



**Restauration hydro-écologique de la Vallée du Cousin Aval
étude n°2**

**Les moules perlières du Cousin Aval
ont-elles disparu à cause des moulins
et ont-elles la capacité de recoloniser la rivière ?**

Juillet 2014

hydrauxois
Patrimoine et énergie hydrauliques
en Auxois-Morvan

OCE
observatoire
de la continuité écologique
et des usages de l'eau

Synthèse

- Jadis présente en grande quantité dans les bassins à socle cristallin des rivières françaises et européennes, la moule perlière a été progressivement décimée par des pêches surabondantes, des modifications des écoulements et des berges, et surtout par des pollutions chimiques diffuses ou concentrées, pollutions auxquelles l'espèce est très sensible.
- Les populations de moules perlières du Cousin sont attestées par des observations au XIX^e siècle, mais leur signalement est alors noté comme récent et leur population paraît déjà peu nombreuse. On ignore l'évolution démographique locale de cette population.
- Les moulins, leurs retenues et leurs biefs ne constituent pas des milieux particulièrement hostiles à l'implantation de populations de moules perlières. Le ralentissement de l'écoulement peut avoir un rôle bénéfique dans certaines circonstances.
- L'arasement des seuils de moulins du Cousin devrait être sans effet notable sur les populations de moules perlières dans la zone Natura 2000, car les facteurs dégradants ne sont pas liés au premier chef à la continuité longitudinale. Les études menées depuis une dizaine d'années suggèrent que les recalibrages du lit et les modifications de berges sont les premières causes d'évolution négative des populations.
- Les pollutions d'origine agricole et domestique ont également eu un impact négatif. La charge en phosphore et phosphates est aujourd'hui localement supérieure à la tolérance des moules perlières en certaines zone du linéaire.
- Enfin, le taux d'étagement de la zone du Cousin étudiée par le programme LIFE+ / PNR Morvan est de 21,6% (25,6 m de hauteur aménagée sur 118,4 m de dénivelé total), qui signifie globalement un faible impact.

Rappel du contexte : L'objectif du programme européen LIFE+ Continuité écologique et du Parc naturel régional (PNR) du Morvan est de restaurer un habitat favorable à la moule perlière sur le bassin versant du Cousin. Quelques mots de présentation sont nécessaires à propos de cette espèce, afin d'examiner ensuite si les moulins représentent le principal obstacle à sa (re)colonisation de la rivière.

