et 2020) de mobiliser l'utilisation de Palmes-Masques et Tuba (PMT, figure 4) qui est bien plus confortable pour l'utilisateur que le bathyscope mais il apparaît que son usage présente un biais non négligeable sur l'effort de prospection, au moins dans les petits cours d'eau, car il ne permet pas de prospecter de manière aussi homogène que le bathyscope.

Notons cependant que dans un inventaire de type Atlas, une prospection en binôme « bathyscope/ PMT » semble deux techniques complémentaires.



Figure 4 : à gauche, prospection en PMT, au centre, prospection en basses eaux, et à droite, prospection en hautes eaux

2. Effort(s) de prospection

Il apparaît opportun de distinguer et de préciser au moins 2 paramètres concernant l'effort de prospection.

Le premier paramètre concerne la « part effective » du fond du cours qui a été « observée » par l'observateur lors d'une prospection. Si la question se pose fréquemment sur le terrain, cette notion est impossible à prévoir, et complexe à évaluer. Il nous apparaît utile, a minima, d'évaluer et d'enregistrer cette part (en pourcentage par exemple), après chaque prospection.

Ensuite, le ratio temps / surface prospectée, caractérise dans l'immense majorité des cas, l'effort de prospection lors des études Naturalistes. Il influe évidemment fortement les résultats d'une prospection. Pour un inventaire de type Atlas, ce ratio importe peu, même si il peut être intéressant de chercher à l'harmoniser, ne serait-ce qu'en enregistrant le temps passé.

Pour les suivis (comptage répété, indices d'abondances, CMR...) ou des inventaires de type présence –absence, il apparaît très vite nécessaire de calibrer cette « pression d'observation », notamment pour rendre compte de ce qui a été fait, et permettre aux personnes qui réaliseront les futurs suivis de reproduire les manipulations le plus fidèlement possible.

Ce paramètre est relativement aisé à mettre en place et/ou à mesurer, et désormais, nous essayons d'appliquer la grille présentée dans la figure 5.

Matrice des durées de prospections préconisées en fonction de la surface des unités d'échantillonnage							
Longueur des unités d'échantillonnage (en ML)		10	20	40	50	100	200
largeur moyenne du CE (en ML)	Caractéristiques de l'inventaire / unité						
2,5	Surface (en m ²) / unité	25	50	100	125	250	500
	Durée de la prospection	2'	4'	7'30"	9'40"	19'20"	38'40"
5	Surface (en m ²) / unité	50	100	200	250	500	
	Durée de la prospection	4'	7'30"	15'	19'20"	38'40"	
10	Surface (en m ²) / unité	100	200	400	500		
	Durée de la prospection	7'30"	15'	30'	38'40"		
15	Surface (en m ²) / unité	150	300	500			
	Durée de la prospection	11'30"	23"	38'40"			
20	Surface (en m ²) / unité	200	400	800			
	Durée de la prospection	15'	30'	60'			
25	Surface (en m ²) / unité	250	500				
	Durée de la prospection	19'20"	38'40"				
30	Surface (en m ²) / unité	300	600				
	Durée de la prospection	23"	46'				

Figure 5 : matrice des durées de prospections préconisées en fonction de la surface échantillonnée

3. Co-variables environnementales relevées

L'étude d'une espèce ou d'un groupe d'espèces intègre le plus souvent l'étude de ses habitats. Au-delà de la recherche bibliographique, on peut émettre l'hypothèse que chaque population est adaptée aux caractéristiques du cours d'eau qu'elle occupe. Dans ce contexte, il peut être intéressant de chercher à identifier les variables qui influencent la répartition des individus, et donc les paramètres favorables ou défavorables à leurs présences.

Le principe de ce protocole repose donc sur la recherche de corrélation entre des jeux de variables environnementales homogènes et les densités d'individus observées, à l'échelle d'unités écologiquement homogènes.

A titre d'exemple, voici quelques variables qui peuvent influencer l'abondance de moules d'eau douces :

- Pente (%), largeur du cours d'eau, faciès, substrats dominants 1 et 2,
- végétation rivulaire, occupation des parcelles riveraines, ombrage,
- végétation aquatique, colmatage, localisation (RD, RG, chenal), ...

De manière générale, et en particulier pour les suivis de populations, nous enregistrons des co-variables environnementales, qui sont présentées en annexes 7, 8 et 9.

Les données issues de ces relevés peuvent ensuite être analysées de façons descriptives mais aussi de manière statistique.

4. Homogénéiser et / ou améliorer la détection

Concernant les bathyscopes, l'usage d'un éclairage artificiel a également été testé. Il améliore nettement la visibilité du fond par l'observateur (contraste, ombrage, turbidité, profondeur), et donc sa détectabilité. Cependant, en cas d'utilisation d'un éclairage, il est nécessaire de pouvoir le maintenir tout au long de l'étude, afin de limiter les biais sur la détection notamment. Le choix du matériel est donc important. Des projecteurs de plongée à Leds, acceptant 2 batteries (de type caméra sport) semblent une bonne base offrant 5 à 6 h d'autonomie par dispositif (figure 6).



Figure 6 : exemple de bathyscope éclairé du commerce à gauche (fortement déconseillé), et d'un système d'éclairage « maison » efficient (projecteurs étanches de plongée - 2 x 300 Lumens)

5. Evaluation de l'état de conservation des populations

S'appuyant à la fois sur les données antérieures (permettant une comparaison temporelle) et sur les données régionales et nationales, une mise en perspective des populations étudiées est souvent utile et nécessaire.

Une approche démographique peut être adoptée afin d'apprécier le recrutement, en lien avec l'état de conservation du milieu.

Ainsi, pour la **mulette perlière**, la taille des individus vivants est notée quand cela est possible, suivant une fourchette de taille comportant le plus souvent 3 classes (0 à 3 cm, 3 à 6 cm et plus de 6 cm). L'état de fraîcheur des coquilles vides trouvées peut également être évalué, et permet d'apprécier approximativement la date de mort de l'individu concerné.

A ce jour, des outils existent (figure 7), notamment depuis l'élaboration du PNA par Biotope en 2012, qui permettent théoriquement d'apprécier l'enjeu et l'état de conservation des populations à l'échelle d'une zone d'étude et au regard des données régionales et nationales.

Dans les faits, l'évaluation de l'état de conservation selon les critères proposés dans le PNA est peu appliquée dans le cadre d'études souvent très localisées et sur des populations mal connues, ne permettant pas de répondre aux critères proposés. A défaut, l'état de conservation est évalué à dire d'expert.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

CRITERE	DESCRIPTION	COTATION
Population	Taille et densité de la population de l'espèce présente sur le site par rapport aux populations présentes sur le territoire national.	A = entre 15 et 100 % B = entre 2 et 15 % C = entre 0 et 2 % D = Non significatif
Degré de conservation	Degré de conservation des éléments de l'habitat importants pour l'espèce : - Eléments en excellent état - Eléments bien conservés - Eléments en état moyen ou partiellement dégradés	A = conservation excellente (éléments en excellent état) B = conservation bonne (éléments bien conservés ou éléments en état moyen/partiellement dégradé+ restauration facile)
	Possibilité de restauration : - Restauration facile - Restauration possible avec un effort moyen - Restauration difficile ou impossible	C = conservation moyenne ou réduite (toutes les autres combinaisons)
Isolement	Degré d'isolement de la population par rapport à l'aire de répartition naturelle de l'espèce	A = population (presque) isolée B = population non isolée, mais en marge de son aire de répartition C = population non isolée dans son aire de répartition élargie
Evaluation globale	Evaluation globale de la valeur du site pour la conservation de l'espèce concernée, sur la base du « meilleur jugement des experts »	A = valeur excellente B = valeur bonne C = valeur significative

Figure 7 : critères proposés pour l'évaluation de l'état des populations (Sources : PNA Moule perlière, 2012)

6. Cartographie, saisie et transmission des données

Nous visons une compatibilité maximale avec les bases de données existantes (notamment TaxRef et le SINP), dans le respect de la Directive Inspire (libre accès aux données publiques). Toutes les données sont saisies sous SIG, dans la base de données administrée par Limousin Nature Environnement.

Chaque zone d'étude a fait l'objet d'un jeu de **cartes précises et actualisées**, avec des bases de données complétées et exploitables (données et métadonnées, formats shapefile en LB 93 (EPSG 2154) en complément des bases de données dument renseignées. L'échelle de saisie est au maximum le 1/1000^{ème}, une grande partie des données étant directement saisie sur le terrain sous SIG, les autres étant saisies à l'échelle définie pour le terrain (le plus souvent autour du 1/500^{ème}).

Enfin, les données sont transmises annuellement par LNE au SINP régional (OAFS) qui se charge de leur intégration au SINP/INPN national avec des degrés de floutage eu égard à la sensibilité des espèces cibles.

B. Protocole d'évaluation des taux de détection par CMR virtuelle

1. Principes, hypothèses et moyens nécessaires

L'objectif est ici de déterminer la détectabilité individuelle (d'un observateur), et moyenne (plusieurs observateurs, plusieurs zones d'étude) de l'espèce cible, et ce dans des conditions fixées, afin de mieux appréhender et interpréter les résultats de prospections au bathyscope.

La détectabilité prend une valeur comprise entre 0 et 1 (il s'agit d'une probabilité), et représente le nombre d'individus vus, sur le nombre total d'individus potentiellement visibles (elle ne prend donc pas en compte les individus totalement enfouis).

Pour calculer ce taux de détection, nous devons estimer la taille de la population sur chaque zone d'étude. Nous utiliserons pour cela la méthode de Capture Marquage Recapture (avec un marquage virtuel, via des feuilles terrain) avec au minimum deux observateurs indépendants.

Capture-marquage-recapture (Otis et al., 1978)

Principe

Cette méthode repose sur un principe de dilution. On marque des individus qui sont relâchés dans la population et plusieurs visites sont réalisées sur le même site par la suite. Les « histoires de capture individuelles » (séries de 1 et de 0 selon que l'individu a été vu ou non à chacune des visites) permettent alors d'estimer l'abondance, et la probabilité de détection individuelle.

Hypothèses et règles d'utilisation

- La population est considérée comme fermée (pas de natalité, de mortalité, d'immigration ou d'émigration) durant la période d'étude (H1),
- Les individus ont les mêmes chances d'être vus au cours des diverses visites et aucun individu n'a une probabilité de détection égale à 0 (H2),
- Les marques individuelles ne sont pas perdues et sont correctement identifiées par l'observateur (H3).

Moyens humains et matériels : temps imparti : 16 demi-journées-hommes (terrain)
10 observateurs mobilisés
1 bathyscope non éclairé, waders
Bombe de peinture forestière, rubalise
Feuilles A3 et stylos de couleurs
Décamètre ruban, topofil
1 minuteur

Pré-requis nécessaire : identifier des secteurs de présence avérée de l'espèce cible

2. Définition du plan d'échantillonnage

En 2020, nous n'avons pas réalisé de session de CMR virtuelle. Cependant, il nous paraît utile de valoriser les données issues de la mise en œuvre de ce protocole lors de 22 sessions réalisées sur la Vienne, la Dronne et la Méouzette en 2014.

Au sein de chaque zone d'étude (Vienne, Dronne et Méouzette), nous avons défini des sous-unités d'échantillonnage relativement proches dans l'espace (afin de réaliser la manipulation en ½ journée) dans des contextes variés et choisis (hydromorphologie, conditions d'ombrage, de profondeur, etc...) pour être « représentatifs » des principaux milieux présents.

Elles ont été définies de manière à ce qu'elles aient toutes la même surface. Un ratio temps / surface prospectée de 7 minutes et 30 secondes pour 100 m² a été mobilisé sur la Vienne et la Dronne, alors que cet effort de prospection a été doublé sur la Méouzette.

a) Plan d'échantillonnage sur la Vienne

Six sessions de CMR ont été menées sur la Vienne, à proximité des lieux dits Clavérolas et Serrut (commune de Nedde, 87). L'étude des stations V1 et V2 a été réalisée par 3 observateurs, sur 2 tronçons de prospection de 400 m² (20x20 mètres), pendant une durée de 30 minutes chacun.

L'étude des stations V3 à V6 a été réalisée par 4 observateurs, sur 3 tronçons de 400 m² (20x20 mètres) et 1 tronçon de 470 m² (V4 : 20x23 mètres), pendant une durée de 30 minutes pour les 3 premiers et de 35 minutes pour le dernier.

b) Plan d'échantillonnage sur la Dronne

Quatre sessions de CMR ont été menées sur la Dronne (Saint-Saud-Lacoussière en Dordogne).

Cette étude a été réalisée par 6 observateurs, sur 4 tronçons de prospection de 15 à 18 mètres de long par 6 à 8 mètres de large, pendant une durée de 10 minutes chacun (chaque tronçon faisait une surface de 135 m² environ).

Le ratio temps / surface prospectée a été respecté pour rendre comparable les résultats de la CMR sur la Dronne avec ceux de la CMR sur la Vienne.

Les tronçons D1 et D3 ont été parcourus par 5 observateurs, et les tronçons D2 et D4 par les 6 observateurs présents.

c) Plan d'échantillonnage sur la Méouzette

12 sessions de CMR ont été menées sur la Méouzette, aux ponts de Malcornet et de Gane Courtioux. Cette étude a été réalisée par 6 observateurs, sur 12 tronçons de prospection de 50 m² (2 m x 25m), pendant une durée de 7,5 minutes chacun. Les tronçons de cours d'eau ont été découpés dans la longueur en 2 couloirs (rives gauche et droite). Chaque rive est donc une unité d'échantillonnage, notée M1 à M6, complétée par la rive concernée (RD / RG).

3. Modalité de mise en œuvre sur le terrain

En groupe, après avoir délimité les sous-unités avec des piquets mobiles ou de la bombe de peinture forestière, nous avons établi ensemble un schéma précis sur une feuille A3 (hypothèse H3) de la sous-unité depuis la berge, en pointant notamment des éléments remarquables du site : souches, embâcles, arbres remarquables, rochers, herbiers,

Ce schéma est ensuite confié à un observateur unique (A), dont le rôle sera de noter tour à tour la localisation géographique de chaque moule détectée, en utilisant une couleur ou un symbole différent pour chaque observateur (Hypothèse H3).

Tandis que les autres observateurs (C, D ...) s'éloignent du site afin de rester indépendants les uns des autres (ne pas connaître les observations des autres est crucial), l'observateur B commence à prospecter la station au bathyscope de l'aval vers l'amont et dans le temps imparti (travailler avec un minuteur est préconisé et permet de limiter les biais), accompagné uniquement par la personne prenant les notes depuis la berge (A).

Les différents passages se font consécutivement pour limiter le risque d'enfouissement des individus au cours de l'expérience (respect des hypothèses H1 et H2). Pour réaliser 3 passages sur 400 m² par exemple, il faudra donc 1h30 et l'on considèrera que les moules perlières n'ont pas le temps de s'enfouir ou de sortir du substrat dans ce laps de temps.

Ensuite sur le schéma, le groupe identifie :

- Les individus observés par un unique observateur,
- Les individus observés 2 fois, 3 fois ... et par qui, en les regroupant au sein d'un cercle par exemple.

Pour chaque individu observé au moins une fois, on obtient ainsi une histoire de capture (figure 8) au fil des différents passages (observateurs), composée de 0 (pas vu) et de 1 (vu).

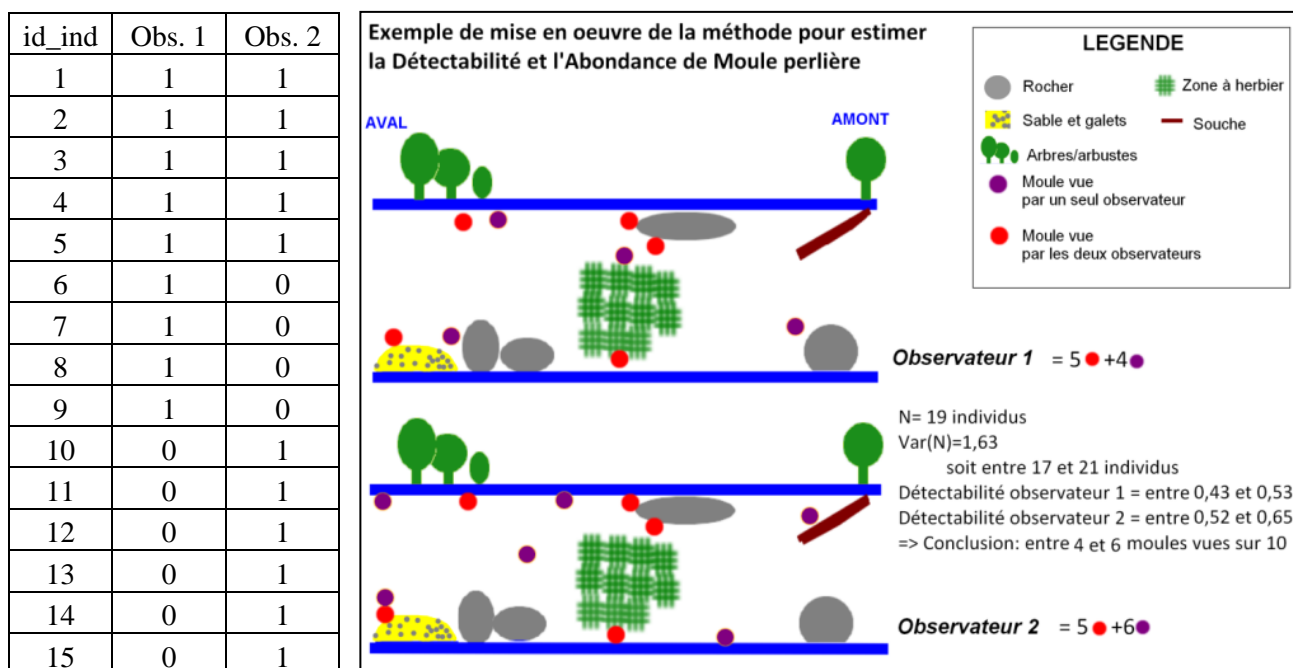


Figure 8 : exemple d'histoire de capture sur un tronçon fictif prospecté par 2 observateurs indépendants dans le cadre d'une CMR

4. Analyse des résultats d'une CMR « virtuelle »

Pour une session de CMR virtuelle réalisée avec deux passages, l'abondance est estimée de la manière suivante : $N = [(a+1)*(b+1)/(c+1)] - 1$, où « a » représente le nombre de moule(s) vue(s) par le premier observateur, « b » le nombre de moule(s) vue(s) par le second et « c » le nombre de moule(s) vue(s) en commun par les deux observateurs.

La variance est calculée de la manière suivante :

$$\text{var}(N) = [(a+1)*(b+1)*(a-c)*(b-c)] / [(c+1)^2*(c+2)]$$

Elle permet d'obtenir un intervalle de confiance de l'estimation de l'abondance.

La détectabilité est enfin obtenue par la formule $\beta_x = X / N$ pour un observateur « X ».

Pour des raisons pratiques, dans notre cas, avec au moins trois passages, les calculs et l'analyse des résultats obtenus sur le terrain sont effectués à l'aide du logiciel Mark © (White, G. C., and K. P. Burnham. 1999) avec des modèles « Closed Population » qui améliorent la fiabilité des résultats. Il est également possible de tester plusieurs modèles, en gardant à l'esprit qu'il faut retenir celui qui présente le plus petit AIC (Akaike Information Criterion) qui rend compte de la fiabilité du modèle statistique.

Le Logiciel propose alors :

- Une estimation de l'abondance totale sur les unités échantillonnées, avec un intervalle de confiance (en augmentant le nombre de passages, on diminue cet intervalle) et selon différents facteurs pouvant faire varier la détection (observateur, hétérogénéité individuelle, etc...),
- Une estimation de la détectabilité individuelle et moyenne avec des intervalles de confiance.

5. Intérêt et limites de la CMR « virtuelle »

Mettre en œuvre cette CMR virtuelle, sous la forme d'une pré-étude par exemple, permet notamment :

- de prendre conscience de nos limites en termes de capacités de détection,
- d'appliquer ces taux de détection individuels aux dénombrements réalisés seul avec le même effort de prospection sur la zone d'étude,
- ou encore de tester les variations de ces taux de détections, au regard de variables telles que la profondeur, l'ombrage, le faciès...

Cette méthode proposée présente l'avantage de pouvoir être mise en œuvre rapidement, aisément, à peu près dans tous type de cours d'eau. Elle prend peu de temps et est assez ludique. Elle peut être testée avec des observateurs non avertis tout en conservant son intérêt.

Si elle est déclinée sur une surface suffisante (avec une sélection aléatoire des unités) ou sur l'ensemble d'une zone d'étude, elle fournit une estimation non biaisée de la taille de la population sur le site.

Par contre, le positionnement des observations sur le schéma, et le rapprochement des individus (vus / pas vu) sur la base du schéma, sont cruciaux pour la fiabilité de la méthode.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

Le fait de ne pas identifier les individus en commun peut produire des biais qui peuvent s'avérer non négligeables dans certaines conditions, et notamment pour les groupes d'individus. Il est parfois impossible de connaître avec certitude l'histoire de capture des individus de ces groupes. Une méthode consistant en la prise de clichés systématique des individus observés par chaque observateur, puis leur comparaison pourrait être testée afin de limiter ce biais lié au schéma.

Il faut donc rester vigilant dans l'utilisation des taux de détections individuels, et leur application (en ratio) aux prospections réalisées par la suite, en explicitant au mieux la méthode employée (zone d'étude, plan d'échantillonnage, méthode et effort de prospection puis analyse), en rappelant les intervalles de confiance et en explicitant les biais possibles (critères de choix des stations).

C. Protocole d'inventaire de type atlas

1. Principes, hypothèses et moyens nécessaires

Cette méthode part du principe que l'observateur rate systématiquement une part de la population visible (détection individuelle) lors d'un inventaire, et qu'il n'est dans ces conditions pas en mesure de détecter les individus enfouis.

Dès lors que l'observateur dispose des compétences permettant de déterminer les espèces, les résultats des prospections rendent alors uniquement compte de zones de présence « certifiées », mais la non observation sur une zone ne traduit pas l'absence certaine.

L'analyse et l'interprétation des résultats doivent alors être réalisées avec précaution, et se limiter à une approche de type Atlas de répartition connue.

Inventaire de type « Atlas de répartition »

Principe

Un atlas de répartition permet de réaliser et de diffuser un bilan objectif de l'état des populations à un instant T, sur les zones étudiées. Les secteurs non prospectés doivent donc être systématiquement stipulés. Pour les bivalves, l'absence constatée doit être interprétée avec une grande précaution.

Hypothèses d'utilisation

- il est très difficile, voire impossible, d'atteindre l'exhaustivité avec cette méthode, H1
- la proportion d'espèces / d'individus « ratés » n'est pas quantifiable, quel que soit l'effort de prospection réalisé, H2.

