naturae

2025 • 10

Suivi à long terme du déplacement d'une espèce en danger critique d'extinction : la Grande Mulette *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793)

Laurent PHILIPPE, Nicolas PATRY, Brigitte RUAUX, Audrey ESTEVES & Vincent PRIÉ



art. 2025 (10) — Publié le 10 septembre 2025
www.revue-naturae.fr

OFB OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ
PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES
MUSÉUM NAL HIST NATURELLE

Directeur de la publication / *Publication director* : Gilles Bloch,
Président du Muséum national d'Histoire naturelle

Rédacteur en chef / *Editor-in-chief* : Jean-Philippe Siblet

Assistante de rédaction / *Assistant editor* : Sarah Figuet (naturae@mnhn.fr)

Mise en page / *Page layout* : Sarah Figuet

Comité scientifique / *Scientific board* :
Luc Barbier (Parc naturel régional des caps et marais d'Opale, Colembert)
Aurélien Besnard (CEFE, Montpellier)
Hervé Brustel (École d'ingénieurs de Purpan, Toulouse)
Thierry Dutoit (UMR CNRS IMBE, Avignon)
Éric Feunteun (MNHN, Dinard)
Romain Garrouste (MNHN, Paris)
Grégoire Gautier (DRAAF Occitanie, Toulouse)
Frédéric Gosselin (Irstea, Nogent-sur-Vernisson)
Patrick Haffner (PatriNat, Paris)
Frédéric Hendoux (MNHN, Paris)
Xavier Houard (MNHN, Paris)
Isabelle Le Viol (MNHN, Concarneau)
Francis Meunier (Conservatoire d'espaces naturels – Hauts-de-France, Amiens)
Serge Muller (MNHN, Paris)
Francis Olivereau (DREAL Centre, Orléans)
Laurent Poncet (PatriNat, Paris)
Nicolas Poulet (OFB, Vincennes)
Jean-Philippe Siblet (PatriNat, Paris)
Julien Touroult (PatriNat, Paris)

Couverture / *Cover* :
Grande Mulette *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793) en filtration. Crédit photo : Nicolas Patry.

Naturae est une revue en flux continu publiée par les Publications scientifiques du Muséum, Paris
Naturae *is a fast track journal published by the Museum Science Press, Paris*

Les Publications scientifiques du Muséum publient aussi / *The Museum Science Press also publish:*
Adansonia, Zoosystema, Anthropozoologica, European Journal of Taxonomy, Geodiversitas, ***Cryptogamie*** **sous-sections** ***Algologie, Bryologie, Mycologie, Comptes Rendus Palevol.***

Diffusion – Publications scientifiques Muséum national d'Histoire naturelle
CP 41 – 57 rue Cuvier F-75231 Paris cedex 05 (France)
Tél. : 33 (0)1 40 79 48 05 / Fax : 33 (0)1 40 79 38 40
diff.pub@mnhn.fr / https://sciencepress.mnhn.fr

© Cet article est sous licence Creative Commons Attribution 4.0 International License. (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
ISSN (électronique / electronic) : 2553-8756

Suivi à long terme du déplacement d'une espèce en danger critique d'extinction : la Grande Mulette *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793)

Laurent PHILIPPE
Nicolas PATRY
Bureau d'études BIOTOPE,
147 boulevard Heurteloup, F-37000 Tours (France)
lphilippe@biotope.fr
npatry@biotope.fr

Brigitte RUAUX
52 rue du Président Coty, F-37100 Tours (France)
brigitte.ruaux@gmail.com

Audrey ESTEVES
35 chemin du champ joli, F-17920 Breuillet (France)
audrey.esteves25@gmail.fr

Vincent PRIÉ
Institut Systématique Évolution Biodiversité (ISYEB),
Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Sorbonne Université, EPHE,
Université des Antilles, 57 rue Cuvier, boîte postale 51, F-75005 Paris (France)
prie.vincent@gmail.com

Soumis le 15 mars 2021 | Accepté le 4 février 2025 | Publié le 10 septembre 2025

Philippe L., Patry N., Ruaux B., Esteves A. & Prié V. 2025. — Suivi à long terme du déplacement d'une espèce en danger critique d'extinction : la Grande Mulette *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793). *Naturae* 2025 (10): 129-140.
https://doi.org/10.5852/naturae2025a10

RÉSUMÉ
Dans le cadre de la construction de la ligne grande vitesse Sud Europe Atlantique (LGV SEA), une mesure de déplacement d'une station de la très rare Grande Mulette *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793) a été réalisée en 2012. Au cours de ce déplacement, 63 individus ont été déplacés sur deux stations proches, situées en amont du site impacté sur la Vienne. L'article présente en détail les choix techniques effectués, le protocole de déplacement mis en place, ainsi que le suivi des individus sur dix ans. Le suivi met en évidence des différences de mortalité entre les classes d'âges mais pas entre les sites. Les juvéniles déplacés n'ont pas subi de perte d'individus après déplacement, quand les adultes voyaient leur effectif diminuer de manière constante jusqu'à t+48 mois. Cette diminution n'est pas statistiquement différente de celle d'un échantillon témoin. Des évolutions majeures de fonctionnalité d'un des sites de report ont été observées et ont déclenché la mise en place d'une mesure de restauration. En cela, la mise en place des suivis sur le long terme est nécessaire afin de suivre les individus et l'intégrité des sites de report.

MOTS CLÉS
Bivalve, translocation, rfid, marquage individuel, CMR, suivis.