La moule perlière : fiche d'identité

Embranchement : Mollusques

Classe : Bivalves

Ordre : Unionidés

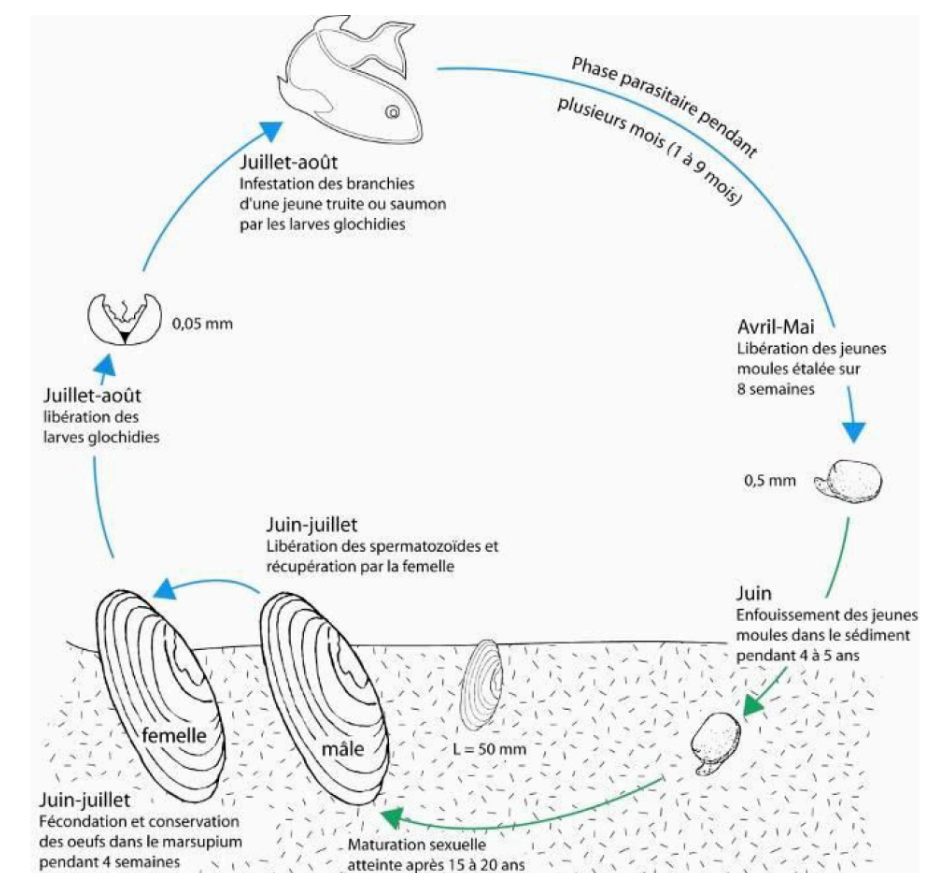
Famille : Margaritiféridés

Espèce : *Margaritifera margaritifera* Linné 1758

Taille adulte : 10 à 15 cm de longueur pour 4 à 5 cm de largeur

Longévité : 30 à 130 ans

Reproduction : sexuée. Les larves (glochidies) ont une phase de croissance en symbiose dans les branchies d'un poisson-hôte. En Europe, ces poissons sont le saumon atlantique (*Salmo salar*) et la truite fario (*Salmo trutta*). S'y ajoute en Amérique du Nord l'omble des fontaines (*Salvelinus fontinalis*).



Cycle de vie simplifié de la moule perlière
(© Laurent Paris d'après Hastie et al 2003).

Ecologie : la moule perlière a besoin au stade juvénile d'un substrat de sables et graviers, avec un bon écoulement hyporhéique (interface entre eaux de surface et eaux souterraines). Elle est moins exigeante au stade adulte.

Paramètres	Valeurs de tolérance	Conditions optimales
pH	6,3 - 8,6	6,5 - 8
Conductivité (µS/cm)	< 150	90 -110
Concentration en oxygène (mg/L)	> 4,5	> 9
Température (°C)	0 - 28	0 - 23
Concentration en nitrates (mg/L NO ₃ ²⁻)	< 13	< 6,6
Concentration en ammonium (mg/L NH ₄ ⁺)	< 0,13	< 0,13
Concentration en phosphates (mg/L PO ₄ ³⁻)	< 0,1	< 0,06
Concentration en calcium	< 10	< 10
Demande Biologique en Oxygène (mg/L d'oxygène)	< 3	< 3

Physico-chimie	Température (°C)		pH	Cond. (µS/cm)	Oxygène		Composés azotés			Phosphates (mg/l PO ₄)	Calcium (mg/l)	DBO5 (mg/l O ₂)
	Tolérance supérieure	Plage confort			%	mg/l O ₂	NO ₃ ⁻ (mg/l NO ₃)	NO ₂ ⁻ (mg/l NO ₂)	NH ₄ ⁺ (mg/l NH ₄)			
Conditions préférentielles	24 - 28	0 - 23	6,3 - 8,6	90 - 110	≥ 98	≥ 9	< 1,7	sensible	< 0,13	< 0,06	< 10	< 3
Habitat		Type de substrat		Profondeur (m)		Vitesse du courant (m/s)		Etat des berges		Contexte environnemental		
Conditions préférentielles		substrat graveleux stable (sable grossier et gravier)		0,05 à 2		0,2 à 0,4 sans turbulence		très structurées		secteur prairial et de mégaphorbiaie zone à truite avec ombrage		

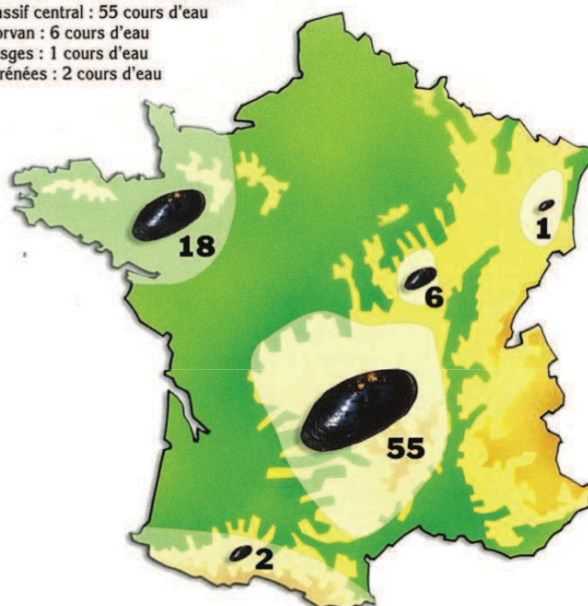
Sources : **Bauer**, 1988 ; **Björk**, 1962 ; **Cochet**, 2001 ; **Hendelberg**, 1960 ; **Larsen**, 1997 ; **Moorkens**, 2000 ; **Moog et al.**, 1998.