Moyens humains et matériels : temps imparti : 14 journées-hommes (terrain)
3 observateurs mobilisés
1 bathyscope éclairé ou non, waders
Palmes-Masque-Tuba
Feuilles et stylos
GPS
1 minuteur

Pré-requis nécessaire : aucun

2. Définition du plan d'échantillonnage

Au sein d'une zone d'étude, un plan d'échantillonnage est défini, intégrant la surface des unités suivies. Idéalement, l'échantillon doit représenter au moins 10 % de la zone d'étude. Chaque sous-unité sera de surface approximativement égale (une surface de 100 à 400 m² est préconisée). Leurs longueurs sont donc ajustées à leurs largeurs moyennes. Elles seront choisies de manière aléatoire, par exemple, 50 mètres linéaires tous les 500 mètres sur une zone d'étude de largeur homogène (aléatoire dit « systématique »).

3. Modalité de mise en œuvre sur le terrain

Chaque unité est prospectée dans des conditions favorables (turbidité faible, basses eaux...). Après avoir pointé au GPS la limite aval (puis la limite amont en sortant de l'eau), la prospection se fait de l'aval vers l'amont, au bathyscope, avec un effort de prospection idéalement homogène (nous préconisons un ratio de 7,5 minutes pour 100 m²). A défaut, il est préconisé que la durée réelle de la prospection soit enregistrée.

En pratique, il est possible de quitter le site dès que l'espèce a été détectée, ce qui permet de maximiser le terrain et de visiter un maximum de sites, notamment sur des unités de faibles surfaces.

4. Analyse des résultats d'un inventaire de type « atlas »

L'analyse des résultats de ce type d'inventaire nécessite plusieurs précautions, et devrait se limiter à :

- La présentation des zones prospectées et des zones de présences, sous la forme d'un atlas de carte,
- L'abondance minimale présente de l'espèce étudiée, par unité échantillonnée, avec un rappel de l'effort de prospection,
- Une discussion autour des zones « d'absence », en tenant compte notamment de l'enfouissement et de la détectabilité de l'espèce.

5. Intérêt et limites des inventaires de type « atlas »

En conservation, les inventaires sont de fait le plus souvent mis en œuvre pour comparer soit des sites entre eux à un instant donné (étude synchronique), soit pour décrire l'évolution d'un site années après années (étude diachronique). On comprend bien dès lors que le fait de ne pas pouvoir quantifier le pourcentage d'espèces présentes mais non observées du fait de ces problèmes de détection ne permet pas de répondre à ces questions avec un fort degré de confiance.

Les inventaires devraient, pour assurer un bon degré de confiance, être mis en œuvre avec :

- des experts performants,
- sur des groupes biologiques assez restreints,
- avec un effort quantifié et conséquent,
- et surtout être interprétés avec précaution.

Il semble de fait que les **inventaires soient plus intéressants pour mettre en évidence la présence** d'espèces patrimoniales que pour comparer des sites dans l'espace ou dans le temps. Mais il convient dans tous les cas d'interpréter les « absences » avec précaution, l'absence de données pouvant refléter l'absence de l'espèce comme le fait de l'avoir ratée.

Ces inventaires peuvent être aussi pertinents dans le cadre d'une forme de pré-étude d'une zone totalement inconnue, de manière à obtenir une vision globale même imprécise d'un site afin de définir par la suite les priorités en termes d'études fines.

D. Protocole d'inventaire de type site occupancy

Nous n'avons pas pu tester, et donc mettre en œuvre ce protocole en 2020 dans le cadre de la présente étude. Cependant, cette méthode d'analyse a été utilisée dans le cadre des suivis par comptage répété pour la modélisation de l'occupation des sites.

E. Protocole de suivi par comptage répété

1. Principes, hypothèses et moyens nécessaires

Ces méthodes mobilisent les Indices d'abondance évoqués tout en tirant parti de leurs répétitions dans le temps long, sur de nombreuses sous-unités. Pour cela les méthodologues ont utilisé tout le corpus théorique et les outils développés pour les CMR, mais en **utilisant des données issues des suivis de sites au lieu des suivis d'individus**.

Il sera également utile et nécessaire de connaître (ou du moins d'en avoir une idée) du 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.

Modèles mixtes d'abondance à mélange - N-mixture models (Royle, 2004)

Principe

Cette méthode s'appuie sur des comptages d'individus répétés spatialement (plusieurs sites) et temporellement (plusieurs passages) qui permettent ensuite d'estimer la probabilité de détection individuelle p et l'abondance par site.

Hypothèses et règles d'utilisation

- Il n'y a pas de changement d'abondance sur les sites au sein d'une saison (entre la première et la dernière visite), i.e. population fermée (H1),
- Les détections au sein de chaque site sont constantes et indépendantes entre les visites. Néanmoins, des variations peuvent être modélisées à l'aide de covariables (H2),
- Les comptages doivent être distribués selon une loi déterminée au préalable, i.e. loi de Poisson, Négative binomiale, Zero-inflated (H3).

Moyens humains et matériels : temps imparti : 2 journées-hommes (préparation suivi)
16 journées-hommes (terrain)
11 observateurs mobilisés
1 bathyscope non éclairé, waders
Bombe de peinture forestière, rubalise
Feuilles et stylos
Décamètre ruban, topofil
GPS
1 minuteur

Pré-requis nécessaire : connaître l'aire de répartition de l'espèce sur la zone d'étude

2. Définition du plan d'échantillonnage

Pour définir ce plan d'échantillonnage, et notamment le nombre de sous-unités, il existe un logiciel gratuit nommé GENPRES © (en anglais) qui permet de tester différents scénarii à partir du moment où vous avez déjà une idée **du taux de détection et du pourcentage de sites globalement occupés** sur la zone que vous voulez étudier. Ce logiciel construit ce que l'on nomme des « tests de puissance ».

Il peut être utile de définir de plus petites unités d'échantillonnage, et ainsi augmenter le nombre d'unités suivies, notamment afin d'augmenter la précision des résultats. Cela permet aussi de rendre les abondances moins variables ce qui facilite l'obtention des estimations d'abondance avec cette approche.

a) Sur le grand Rieux :

Le plan d'échantillonnage aléatoire systématique mis en œuvre (figure 9) repose sur 18 unités de 50 ML x 4 ML, placées tous les 200 ML le long du cours d'eau, sur un secteur de présence connue historiquement.

L'échantillon représente ainsi 33 % de la zone d'étude, ce qui est largement supérieur aux recommandations (>10%).



Amélioration des connaissances des bivalves de la DHFF Stratégie d'échantillonnage pour le suivi de population par comptage répété sur le Grand Rieux

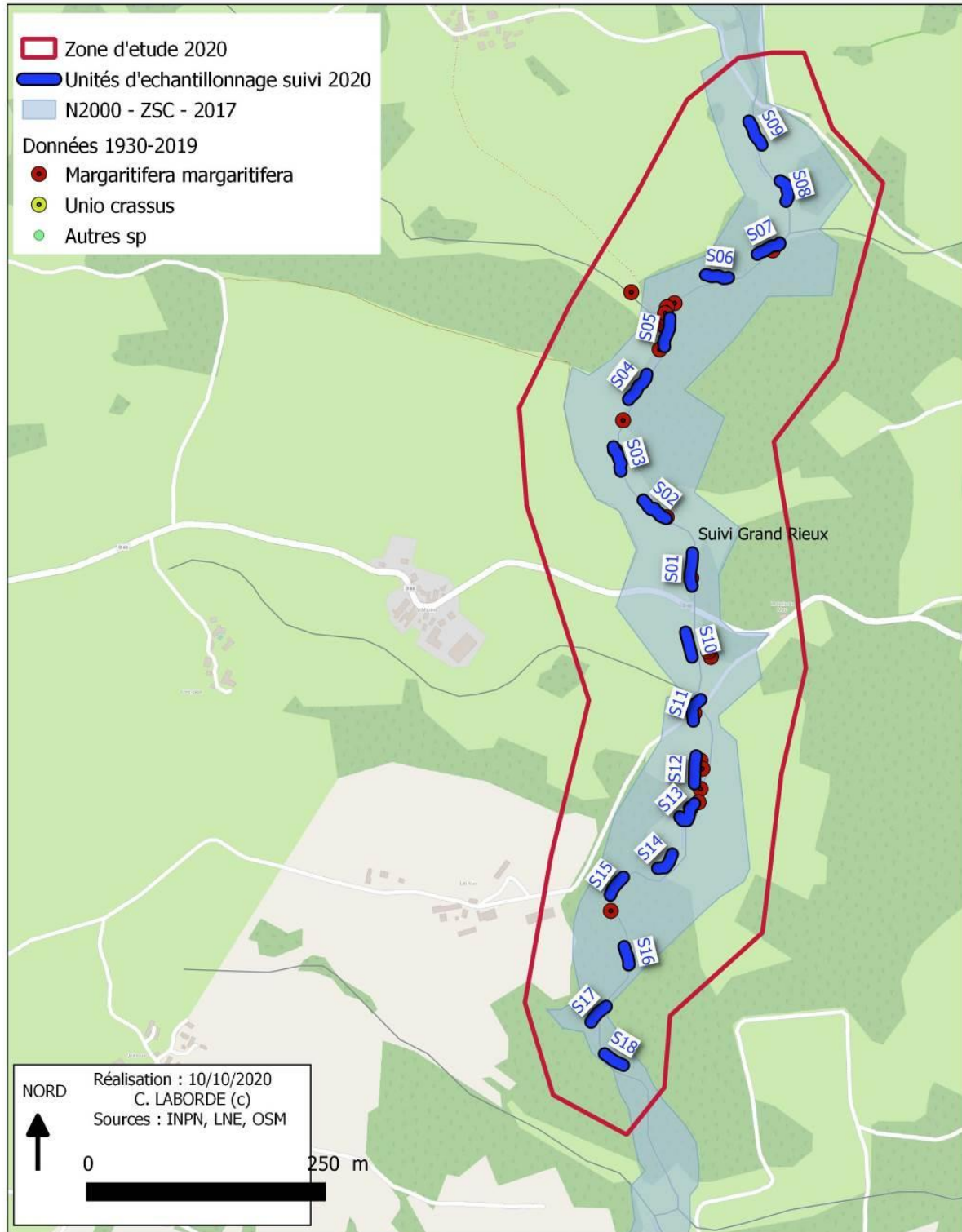


Figure 9 : cartographie de la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre sur le Grand Rieux pour le suivi de population par comptage répété

b) Sur la Vienne :

Le plan d'échantillonnage aléatoire systématique mis en œuvre (figure 10) repose sur 16 unités de 20 ML x 20 ML, placées tous les 200 ML le long du cours d'eau, sur un secteur de présence connue historiquement, qui avait fait l'objet du même suivi (état initial avec 51 unités diagnostiquées) en 2014. L'échantillon représente ainsi 10 % de la zone d'étude, ce qui est conforme aux recommandations (>10%).



Amélioration des connaissances des bivalves de la DHFF
Stratégie d'échantillonnage pour le suivi de population par
comptage répété sur la Vienne



LIMOUSIN NATURE
ENVIRONNEMENT

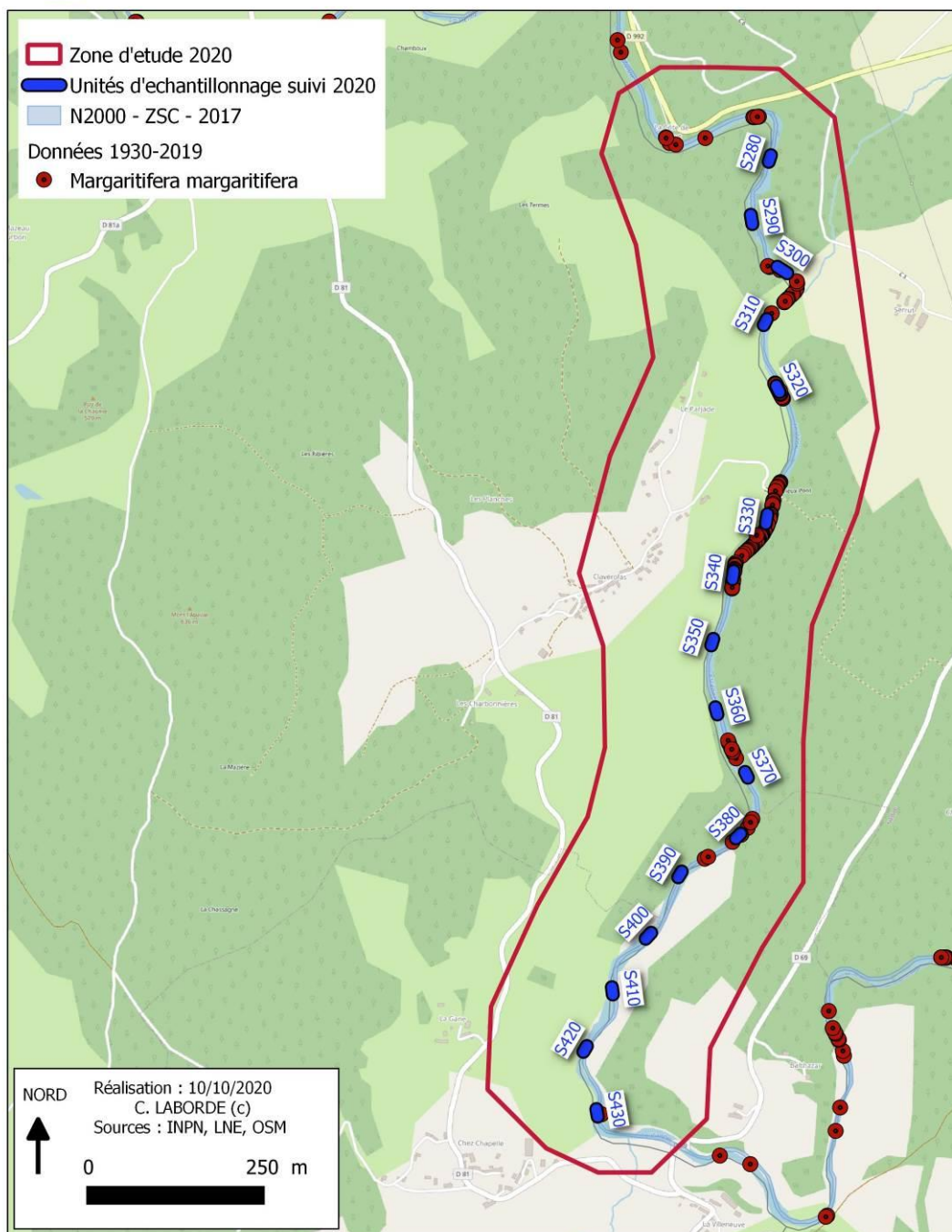


Figure 10 : cartographie de la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre sur la Vienne pour le suivi de population par comptage répété

3. Modalité de mise en œuvre sur le terrain

Un observateur installe seul les stations, équipé par exemple d'une tablette terrain avec l'application QField ©, avec des marques temporaires (rubalise amont / aval / points intermédiaires). Chaque station est prospectée à plusieurs reprises (3 passages sur la Vienne, et 5 sur le Grand Rieux) étalées dans un temps relativement restreint (les passages ont été réalisés consécutivement sur la même demi-journée) afin de viser le respect de l'hypothèse H1, mais suffisamment long pour rendre indépendantes (ne pas mémoriser ou se rendre sur le terrain avec les données du précédent passage) les observations entre chaque passage (H2). Les différents observateurs n'échangent pas sur leurs observations entre les sites.

Lors de chaque passage, la prospection se fait de l'aval vers l'amont, au bathyscope, à raison de 7,5 minutes pour 100 m² (soit 30 minutes / station sur la Vienne, et 15 minutes / station sur le Grand Rieux). Il faut lors de chaque passage dénombrer précisément le nombre d'individus détectés.

Dès lors, on peut construire des histoires de détection de l'espèce cible, équivalentes aux histoires de capture des CMR, avec cette fois-ci les sites en lignes et les passages en colonnes.

Contrairement aux CMR, l'histoire de capture ne sera pas uniquement composée de 0 et de 1, mais de l'abondance observée lors de chaque passage.

4. Analyse des résultats des suivis par modèle mixte d'abondance

Les modèles « N-Mixture » sont des outils statistiques robustes qui vont comparer les résultats de comptages répétés sur les différents sites d'étude. Cela permet ensuite de modéliser les probabilités de détection des individus, la détectabilité de l'espèce par station, et donc d'estimer l'abondance de la population sur la zone d'étude.

Plusieurs modèles peuvent être comparés pour explorer l'impact de covariables (les paramètres hydromorphologiques, l'effet observateur...) sur la probabilité de détection des individus ou sur l'abondance locale. Ceci peut se faire avec le logiciel gratuit mais lui aussi en anglais nommé PRESENCE © ou à l'aide du package '*unmarked*' dans R.

Le modèle retenu propose alors :

- Une estimation de l'abondance totale sur chaque station, avec un intervalle de confiance (en augmentant le nombre de passages, on diminue cet intervalle),
- Une estimation de la détectabilité propre à chaque station, et une détectabilité globale, avec des intervalles de confiance,

Sur la base d'un échantillonnage aléatoire, il est alors possible d'extrapoler les résultats à l'ensemble de la zone d'étude qui a été définie.

Notons que les intervalles de confiance des abondances estimées par ces méthodes sont souvent très larges. Ces protocoles nécessitent par conséquent **le suivi d'un grand nombre de sites au cours de nombreuses sessions.**

5. Intérêt et limites des suivis par modèle mixte d'abondance

Rappelons tout d'abord que ces méthodes sont relativement récentes (mais en plein développement) et posent des hypothèses statistiques supplémentaires qui ne sont pas toujours vérifiées ou vérifiables. Il est **fortement recommandé de consulter des spécialistes des méthodologies** en avant de leurs mises en œuvre.

En répétant cette méthode dans le temps, on peut utiliser les modèles mixtes d'abondance dynamique permettant d'estimer les taux de croissance des populations.

Elle nécessite un fort investissement en temps de travail, notamment quant au nombre de passages à réaliser, qui peut augmenter en cours de suivi en lien avec la précision des premiers résultats.

F. Protocole de suivi par indices d'abondances

1. 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 : Connaître son taux de détection individuel sur la zone d'étude

1. Définition du plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage aléatoire systématique mis en œuvre (figure 11) 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.

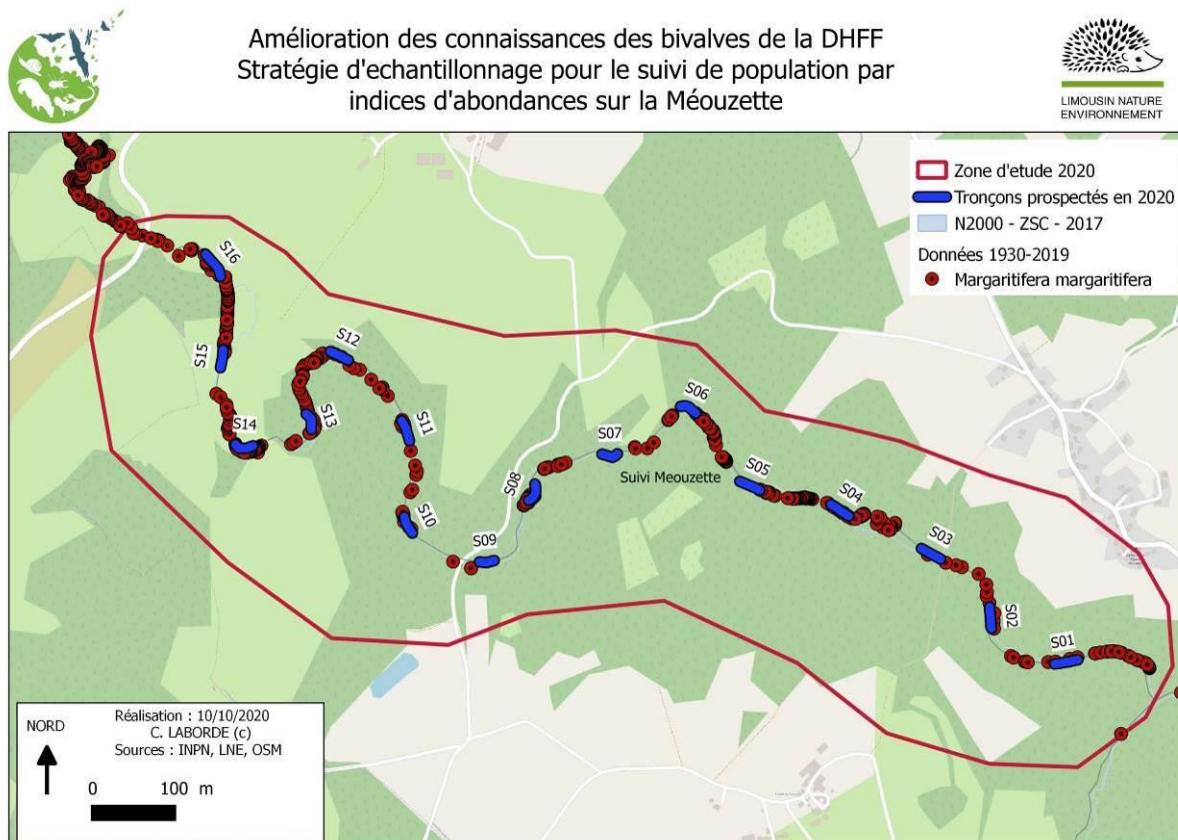


Figure 11 : cartographie de la stratégie d'échantillonnage mise en œuvre sur la Méouzette pour le suivi de population par indices d'abondances

2. 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...).

3. 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).

4. 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.