ABSTRACT
Long term monitoring of a critically endangered specie : the case of the Giant Pearlmussel, Pseudunio auricularius *(Spengler, 1793).*
As part of the construction of the South Europe Atlantic High Speed Line (LGV SEA), a translocation of a population of the very rare giant pearl mussel *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793) was carried out in 2012. During this translocation, 63 individuals were translocated to two nearby localities, located upstream of the impacted site. The paper details the technical choices made and the translocation protocol used. The 10-year follow-up shows differences in mortality between age groups, but not between sites. The translocated juveniles did not suffer any loss of individuals, whereas the adults showed a steady decline until t+48 months. This decrease is not statistically different from the control site. Major changes in the functionality of one of the translocation sites were observed, leading to the implementation of restoration measures. In this respect, long-term monitoring must allow for the follow-up of the translocated individuals as well as the integrity of the control sites.

KEY WORDS
Freshwater bivalve,
translocation,
rfid,
individual tagging,
capture-mark-recapture,
monitoring.

INTRODUCTION

Au sein des milieux terrestres et des eaux douces, les Mollusques continentaux forment un groupe original et extrêmement diversifié (IUCN Comité français *et al.* 2021). En 2011, le Comité IUCN européen estimait que 44 % des espèces de Mollusques présentes en Europe étaient menacées. Parmi celles-ci, les grands bivalves des fleuves sont particulièrement concernés (30 % des espèces sont menacées, IUCN Comité français *et al.* 2021). Les altérations des cours d'eau liées aux activités humaines au cours des siècles derniers (pollution, recalibrage, extraction de sédiments) ont entrainé un déclin important des espèces. Les aménagements transversaux (seuils, barrages) ont également modifié les conditions de libre circulation de la faune piscicole, maillon essentiel de la reproduction de ces espèces. L'impact des espèces invasives comme les Corbicules asiatiques *Corbicula* ssp., l'Anodonte chinoise *Sinanodonta woodiana* (I. Lea, 1834) ou la Moule zébrée *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) est également important sur la raréfaction de la disponibilité alimentaire.

La Grande Mulette *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793), bivalve d'eau douce d'une quinzaine de centimètres, à la longévité estimée à plus d'un siècle, est un des invertébrés les plus menacés d'Europe (Cuttelod *et al.* 2011 ; Prié 2010). Autrefois largement répandue dans les grands cours d'eau de l'ouest de l'Europe, elle a quasiment disparu et n'est plus connue aujourd'hui que de six populations : une en Espagne (dans l'Èbre) et cinq en France (dans la Vienne/Creuse, la Charente, la Dronne, la Save et l'Adour). Ces populations sont quasi toutes sénescentes, constituées de quelques centaines d'individus tout au plus, avec de très rares observations de juvéniles (Prié *et al.* 2018 ; Patry & Philippe 2020), âgés d'environ 15 à 20 ans (Nakamura *et al.* 2018). Pour ces différentes raisons, elle est catégorisée « En danger critique d'extinction » (CR A2ac, Prié 2010) par l'Union internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) à l'échelle mondiale, européenne et française (IUCN Comité français *et al.* 2021) et fait l'objet de deux Plans nationaux d'Actions (Prié *et al.* 2012 ; Richard & Prié 2022).

Redécouverte au début du XXIe siècle (Cochet 2001) sur les bassins versants de la Vienne et de la Creuse, l'espèce est actuellement connue sur 13 stations, dont cinq découvertes récemment sur l'amont de la Creuse (Patry & Philippe 2020). L'un des principaux noyaux de population se trouvait à Port-sur-Vienne (département d'Indre-et-Loire), sur le tracé de la Ligne à Grande Vitesse Sud Europe Atlantique (LGV SEA). Pris en compte tardivement, l'enjeu Grande Mulette n'a pas permis d'influencer un changement de tracé. Cependant, dans le cadre des obligations réglementaires, des études spécifiques ont été réalisées afin de recenser finement, de marquer, déplacer et suivre les individus présents. Un protocole détaillé de sauvetage a été établi, sur la base d'une bibliographie importante et de tests *in situ*, validé par l'Autorité Environnementale.

À ce jour, les opérations de déplacement de la Grande Mulette sont exceptionnelles (Nakamura *et al.* 2022). Il n'existe pas d'autres opérations connues en France concernant cette espèce. Nous détaillons ici la démarche logistique et scientifique du déplacement et son suivi sur dix ans.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Station impactée

De 2009 à 2012, une cartographie de la population a été réalisée. Les individus ont été recherchés à l'aide d'une combinaison de techniques : aquascope et recherches à vue en palmes-masque-tuba (PMT).

Sur la station impactée, les individus se répartissaient en trois sous-entités : deux en rive droite (en amont et aval de l'autoroute A10) et une en rive gauche (Fig. 1).

Suite à cet état des lieux, différentes manipulations ont été réalisées (Fig. 2).

Marquage des individus

Plusieurs types de marquages ont été utilisés afin de suivre individuellement les macro-bivalves d'eaux douces (Kurth 2007). La station impactée étant riche en herbiers aquatiques, nous avons utilisé les marqueurs pit-tag RFID de marque Tiris, détectables à ± 70 cm, afin de maximiser les chances de recapture. Ce marquage permet également un suivi individualisé.