Exigences écologiques (valeurs de confort et de tolérance) de la moule perlière pour différents paramètres physiques et chimiques de l'eau, d'après Poulleau 2009 (en haut) et Ecogea 2009 (en bas).

Répartition : Hémisphère Nord, façade atlantique de l'Europe et des Etats-Unis. Les peuplements les plus importants sont en Scandinavie, en Russie, en Ecosse et en Irlande. Il existe un peuplement sur les bassins Rhin et Danube. La moule perlière fuit les eaux calcaires et se retrouve donc sur les bassins primaires, cristallins et métamorphiques (granites, gneiss, grès, schistes, etc.). Soit en France : le Massif Armoricaire, le Massif Central, les Pyrénées, les Vosges. Elle est observée jusqu'à 1153 m d'altitude. Le peuplement du Morvan est l'extension nordique du Massif Central. On estime à moins de 100 000 individus le peuplement résiduel en France, dans 80 rivières dont une dizaine avec des populations en bonne santé.

Répartition géographique de la moule en France

Massif armoricain : 18 cours d'eau
 Massif central : 55 cours d'eau
 Morvan : 6 cours d'eau
 Vosges : 1 cours d'eau
 Pyrénées : 2 cours d'eau



Bassin de la Loire : 29 cours d'eau
 Bassin de la Dordogne : 17 cours d'eau
 Bassins de la Bretagne : 15 cours d'eau
 Bassin de la Garonne : 10 cours d'eau
 Bassin de l'Adour : 1 cours d'eau
 Bassin de la Nivelle : 1 cours d'eau

Bassin de la Seine : 4 cours d'eau
 Bassin de la Sélune : 1 cours d'eau
 Bassin de l'Orne : 2 cours d'eau
 Bassin de la Charente : 1 cours d'eau
 Bassin du Rhin : 1 cours d'eau

Répartition actuelle des populations de moules perlières en France métropolitaine (Biotope-PNA 2011)

Evolution des populations : jusqu'au XIX^e siècle, les témoignages historiques suggèrent que la moule perlière était présente en grande abondance dans les rivières répondant à ses critères écologiques d'habitat. Par exemple, Henri Drouët la répute « *commune* » en zone montagneuse dans sa monographie (Drouët 1857). Une première diminution des stocks a été rapportée à la surpêche de la moule afin de collecter et commercialiser ses perles. Une seconde, plus importante, est associée à la dégradation massive des cours d'eau à partir du XX^e siècle.



Pêcheur de moule perlière (photographie in Koch 1935)

Protection : Liste rouge IUCN des espèces menacées. Annexe II et V de la Directive Faune-Flore-Habitat. Annexe III de la Convention de Berne. Article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mollusques protégés (France). Un Plan national d'actions pour la moule perlière a été lancé en France en 2010.

Très exigeante sur la qualité de l'eau, la moule perlière est donc un bio-indicateur des pollutions d'origine anthropique. Son déclin attesté depuis un siècle sur la plupart des bassins versants cristallins n'est pas corrélé à l'implantation (plus ancienne) des moulins, mais plutôt aux modifications d'usages des sols et de profils de berges, ainsi bien sûr qu'à la très forte croissance des intrants et polluants ayant modifié la composition chimique des eaux. D'autres facteurs sont encore à l'étude chez les spécialistes pour comprendre la dynamique des populations de moules, notamment : pathologies, acidification, réchauffement climatique.

Les populations de moules perlières du Cousin

Une présence rare, éventuellement récente

Il semble que l'on ne dispose pas d'information scientifique robuste sur l'ancienneté de l'implantation de la moule perlière dans le Cousin.

Les Unionidés du bassin de la Seine ont fait l'objet d'une monographie très complète publiée par Henri Drouët en 1898. L'auteur n'évoque que deux signalements de moules perlières dans le bassin de la Seine : sur la Vire dans le Calvados et sur le Cousin dans l'Yonne, au niveau de Saint-Léger-Vauban. H. Drouët souligne que c'est la « *première fois* » qu'un signalement est connu dans le Morvan sequanien (Drouët 1898).