G. 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 12. 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
18-mai-20	9h à 17h	Temp. : 25°C Ensoleillement : 8/8 Vent : 0/8	Prospections Montane (contrôle de populations historiques et / ou zones blanches)	Cyril LABORDE
19-mai-20	9h à 17h	Temp. : 25°C Ensoleillement : 8/8 Vent : 0/8	Prospections Gorges de la vézère et affluents (contrôle de populations historiques et / ou zones blanches)	Cyril LABORDE et Ellen LEROY
20-mai-20	9h à 17h	Temp. : 25°C Ensoleillement : 8/8 Vent : 0/8	Prospections Gartempe amont (contrôle de populations historiques et / ou zones blanches)	Cyril LABORDE et Gilles BARTHELEMY
25-mai-20	9h à 17h	Temp. : 20°C Ensoleillement : 8/8 Vent : 6/8	Prospections Haute Vézère et Deiro (contrôle de populations historiques et / ou zones blanches)	Cyril LABORDE
27-mai-20	9h30 à 17h	Temp. : 28°C Ensoleillement : 8/8 Vent : 1/8	Prospections Gartempe intermédiaire (contrôle de populations historiques et / ou zones blanches)	Cyril LABORDE et Ellen LEROY
05-juin-20	9h à 16h30	Temp. : 17°C Ensoleillement : 4/8 Vent : 2/8	Prospections Montane (contrôle de populations historiques et / ou zones blanches)	Cyril LABORDE
19-juin-20	9h à 17h30	Temp. : 19°C Ensoleillement : 3/8 Vent : 1/8	Suivi de population Grand Rieux	Cyril LABORDE, Ellen LEROY, Frédéric NOILHAC, Elina MELET-GAREL, Aurélien LOPEZ
22-juin-20	9h45 à 17h30	Temp. : 26°C Ensoleillement : 8/8 Vent : 0/8	Suivi de population Méouzette	Cyril LABORDE
24-juin-20	9h30 à 17h	Temp. : 28°C Ensoleillement : 8/8 Vent : 0/8	Suivi de population Vienne	Cyril LABORDE, Solenne NOZAY, Brice LABORDE
30-juin-20	9h30 à 17h	Temp. : 22°C Ensoleillement : 8/8 Vent : 0/8	Suivi de population Méouzette	Cyril LABORDE
03-juil-20	9h30 à 17h	Temp. : 25°C Ensoleillement : 8/8 Vent : 0/8	Suivi de population Vienne	Cyril LABORDE, Brice LABORDE et Pierrick RIVET
10-sept-20	9h30 à 17h	Temp. : 25°C Ensoleillement : 7/8 Vent : 0/8	Prospections Vienne amont (contrôle de populations historiques et / ou zones blanches)	Cyril LABORDE et Ellen LEROY
15-sept-20	9h30 à 17h	Temp. : 20°C Ensoleillement : 6/8 Vent : 2/8	Prospections Vienne amont (contrôle de populations historiques et / ou zones blanches)	Cyril LABORDE, Ellen LEROY et Aurélie CAFFE
17-sept-20	9h30 à 16h	Temp. : 25°C Ensoleillement : 7/8 Vent : 1/8	Prospections Montane (contrôle de populations historiques et / ou zones blanches)	Cyril LABORDE
22-sept-20	9h à 17h	Temp. : 18°C Ensoleillement : 3/8 Vent : 2/8	Suivi de population du Grand Rieux	Cyril LABORDE - Gilles BARTHELEMY - Jérôme YVERNAULT - Aurélie FOUCOUT - Rémi GERBAUD

Figure 12 : période et effort de prospection mis en œuvre en 2020

III. Evaluation des taux de détection sur 3 cours d'eau par CMR virtuelle

Les sessions de CMR virtuelle sur la Vienne (20 mètres de large, 6 sessions) et sur la Dronne (10 mètres de large, 4 sessions) ont été réalisées avec le même protocole, notamment en termes d'effort de prospection.

Les 12 sessions sur la Méouzette ont été réalisées en triplant l'effort de prospection par rapport aux deux autres zones d'étude, soit sur une base de 20 minutes de prospection pour 100 m².

Ces 22 sessions de CMR virtuelle ont été réalisées au cours de 3 demi-journées de terrain qui ont eu lieu en 2014, avec l'appui du PNR de Millevaches en Limousin.

A. Taux de détection individuels

Les taux de détectabilité des différents observateurs (figure 13) sont **très variables**, allant de 0 à 72% sur la Vienne et la Dronne, et de 0 à 63 % sur la Méouzette. Lors d'un inventaire en un passage unique, **ces observateurs ratent donc entre 28 et 100 % des individus observables** (non enfouis).

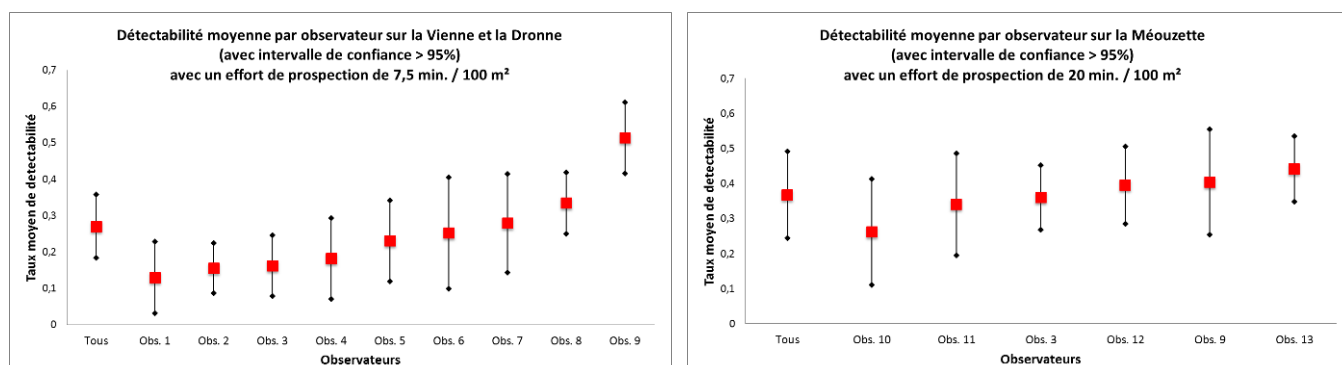


Figure 13 : détectabilité individuelle estimée par CMR virtuelle sur la Vienne et la Dronne (à gauche) et sur la Méouzette (à droite)

Sur la Méouzette, 4 des 6 observateurs ont une détectabilité moyenne assez homogène, comprises entre 30 et 40%. Cependant, les intervalles de confiances sont assez larges et se chevauchent partiellement.

Il est intéressant de noter qu'il y a une très forte variabilité des taux de détectabilité entre les observateurs, mais aussi pour un même observateur, et ce, qu'il s'agisse d'observateurs avertis ou d'observateurs néophytes.

B. Taux de détection et unité d'échantillonnage

Les intervalles de confiance rendent compte de la variabilité des contextes selon les stations de suivis, pour un même cours d'eau (figure 14).

V1, V5 et V2 présentent des intervalles larges, et donc une détectabilité très variable selon les observateurs. D1, V4 et V6 présentent une détectabilité plus basse, mais moins variable. Enfin, V3, D2, D3 et D4 présentent une détectabilité élevée et des intervalles de confiance plus faibles. M1_RD et M3_RD présentent des intervalles larges, et donc une détectabilité très variable selon les observateurs. M1_RG et M3_RG présentent une détectabilité plus basse, mais moins variable.

Enfin M2_RG et M2_RD présentent une détectabilité élevée et des intervalles de confiance plus faibles.

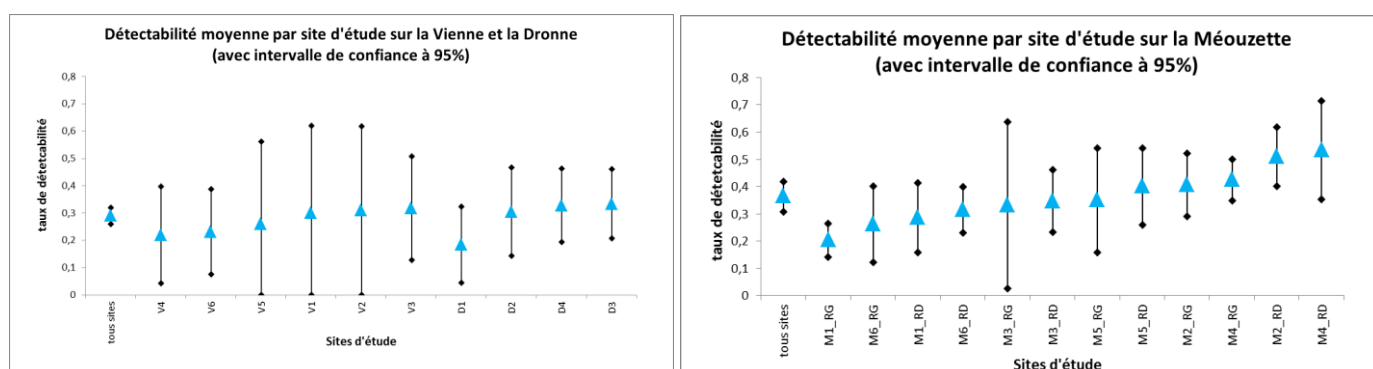


Figure 14 : détectabilité par tronçon estimée par CMR virtuelle sur la Vienne et la Dronne (à gauche) et sur la Méouzette (à droite)

Sur la Vienne et la Dronne, le **taux moyen de détectabilité** si ces observateurs avaient fait un inventaire (en un unique passage) aurait été de **28 %**. Notons que sur la Vienne, les intervalles de confiance sont plus élevés que sur la Dronne, ce qui s'explique sans doute par plus de variabilité de la prospection réelle effectuée lors de chaque passage sur ce cours d'eau large aux forts débits. Sur la Méouzette le **taux moyen de détectabilité** est de **35 %**. Notons que sur la Méouzette, les intervalles de confiance et la détectabilité selon les sites restent relativement homogènes.

Les observateurs auraient donc raté, en moyenne, entre 65 et 72 moules sur 100 lors d'une prospection en un passage unique sur ces sites.

C. Taux de détection et effort de prospection

En triplant l'effort de prospection sur la Méouzette, par rapport à la Vienne et à la Dronne, la détectabilité moyenne passe de 28 à 36 % d'individus observés, avec un écart significatif (figure 15), au regard des intervalles de confiance (à 95%).

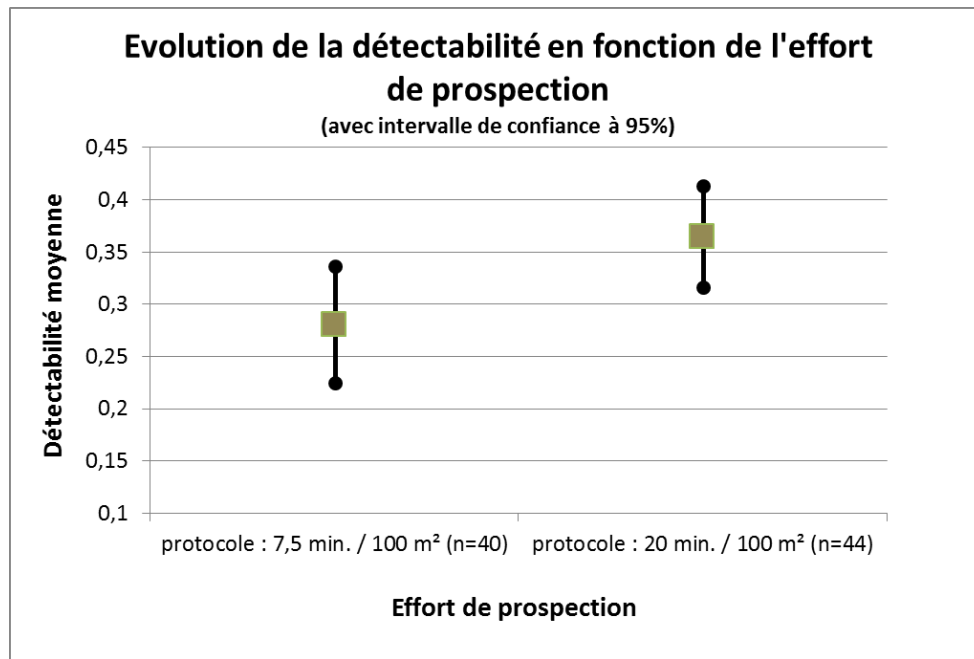


Figure 15 : évolution des taux de détection en fonction de l'effort de prospection

D. Taux de détection et largeur du cours d'eau

En comparant les taux de détection sur les différents sites d'étude, notamment au regard de la largeur du cours d'eau, il est alors possible de définir un taux de détection moyen, applicable à d'autres sites d'étude similaires, à défaut de mise en place d'une expérimentation propre à chaque site (figure 16).

Il est intéressant de noter que plus le cours d'eau est large, plus le taux de détection moyen est faible (et son intervalle de confiance large), ce qui est vraisemblablement imputable aux difficultés de prospection propres aux grands cours d'eau.

Pour ces derniers, la prospection de couloirs (à plusieurs observateurs) pourrait paraître pertinente, mais elle induit alors d'autres biais puisque l'inventaire est alors réalisé par plusieurs observateurs simultanément.

Pour les cours d'eau de 5 à 10 mètres de larges, le taux moyen de détection apparaît compris entre 30 et 40%, avec un effort de prospection de 5 à 15 s/m², alors qu'il est inférieur à 30% pour les cours d'eau large d'une vingtaine de mètres tels que la Vienne.

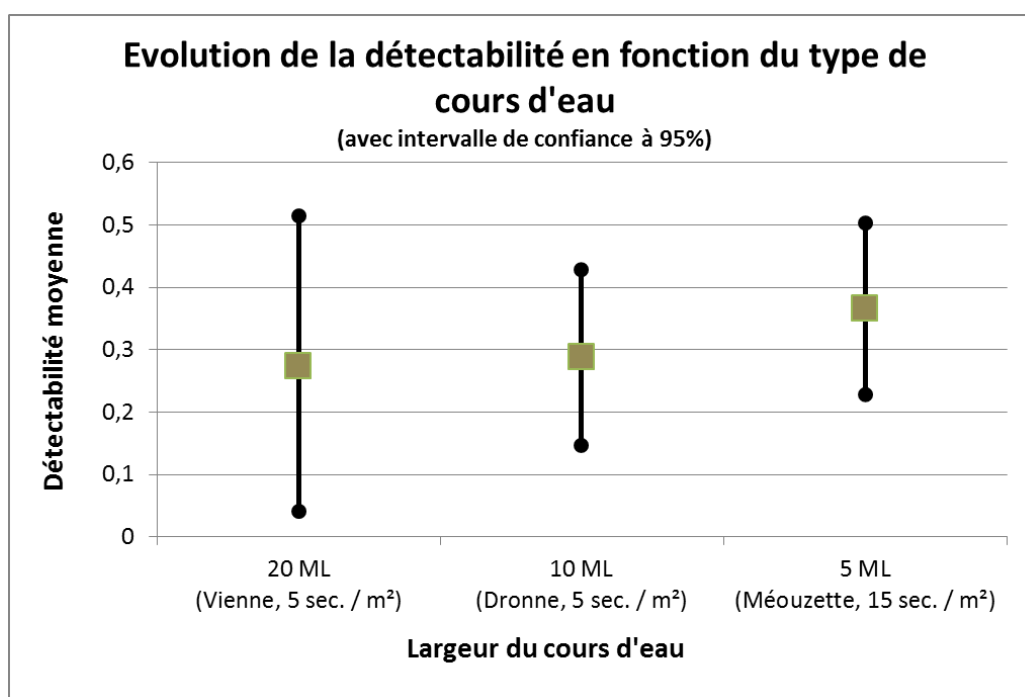


Figure 16 : synthèse des taux de détection moyen en fonction du type de cours d'eau

E. Evaluation de la viabilité de la CMR pour le suivi de population

L'objet de l'étude étant de mieux appréhender les suivis dans le temps, il est utile d'évaluer la faisabilité et la précision d'un suivi par CMR virtuelle. Cela peut s'avérer utile par exemple, pour mesurer l'effet de mesures de gestion (effet d'un étang, installations d'abreuvoirs, de clôtures, plantations de ripisylve...) en comparant ces résultats à des sites témoins à proximité immédiate.

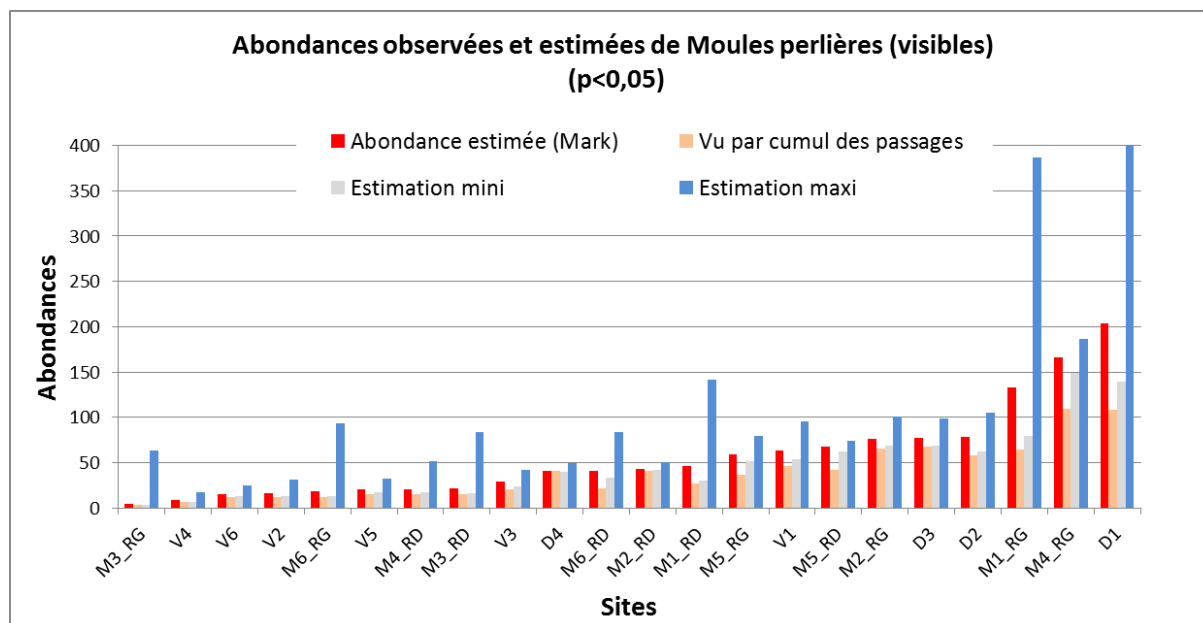


Figure 17 : abondances observées et abondances estimées sur l'ensemble des sites d'étude

Sur les unités V5 et V6 sur la Vienne, D2, D3 et D4 sur la Dronne ou encore M2 et M5 (figure 17), nous observons que l'abondance observée et l'abondance estimée sont relativement proches. Les intervalles de confiance des estimations (estimations mini et maxi) sur ces tronçons sont réduits, indiquant que les estimations sont très précises, et devraient permettre un suivi pertinent dans le temps. Ces sites doivent faire l'objet de suivis répétés avec le même protocole dans les années à venir en priorité.

Sur les unités V1, M1_RD, M4_RD, même si la fourchette de l'estimation est importante, nous sommes dans des cas intermédiaires, où l'estimation et l'abondance observée sont encore cohérentes, et où un suivi de population reste envisageable. Si le temps de travail disponible le permet, il sera bon de répéter ces suivis dans les années à venir.

Les unités D1, M1_RG, M3_RD, M3_RG et M4_RG sont par contre des sites où les estimations présentent des fourchettes très larges, et donc des estimations très peu précises. Les raisons à cela peuvent être multiples, biais observateur, turbidité, visibilité, profondeur, densité... Le suivi de ces sites sera alors abandonné, même si une seconde session de suivi, dans 5 à 10 ans pourraient potentiellement présenter un intérêt, principalement en cas de forte régression de la population. Notons qu'avec ce type de résultats, une augmentation du nombre de passages pourrait permettre d'obtenir une estimation plus fiable, pour assurer un suivi dans le temps pertinent.

IV. Résultats des inventaires de type Atlas

A. Résultats sur la zone d'étude BV Montane

Site(s) Natura 2000 concerné(s) :

FR7401113 Vallée de la Montane vers Gimel

1. Prospections réalisées en 2020

Sur cette zone d'étude, nous avons réalisé en 2020 la prospection de 15 tronçons sur le cours de la Montane, pour un total de 3663 mètres linéaires.

a) E2_O1 – contrôle de stations historiques

Sur la Montane, nous avons assuré le contrôle de deux stations de Moule perlière en 2020, située au Sud de l'A89, à Gare de Corrèze.

Sur la station la plus à l'amont au Pont des Royères (découverte en 2017 et qui présentait alors 2 individus), **aucun individu n'a été observé en 2020. Il semblerait que l'espèce ait disparu sur ce secteur**, ce qui reste à confirmer eu égard au faible taux de détection de l'espèce.

Sur la station aval, située à l'aval du Pont du Bourg, découverte en 2017 par la FDAAPPMA 19 (10 individus observés), puis contrôlée en 2018 par LNE (2 adultes et 2 coquilles observés), **4 individus vivants et une coquille ont été observés en 2020.**

b) E2_O2 - inventaires des zones blanches

En 2020, nous avons réalisé des prospections sur un secteur intermédiaire de la Montane, de **l'amont du Moulin de St Priest à l'aval de la gare d'Eyrein.**

Sur cette zone, nous avons réalisé 13 prospections selon un échantillonnage aléatoire systématique (plus ou moins strict). Sur ces 13 stations, au moins 8 sont occupées par l'espèce avec des abondances relativement importantes (**48 observations au total**). Notons enfin l'observation de **4 individus catégorisés comme juvéniles (figure 18).**

Ce secteur apparaît donc relativement bien occupé par la Moule perlière mais les pollutions régulières du cours d'eau, au niveau de la Gare d'Eyrein notamment (située plus à l'amont) semblent provoquer une régression progressive et rapide de l'espèce.



Figure 18 : vues sur les substrats dominants sur la Montane, et photographie d'un juvénile de Moule perlière

a) E2_O3 - caractérisation des populations

Aucune action concernant cet objectif n'a été réalisée sur la zone d'étude en 2020.

2. Synthèse des données disponibles sur la zone d'étude

Nous présentons ci-dessous une synthèse suite à l'analyse de la base de données sur la zone d'étude « BV Montane » qui inclut certains affluents ainsi que d'autres types de milieux aquatiques (étangs notamment).