Ces pit-tags peuvent être soit injectés en interne, soit collés sur la coquille (Kurth 2007 ; Hart *et al.* 2020) :

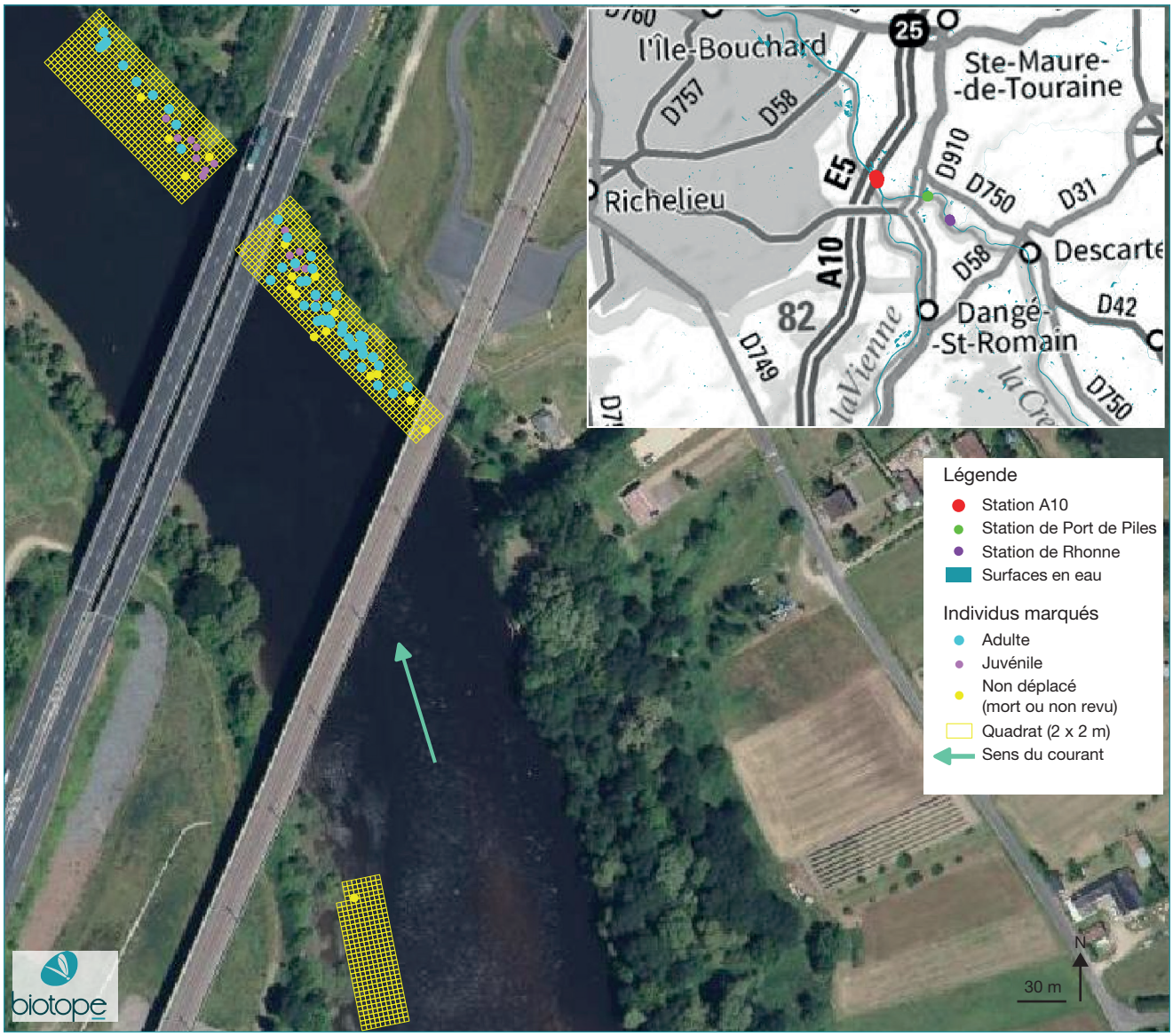


FIG. 1. — Recensement et marquage des individus à déplacer (état des lieux en 2012). Crédits : LISEA – Tous droits réservés. Sources IGN BD Ortho (2019), IGN Scan 1000 – Cartographie : Biotope 2023.

Un test a été réalisé en 2009, comprenant un essai d'injection en interne sur trois individus. Lors de la manipulation, un écarteur a été utilisé afin d'entrouvrir la coquille sans luxer les muscles. Une puce a ensuite été injectée entre le manteau et la coquille, au niveau d'un petit décollement réalisé à l'aide d'une pince de laboratoire. Ces individus ont été suivis pendant un an.

En parallèle, un test de plusieurs colles résistantes à l'eau a été réalisé. Ces coquilles de Grande Mulette ont ensuite été laissées plusieurs mois en rivière. La tenue des tags a été vérifiée.

SÉLECTION DES SITES DE RÉCEPTION

La démarche de déplacement s'est inspirée des retours d'expériences de Cope & Waller (1995). La sélection a été réalisée en deux temps :

– en 2010, sur les cinq stations alors connues de Grande Mulette de la Vienne et de la Creuse, présentant une population supérieure à dix individus ;

– en 2012, sur 16 sites potentiels. Sur l'ensemble de ces sites, des critères géographiques, des facteurs abiotiques et biotiques extérieurs et propres à la Grande Mulette, ont été pris en compte (Tableau 1).

Une analyse multi-critères a permis de classer l'ensemble des sites de réception potentiels.