Ce point est aussi évoqué dans le *Bulletin de la société des sciences historique set naturelles de l'Yonne* (1898, 52, 2, 4). L'auteur de la recension de l'ouvrage de Drouët (M. Guyard), qui a eu un échange avec le naturaliste, rappelle que la moule perlière a été trouvée par le Père Valette à la Pierre-Qui-Vire et qu'elle paraît « *assez rare* ».

On a donc au moins trois hypothèses :

- le peuplement de moules perlières est ancien et abondant, mais il avait déjà décliné au XIX^e siècle ;
- le peuplement est ancien, mais il n'a jamais atteint des abondances remarquables en raison d'un contexte écologique non-optimal ;
- le peuplement est récent, éventuellement le fait d'introduction volontaire ou accidentelle par l'homme.

Le point à retenir est que la population de moule perlière telle qu'on l'étudie aujourd'hui sur le Cousin ne semble pas le vestige d'une grande abondance démographique passée, au moins sur le siècle écoulé.

Pollution chimique

Nous avons vu plus que la moule perlière présente des tolérances faibles aux pollutions chimiques des rivières, notamment les nitrates set les phosphates. Plusieurs analyses sur la pollution des eaux par les composés azotés et phosphorés ainsi que par les métaux lourds sont disponibles, dont voici quelques résultats.

Tableau 17 : résultats de la recherche de métaux lourds dans les sédiments

Elément	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn
Cure 1	0,2	4	18	2,4	9,5	10	34
Cure 2	0,1	3,8	16	2	11	9,1	32
Cure 3	0,1	4,2	18	2,4	12	9,9	32
Cousin 1	0,1	2,7	11	2,9	17	4,1	23
Cousin 2	0,1	2,6	12	3	23	5	23
Incertitude	±0,1%	±20%	±20%	±20%	±20%	±20%	±20%

Classes utilisées Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau, grille d'évaluation version 2

	Classe 2	Contamination limitée risquant de produire des effets à long terme
	Classe 1	Teneur supérieure proche des teneurs naturelles, sans effet connu

Contamination par les métaux lourds (Poulléau 2009)

Qualité physico-chimique de l'eau du Cousin				
	Amont Cadoux	Aval Cadoux	Méluzien	Amont Ruats
	12/07/2012	13/07/2012	13/07/2012	13/07/2012
	21H05	08H10	11H00	14H30
calcium (mg/l)	6,6	6,8	8,4	10,3
température de l'eau (°C)	15,9	15,7	15,9	16,5
oxygène dissous (mgO2/l)	9,3	9,12	9,5	9,1
saturation en oxygène (%)	96	94	98	96
conductivité (µS/cm)	80	82	91	112
pH	7,4	7,3	7,5	7,5
matières en suspension (mg/l)	4,3	3,6	4,4	9,4
nitrate (mgNO3/l)	2,2	2,1	2,4	2,6
nitrite (mgNO2/l)	0,011	0,019	0,018	0,025
ammonium (mgNH4/l)	0,06	0,06	0,06	0,05
orthophosphates (mgPO4/l)	0,10	0,13	0,13	0,23
phosphore total (mgP/l)	0,08	0,08	0,08	0,16
sulfates (mgSO4/l)	2,5	2,5	3	4
DBO5 (mgO2/l)	3	3	3	3
carbone organique dissous (mgO2/l)	8	8,1	8,1	8

Mesure de qualité chimique du Cousin (in Sialis 2013)

Ruisseau de Cerce, 03269, Pont Méluzien	06/02/2002	22/05/2002	29/08/2002	17/10/2002
nitrate (mgNO ₃ /l)	17,2	10,4	7,6	7,6
nitrite (mgNO ₂ /l)	/	0,11	0,06	<0,05
ammonium (mgNH ₄ /l)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
orthophosphates (mgPO ₄ /l)	/	0,81	1,36	1,38
phosphore total (mgP/l)	/	0,34	0,506	0,51

Ruisseau de Cerce, 03269, Pont Méluzien	04/09/2007	06/06/2007	27/03/2007	08/11/2007
nitrate (mgNO ₃ /l)	13,7	9,6	14,2	12,9
nitrite (mgNO ₂ /l)	0,023	0,04	0,078	0,022
ammonium (mgNH ₄ /l)	<0,05	0,13	<0,05	<0,05
orthophosphates (mgPO ₄ /l)	0,49	1,15	0,19	0,67
phosphore total (mgP/l)	0,25	0,438	0,061	0,24

Mesure de qualité chimique du ruisseau de Cerce (in Sialis 2013)

On observe que la charge en phosphore et phosphates dépasse localement les valeurs de tolérance des moules perlières. Il existe aussi une présence de métaux lourds dont les effets à long terme et les effets synergistiques avec d'autres substances sont mal connus.