***Margaritifera margaritifera* :**

1 ^{ère} mention :	2006 (Villa O.)
BDDonnées 2006 – 2019* :	34 adultes / 0 juv. / 6 coquilles
BDDonnées 2020 :	36 adultes / 4 juv. / 8 coquilles

Autres bivalves connus : néant

** Il est important de noter qu'il s'agit de données brutes, parfois anciennes, certaines stations ayant été prospectées à plusieurs reprises (doublons). Ces données sont donc fournies à titre indicatif, mais ne représentent pas forcément la réalité actuelle, ni les enjeux de conservation, eu égard aux linéaires prospectés.*

3. Synthèse cartographique des résultats

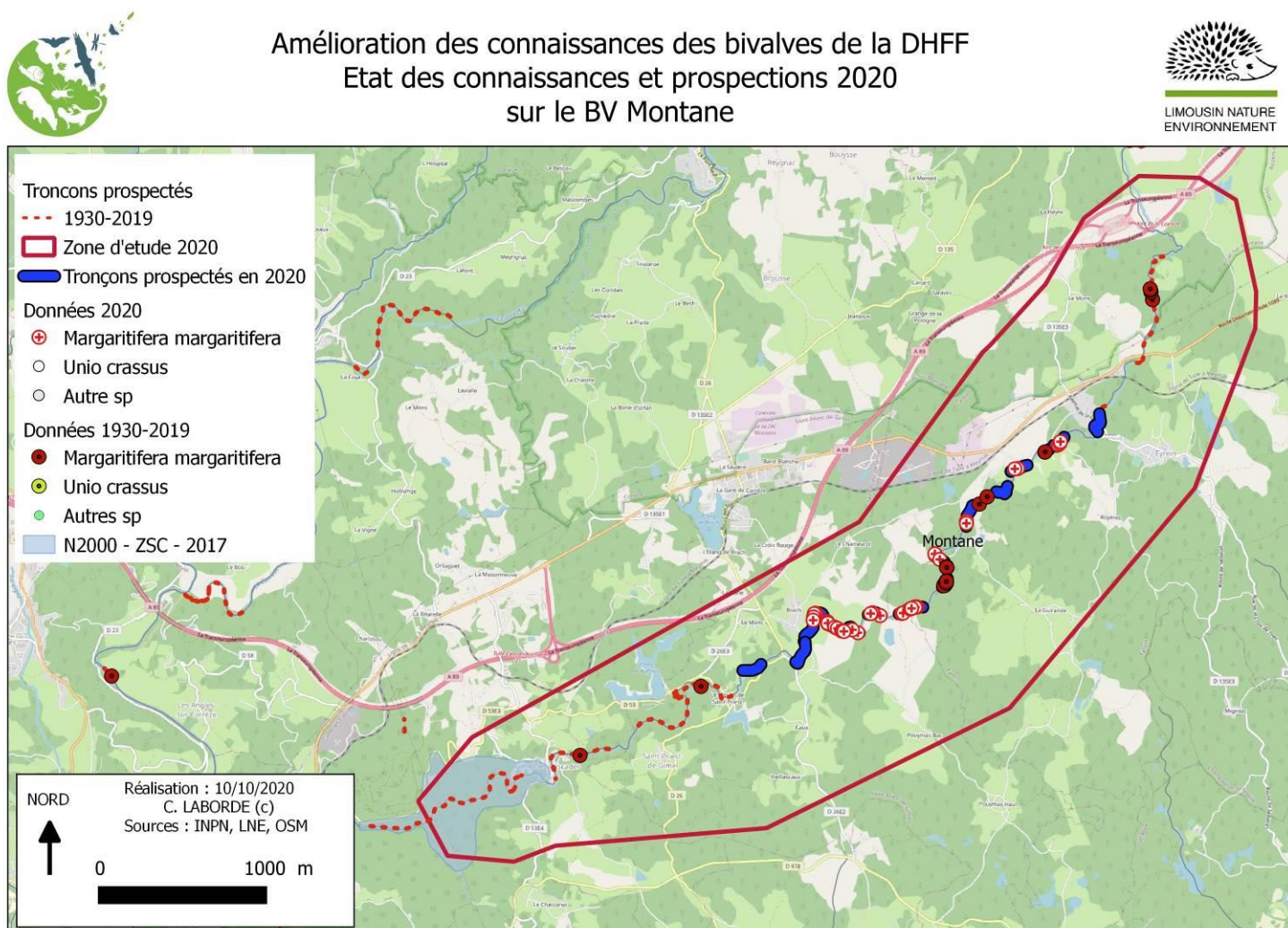


Figure 19 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV Montane

4. Eléments d'évaluation des enjeux

La Montane (figure 19) à l'amont du site Natura 2000 abrite encore quelques Moules perlières (dont des juvéniles sub-adultes). **Ce secteur présente un fort potentiel de reconquête** pour l'espèce (substrat favorable notamment) et son poisson hôte à la condition de faire cesser les pollutions récurrentes de l'usine située en amont.

Le bassin de la Corrèze plus globalement apparaît **favorable aux bivalves de la DHFF**. Il est nécessaire de prospecter les zones a priori les plus favorables afin d'améliorer l'état des connaissances sur ce bassin. Le site Natura 2000 Vallée de la Montane vers Gimel (sensu stricto) revêt un enjeu de conservation faible pour la Moule perlière.

Cependant, le **bassin versant de la Corrèze revêt un enjeu « fort »** en termes de potentialité de présence, aux vues des faibles linéaires prospectés, mais également en termes de reconquête possible, **l'habitat d'espèce étant très favorable et largement représenté**.

B. Résultats sur la zone d'étude BV Deiro

Site(s) Natura 2000 concerné(s) :

FR7401103 Vallée de la Dordogne sur l'ensemble de son cours et affluents

1. Prospections réalisées en 2020

a) E2_O1 – contrôle de stations historiques

Aucune action concernant cet objectif n'a été réalisée sur la zone d'étude en 2020.

b) E2_O2 - inventaires des zones blanches

Sur cette zone d'étude, nous avons réalisés en 2020 la prospection de 2 tronçons sur le cours du Deiro, pour un total de 847 mètres linéaires.

Aucun bivalve n'a été observé sur ce secteur, malgré un habitat d'espèce potentiellement très favorable.

c) E2_O3 - caractérisation des populations

Aucune action concernant cet objectif n'a été réalisée sur la zone d'étude en 2020.

2. Synthèse des données disponibles sur la zone d'étude

Nous présentons ci-dessous une synthèse suite à l'analyse de la base de données sur la zone d'étude « BV Deiro » qui inclut certains affluents.

***Margaritifera margaritifera* :** néant

***Autres bivalves connus* :** néant

3. Synthèse cartographique des résultats

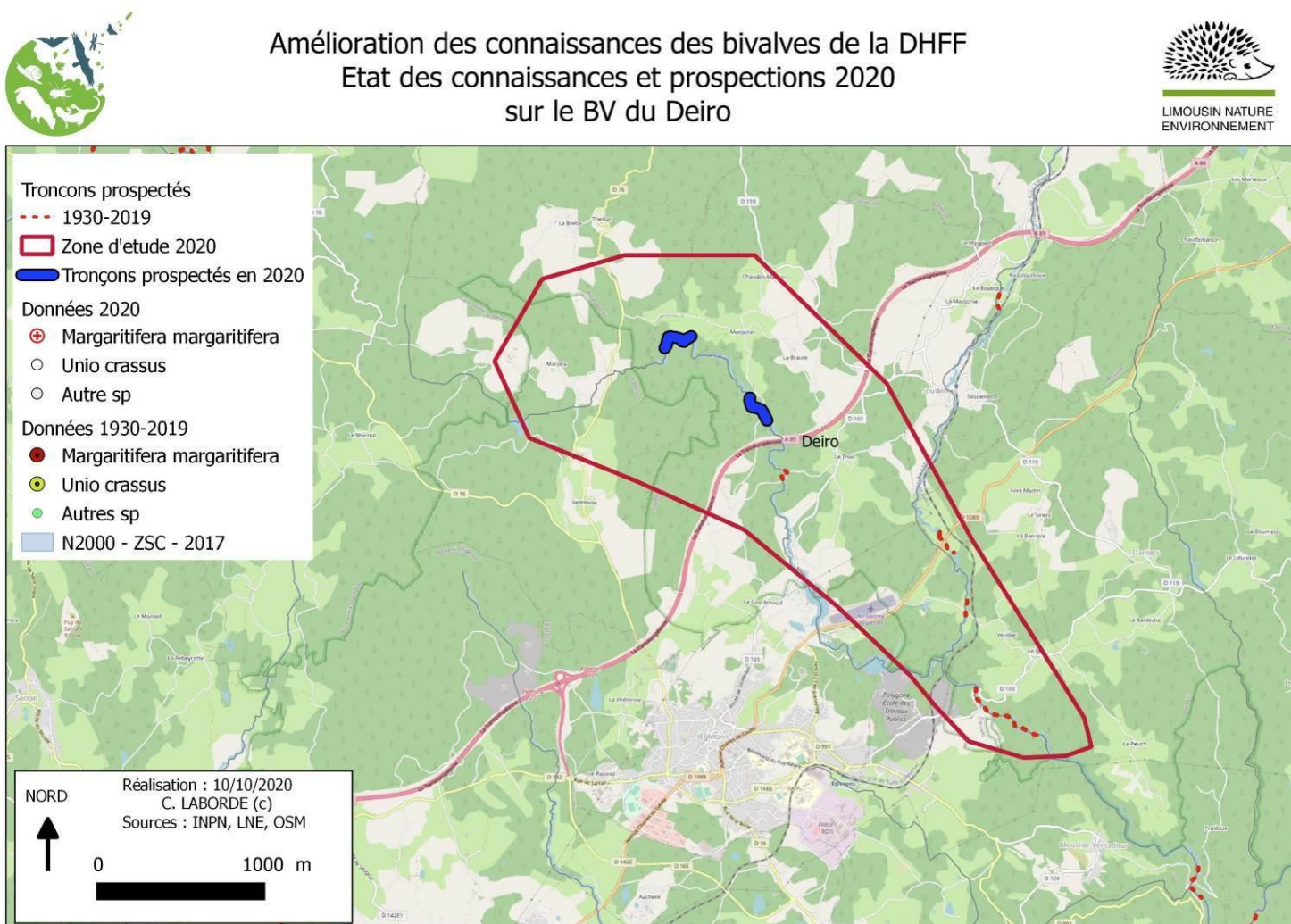


Figure 20 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV

4. Éléments d'évaluation des enjeux

En l'état actuel des connaissances (figure 20), il apparaît impossible d'évaluer les enjeux de conservation sur ce site.

C. Résultats sur la zone d'étude BV Gartempe

Site(s) Natura 2000 concerné(s) :

FR7401147 Vallée de la Gartempe sur l'ensemble de son cours et affluents

1. Prospections réalisées en 2020

Sur cette zone d'étude, nous avons réalisé en 2020 la prospection de 8 tronçons sur le cours de la Gartempe, pour un total de 2034 mètres linéaires.

a) E2_O1 - contrôle de stations historiques

Un contrôle de station historique a été réalisé **au niveau du pont de Rebeyrat**, sur un tronçon de 167 mètres linéaires. Alors que 4 adultes de Moules perlières avaient été observés en 2005, **3 adultes ont été observés en 2020**, ce qui indique une grande stabilité du milieu, localisé en contexte forestier feuillu.

Un autre contrôle de station historique a été réalisé sur 839 mètres linéaire, **à l'amont du Masrougier**. En 2010-2011, 69 moules perlières avaient été observées pour seulement **24 individus vivants (plus 4 coquilles) en 2020**. **Notons que 21 individus marqués en 2013 dans le cadre d'une étude génétique ont été retrouvés en 2020**, plus une coquille. Lors de ces prospections, nous avons testé la prospection en PMT, couplée au bathyscope (figure 21). Notons sur ce secteur une forte problématique d'érosion de berges.

b) E2_O2 - inventaires des zones blanches

6 zones blanches ont été prospectées en 2020 pour un total de 1028 mètres linéaires.

Sur 3 des 6 stations, ces prospections ont permis d'observer 7 *Unio mancus*, 2 *Unio crassus*, 1 *Margaritifera margaritifera* et 3 *Potomida littoralis* vivantes (+ 1 coquille), permettant de préciser la répartition de ces espèces sur le cours d'eau.



Figure 21 : prospection de la Gartempe amont en PMT + bathyscope et vue une des problématiques forte du site : l'érosion de berges

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

c) E2_O3 - caractérisation des populations

Aucune action concernant cet objectif n'a été réalisée sur la zone d'étude en 2020.

2. Synthèse des données disponibles sur la zone d'étude

Nous présentons ci-dessous une synthèse suite à l'analyse de la base de données sur la zone d'étude « BV Gartempe » qui inclut certains affluents ainsi que d'autres types de milieux aquatiques (étangs notamment).

Margaritifera margaritifera :

1 ^{ère} mention :	1975 (Freytet S.)
BDDonnées 1975 – 2019* :	380 adultes / 0 juv. / 185 coquilles
BDDonnées 2020 :	28 adultes / 0 juv. / 4 coquilles

Unio crassus :

1 ^{ère} mention :	1975 (Freytet S.)
Données 1975 – 2019* :	839 adultes / 0 juv. / 64 coquilles
BDDonnées 2020 :	2 adultes / 0 juv. / 0 coquille

*Autres bivalves connus** :

- Potomida littoralis*
- Anodonta anatina*
- Corbicula fluminea*
- Pisidium amnicum*
- Unio Sp. (mancus / pictorum)*
- Corbicula sp.*

* Il est important de noter qu'il s'agit de données brutes, parfois anciennes, certaines stations ayant été prospectées à plusieurs reprises (doublons). Ces données sont donc fournies à titre indicatif, mais ne représentent pas forcément la réalité actuelle, ni les enjeux de conservation, eu égard aux linéaires prospectés.

3. Synthèse cartographique des résultats

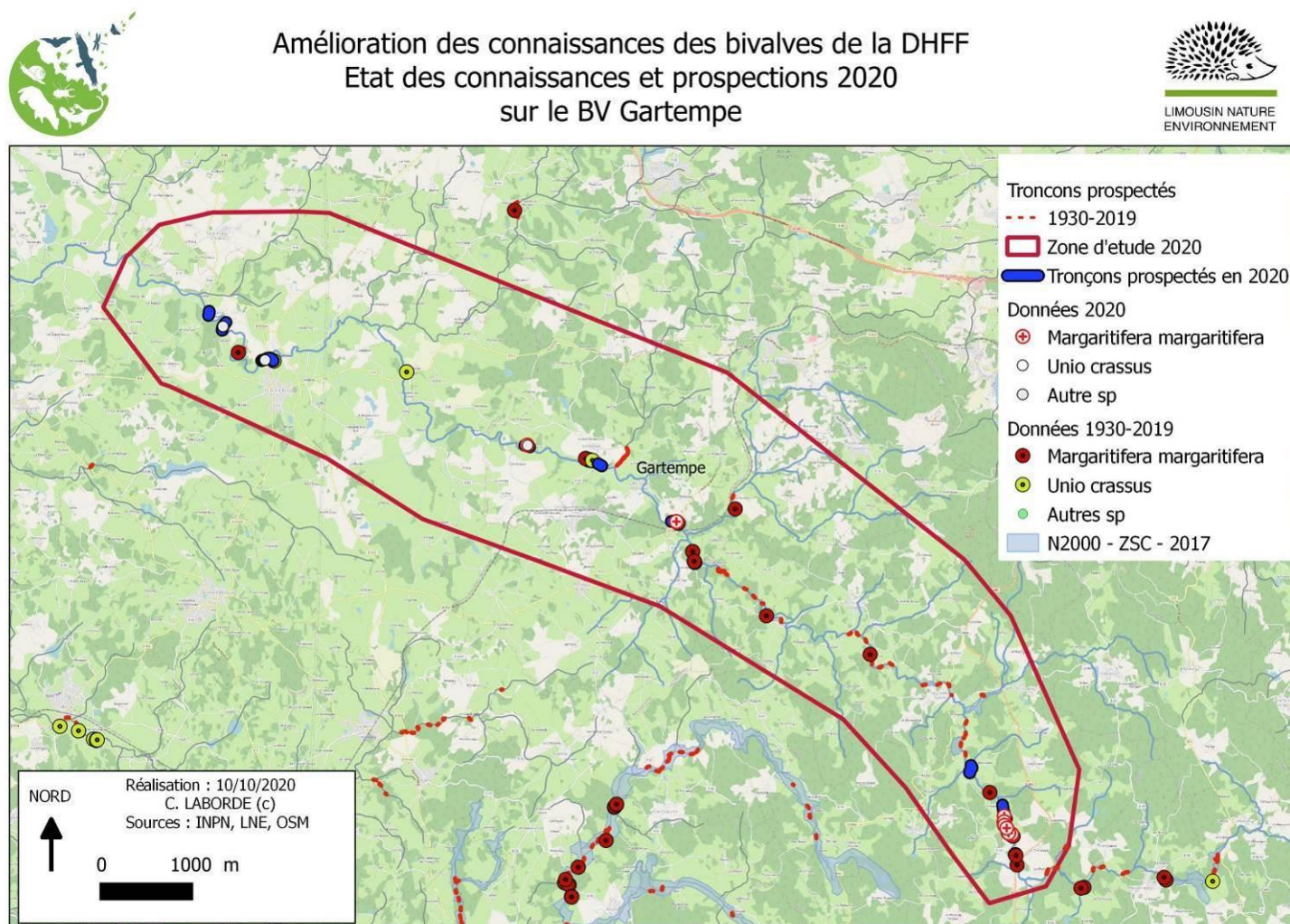


Figure 22 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV Gartempe

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

4. Eléments d'évaluation des enjeux

Si la Gartempe (figure 22) est l'une des rivières du territoire abritant la **plus grande diversité de bivalves**, il semble qu'un **fort déclin des populations soit en cours**, notamment chez la Moule perlière et la Mulette épaisse.

L'enjeu de conservation sur le site Natura 2000 a été estimé comme « **fort** ».

D. Résultats sur la zone d'étude BV Haute-Vézère

Site(s) Natura 2000 concerné(s) :

FR7401105 Landes et zones humides de la Haute Vézère

1. Prospections réalisées en 2020

a) E2_O1 – contrôle de stations historiques

Aucune action concernant cet objectif n'a été réalisée sur la zone d'étude en 2020.

b) E2_O2 - inventaires des zones blanches

Pour donner suite aux observations en 2006 (10 adultes et 10 coquilles) de Gilbert COCHET à l'amont de Bugeat (Moulin de Barthou, 19), nous avons assuré la prospection **de 5 tronçons en 2020**, pour un total de 2691 mètres linéaires sur des zones blanches.

Ces prospections ont été réalisées sur le site Natura 2000 de la Haute-Vézère mais également à l'aval de Bugeat, sur la Vézère et sur l'un de ses affluents : l'Escamel (figure 23).



Figure 23 : vue sur l'Escamel (à gauche), affluent de la Vézère (à droite)

Malgré la qualité **hydro-morphologique des milieux aquatiques**, aucune observation de bivalve n'a pu être faite sur ces secteurs.

c) E2_O3 - caractérisation des populations

Aucune action concernant cet objectif n'a été réalisée sur la zone d'étude en 2020.

2. Synthèse des données disponibles sur la zone d'étude

Nous présentons ci-dessous une synthèse suite à l'analyse de la base de données sur la zone d'étude « BV Haute Vézère » qui inclut certains affluents ainsi que d'autres types de milieux aquatiques (étangs notamment).

***Margaritifera margaritifera* :**

1 ^{ère} mention :	2006 (Cochet)
BDDonnées 2006 – 2019* :	10 adultes / 0 juv. / 10 coquilles
BDDonnées 2020 :	0 adulte / 0 juv. / 0 coquille

***Autres bivalves connus** :** *Anodonta anatina*

** Il est important de noter qu'il s'agit de données brutes, parfois anciennes, certaines stations ayant été prospectées à plusieurs reprises (doublons). Ces données sont donc fournies à titre indicatif, mais ne représentent pas forcément la réalité actuelle, ni les enjeux de conservation, eu égard aux linéaires prospectés.*

3. Synthèse cartographique des résultats

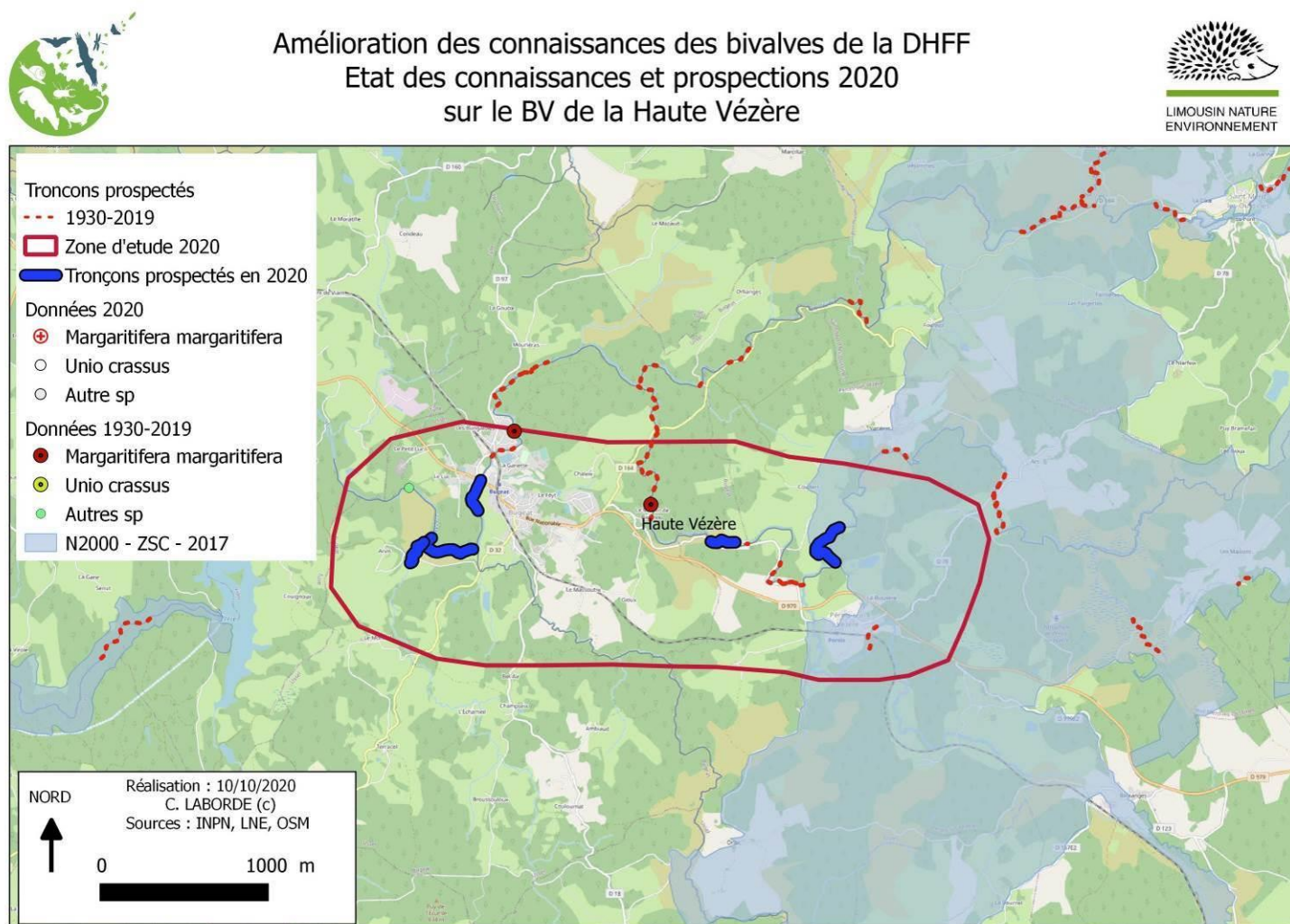


Figure 24 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV Haute Vézère

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

4. Eléments d'évaluation des enjeux

Au regard de l'état des connaissances (figure 24) et des prospections réalisées en 2019 et en 2020, il apparaît probable que la Moule perlière ait disparu sur cette zone d'étude. A ce jour, il n'est donc pas possible d'évaluer l'enjeu de conservation sur le site Haute-Vézère.