DÉPLACEMENT

La station impactée a été quadrillée de cellules de 2 × 2 m jointives (Fig. 1), matérialisées par un cadre métallique plombé. Chacune a été systématiquement contrôlée, d'aval vers l'amont, par des recherches :

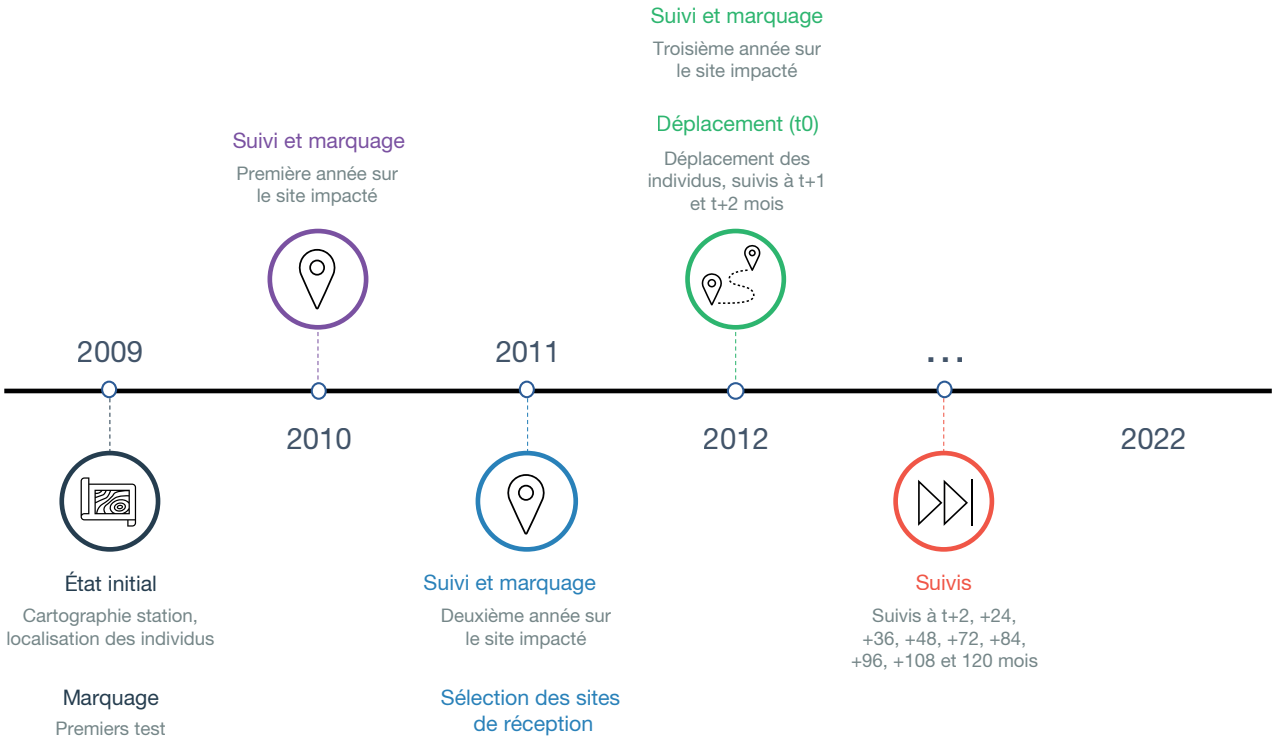


Fig. 2. — Chronologie des suivis pré- et post-déplacement.

Tableau 1. — Critères retenus pour le classement des sites potentiels de réception (Philippe & Patry 2012a, b)

Facteurs principaux	Sous-critères
Localisation	Dimension de la station réceptrice Distance de la zone impactée
Facteurs abiotiques	Qualité de l'eau (température, pH, conductivité, oxygène dissous, concentration en calcium, présence de rejets) Faciès d'écoulement Type de substrat
Facteurs biotiques	Poissons-hôtes Prédateurs potentiels Exploitation bovine (piétinement bovin des berges) Présence d'espèces exotiques Autres espèces de mollusques
Facteurs propres à l'espèce déplacée	Densité Reproduction Continuité génétique

– à vue en PMT ou aquascope lorsque la profondeur n'excédait pas 1,50 m ;

– par des plongées hyperbares pour des profondeurs de 1,50 m à 4 m.

Suite au premier passage à vue, dans les secteurs à herbiers de faible profondeur (< 1,50 m), un passage au détecteur de pit-tag a été réalisé. Pour finir, sur l'ensemble de la zone, des passages de dragues et de râteau télignier ont été effectués pour collecter les spécimens enfouis et non visibles depuis la surface des sédiments. Au total, six apnéistes et huit plongeurs hyperbares professionnels ont été mobilisés, cumulant plus de 2000 h de recherches (15 j) durant le mois de juillet 2012 (Fig. 3).

Les individus prélevés sont restés immergés dans des sacs en toile de jute jusqu'au moment de leur manipulation. Ils ont ensuite été mesurés (longueur, hauteur, épaisseur), pesés, marqués et photographiés (Fig. 4).

Au regard des différentes classes de tailles d'individus observés, deux types de tags ont été employés : 22 mm sur les individus adultes et 14 mm sur les individus juvéniles. Ces marquages ont été doublés par l'apposition sur l'autre valve, d'un numéro Dymo®.

Suite au marquage, les Grandes Mulettes ont été maintenues dans une atmosphère humide et à température constante dans une glacière (Layzer & Scott 2006 ; Araujo comm. pers.). Le temps maximum entre le marquage et la remise à l'eau sur la station de réception n'a pas excédé 1 h. Sur leurs sites de réception, les individus ont été réimplantés manuellement dans le sédiment, avec les siphons face au courant. Chaque individu a été localisé à l'aide d'un GPS.