Les effets de seuils et barrages

Plusieurs travaux ont suggéré que les petits barrages peuvent avoir des effets bénéfiques sur les moules d'eau douces, notamment à l'aval du seuil de retenue (Gangloff 2011, Singer et Gangloff 2011). Dans le cas particulier de la moule perlière, ce point a été rappelé dans les *Cahiers d'habitats Natura 2000*, édités sous l'autorité du Museum d'histoire naturelle :

« Les biefs de moulins constitue parfois des milieux de choix [comme habitats] grâce à la pérennité des conditions hydrologiques, à l'origine de grande concentration d'individus » (Bensettiti et Gaudillat 2004)

Ce point est rappelé par Vincent Prié et Gilbert Cochet dans le Plan national d'action pour la moule perlière (Biotope 2011), dans des termes dont on notera qu'ils sont un peu contradictoires. En effet, ce document reprend exactement la même formulation que précédemment citée sur l'intérêt des biefs :

« Les biefs de moulins constituent parfois des milieux de choix grâce à la pérennité des conditions hydrologiques, à l'origine de grandes concentrations d'individus. Elle peut se trouver en faciès lotique ou lentique, dès lors qu'elle trouve un minimum de courant » (p. 15) »

mais le document précise par ailleurs (p. 25) :

« La création ou la restauration de seuils limite la transparence migratoire et l'effet retenue' supprime l'habitat propice par envasement à l'amont et par déficit sédimentaire à l'aval. »

Il paraît exister une contradiction entre les deux assertions, la seconde exprimant une opinion contraire à la première. Ces éléments ne sont pas justifiés par des analyses quantitatives des populations de moules perlières selon le niveau d'étagement des rivières.

Quoiqu'il en soit, la responsabilité des seuils de moulin dans la disparition des populations de moule perlière depuis 2 siècles ne paraît attestée nulle part dans la littérature scientifique.

Effacement de seuils : un effet potentiellement négatif

Si un seuil peut avoir des effets morphologiques et sédimentaires négatifs, il en va de même pour l'arasement du seuil. Un travail a ainsi été mené par Mary Sherman sur l'effet des suppressions de petits barrages pour les populations menacées de poissons et de moules (Sherman 2013). Il a mis en évidence que, si l'effet à long terme est généralement positif, l'arasement d'ouvrage peut avoir des effets délétères par remobilisation de sédiments. Cet effet est d'autant plus critique que la population cible est soumise à des stress écologiques et de faible démographie. Dans le cas du Cousin, où la population relique de moules perlières est peu dense et trouve de mauvaises conditions de survie (cf infra), il convient que le PNR évalue avec précision les risques liés aux arasements et s'engage sur un résultat chiffré pour les populations de moules.

Autres aspects morphodynamiques

Constatant que certaines stations du Cousin présentant des bonnes conditions de substrat de fond (granulométrie, oxygénation...) mais une absence de population de moules, Thomas Poulleau observe :

« L'instabilité du lit pourrait cependant fournir des éléments de réponse quant à la densité observée dans le sens où malgré les « bonnes » conditions actuelles notamment pour la station 1 où il y a absence d'individus. De forts débits comme en période de crue peuvent provoquer des réductions importantes dans les populations adultes (Hastie & al., 2001b). Ainsi les travaux de recalibrage du Cousin contribuent à augmenter les débits de pointe de crue mettant en danger les populations de moule perlière » (Poulleau 2009).

Cette observation permet de conclure que les seuils ont un effet bénéfique, puisqu'ils tendent à ralentir la cinétique de crue (dissipation d'énergies dans les ressauts hydrauliques, effet tampon des retenues dont celle de Saint-Agnan).

Au demeurant, la diagnostic de l'auteur sur le colmatage des milieux interstitiels remet avant tout en question la rectification du lit et le changement d'usage des parcelles riveraines.