E. Résultats sur la zone d'étude BV Gorges de la Vézère et affluents

Site(s) Natura 2000 concerné(s) :

FR7401109 Gorges de la Vézère autour de Treignac

FR7401111 Vallée de la Vézère d'Uzerche à la limite départementale 19/24

1. Prospections réalisées en 2020

En 2020, nous avons réalisé l'inventaire de zones blanches sur le site Natura 2000 Gorges de la Vézère autour de Treignac (19) et sur la Soudaine, affluent de la Vézère. Ces prospections représentent un total de 9 tronçons pour un linéaire prospecté de 990 mètres linéaires.

a) E2_O1 – contrôle de stations historiques

Aucune action concernant cet objectif n'a été réalisée sur la zone d'étude en 2020.

b) E2_O2 - inventaires des zones blanches

➤ Inventaires des zones blanches sur la Vézère

Suite à la découverte d'une coquille de Moule perlière en 2019, à **l'amont de la Centrale hydroélectrique de Chingeat**, nous avons réalisé un échantillonnage dans les gorges de la Vézère représentant **6 tronçons** d'une centaine de mètres linéaires, tous les 50 à 200 mètres linéaires, selon les milieux présents et l'accessibilité.

Malgré un effort de prospection non négligeable, **aucun bivalve n'a pu être observé**. Notons que cela peut en partie être dû aux conditions de prospection (figure 25) assez difficiles sur ce secteur (profondeur et turbidité notamment).



Figure 25 : vue sur la Vézère dans les gorges, avec des eaux assez turbides malgré des conditions favorables de prospection

➤ Inventaires des zones blanches sur la Soudaine

Les **3 prospections réalisées sur la Soudaine** (partie aval) ont permis d'observer **une coquille de Moule perlière en 2020**, sur un linéaire prospecté de 599 mètres linéaires (figure 26).



Figure 26 : vue sur la Soudaine (à gauche) et photographie de la coquille découverte (à droite)

c) E2_O3 - caractérisation des populations

Aucune action concernant cet objectif n'a été réalisée sur la zone d'étude en 2020.

2. Synthèse des données disponibles sur la zone d'étude

Nous présentons ci-dessous une synthèse suite à l'analyse de la base de données sur la zone d'étude « BV Gorges et vallée de la Vézère » qui inclut certains affluents ainsi que d'autres types de milieux aquatiques (étangs notamment).

Margaritifera margaritifera :

1 ^{ère} mention :	2002 (Diren Limousin)
BDDonnées 2002 – 2019* :	312 adultes / 14 juv. / 158 coquilles
BDDonnées 2020 :	0 adulte / 0 juv. / 1 coquille

*Unio crassus*** :

1 ^{ère} mention :	2009 (Maligné F.)
BDDonnées 2009 – 2019** :	23 adultes / 0 juv. / 8 coquilles
BDDonnées 2020 :	0 adulte / 0 juv. / 0 coquille

Autres bivalves connus* :

- Anodonta cygnea*
- Potomida littoralis*
- Corbicula fluminea*
- Unio Sp.*

* Il est important de noter qu'il s'agit de données brutes, parfois anciennes, certaines stations ayant été prospectées à plusieurs reprises (doublons). Ces données sont donc fournies à titre indicatif, mais ne représentent pas forcément la réalité actuelle, ni les enjeux de conservation, eu égard aux linéaires prospectés.

** Les données d'*Unio crassus* existantes dans la base de données de LNE (données anciennes non vérifiables) s'avèrent aujourd'hui douteuses. Il est très difficile d'identifier l'espèce sur d'uniques critères conchyologiques et l'espèce est théoriquement absente du bassin Adour-Garonne (PRIE, 2017).

3. Synthèse cartographique des résultats

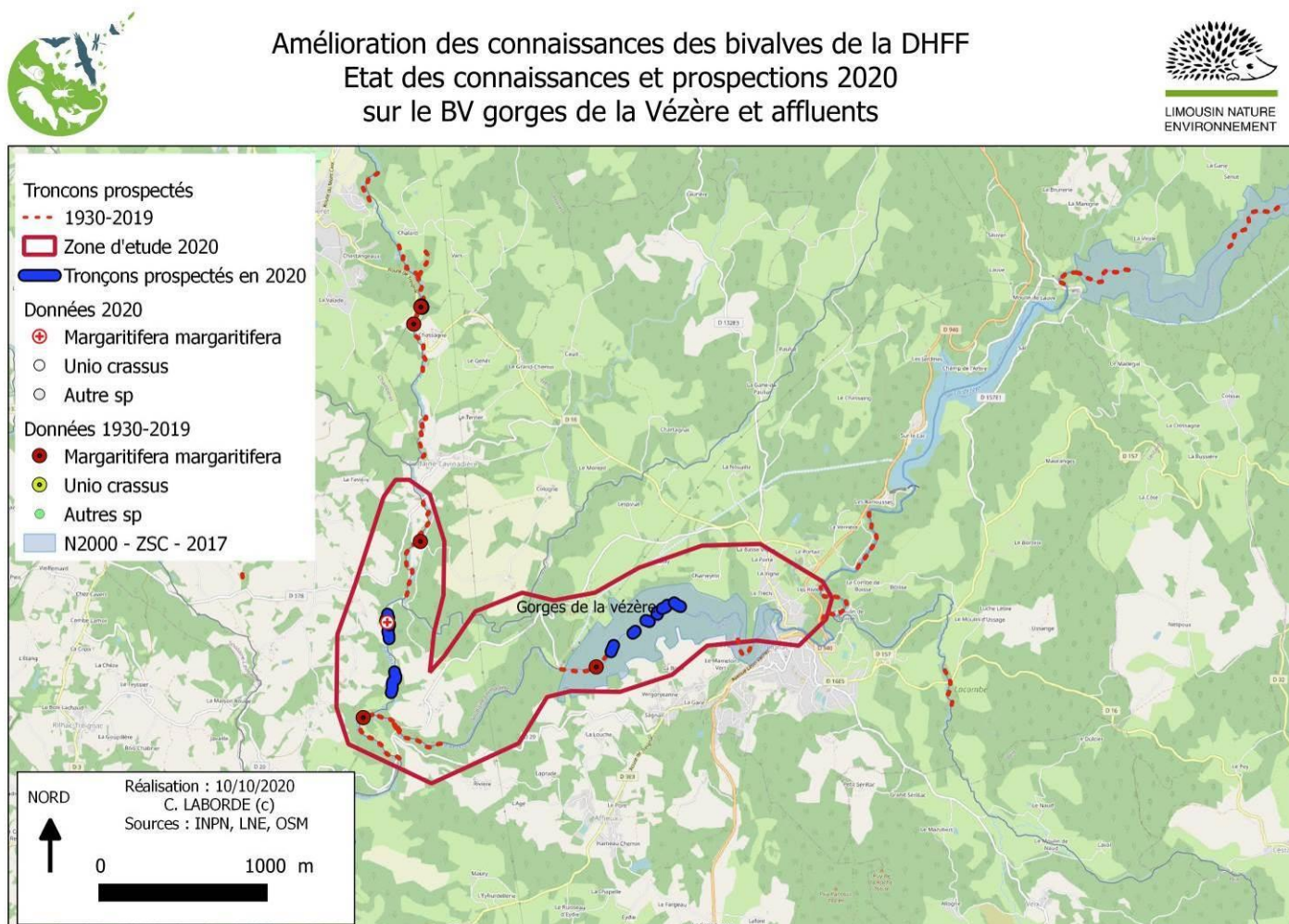


Figure 27 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV Gorges et vallée de la Vézère

4. Eléments d'évaluation des enjeux

L'état actuel des connaissances (figure 27) sur ce secteur est faible à quasi nul, rendant complexe l'appréciation des enjeux de conservation. Cependant, suite aux inventaires 2019 et 2020, il apparaît nécessaire de poursuivre les prospections sur ces cours d'eau, notamment sur le site Natura 2000 Gorges de la Vézère qui abrite possiblement une population de Moules perlières. **L'enjeu de conservation sur ce site a été estimé comme « moyen ».**

Concernant le site Vallée de la Vézère d'Uzerche à la limite départementale 19/24, il serait également très utile de confirmer la présence d'*Unio crassus*, observée en 2009 à l'amont du site. Il serait intéressant de mener des études d'Adn environnemental afin de lever les doutes. **L'enjeu de conservation sur ce site a été estimé comme « faible ».**

F. Résultats sur la zone d'étude BV Vienne amont

Site(s) Natura 2000 concerné(s) :
FR7401148 Haute vallée de la Vienne

1. Prospections réalisées en 2020

En 2020, nous avons réalisé l'inventaire de zones blanches et le contrôle de stations historiques sur l'amont du site Natura 2000 haute vallée de la Vienne, et sur des affluents de la Vienne. Ces prospections représentent un total de **14 tronçons** pour un linéaire prospecté de 1751 mètres linéaires.

A ces données s'ajoutent celles issues du test de suivi de population engagé par comptage répété en 2020 sur le secteur Nedde-Rempnat (présentées dans la partie suivi de population).

a) E2_O1 – contrôle de stations historiques

➤ Contrôle de stations historiques sur la Vienne

Comme l'illustre la figure 28, sur les **6 stations** de contrôle de population historique que nous avons prospectées **en 2020, seules deux stations semblent encore abriter l'espèce, avec 3 adultes (et un juvénile) vivants observés.**

Les résultats sur la station n° 1 sont particulièrement déconcertants, avec un indice d'abondance qui serait passé de 72 en 2019 à seulement 3 en 2020. Il apparaît possible qu'un phénomène d'enfouissement se soit produit peu avant notre passage, en lien notamment avec le fort déficit hydrique.

Contrôle de stations historiques de Moule perlière sur la Vienne 2011 - 2020						
Station	Station 1 (tronçon 364)	Station 2 (Chez Tivaud)	Station 3 (Pont du Fournet)	Station 4 (Régeat Nord)	Station 5 (Régeat Sud)	Station 6 (Vinzannet)
Surface	30 ML x 20 ML	100 ML x 20 ML	100 ML x 20 ML	160 ML x 10ML	172 ML x 10 ML	220 ML x 10 ML
2004	NP	NP	NP	NP	NP	2 ad. 0,0009 ind. / m ²
2011	18 ad. / 26 juv. 0,07 ind. / m ²	5 ad. 0,0025 ind. / m ²	20 ad. / 2 juv. 0,011 ind. / m ²	15 ad. / 2 juv. / 1 coq. 0,01 ind. / m ²	2 ad. / 8 coq. 0,001 ind. / m ²	1 ad. / 1 coq. 0,0004 ind. / m ²
	30 ad. / 42 juv. 0,12 ind. / m ²	NP	NP	NP	NP	NP
2020	2 ad. / 1 juv. 0,005 ind. / m ²	0 0 ind. / m ²	2 coq. 0 ind. / m ²	1 ad. 0,0006 ind. / m ²	0 0 ind. / m ²	0 0 ind. / m ²

Figure 28 : résultats des suivis de stations historiques sur la Vienne amont

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

➤ Contrôle de stations historiques sur le Ruisseau de Caux

Le **contrôle de 2 stations** historiques (figure 29) sur le **ruisseau de Caux** a permis d'observer **1 unique adulte vivant à la confluence du ruisseau avec la Vienne**.

Contrôle de stations historiques sur le Ruisseau de Caux 2009 - 2020		
Station	Station 1 (Confluence Vienne)	Station 2 (tourbière de Caux)
Surface	100 ML x 4 ML	340 ML x 3 ML
2009	4 ad. / 1 coq.	NP
	0,01 ind. / m ²	
2010	3 ad. / 1 coq.	1 ad. / 1 coq.
	0,0075 ind. / m ²	0,001 ind. / m ²
2020	1 ad. / 1 coq.	5 coq.
	0,0025 ind. / m ²	0 ind. / m ²

Figure 29 : résultats des suivis de stations historiques sur le Ruisseau de Caux

Des coquilles ont également été observées, indiquant une possible disparition de l'espèce sur ce ruisseau (figure 30).



Figure 30 : vue sur le ruisseau de Caux (à gauche) et sur une coquille (à droite)

b) E2_O2 - inventaires des zones blanches

6 zones blanches ont été prospectées en 2020, 5 sur la Vienne amont et une sur la Chandouille, pour un total de 691 mètres linéaires. Lors de ces prospections, **aucun bivalve n'a pu être observé sur ces zones d'étude**, pourtant favorables et comprises dans la zone historique de présence.

c) E2_O3 - caractérisation des populations

Aucune action concernant cet objectif n'a été réalisée sur la zone d'étude en 2020.

2. Synthèse des données disponibles

Nous présentons ci-dessous une synthèse suite à l'analyse de la base de données sur la zone d'étude « BV Vienne amont » qui inclut certains affluents, d'autres types de milieux aquatiques (étangs notamment), ainsi que les données issues du suivi de population réalisé en 2020, présentées dans la partie suivi de population.

Il est également important de noter qu'il s'agit de données brutes, certaines stations ayant été prospectées à plusieurs reprises (doublons) et certaines données étant anciennes. Ces données sont fournies à titre indicatif, mais ne représentent pas forcément la réalité actuelle, ni les enjeux de conservation, eu égard aux linéaires prospectés.

***Margaritifera margaritifera* :**

1 ^{ère} mention :	1995 (Cochet)
BDDonnées 1995 – 2019* :	1267 adultes / 697 juv. / 357 coquilles
BDDonnées 2020 :	70 adultes / 18 juv. / 19 coquilles

***Autres bivalves connus** :** *Pisidium amnicum*
Corbicula fluminea
Anodonta cygnea

** Il est important de noter qu'il s'agit de données brutes, parfois anciennes, certaines stations ayant été prospectées à plusieurs reprises (doublons). Ces données sont donc fournies à titre indicatif, mais ne représentent pas forcément la réalité actuelle, ni les enjeux de conservation, eu égard aux linéaires prospectés.*

3. Synthèse cartographique des résultats

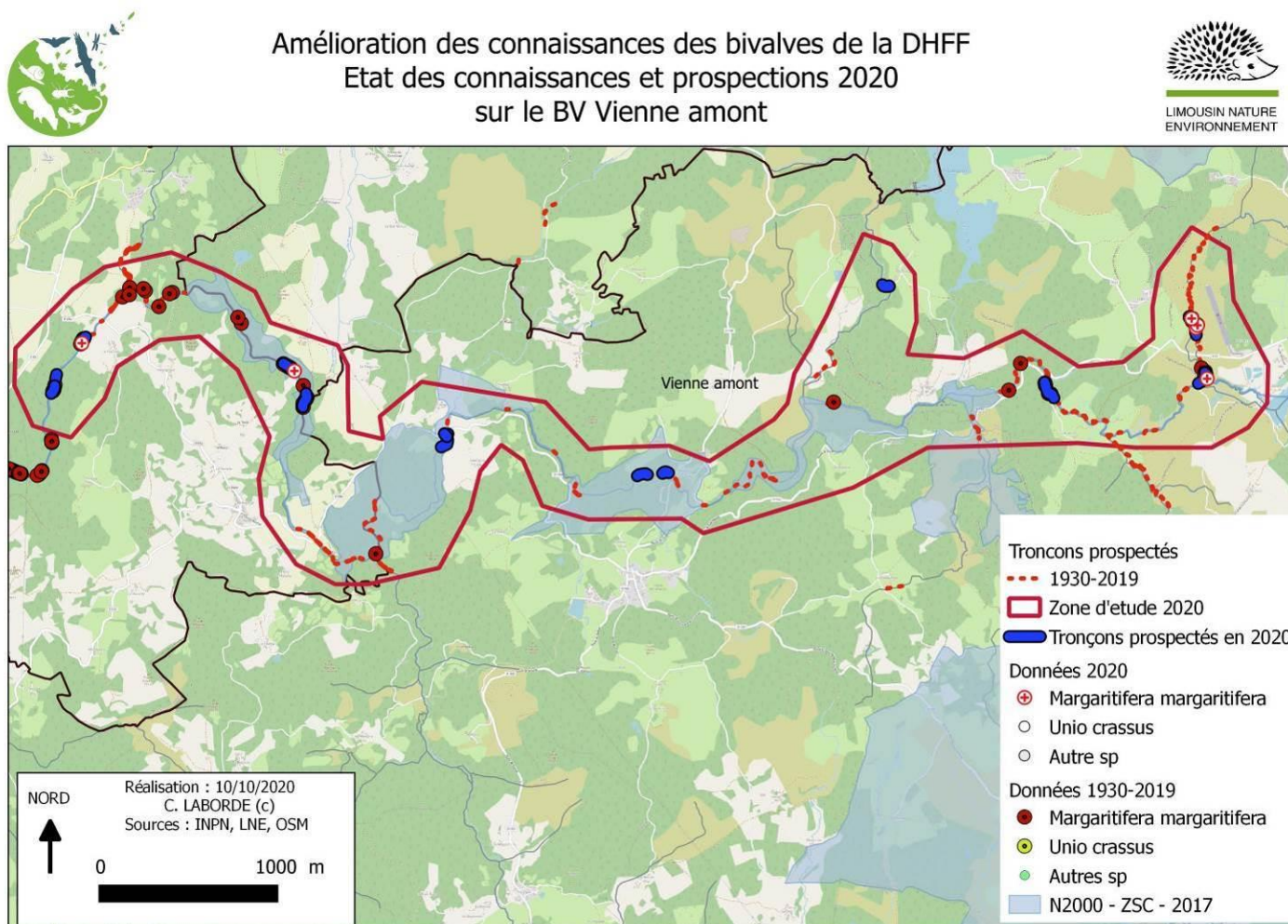


Figure 31 : cartographie des prospections et état des connaissances sur le BV Vienne amont

4. Eléments d'évaluation des enjeux

La haute vallée de la Vienne (figure 31) est une des très rares rivières de France qui abrite une proportion exceptionnelle de juvéniles de Moule perlière, mais également des adultes, avec des densités relativement fortes, encore en 2020.

Le contrôle de stations historiques sur l'amont du site engagé en 2020, mais également les prospections de zones blanches (ainsi que le test de suivi de population présenté dans la partie suivante) semblent indiquer **une régression assez alarmante de l'espèce**, contrairement aux conclusions émises en 2019 sur les stations contrôlées sur le secteur de Nedde.

La Vienne amont revêt un enjeu de conservation « très fort » pour la Moule perlière au titre de Natura 2000.

V. Résultats des suivis scientifiques de populations engagés

A. Suivi par comptage répété engagé sur le Grand Rieux

Site(s) Natura 2000 concerné(s) :
FR7401146 Vallée du Taurion et affluents

1. Résultats bruts

L'étude 2020 a été réalisée en deux sessions de terrain, organisées le 19 juin puis le 22 septembre 2020, avec 5 observateurs lors de chaque session (merci au CEN NA, à la DDT 23 et à l'OFB 23, qui ont soutenu notre projet).

L'ensemble des unités d'échantillonnage prévues ont été prospectées à cinq reprises, sauf les stations 17 et 18 qui n'ont été prospectées que 4 fois (figure 32). Des co-variables environnementales ont également été relevées systématiquement (annexe 7).

Tronçon (unité)	N obs 1 (CL)	N obs 2 (AL)	N obs 3 (EL)	N obs 4 (FN)	N obs 5 (EMG)	Longueur réelle en ML	Largeur moyenne en ML	Surface estimée en m ²	N - Max des 5 passages
1	22	63	38	23	8	71	4	284	63
2	3	0	1	1	4	67	3	201	4
3	12	13	7	7	7	57	2,5	142,5	13
4	82	74	155	68	54	68	3	204	155
5	122	92	119	38	17	63	4	252	122
6	225	151	235	205	148	50	3,5	175	235
7	43	60	71	52	29	55	4	220	71
8	68	54	138	146	67	53	2,5	132,5	146
9	50	27	32	29	21	59	2,5	147,5	50
Tronçon (unité)	N obs 1 (CL)	N obs 2 (JY)	N obs 3 (AF)	N obs 4 (GB)	N obs 5 (RG)	Longueur réelle en ML	Largeur moyenne en MM	Surface estimée en m ²	N - Max des 5 passages
10	147	123	90	149	44	54	2	108	149
11	126	107	97	194	31	53	3	159	194
12	19	15	32	24	6	59	2	118	32
13	17	10	8	14	5	60	4	240	17
14	0	0	0	0	0	60	4	240	0
15	3	0	1	0	1	49	5	245	3
16	1	0	0	0	0	41	5	205	1
17	0	0	NP	0	0	47	2	94	0
18	0	0	0	NP	0	47	2	94	0

	temps de prospection dépassé (> 25%)
NP	non prospecté

Figure 32 : résultats bruts du suivi par comptage répété en 2020 sur le Grand Rieux

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

Les différences d'abondances observées entre les passages illustrent bien le fort biais lié à la détectabilité lors d'un dénombrement.

En cumulant les abondances maximums observées lors de chaque passage, on obtient une abondance minimale de 1255 moules perlières vivantes, sur les 3261 m² étudiés, soit 0,38 individu par mètre carré en moyenne.

L'échantillonnage étant aléatoire, il est représentatif de l'ensemble de la zone d'étude ce qui porterait l'abondance minimale à 3765 individus sur la zone d'étude de 3 km.

Notons l'observation d'un juvénile de 3,4 cm sur S09 et d'un second de 4 cm sur S11 (figure 33), ainsi que d'un pavage d'au moins 150 individus réparti sur moins de 2 m² (station S06).



Figure 33 : juvéniles de 3,4 cm et de 4 cm observés en 2020 sur le Grand Rieux (à droite : sources : G. Barthélémy)

Enfin, en 2005, Gilles Barthélémy de l'OFB avait réalisé le comptage de 1305 individus sur 270 mètres linéaires entre les ponts de la RD43 et de la route de Las Vias, en un passage unique d'inventaire.

L'étude du ratio des résultats 2020 du même observateur sur les stations S10 et S11 (soit 343 individus sur 107 mètres linéaires) sur les résultats de 2005 suggère un taux de multiplication de l'espèce de 0,66 soit une régression estimée de la population de 34 % sur ce petit secteur.

Ce résultat est à prendre avec précaution, l'effort de prospection entre les deux passages n'étant pas le même.

Notons également que 27 coquilles ont été trouvées en 2020 au cours du suivi 2020, soit 2,11% du total des observations.

Ce résultat peut être mis en lien avec la sécheresse et les assecs partiels de septembre 2019, suggérant une mortalité assez limitée lors de cet épisode.