Fig. 3. — Plongeurs sur la station impactée, avec en arrière-plan les travaux en cours sur l'autre rive. Crédit photo : Nicolas Patry.

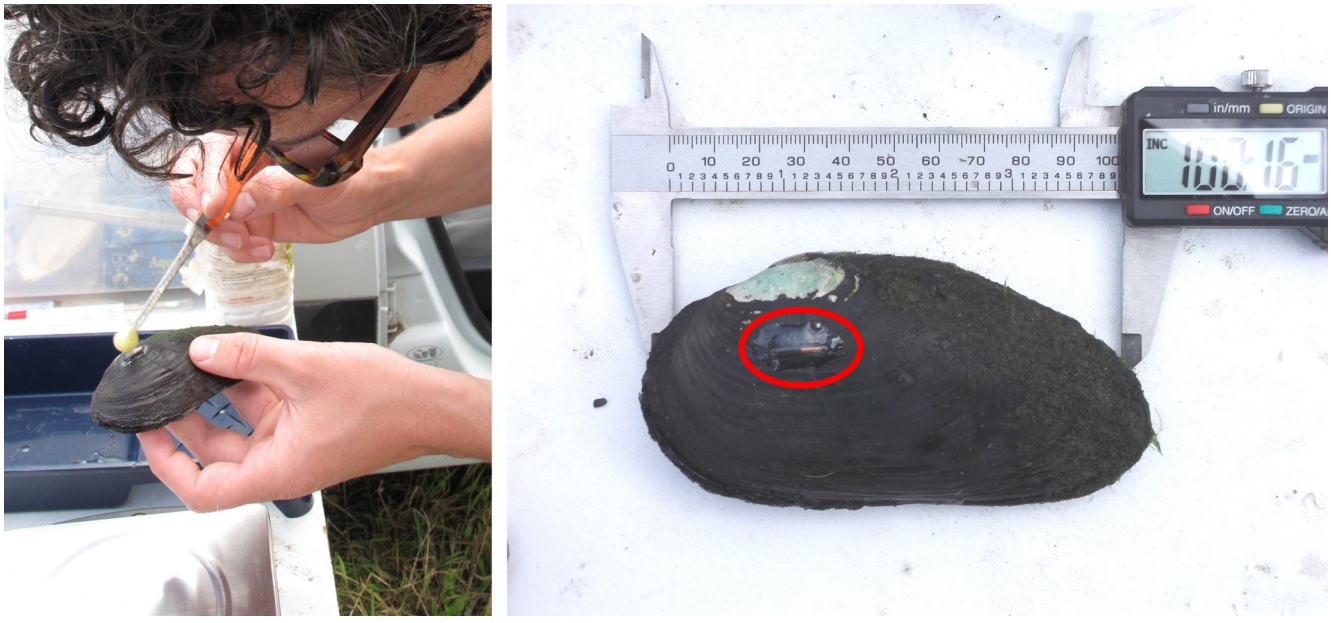


Fig. 4. — Marquage et mesure d'une Grande Mulette *Pseudunio auricularius*, Spengler 1793. Crédits photos : Nicolas Patry.



Fig. 5. — Recherche des individus par détecteur RFID (perche munie d'un détecteur de transpondeur ; à gauche) et PMT (palme-masque-tuba ; à droite), dans le cadre du suivi. Crédit photo : Céline Mathieu.

Suivis post-déplacement

Protocole de terrain

Les suivis post-déplacement ont été effectués à t+1 mois puis t+2, t+12, t+24, t+36, t+48, t+72, t+96, t+108 et t+120 mois.

Dans ce cadre, les individus ont été recherchés en PMT et avec le détecteur RFID, dans des transects de 2 m de large, parallèles à la berge. Chaque individu contacté était signalé par une bouée lestée (Fig. 5).

Ensuite, chaque spécimen a été individualisé par la lecture de son pit-tag. Tous les suivis ont été effectués par quatre intervenants sur quatre jours, répartis équitablement entre les deux sites. En 2018 (T+72), une journée à quatre personnes a été ajoutée sur le site de Port-de-Piles. Le suivi à T+96 n'a été réalisé que sur Rhonne, avec un effort réduit (simple localisation d'individus dans le cadre du chantier de restauration).

Analyse statistique

Dans le jeu de données utilisés, les individus pouvaient être qualifiés de trois manières différentes :

– l'individu est observé en filtration lors du suivi, il est qualifié de « vivant » ;

– une coquille est observée, l'individu est considéré « mort » ;

– l'individu n'est pas retrouvé et est considéré comme « non observé ». Dans ce cas, l'individu peut être soit vivant soit mort. Une méthode de censure a été appliquée, censure servant à indiquer l'absence de certitude concernant la date de la mort de l'individu.

Les taux de détection des individus déplacés ont été calculés en comparant chaque suivi au suivi précédent : nombre d'individus observés (morts ou vivants) lors du suivi n / nombre d'individus observables n-1. Le nombre d'individus n-1 est égal au nombre d'individus observés à n minoré du nombre d'individus morts observés à n.

Afin de représenter l'évolution du taux de survie des individus déplacés, les courbes de Kaplan-Meïer, associées à une régression de Cox, ont été choisies. L'hypothèse testée ici est celle de l'interaction négative entre le déplacement et la survie de l'animal.