« Le Cousin est un site non fonctionnel étant donné les résultats obtenus à l'aide des différentes méthodes. L'instabilité du lit du cours d'eau et la proportion importante de particules fines accroissent fortement les risques de colmatage des sédiments et par conséquent les échanges eau/sédiments. Ajouté à ce problème de colmatage, les populations de poissons hôte ne permettaient pas d'assurer la phase parasitaire du cycle de vie. La population de Moule perlière vieillissante sur le Cousin semble vouer à disparaître. L'analyse diachronique du bassin versant a permis d'identifier plusieurs problèmes majeurs comme la rectification du cours d'eau entre 1970 et 1990 ou encore un assainissement des parcelles en plaine à l'origine de l'instabilité du lit du Cousin. »

Conclusion

Comme l'observe Gilbert Cochet,

« Les nayades, et notamment les deux espèces de Margaritiféridés, font partie des espèces quasi-ingérables : elles ne peuvent vivre que dans des milieux pratiquement sans intervention humaine (...) dans le cas de la moule perlière, les exigences en matière de qualité de l'eau sont telles que la plupart de nos cours d'eau classés dans la meilleure catégorie sont déjà impropres à la survie de l'espèce ! » (Cochet 2004)

Au regard de la littérature scientifique disponible, il paraît peu probable que les moulins du Cousin aient eu un effet négatif sur les conditions écologiques des moules perlières, dont l'abondance passée est inconnue. Et il paraît en conséquence très improbable que l'arasement des seuils de moulin conduira à la recolonisation du lit mineur de la rivière sur la zone aval Natura2000.

Dans la mesure où le programme d'arasement des seuils de moulins a des effets négatifs sur d'autres dimensions de la rivière (culturelle, patrimoniale, paysagère et énergétique), et où notre précédent travail a déjà montré que le bénéfice sur la truite fario est également très limité, on ne peut que donner à un avis défavorable à toute destruction volontaire des seuils du Cousin aval.

Références

- BENSETTITI F, GAUDILLAT V (2004), *Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire*, Tome 7. Espèces animales, La Documentation française, 353 pp.
- BIOTEC (2013), *Elaboration d'une stratégie de restauration écologique sur la basse vallée du Cousin. Diagnostic biologique et hydromorphologique. Diagnostic des ouvrages et stratégie de restauration*, 34 p.
- BIOTOPE (COCHET G, PRIÉ V) (2011), Plan National d'Action pour la Mulette perlière Biotope, 84 p.
- BONTEMPS F (2005), *Evaluation de la population de Moule perlière (Margaritifera margaritifera) du Haut Cousin et Potentiel des affluents pour le cycle de la Truite fario (Salmo trutta fario) (aspects circulation piscicole et état de conservation)*, DESS IHCE, 83 p.
- COCHET Gilbert (2004), *La moule perlière et les nayades de France. Histoire d'une sauvegarde*, Catiche, 32 p.
- DROUËT H (1857), *Etudes sur les Naiades de la France. 2^e Partie : Unios*, Bouquot, Troyes, 152 p.
- DROUËT H (1898), *Unionidés du Bassin de la Seine*, Baillière et Fils, 86 p.
- ECOGEA (2009), *Bilan écologique après travaux du Cousin en amont de Saint-Agnan. Impacts sur les stations à moule perlière du Cousin*, 87 p.
- GANGLOFF MM et al. (2011), Associations between small dams and mollusk assemblages in Alabama streams, *J North Am Benthological Soc*, 30, 1107–1116.
- KOCH W (1935), La mulette perlière, *Bull Fr Pisc*, 80, 189-198
- POULLEAU T (2009), *Étude du mésohabitat de la Moule perlière (Margaritifera margaritifera) : caractérisation des principales altérations*, MASTER 2 Qualité des Eaux, des Sols et Traitements, option Systèmes Aquatiques et Bassins Versants
- SHERMAN M (2013), *Potential impacts of small dam removal on fish and mussel communities in North Carolina*, Nicholas School of the Environment, Université Duke, 52 p.
- SIALIS (2013), *Elaboration d'une stratégie de restauration écologique sur la basse vallée du Cousin. Diagnostic biologique et hydromorphologique*, 109 p.
- SINGER EE, GANGLOFF MM (2011), Effects of a small dam on freshwater mussel growth in an Alabama (U.S.A.) stream, *Freshwater Biology*, 56, 1904–1915