Amélioration des connaissances des bivalves de la DHFF
Stratégie d'échantillonnage pour le suivi de population par
comptage répété sur le Grand Rieux

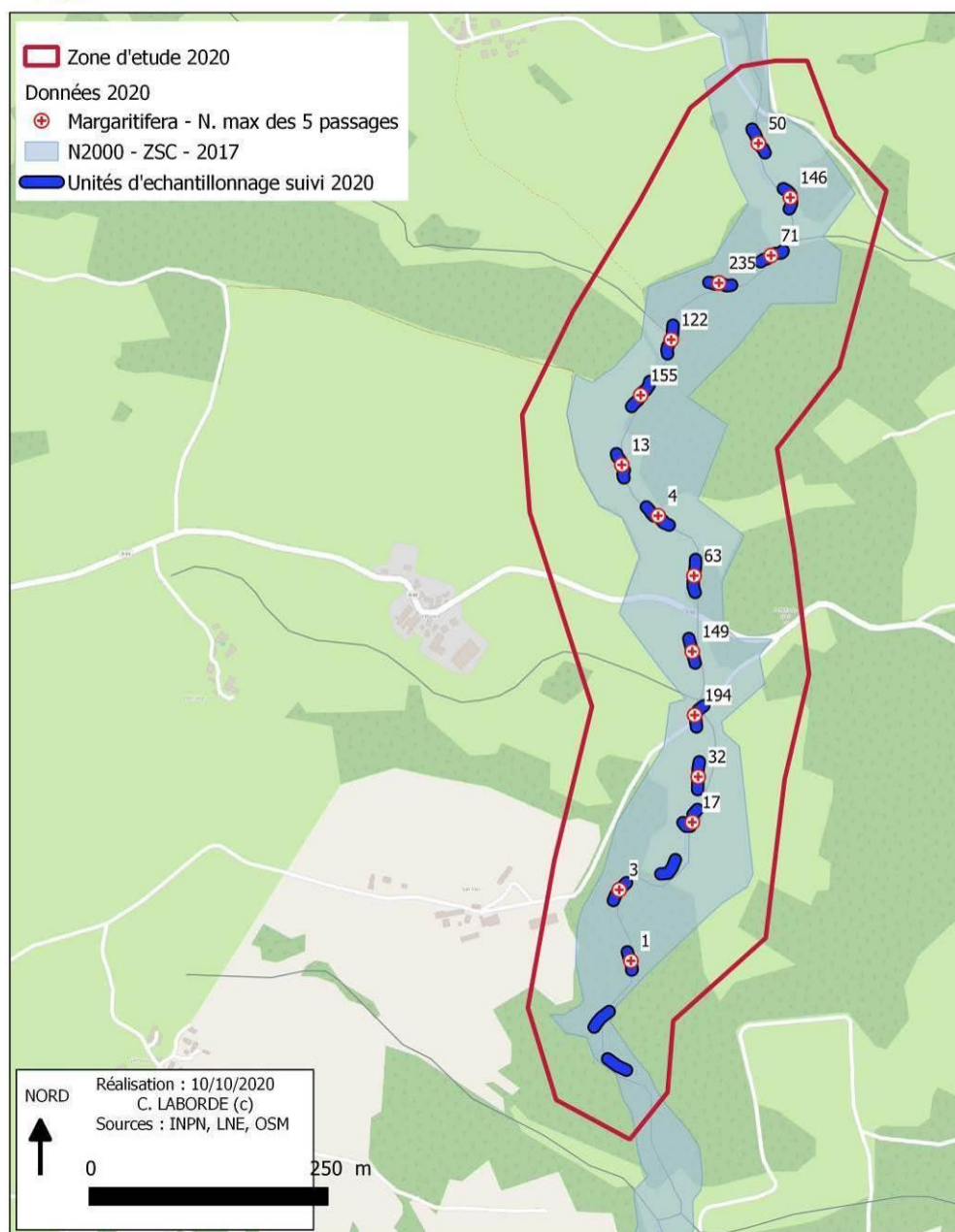


Figure 34 : résultats bruts cartographiques du suivi par comptage répété sur le Grand Rieux

2. Modélisation et analyse des données

Le jeu de données du Grand Rieux (figure 34) correspond à des relevés d'abondance sur 18 tronçons qui ont fait l'objet de 4 à 5 passages, avec des observateurs de niveau d'expertise assez variable, noté de 1 (expert) à 3 (débutant) afin d'optimiser l'analyse des données.

Un certain nombre de co-variables environnementales a également été relevé (annexe 7).

Du fait des passages répétés il est possible d'analyser ces données avec des modèles de type « N-mixture » pour estimer l'abondance moyenne par tronçon tout en gérant les problèmes de détection.

Il est également possible de tester l'impact de co-variables sur l'abondance ou la détection dans ces modèles. L'examen des données brutes montre qu'il y a une hétérogénéité très forte des abondances entre les tronçons, avec des valeurs autour de 200 mais aussi à l'extrême inverse des 0 ou des abondances très faibles.

a) Analyses N-mixture dans un cadre fréquentiste

Une première analyse de ces données avec des modèles de N-mixture dans un cadre fréquentiste sous R à l'aide du package « *unmarked* » montre que le modèle s'ajustant le mieux aux données est celui reposant sur une distribution Binomiale Négative des données comme attendu du fait de la très forte dispersion des abondances par tronçon.

Malheureusement un examen attentif des conditions de validité du modèle (notamment la stabilisation des estimations en modifiant la valeur de K – paramètre de l'intégrale en N-mixture) montre que le modèle ne s'ajuste pas aux données.

Nous avons alors testé les modèles sur un jeu de données « réduit », en excluant les sites avec des abondances maximums détectées inférieures à 10 (soit en enlevant les résultats sur S02 et sur S14 à S18), mais cela ne résout malheureusement pas le problème. L'approche N-mixture en fréquentiste ne permet donc pas de modéliser ces données sans risque de mauvaise interprétation.

b) Analyses N-mixture dans un cadre bayésien

Nous avons ensuite fait le choix d'analyser ces données avec des modèles de N-mixture mais dans le cadre bayésien.

Ce cadre présente à la fois des avantages et des inconvénients.

- Le principal avantage est qu'il autorise le codage d'une variance inter-site des abondances et de la détection à l'aide d'effets aléatoires « site » ou « site-passage ». Ceci doit permettre de gérer la forte hétérogénéité des abondances détectées entre tronçons mais aussi entre passages pour un même tronçon.
- Il y a deux inconvénients à cette approche : il est plus complexe de développer des modèles pour tester l'effet de co-variables sur l'abondance ou la détection, et surtout les modèles sont très longs à faire tourner (chaque modélisation dure plusieurs heures).

Ces contraintes limitent la possibilité de tester de nombreux modèles. De ce fait, nous n'avons pu tester que 3 co-variables :

- l'effet du niveau d'expertise de l'observateur sur la probabilité de détection,
- l'effet du substrat sur l'abondance,
- l'effet de l'occupation des sols des parcelles riveraines sur l'abondance.

Les modèles sont ajustés avec « jags » piloté sous R ©.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

Un premier essai sur l'ensemble du jeu de données complet montre que la convergence des modèles est très mauvaise et les estimations donc probablement peu fiables.

Les tests réalisés sur un jeu de données réduit excluant tous les sites avec des abondances détectées inférieures à 10 (en enlevant les résultats sur S02 et S14 à S18) montrent que la convergence est satisfaisante même si quelques problèmes persistent. Ce sont les résultats de cette dernière analyse qui sont retenus.

c) Analyses en « site occupancy »

Les données de l'ensemble des tronçons ont aussi été analysées avec des modèles de « site occupancy » en présence-absence.

Ces modèles estiment la probabilité d'occupation des tronçons à 0,83 avec un intervalle de confiance à 95% de [0,59-0,95].

La probabilité de détecter l'espèce sur un tronçon sur lequel elle est présente est de 0,91 [0,82-0,95] dans le cadre du présent protocole (5 passages). A noter que cette probabilité est fortement liée aux nombreux tronçons avec de fortes abondances présents dans le jeu de données et pourrait donc être plus faible sur les tronçons avec de faibles effectifs.

d) Modèle retenu et résultats

Sur le Grand Rieux, le modèle retenu est donc celui réalisé en N-mixture dans un cadre bayésien, sur le jeu de données en excluant tous les sites avec des abondances détectées inférieures à 10.

Ainsi, sur les stations S01 et S03 à S13, l'effet du niveau d'expertise des observateurs est très net sur la détection avec une détection individuelle estimée à 0,52 pour un observateur de niveau expert (1) alors qu'elle n'est que de 0,28 pour un observateur de niveau débutant (3).

L'abondance moyenne par tronçon a peu de sens au vu de l'hétérogénéité entre tronçons. L'abondance totale sur l'ensemble des 12 tronçons (S01 et S03 à S13) est estimée à 2261 individus avec un intervalle de confiance à 95% très large [1482 – 11209]. La largeur de cet intervalle de confiance est liée aux problèmes de convergence identifiés. Nous conseillons dans ce cas de prendre un intervalle de confiance à 80%, moins conservatif mais qui permet de discuter plus aisément des estimations obtenues. Cet intervalle de confiance à 80% est alors de [1626-6016] individus.

Le modèle visant à tester l'effet des substrats (figure 35) n'a pas convergé malgré de nombreux tests, probablement car le nombre de tronçons est trop faible. Il suggère cependant une plus forte abondance sur des substrats dominés par du gravier, que sur les substrats limoneux puis sableux.



Figure 35 : vues sur des fonds limoneux peu favorables à l'espèce (à gauche) et des fonds gravier-pierre (à droite) abritant de plus fortes abondances d'après le modèle retenu

Enfin, le modèle visant à tester l'effet de l'occupation des sols sur les parcelles riveraines suggère qu'il n'y a pas de différence significative d'abondance moyenne entre milieux forestiers et milieux prairiaux.

3. Synthèse et suite à donner

Le suivi de population de Moules perlières du Grand Rieux a pu être réalisé en 2020 avec un modèle N-mixture dans un cadre bayésien.

Il a permis d'estimer qu'il y a 2261 individus avec un IC à 80% [1626-6016] sur les 12 stations échantillonnées et retenues pour la modélisation (S01 et S03 à S13, d'une surface cumulée de 2182 m²), soit une densité moyenne estimée à 1,03 individu par m², ce qui est remarquable.

L'échantillonnage étant aléatoire, il peut être considéré comme représentatif (33% échantillonnés) de la zone d'étude. En incluant S01 et S03 à S13, l'abondance globale peut alors être estimée à 6852 individus sur un linéaire de 2127 mètres.

Ces éléments pourront notamment alimenter le projet d'APPB en cours sur ce site exceptionnel qui présente encore des pavages, quelques juvéniles et surtout de fortes densités de Moules perlières, malgré la quasi absence de Truite fario.

Une étude plus poussée permettant de corréler les causes d'impacts visibles aux paramètres mésologiques affectés (état et nature des berges et du lit) permettrait un meilleur ciblage des actions à mettre en œuvre en faveur de l'espèce sur ce site.

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

B. Suivi par comptage répété engagé sur la Vienne

Site(s) Natura 2000 concerné(s) :

FR7401148 Haute vallée de la Vienne

1. Résultats bruts

L'étude 2020 a été réalisée en deux sessions de terrain, organisées le 24 juin puis le 3 juillet 2020, avec 3 observateurs lors de chaque session (merci au PNR de Millevaches en Limousin et à Brice LABORDE, qui ont soutenu notre projet).

L'ensemble des 16 unités d'échantillonnage de 400 m² prévues ont été prospectées à 3 reprises, sauf la station 290 qui n'a été prospectée que 2 fois (figure 36). Des co-variables environnementales ont également été relevées systématiquement (annexe 8).

troncon - unité	N - P1 2014	N - P2 2014	N - P3 2014	Abondance max. des 3 passages 2014	N - P1 2020	N - P2 2020	N - P3 2020	Abondance max. des 3 passages 2020	Evol. abondance brute 2014 - 2020 (en %)
280	18	16	11	18	13	11	8	13	-28%
290	64	51	43	64	15	9	NP	15	-77%
300	5	4	1	5	3	3	1	3	-40%
310	2	1	0	2	4	3	2	4	100%
320	16	9	5	16	9	7	2	9	-44%
330	NP	NP	NP	NP	2	1	1	2	/
340	7	4	2	7	2	2	2	2	-71%
350	5	4	1	5	4	3	2	4	-20%
360	3	1	0	3	5	4	2	5	67%
370	8	4	4	8	6	3	3	6	-25%
380	2	0	0	2	1	0	0	1	-50%
390	6	2	0	6	3	2	0	3	-50%
400	5	1	1	5	8	6	4	8	60%
410	6	2	1	6	4	3	2	4	-33%
420	2	0	0	2	1	0	0	1	-50%
430	3	1	0	3	2	1	0	2	-33%

Figure 36 : résultats bruts du suivi par comptage répété entre 2014 et 2020 sur la Vienne

Les différences d'abondances observées entre les passages illustrent bien le fort biais lié à la détectabilité lors d'un dénombrement unique.

En cumulant les abondances maximums observées lors de chaque passage en 2020, on obtient une abondance minimale de 82 moules perlières vivantes, sur les 320 mètres linéaires étudiés, soit 0,012 individu par mètre carré en moyenne.

Notons l'observation de 17 juvéniles (figure 37) au cours du suivi, ce qui est remarquable eu égard à notre faible capacité de détection de l'espèce, et notamment des plus petits individus.

Les abondances maximums observées en 2014 puis en 2020 semblent indiquer une régression de la population dans cet intervalle de temps assez court (6 ans).

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

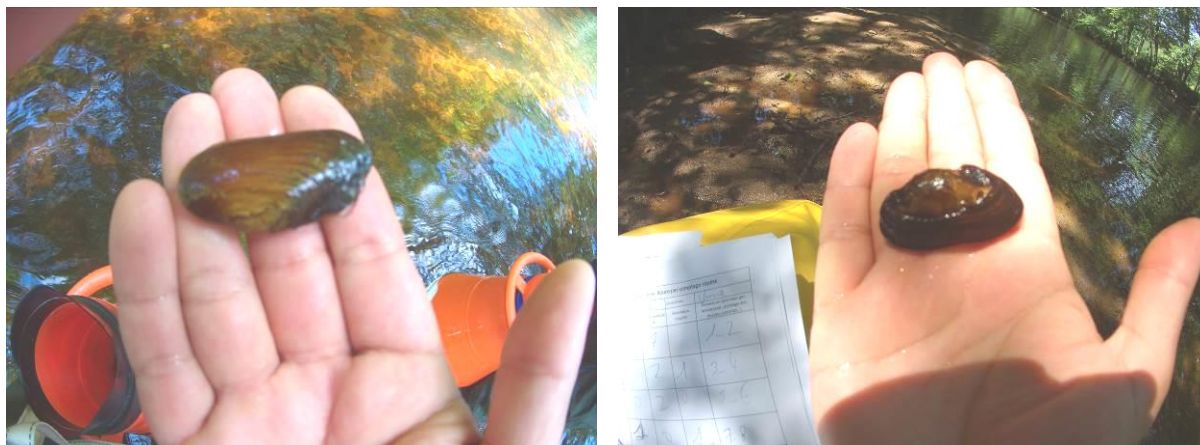


Figure 37 : juvéniles de Moules perlières observées en 2020 sur la Vienne

Notons enfin l'observation de 8 coquilles sur la Vienne lors du suivi 2020, soit 8,88% du total des observations 2020.



Amélioration des connaissances des bivalves de la DHFF Résultats bruts du suivi de population par comptage répété sur la Vienne

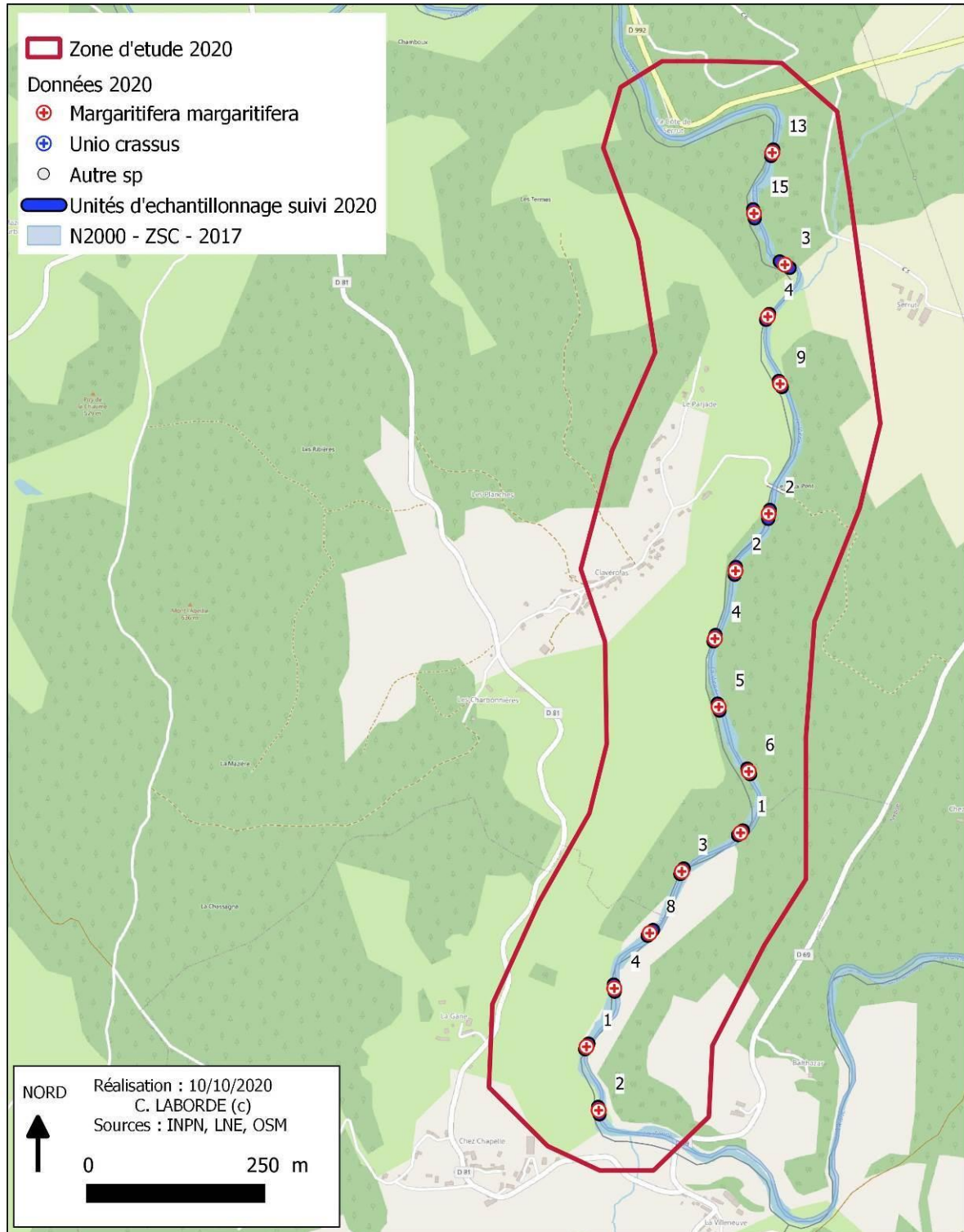


Figure 38 : résultats bruts cartographiques du suivi par comptage répété sur la Vienne

2. Modélisation et analyse des données

Le jeu de données de la Vienne (figure 38) correspond aux 16 tronçons prospectés en 2020, dont 15 avaient déjà été réalisés en 2014 avec un protocole identique. Il permet donc de modéliser une tendance de la population sur cet échantillon de 15 tronçons, qui ont été prospectés avec un protocole rigoureusement identique en 2014 puis en 2020.

a) Analyses N-mixture dynamique dans un cadre fréquentiste

La modélisation de ces tendances peut se réaliser avec des modèles dits de « N-mixture dynamic » en fréquentiste sous R.

Nous avons fait une analyse de ce type pour commencer. Malheureusement, comme pour le jeu de données de Grand Rieux mais aussi comme cela avait été le cas sur l'ensemble des données (51 tronçons) de la Vienne de 2014, les modèles ne sont pas ajustés y compris avec une distribution Binomiale Négative des données.

L'examen des estimations de ce modèle confirme cependant la très nette baisse observée sur les données brutes avec un taux de multiplication (de la population étudiée) entre les deux passages de 0,62 [IC95% 0,51-0,77], soit une baisse de 38% [IC95% 23%-49%] des effectifs entre 2014 et 2020. Du fait de la non-adéquation du modèle aux données, ce chiffre est à prendre avec précaution.

b) Analyses N-mixture dans un cadre bayésien

Ces modèles de « N-mixture dynamic » n'étant pas disponibles dans le cadre bayésien, nous avons fait le choix d'estimer les abondances totales à l'échelle des 15 tronçons pour les deux années dans un seul et même modèle (en considérant que les deux années étaient deux « types » de sites différents).

Ceci a été réalisé en bayésien avec les mêmes modèles que pour Grand Rieux avec un effet « année » comme co-variable.

Le taux de multiplication est alors estimé par le ratio des effectifs totaux estimés en 2020 sur ceux estimés en 2014.

L'effet observateur a également été testé sur la probabilité de détection des individus comme pour Grand Rieux. La convergence des modèles est satisfaisante, sans être parfaite.

c) Analyses en « *site occupancy* »

Les données de l'ensemble des tronçons ont aussi été analysées avec des modèles de « *site occupancy* » en présence-absence. Comme l'indiquait déjà le modèle en 2014 (taux d'occupation des sites estimés à 99,99%), 100 % des sites prospectés sont toujours occupés par l'espèce en 2020.

d) Modèle retenu et résultats

Sur la Vienne, le modèle retenu est donc un N-mixture en bayésien avec un effet « année » comme co-variable et en fixant l'intervalle de confiance à 80% (moins conservatif que 95%), mais qui permet de discuter plus aisément des estimations obtenues.

D'après ce modèle, la probabilité de détection moyenne n'est pas significativement impactée par le niveau d'expérience, contrairement au Grand Rieux. Elle est de l'ordre de 14% en 2020, ce qui apparaît très faible, tout comme lors de l'analyse des 51 tronçons en 2014 où elle avait été estimée à 16%, et à 11% pour les seuls 15 tronçons suivis en 2014 et en 2020.

L'abondance totale (figure 39) sur les 15 unités prospectées en 2014 est estimée à 865 individus avec un IC à 80% de [293-5110]. En 2020 l'abondance totale est estimée à 491 individus avec un IC également fixé à 80% de [170-2869].