Les comparaisons des taux de survie entre les deux classes d'âges, les deux sites d'accueil et avant/après déplacement, ont été réalisés grâce à l'aide du test de Mantel-Haenszel

Tableau 2. — Caractéristiques morphologiques mesurés sur les individus déplacés,

Caractéristiques des individus « adultes »		Caractéristiques des individus « juvéniles »	
n = 49	**Moyenne ± ET (mm)**	**n =14**	**Moyenne ± ET (mm)**
Longueur	149,88 mm ± 7,43 mm	Longueur	101,89 mm ± 4,45 mm
Hauteur	74,63 mm ± 3,63 mm	Hauteur	49,70 mm ± 2,51 mm
Épaisseur	46,81 mm ± 2,93 mm	Épaisseur	28,41 mm ± 2,15 mm
Poids	423,34 mm ± 64,67 mm	Poids	97,94 mm ± 17,51 mm

Tableau 3. — Comparaison des différents types de colle, réalisée au sortir de la phase de test.

Type de colle	Points positifs	Points négatifs
Glue cyanoacrylate	Séchage rapide (quelques minutes)	Substance nocive (principalement en phase non solidifiée) Faible résistance à l'abrasion
Colle époxy bicomposant	Séchage rapide (quelques dizaines de minutes) Résistante à l'abrasion	Substance nocive (principalement en phase non solidifiée)
Pâte époxy	Séchage rapide	Faible résistance à l'abrasion Substance nocive (principalement en phase non solidifiée)
Colle dentaire	Séchage rapide sous lampe UV Substance non nocive	Lampe UV onéreuse Faible accroche sur surface lisse
Pâte dentaire	Séchage rapide	Résistance en milieu aquatique non connue
Ciment dentaire	Substance non nocive	Radio opaque
Ciment de construction	Très résistant Non nocif	Séchage lent (plusieurs heures)
Colle fixation pour coraux	Séchage rapide Substance non nocive	Faible résistance à l'abrasion

(Log Rank), couplé à un test likelihood pour faibles effectifs. Une différence significative a été retenue à p = 0,05. Les statistiques ont été réalisées sous le logiciel R-studio (R Core Team 2022).

RÉSULTATS

Station impactée

Au total, 80 individus ont été dénombrés et marqués. Les mesures effectuées sur la hauteur et l'épaisseur des coquilles sur ces individus montrent que 48 mesuraient plus de 139 mm et 14 moins de 109 mm (Tableau 2). Les individus les plus grands seront dénommés « adultes » et les plus petits « juvéniles » dans la suite de l'article.

Marquage des individus

Le marquage interne des individus n'a pas montré de plus-value à un marquage externe. Les trois individus marqués selon cette méthode se portaient bien un an après manipulation. Deux individus avaient néanmoins expulsé le pit-tag. De fait et compte tenu de l'état de conservation global de l'espèce, le choix s'est donc tourné sur la pose d'un dispositif externe de reconnaissance, moins intrusif.

La colle retenue est la colle bi-composants Araldite Rapid® pour sa bonne durabilité dans le temps et sa résistance à l'abrasion (Tableau 3). Aucune puce n'a été perdue au bout de dix ans.

Le test des différentes colles a montré l'importance de la préparation de la coquille. La partie de la coquille destinée à recevoir le pit-tag a été nettoyée à l'acétone végétal avec un chiffon pour décoller les algues et les micro-organismes présents et ainsi assurer une adhérence optimale.

Sélection des sites de réception

Parmi les sites connus en 2010, le site de Rhonne est apparu comme le plus favorable à la réception des individus : la population estimée à 40 individus, ne subissait pas de mortalité importante et était assez isolée des pressions humaines.

La charge maximale de relocalisation d'individus ne devant pas dépasser deux fois la population initiale (Cope & Waller 1995), la station de Rhonne n'était pas suffisante au regard du nombre d'individus à déplacer (80 individus estimés). Parmi les autres sites de réception possibles (Fig. 6), le site de Port-de-Piles, a été choisi pour sa population importante (36 individus) et surtout pour la présence de juvéniles, attestant de la bonne santé de cette sous-population.

Déroulé du déplacement

Sur les 80 individus marqués entre 2010 et 2012, 11 ont été retrouvés morts dans les suivis pré-déplacement et six n'ont pas été retrouvés au moment du déplacement. Au total, 63 individus ont été déplacés, dont 14 juvéniles.

Le déplacement a dû s'adapter aux conditions météorologiques, avec plusieurs reports liés à des crues subites de la Vienne (+ 3 m de hauteur d'eau en 24h). Des conditions adéquates ont néanmoins permis le déplacement sur le mois de juillet 2012. L'exécution du protocole de déplacement n'a pas montré de difficultés particulières. Le ramassage, le marquage, le transport et la réimplantation se sont bien déroulés.

Vingt-six individus ont été déplacés sur la station de Rhonne et 37 sur la station de Port-de-Piles (notamment tous les juvéniles).