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

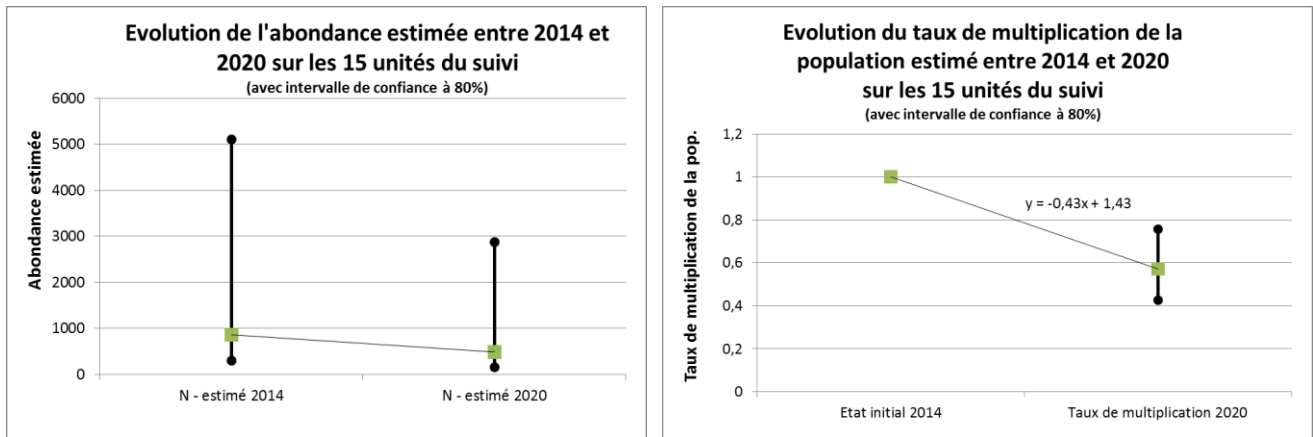


Figure 39 : évolution de l'abondance et du taux de multiplication estimés entre 2014 et 2020 sur la Vienne

Malgré le chevauchement de ces intervalles de confiance (figure 39), le taux de multiplication démontre un net déclin avec une estimation de 0,57 (avec [0.48-0.68] pour un IC à 80% et [0.43-0.76] pour un IC à 95%), avec un taux d'occupation des sites de 100% en 2014 comme en 2020.

On notera que ces chiffres sont très proches de ceux estimés par le modèle en fréquentiste, malgré notre incapacité à valider statistiquement ce dernier.

Si ce déclin se poursuit, d'après la régression linéaire entre 2014 et 2020 (figure 39), on peut estimer que la population aura disparu d'ici 20 ans environ (17 à 25 ans avec un IC à 80%).

3. Synthèse et suite à donner

Le suivi scientifique mis en œuvre sur la Vienne en 2014, et répété en 2020 a permis de modéliser statistiquement la population étudiée par la méthode N-mixture dans le cadre bayésien.

Cette méthode, bien que complexe, permet d'affirmer que la population de Moule perlière située entre « la côte de Serrut » (commune de Nedde) et le « Pont de la Villeneuve » (commune de Rempnat) a subi **une régression estimée** :

- comprise entre 24 et 57 % (avec un intervalle de confiance à 95%),
- comprise entre 32 et 52 % (avec un intervalle de confiance à 80%).
- Si ce déclin se poursuit ainsi, il y a 80% de probabilité que la population disparaisse entre 2037 et 2045, et 95% de probabilité qu'elle ait disparu d'ici 2051.

Si tous les sites étudiés sont toujours occupés par l'espèce en 2020 (tout comme en 2014), c'est bien la population dans son ensemble qui décline assez rapidement.

Notons également, comme observé dans le cadre des estimations de la détectabilité par CMR (Laborde et Al., 2020), que dénombrer cette espèce sur un cours d'eau large comme la Vienne est particulièrement difficile, avec un taux de détection estimé à 14% (avec 3 passages), contre 91% (avec 5 passages) sur le Grand Rieux (< 5 mètres de large).

Cela confirme l'intérêt des comptages répétés et de la modélisation, notamment sur ce type de cours d'eau, les inventaires classiques étant particulièrement aléatoires sur les cours d'eau larges.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

Les résultats de ce suivi de population confirment également les résultats des contrôles de stations effectués en 2020 plus à l'amont sur ce site Natura 2000 (cf. partie inventaire de type Atlas), qui laissaient présager d'une régression inquiétante sur ce site considéré comme hotspot pour l'espèce.

Nous préconisons que ce suivi soit répété à l'identique (protocole, stations de suivi, matériel) si possible dès 2021 sur l'ensemble des 51 stations de 2014, et à défaut, d'ici 6 ans (soit en 2026), sur les 16 stations de 2020.

C. Suivi par indices d'abondances engagé sur la Méouzette

Site(s) Natura 2000 concerné(s) :

FR8302011 Tunnel SNCF du Chavanon

FR8301095 Lacs et rivières à loutres

1. 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 40 et 41).

Des co-variables environnementales ont également été relevées systématiquement (annexe 9).

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 40 : 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 vivants 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

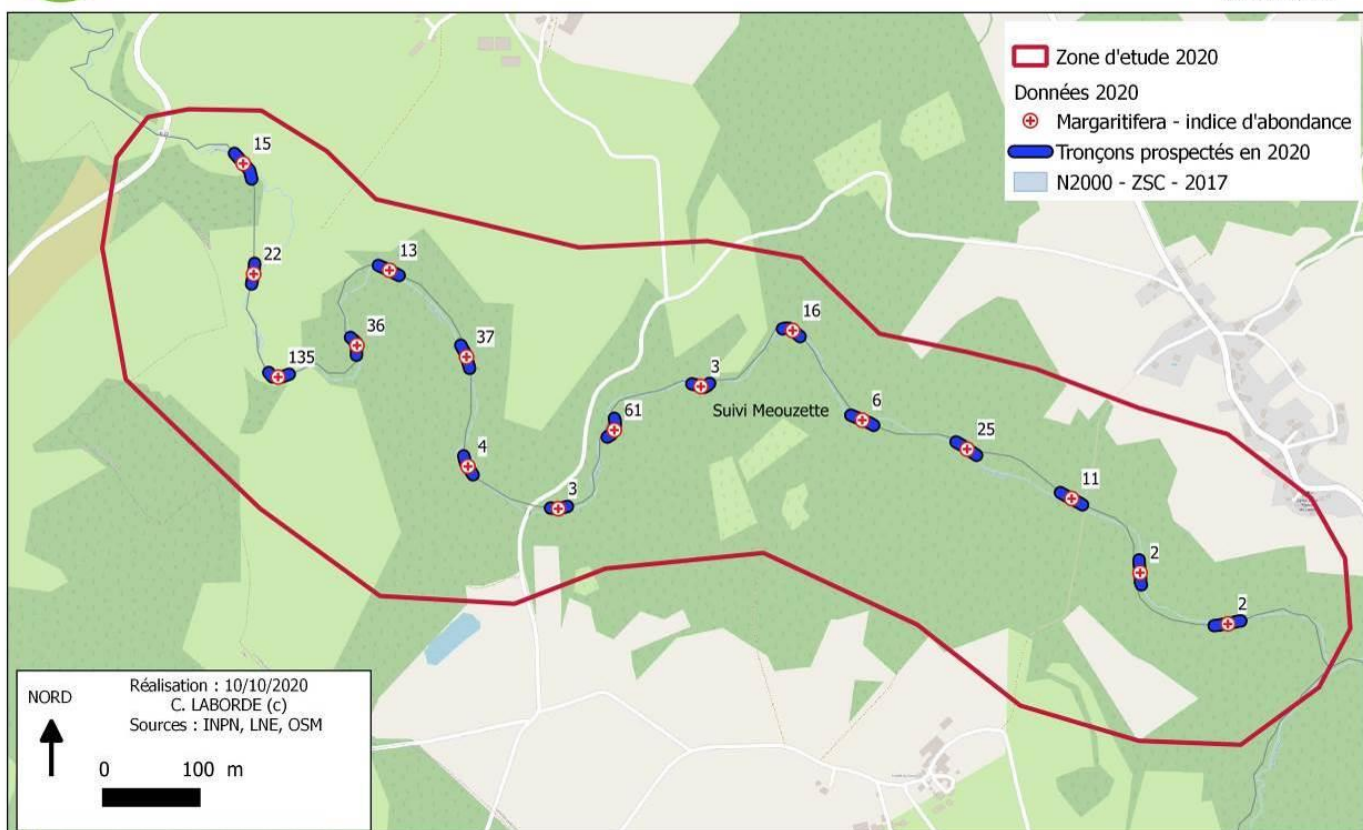


Figure 41 : résultats bruts cartographiques du suivi par indices d'abondances sur la Méouzette

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).

2. 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 41). L'observateur connaît son taux de détection sur ce cours d'eau (cf. partie CMR virtuelle), 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.

a) 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 42).

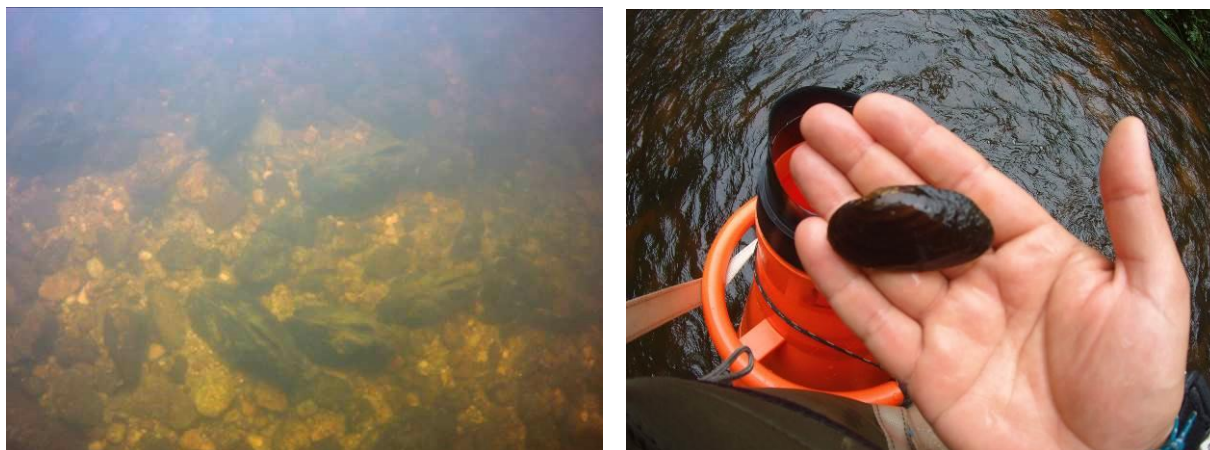


Figure 42 : vue sur un groupement de Moules perlière (à gauche) et sur un sub-adulte isolé (à droite)

L'analyse requiert donc d'utiliser une Loi Binomiale Négative qui permet de gérer cette sur-dispersion (avec un \hat{C} 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.

b) 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 43 : influences significatives du faciès et du colmatage sur les indices d'abondances relevés en 2020 sur la Méouzette

Comme l'indique la figure 43, les abondances estimées seraient cinq fois plus élevées sur les faciès de plats lenticques, 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 44).



Figure 44 : vue sur les différents milieux présents sur la Méouzette

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

L'espèce semble ainsi être deux à quatre fois plus abondante dans les milieux peu ombragés, avec peu ou pas de végétation haute en berge, ou sur les parcelles riveraines (figure 45). 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 45 : 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.

3. 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, en augmentant le nombre d'unités en cas d'échantillonnage stratifié.

VI. Evaluation des enjeux de conservation des bivalves de la DHFF sur les sites Natura 2000

En s'appuyant à la fois sur les critères proposés dans le PNA (2012), la présence de la Moule perlière et / ou de la Mulette épaisse sur les sites Natura 2000 concernés par l'étude (et / ou les bassins versants des sites), ainsi qu'une évaluation de l'état des connaissances (liée aux linaires prospectés notamment), nous proposons ci-dessous une synthèse intégrant une évaluation des enjeux de conservation des deux espèces cibles pour chaque site Natura 2000 de Corrèze, Creuse et Haute-Vienne.

Notons que certains sites ne sont pas présentés dans cette synthèse, soit parce qu'ils n'abritent pas de cours d'eau (ex : mines de Chabannes...) soit des cours d'eau non favorables aux espèces cibles (ex. ruisseau de la région de Neuvic).

Synthèse de l'état des connaissances des bivalves de la DHFF sur le réseau natura 2000 - au 30/11/2020 et évaluation des enjeux de conservation								
Code site	Nom du site	Surface (en ha)	Présence avérée de Moule perlière sur le site (* présence de juvéniles)	Présence avérée de Moule perlière sur le BV du site (* présence de juvéniles)	Présence avérée de Mulette épaisse sur le site (* présence de juvéniles)	Présence avérée de Mulette épaisse sur le BV du site (* présence de juvéniles)	Evaluation de l'état des connaissances (au 30/11/2019)	Evaluation de l'enjeu de conservation au titre de Natura 2000
FR7401148	Haute vallée de la Vienne	1314,78	oui*	oui*	non	non	Bon	Très fort
FR7200809	Réseau hydrographique de la Haute Dronne	1001,86	oui*	oui*	non	non	Bon	Très fort
FR8302011	Tunnel SNCF du Chavanon	54,67	oui	oui*	non	non	bon	Très fort
FR7401103	Vallée de la Dordogne sur l'ensemble de son cours et affluents	7634,50	oui	oui*	non	non	Moyen	Très fort
FR8301095	Lacs et rivières à Loutres	241,23	oui	oui*	non	non	Faible	Très fort
FR7401129	Vallée de la Creuse	495,23	non	oui	oui*	oui*	Moyen	Fort
FR7401146	Vallée du Taurion et affluents	5000,58	oui	oui*	oui*	oui*	Bon	Fort
FR7401147	Vallée de la Gartempe et affluents	3561,66	oui	oui	oui*	oui*	Faible	Fort
FR7401130	Gorges de la Grande Creuse	569,15	non	oui*	non	oui*	Moyen	Moyen
FR7401149	Forêt d'Espagne	438,70	oui	oui*	non	non	Moyen	Moyen
FR7401145	Landes et zones humides autour du lac de Vassivière	796,35	oui	oui	non	non	Moyen	Moyen
FR7300900	Gorges de la Cère	1183,71	oui	oui	non	non	Mauvais	Moyen
FR7401109	Gorges de la Vézère autour de Treignac	341,61	oui	oui	non	non	Faible	Moyen
FR7401111	Vallée de la Vézère d'Uzerche à la limite départementale	890,90	non	non	oui	oui	Quasi nul	Faible
FR7401113	Vallée de la Montane vers Gimel	130,11	non	oui*	non	non	Bon	Faible
FR7401110	Forêt de la Cubesse	149,17	non	non	non	non	Bon	Nul
FR7401135	Tourbière de la source du ruisseau des Dagues	214,12	non	non	non	non	Bon	Nul
FR7401124	Bassin de Gouzon	738,40	non	non	non	non	Quasi nul	Indéterminé
FR7401138	Etang de la Pouge	225,12	non	non	non	non	Quasi nul	Indéterminé
FR7401133	Etangs du Nord de la Haute-Vienne	172,02	non	non	non	non	Quasi nul	Indéterminé
FR7401142	Ruisseau de Moissannes	7,43	non	non	non	non	Quasi nul	Indéterminé
FR7401104	Tourbière de Négarioux Malsagne	198,29	non	non	non	non	Quasi nul	Indéterminé
FR7401123	Tourbières et Fonds tourbeux de Bonnefont Péret Bel Air	537,18	non	non	non	non	Faible	Indéterminé
FR7401121	Vallée du ruisseau du moulin de Vignols	321,86	non	non	non	non	Quasi nul	Indéterminé
FR7401105	Landes et zones humides de la Haute Vézère	7687,16	non	oui	non	non	Faible	Indéterminé
FR7401141	Mine de Chabannes et souterrains des monts d'Ambazac	694,92	non	oui	non	non	Faible	Indéterminé
FR7401137	Pelouses et landes serpenticoles du sud de la Haute-Vienne	227,98	non	oui	non	non	Quasi nul	Indéterminé
FR7401128	Vallée de la Gioune	972,46	non	oui	non	non	Quasi nul	Indéterminé
FR7401131	Gorges de la Tardes et vallée du Cher	1231,45	non	non	non	oui	Faible	Indéterminé

Figure 46 : synthèse de l'état des connaissances sur le réseau Natura 2000 et évaluation des enjeux de conservation au 30/11/2020

VII. Conclusion et perspectives

En 2020, avec le soutien de la DREAL Nouvelle-Aquitaine dans le cadre de l'appel à projet suivis scientifiques des sites Natura 2000, nous avons pu :

- Améliorer la connaissance de la distribution de la Moule perlière et de la Mulette épaisse sur 9 sites Natura 2000 et leurs bassins versants,
- Poursuivre les contrôles de stations historiques,
- Faire un état à N+6 du suivi de population sur la Vienne, qui avait été lancé en 2014, par la méthode des comptages répétés,
- Démarrer 2 suivis de populations sur des cours d'eau à enjeux très fort pour l'espèce : la Méouzette et le Grand Rieux ; avec des protocoles reproductibles (comptages répétés et indices d'abondance).

Cette étude confirme à nouveau **l'urgence à agir** en faveur de ces deux espèces d'intérêt communautaire au titre de la Directive Habitat Faune Flore, et ce, au regard de l'effondrement de certaines populations sur un pas de temps relativement court eu égard à leur longévité notamment.

Rappelons l'un des résultats du suivi réalisé sur **la Vienne entre 2014 et 2020**, indiquant que si ce déclin se poursuit ainsi, il y a **95% de probabilité que la population de Mulettes disparaisse d'ici 2051 ans**.

Si tous les sites étudiés sont toujours occupés par l'espèce en 2020 (tout comme en 2014), c'est **bien la population dans son ensemble qui décline**, et ce, assez rapidement. Ce résultat illustre vraisemblablement une problématique de qualité des milieux aquatiques sur l'ensemble du bassin-versant, et donc, un besoin d'amélioration pour maintenir cette espèce.

Après ces deux années de travail qui ont permis la production et la diffusion 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.

VIII. 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. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

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. , NOILHAC F.; 2019. Appel à projet suivis scientifiques 2019 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. 76 p.

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*.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

LABORDE B. et LABORDE 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.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

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.

IX. Annexes

A. Annexe n° 1 – démarche de travail en réseau

Nous travaillons en réseau en lien avec de nombreux partenaires sur le territoire du Limousin et au-delà, que ce soit dans le cadre du PNA, du Groupe mulette Limousin et des projets Life.

Nous présentons ici une liste non exhaustive de ces partenaires.



Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

L'approche Nouvelle-Aquitaine nous a permis d'entamer des partenariats avec de nouvelles structures et acteurs en dehors des départements de la Corrèze, Creuse et Haute-Vienne, notamment :

- Yannig BERNARD, malacologue (24),
- Vincent PRIE, malacologue (34),
- Alain BERTRAND, malacologue (07),
- Cyril GREAUME (33)
- Eric BRUGEL, malacologue (17)...

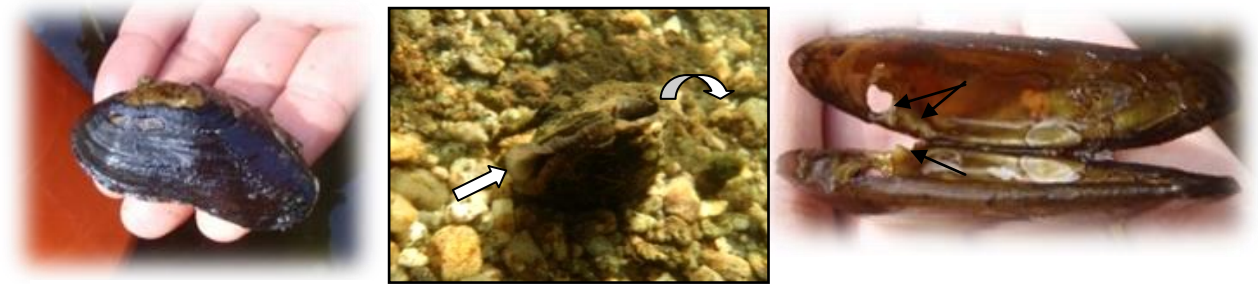
Et de renforcer les partenariats avec les animateurs Natura 2000 et les techniciens rivières travaillant sur des territoires concernés par les bivalves de la DHFF, lors de réunions de travail afin de planifier les prospections 2019 et 2020, et lors de sorties terrains conjointes :

- Aurélie FOUCOUT (Thaurion), CEN NA,
- Yvan GRUGIER (Gartempe, Creuse), CEN NA,
- Solène NOZAY (Vallée de la Vienne), PNR de Millevaches en Limousin,
- Guillaume LANCON (vallée de la Montane), CPIE 19,
- Alexa DULIN (Vallée de la Nivelle), Communauté d'agglomération Pays basque (64),
- Sylvain MAUDOU (technicien secteur Nivelle), Fédération de pêche (64),
- Cédric NANNINI (technicien), AAPPMA Nivelle (64),
- Virginie LEENKNEGT, gestionnaire BV Nivelle (CEN NA - 64),
- Sylvain GUERIN, technicien rivière (CC Ventadour Egletons Monédière),
- Pascaline SEGUY, technicienne rivière (Haute Corrèze Communauté),
- Peggy CHEVILLEY, responsable du service environnement (CC CSO)
- Samuel ESNOUF (chargé de mission PNA), CEN AURA.

B. Annexe n° 2 - présentation de la Moule 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.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

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 influence 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).

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

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 périostacum 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)

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

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 apparaît 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 apparaît 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)

C. Annexe n° 3 - présentation de la Mulette épaisse - *Unio crassus*

➤ Généralités

D'après COCHET (2001), notre pays semble être de grande importance pour l'espèce en raison de son réseau hydrographique très développé.

La répartition de l'espèce en France inclue les bassins versant de la Loire, de l'Orne, de la Seine, de la Somme, de l'Aa, de la Meuse, du Rhin et du Rhône.

On notera que l'espèce n'est pas signalée de la Garonne et de l'Adour. Cette absence est à mettre en lien avec l'isolement géographique et géologique de ce fleuve (COCHET, comm. pers.). De même, elle est absente des fleuves côtiers du massif armoricain et du sud de la France (Aude, Hérault, Argens...).

La Mulette épaisse est présente en Nouvelle-Aquitaine, et notamment en Creuse et Haute-Vienne. *Unio crassus* bénéficie d'une protection nationale (arrêté interministériel du 16/12/04 modifiant l'arrêté interministériel du 07/10/92) et figure aux annexes 2 et 4 de la Directive Habitats (n°92/43/CEE). Son état de conservation est jugée « défavorable/mauvais ».

Elle est déterminante des ZNIEFF en Limousin.