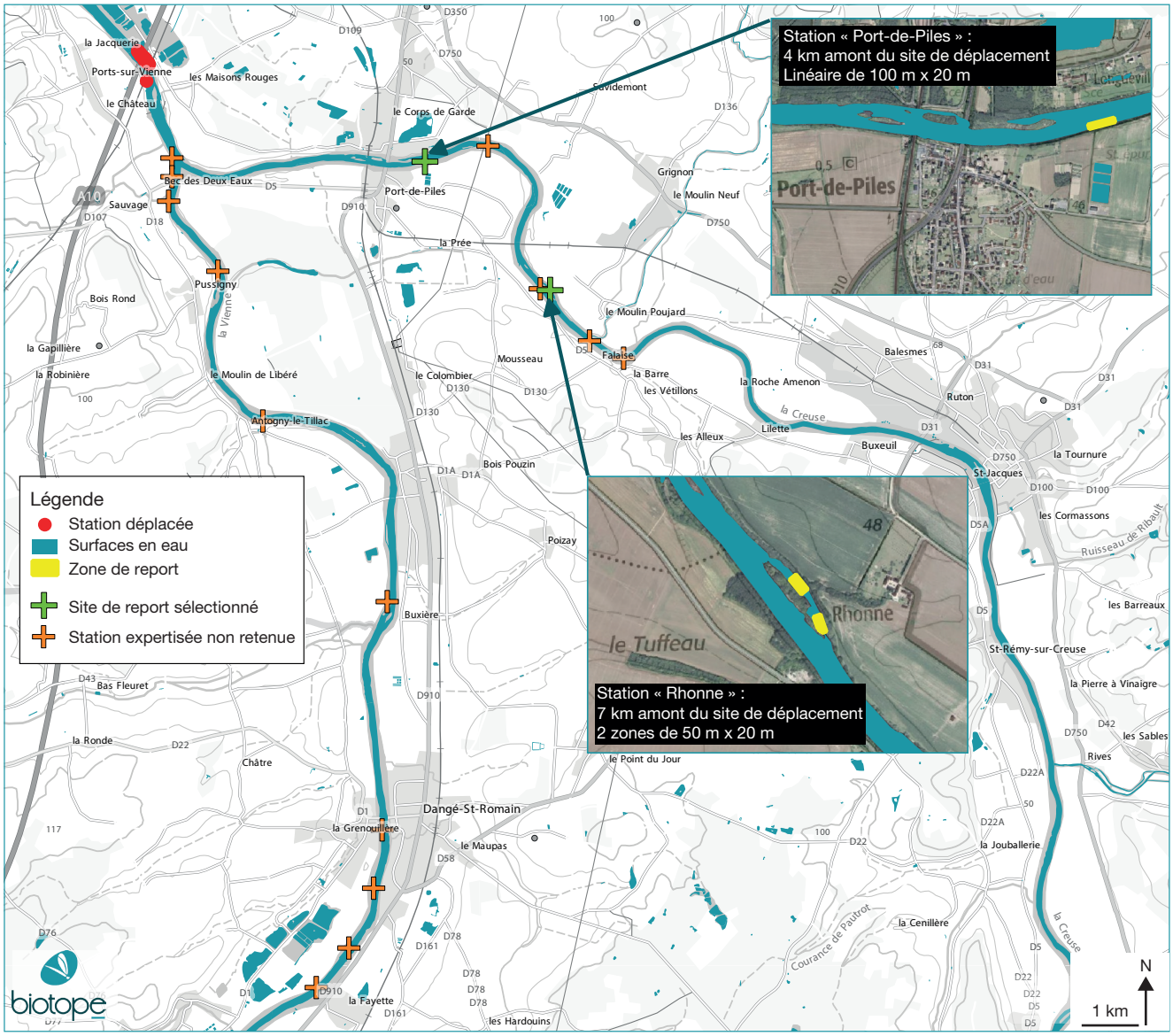


FIG. 6. — Localisation des recherches de stations de réception possible. Crédits : LISEA – Tous droits réservés. Sources IGN BD Ortho (2019), IGN PLAN (2024), IGN BD TOPO (2019) – Cartographie : Biotope 2024.

TAUX DE DÉTECTION

Les taux de détection varient au fil des années de suivis et décroissent progressivement (Fig. 7). Lors du premier suivi (t+1 mois), le taux de détection total maximal était de 80,95 %. À t+108, il n'était que de 37,04 % (le taux de détection de l'année t+96 ne pouvant être comparé car ne concernant que la station de Rhonne).

De t+1 à t+48, les taux de détection sur Rhonne sont plus élevés que ceux de Port-de-Piles. Cela s'inverse ensuite.

Même si les taux de détection diminuent au cours du temps, le nombre d'individus non observé reste globalement stable. Il oscille entre 12 et 17 individus sur la période t+1 jusqu'à t+72 (Fig. 7) puis tend à augmenter sur les dernières années du suivi. L'effort supplémentaire de temps de prospection à t+72 a permis d'augmenter le taux de recapture. Dans 40 % des cas, les individus non détectés lors d'un suivi l'ont été par la suite.