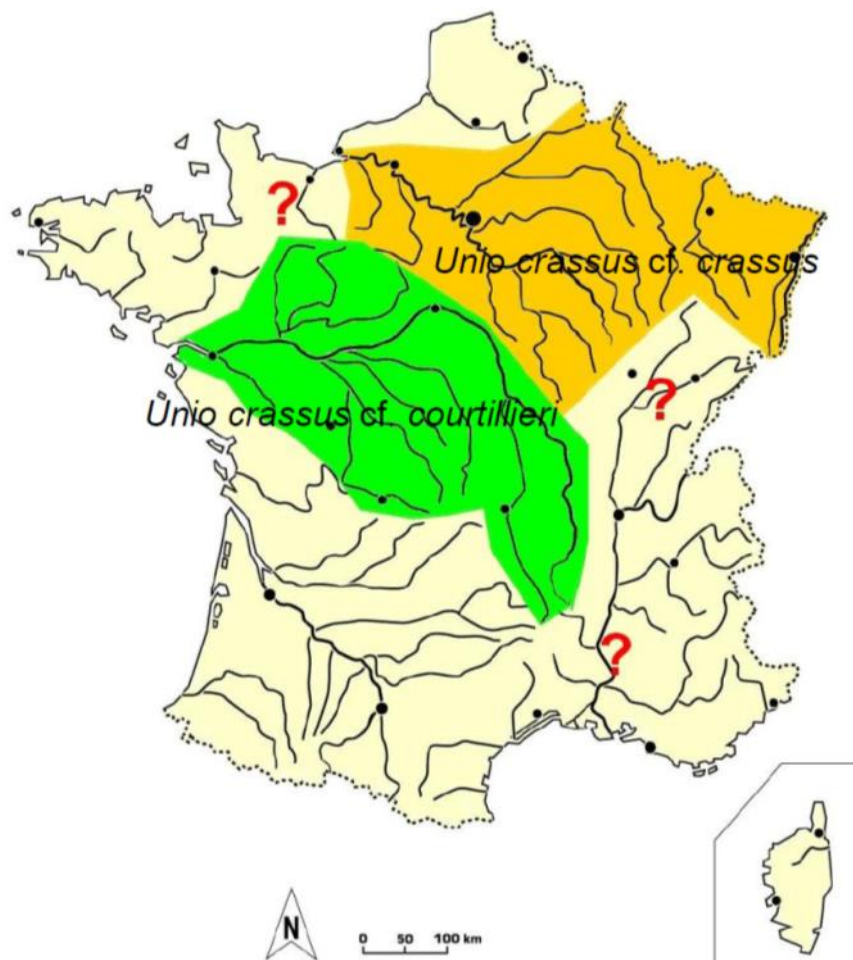
Par ailleurs, elle est inscrite à la liste rouge de l'UICN : en danger sur la liste mondiale, Vulnérable sur la liste européenne, en danger sur la liste des mollusques de la région Centre et en danger critique en Alsace.

➤ Espèce(s) et répartition géographique

Cette espèce compte un nombre variable de sous-espèces selon les auteurs. En effet, La taxinomie des naïades est restée très tumultueuse depuis les premières descriptions au niveau spécifique, mais aussi infra-spécifique.

Récemment, PRIE & PULLANDRE (2013) sur la base d'analyses génétiques ont mis en évidence l'existence d'un taxon qui est endémique du bassin versant de la Loire : *Unio crassus cf. courtillieri*. Des analyses génétiques réalisées par LNE montrent que nous sommes en présence de cette sous-espèce sur nos cours d'eau. Cet endémisme ligérien renforce encore la patrimonialité de ce taxon. D'après PRIE (2017) « Des analyses complémentaires dans le reste de l'Europe suggèrent que cette sous-espèce pourrait-être élevée prochainement au rang d'espèce ».

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.



Répartition des différentes sous-espèces d'*Unio crassus* en France (selon PRIE & PUILANDRE, 2013)

Enfin, GRAF (2007) considère à l'inverse des auteurs précédents qu'*Unio crassus* n'est pas une espèce propre à l'Europe. Ce serait ainsi trois sous-espèces qui seraient reconnues : *U. c. gontieri Bourguignat*, 1556 (du sud de l'Ukraine au Caucase), *U. c. crassus Philipsson* in Retzius, 1788 (de l'Atlantique jusqu'à la Volga en incluant le Tigre et l'Euphrate) et *U. c. mongolicus Midendorff*, 1851 (bassins de l'Est de la Russie).

➤ Description et confusions possibles

La région antérieure de la coquille de la Mulette épaisse est très courte, arrondie ; la région postérieure est beaucoup plus longue, le bord supérieur est à peu près droit au milieu de la coquille, puis descendant en courbe vers l'extrémité postérieure ; le ligament quant à lui est court et bien saillant, et le sommet souvent peu visible en raison de l'érosion.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.



Unio crassus sur la rivière Sûre, Martelange, Belgique - 2000

La Valve droite est munie d'une dent cardinale cunéiforme, conique, aux bords crénelés et d'une lamelle postérieure comprimée ; quant à la valve gauche, elle est pourvue de deux dents cardinales bien séparées, coniques, aux bords crénelés, la postérieure est particulièrement forte et les deux lamelles postérieures sont comprimées. Le test est plus ou moins épais, jaune brunâtre ou jaune verdâtre, souvent rayonné de vert surtout dans la région postérieure. La longueur est d'environ 6 cm, la hauteur de l'ordre de 3,5 cm, et l'épaisseur approximativement 3cm (VRIGNAUD 2007a).



Unio crassus sur la rivière Sonnante, Toulon-sur-Allier, Allier, France (S. Vrigaud, 2003) et *Potomida littoralis* sur la rivière Charente, Montignac-sur-Charente, Charente, France (J. Vimpère, 1998)

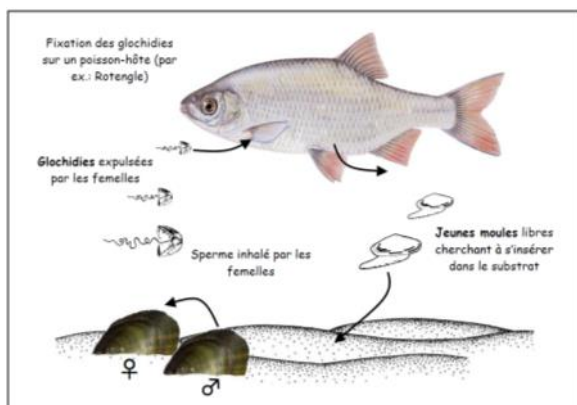
La différenciation de cette espèce avec les *Unio* (*mancus*, *pisctorum*) et *Potomida littoralis* (Cuvier, 1798) est parfois difficile. Elle nécessite donc une convergence de différents critères : coquille moins épaisse, ovale, umbo souvent érodé, test souvent rayonné de vert (surtout dans la région postérieure), absence de décrochement entre l'umbo et le bord antérieur.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

➤ Habitats et poissons hôtes

Elle fréquente des petites rivières aux grands fleuves (HOCHWALD 2001), dans les zones transitoires entre rithron et potamon (courant relativement faible) (PARIS & COCHET 2000 in BLARD, 2007) et plus précisément entre l'épirithron et le metapotamon (NAGEL et al. 2006) et de ce fait elle semble être l'espèce de naïade avec le plus large éventail de milieu.

Elle est signalée dans des cours d'eau proche du torrent dans les zones sablo-graveleuses entre les blocs rocheux (BJÖRK 1962) voire parfois dans les torrents de montagne (SIRBU et al. 2006).



Nom français	Nom latin
Spirilin	<i>Alburnoides bipunctatus</i> (Bloch, 1782)
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i> Linnaeus, 1758
Chabot commun	<i>Cottus gobio</i> Linnaeus, 1758
Epinoche commune	<i>Gasterosteus aculeatus</i> (Linnaeus, 1758)
Grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i> (Linnaeus, 1758)
Mulet doré	<i>Liza aurata</i> (Russo, 1810)
Gobie à tâches noires	<i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814)
Truite arc-en-ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Evermann, 1908
Perche commune	<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758
Vairon	<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)
Epinochette	<i>Pungitius pungitius</i> (Linnaeus, 1758)
Truite fario	<i>Salmo trutta</i> Linnaeus, 1758
Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)
Chevesne	<i>Squalius (Leuciscus) cephalus</i> (Linnaeus, 1758)

Cycle biologique et poissons hôtes d'*Unio crassus* (Vrignaud, 2014)

D. Annexe n° 4 - 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 :

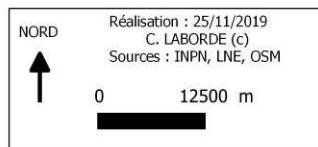
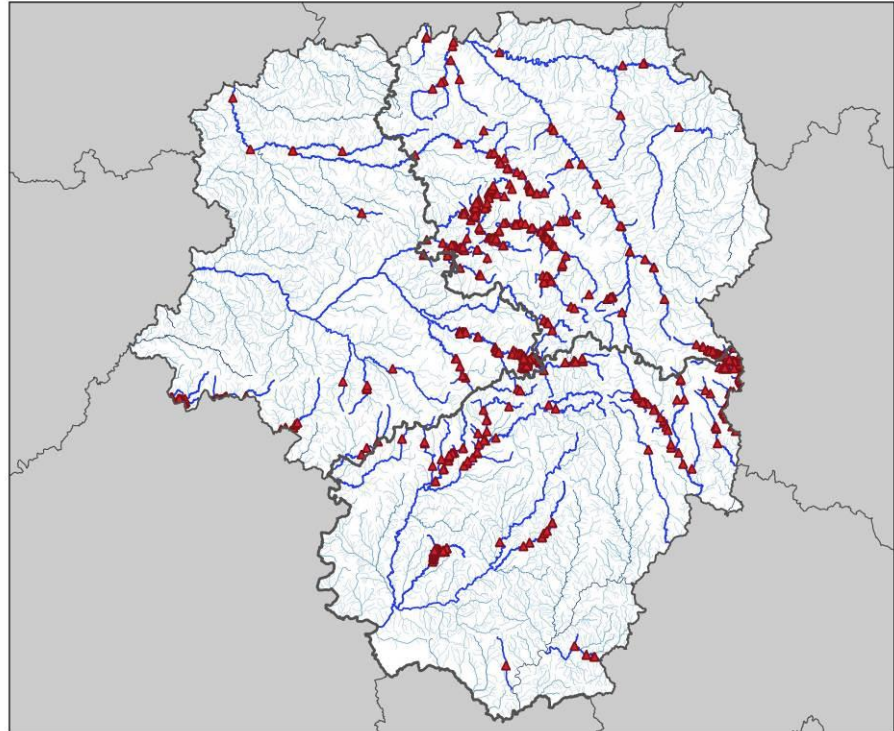
- 3 cours d'eau présentent des populations viables et des effectifs conséquents il s'agit de la Vienne (10 000 individus minimum et présence de juvéniles), la Dronne (20 000 individus au minimum et présence de juvéniles) et le Grandrieux (3000 ind + juv). La Vienne et la Dronne présentent des caractéristiques 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.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.



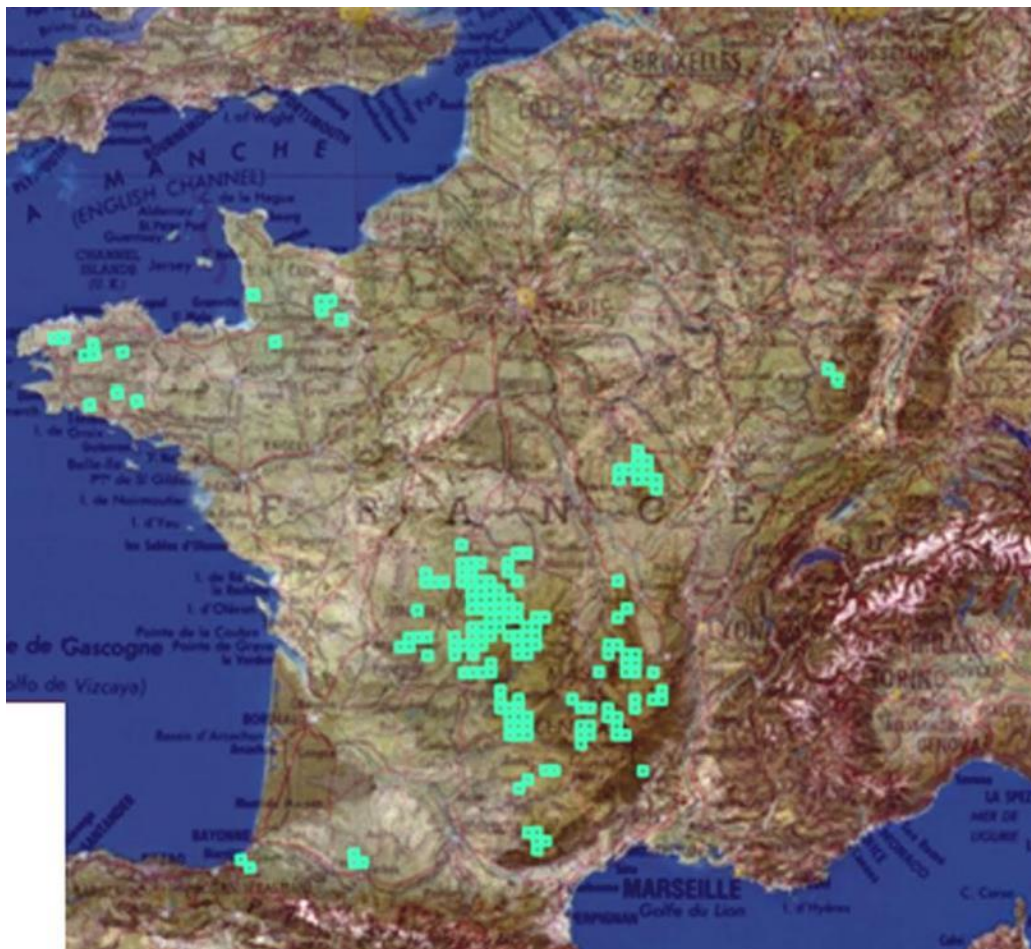
Suivis scientifiques des sites natura 2000
Synthèse de l'état des connaissances concernant
Margaritifera margaritifera en Corrèze, Creuse et Haute-Vienne



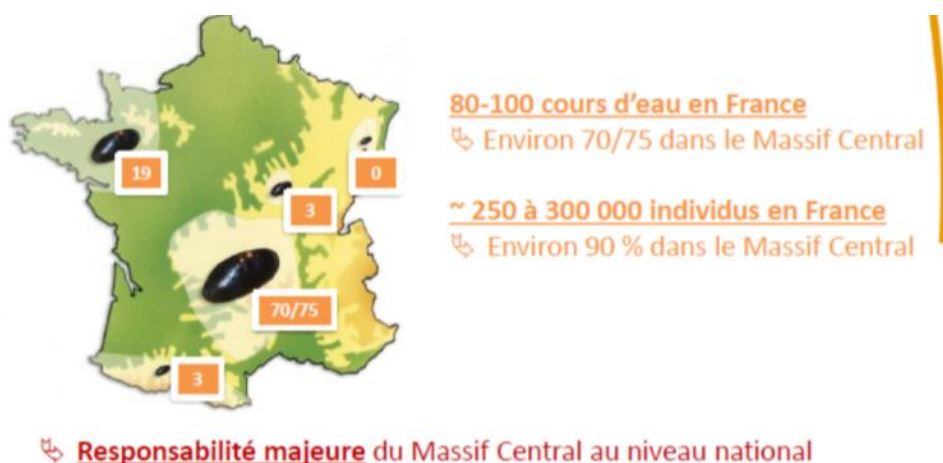
Répartition limousine de la Moule perlière (Laborde et Al., 2019)

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. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.



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)

E. Annexe n° 5 – 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.

F. Annexe n° 6 - 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 :

G. Annexe n° 7 – co-variables relevées en 2020 pour le suivi du Grand Rieux

Tronçon (unité)	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 atterrissement	RD	RG
1	20	plat courant	arborée feuillue	moyen	50	surplomb	tourbe	faible	sable	pierre	faible	faible	2	20	foret feuillue	foret feuillue
2	40	plat lentique	herbacée	nul	30	verticale	tourbe	nulle	sable	gravier	faible	moyen	3	0	prairie non fertilisee	prairie non fertilisee
3	50	plat lentique	herbacée	nul	50	inclinee	tourbe	faible	sable	gravier	moyen	faible	1	20	prairie non fertilisee	prairie non fertilisee
4	15	plat courant	arborée feuillue	moyen	40	inclinee	roche mere	moyenne	gravier	caillou	nul	nul	1	0	prairie non fertilisee	foret feuillue
5	15	radier	arborée feuillue	fort	30	inclinee	tourbe	moyenne	gravier	caillou	nul	faible	1	0	foret feuillue	foret feuillue
6	20	plat courant	arborée feuillue	moyen	20	lisse	roche mere	moyenne	sable	gravier	nul	faible	1	0	foret feuillue	foret feuillue
7	20	plat courant	arborée feuillue	moyen	30	inclinee	tourbe	faible	sable	caillou	nul	moyen	2	0	foret feuillue	foret feuillue
8	30	plat courant	herbacée	faible	40	surplomb	tourbe	faible	gravier	caillou	moyen	faible	1	30	prairie fertilisee	foret feuillue
9	30	plat courant	arborée feuillue	faible	30	inclinee	tourbe	forte	gravier	caillou	faible	nul	1	10	prairie fertilisee	prairie non fertilisee
10	15	plat lentique	arborée feuillue	moyen	50	surplomb	sable	faible	limon	sable	nul	moyen	3	0	foret feuillue	prairie fertilisee
11	40	plat lentique	herbacée	faible	50	verticale	gravier	faible	limon	sable	nul	fort	4	30	prairie non fertilisee	prairie non fertilisee
12	30	plat courant	arbustive	faible	50	surplomb	roche mere	moyenne	limon	sable	moyen	moyen	3	30	prairie non fertilisee	prairie fertilisee
13	40	plat lentique	herbacée	faible	80	surplomb	sable	faible	limon	sable	faible	faible	2	0	prairie non fertilisee	prairie non fertilisee
14	50	plat lentique	herbacée	faible	80	verticale	tourbe	faible	limon	sable	faible	fort	4	0	prairie non fertilisee	prairie non fertilisee
15	20	radier	arborée feuillue	moyen	20	lisse	tourbe	moyenne	sable	caillou	nul	faible	2	30	foret feuillue	foret feuillue
16	30	plat lentique	arborée feuillue	moyen	40	surplomb	sable	faible	sable	pierre	nul	faible	3	0	foret feuillue	foret feuillue
17	30	plat courant	herbacée	faible	100	verticale	gravier	moyenne	sable	gravier	moyen	faible	2	0	prairie fertilisee	prairie fertilisee
18	30	plat courant	arbustive	faible	30	surplomb	tourbe	faible	sable	limon	faible	moyen	2	0	foret feuillue	prairie non fertilisee

H. Annexe n° 8 – co-variables relevées en 2020 pour le suivi de la Vienne

tronçon - unité	largeur moyenne du tronçon (m)	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 (m)	Pente des berges	Nature des berges	stabilité des berges	substrat dominant 1	substrat dominant 2	Recouvrement végétation aquatique (%) faible <25%;	Colmatage (Nul(0%), Faible (<25%), Moyen(25-50%), Fort(>50%))	Classe colmatage	% recouvrement atterrissement	RD	RG	Strate Arbo rivulaire (arbres +8m)	Arbustive rivulaire (arbustes 1-8m)	Buissonnante rivulaire (buissons 1-3m)	Herbacée rivulaire (0-1m)	zone du lit piéniée par le bétail (présence-absence)
280	16	50	Plat courant	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue, Arborée	Moyen	1	Inclinée	Bloc, herbacée	Moyenne	sable	Pierre	Moyen	Faible	1	0	Forêt feuillues et résineux	Forêt feuillues	4	2	0	3	non
290	15	60	Plat courant	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Moyen	1	Surplomb, verticale	Bloc, Tourbe, Limon, herbacée	Moyenne	sable	Pierre	Faible	Moyen	3	0	Forêt feuillues	Forêt feuillues	3	3	0	3	non
300	10	80	Plat lentique	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Moyen	0,5	Inclinée	Bloc, sable, Limon, herbacée	Moyenne	Bloc	Gravier	Faible	Moyen	4	10%	Prairie	Forêt feuillues	0	2	0	2	non
310	10	80	Plat lentique	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Moyen	2	Surplomb, verticale	Roche mère, herbacée	Moyenne	sable	Caillou	Nul	Fort	4	0	Prairie	Prairie	2	1	0	3	non
320	15	60	Plat lentique	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Faible	1	Surplomb, verticale	Bloc, herbacée	Moyenne	sable	Caillou	Faible	Moyen	4	0	Prairie	Prairie	3	4	0	3	non
330	18	50	Plat lentique	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Moyen	0,8	verticale	Bloc, herbacée	Forte	sable	Pierre	Faible	Faible	1	0	Forêt feuillues	Forêt feuillues	4	1	0	1	non
340	12	80	Plat lentique	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Nul	1,5	verticale	Bloc, Tourbe, herbacée	Moyenne	sable	Pierre	Faible	Fort	4	0	Forêt feuillues	Prairie	4	3	0	4	non
350	10	50	Plat courant	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Moyen	1,8	verticale	Bloc, herbacée	Forte	sable	Pierre	Moyen	Moyen	3	0	Forêt feuillues	Prairie	3	2	0	4	non
360	18	80	Plat lentique	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Moyen	1	verticale	Bloc, Tourbe, herbacée	Moyenne	sable	Gravier	Nul	Fort	5	0	Forêt feuillues	Prairie	3	2	0	3	non
370	10	30	Plat courant	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Fort	2	verticale	Bloc, Tourbe, herbacée	Moyenne	sable	Caillou	Faible	Faible	1	0	Prairie	Forêt feuillues	3	3	0	4	non
380	18	60	Plat courant; mouille	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Moyen	1	verticale, inclinée	Pierre/galet, tourbe, herbacée	Moyenne	sable	Pierre	Fort	Fort	4	0	Forêt feuillues	Forêt feuillues et résineux	4	3	0	4	non
390	20	40	Plat courant	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Moyen	1	verticale	arborée/ herbacée, herbacée	Forte	Pierre	Caillou	Faible	Nul		0	Prairie	Prairie	2				non
400	10	60	Plat courant	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Moyen	1	verticale, inclinée	Pierre/galet, sable, tourbe, limon	Moyenne	sable	Caillou	Faible	Faible	2	0	Cultures	Forêt feuillues	3	2	1	4	non
410	20	30	Plat courant	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Faible	1	verticale	arborée/ herbacée	Forte	caillou	Pierre	Moyen	Nul		0	Forêt résineux	Cultures	2				non
420	12	60	Plat courant	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Faible	1	Surplomb	Pierre/galet, tourbe	Moyenne	sable	Pierre	Faible	Moyen	3	0	Cultures	Prairie	4	2	1	4	non
430	15	30	Plat courant	Herbacée; Arbustive; Arborée feuillue	Faible	1	verticale	Enrochement	Forte	Bloc	Pierre	Moyen	Nul		0	Prairie	Cultures	1				non

I. Annexe n° 9 – co-variables relevées en 2020 pour le suivi de la Méouzette

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

J. Annexe n° 10 - 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'Étude 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'Étude 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.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.

Appel à projet suivis scientifiques 2020 des sites Natura 2000 de Nouvelle-Aquitaine. Harmoniser les protocoles d'inventaires et de suivis et poursuivre l'amélioration des connaissances scientifiques sur la Moule perlière.



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