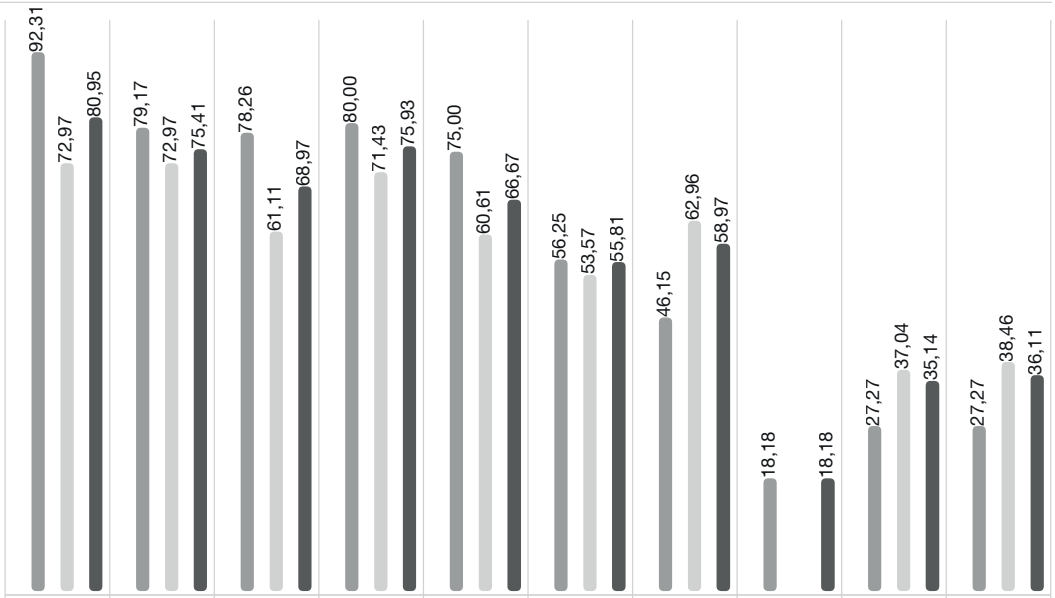
TAUX DE SURVIE

Adultes versus juvéniles

Suite au déplacement, le taux de survie des juvéniles est supérieur à celui des adultes (coeff. Cox = – 0,19 et Score Logrank test = 10,67 ; p = 0,001), sur les deux sites confondus. Aucun juvénile n'est mort suite au déplacement (n = 14, Fig. 7). Pour les adultes, le taux de survie est de 82 % au bout d'un an, atteint 48 % à 48 mois puis n'évolue plus pendant 72 mois (Fig. 8).

Comparaison inter-sites pour les adultes

Suite au déplacement, les taux de survie des adultes varient de manière différente en fonction des années. Ils suivent la même tendance sur les deux sites (coeff. Cox = 0,0847 ; Score Logrank test = 0,05 ; p = 0,8) et se stabilisent entre 36 et 48 mois (Fig. 9).



	t+1	t+2	t+12	t+24	t+36	t+48	t+72	t+96	t+108	t+120
Rh. Ind. observables	26	24	23	20	16	16	13	11	11	11
Rh. Ind. observés (m. ou v.)	24	19	18	16	12	9	6	2	3	3
Rh. % obs. (m. et v.)	92,31	79,17	78,26	80,00	75,00	56,25	46,15	18,18	27,27	27,27
PdP. Ind. observables	37	37	35	34	32	27	26	–	26	25
PdP. Ind. observés (m. ou v.)	27	27	22	25	20	15	17	–	10	10
PdP. % obs. (m. et v.)	72,97	72,97	61,11	71,43	60,61	53,57	62,96	–	37,04	38,46
Total Ind. observables	63	61	58	54	48	43	39	11	37	36
Total Ind. observés (m. et v.)	51	46	40	41	32	24	23	2	13	13
Total % obs. (m. et v.)	80,95	75,41	68,97	75,93	66,67	55,81	58,97	18,18	35,14	36,11

Fig. 7. — Variation du taux de détection au fil des suivis (en mois). Abréviations : **Ind.**, individus ; **m.**, mort ; **obs.**, observés ; **PdP.**, Port-de-Piles ; **Rh.**, Rhonne ; **v.**, vivant.

Taux de survie avant et après déplacement

Les taux de survie avant et après déplacement décroissent sur les 24 premiers mois de suivis (coeff. Cox = 0,3826, Fig. 10). Il n'y a toutefois pas de différences significatives entre les deux échantillons (Score Logrank test = 0,79, p = 0,4).

DISCUSSION

Le déplacement d'une espèce, et encore plus d'une espèce menacée, ne se fait pas sans peine. Au-delà des difficultés inhérentes au travail en milieu aquatique, cette méthode de sauvetage doit relever certains défis concernant la recherche de sites de report appropriés, les méthodes de capture, de marquage et de transport ainsi que la réimplantation (IUCN/SSC 2013). L'anticipation joue un grand rôle dans la réussite de la mesure.

Dans le cadre du déplacement de la Grande Mulette, la recherche de sites de report a permis de mettre à jour les données d'effectifs sur les sites déjà connus mais également de découvrir une station majeure de l'espèce avec présence d'environ 70 juvéniles (Philippe & Patry 2012b).

Les tests réalisés concernant le marquage ont orienté les choix vers des méthodes de marquage externe. Le double marquage apporte de plus une sécurité d'individualisation, même en cas de perte du pit-tag ou de dissociation des valves après la mort de l'individu. Comme sur l'Ebre (Nakamura *et al.* 2022), la colle bi-composant a été utilisée et sa tenue dans le temps est avérée. Toutefois, l'utilisation de colles moins impactantes sur l'environnement serait à tester, notamment la colle chirurgicale (Lim *et al.* 2022). L'utilisation de pit-tag externe facilite le repérage des individus cachés (notamment sous les herbiers aquatiques) ou morts (coquilles ensevelies sous le sédiment). Cette technique est toutefois limitée aux zones peu profondes (< 1,60 m).

La variabilité des taux de détection est fortement liée aux conditions météorologiques et hydrologiques. Bien que non testée, un biais observateur est également possible. Le développement des herbiers aquatiques rend difficile la recherche des individus. Malgré ces difficultés, le taux moyen de détection des individus, lors des sept premiers passages, a toujours été supérieur à ceux observés aux États-Unis dans les années 1980-90 (Cope & Waller 1995) et ceux observés en Espagne plus récemment (Nakamura *et al.* 2022).

Le retour sur dix ans, a permis de vérifier l'acclimatation des individus à leur site de report. Les individus juvéniles notamment ont très bien supporté le déplacement (aucune mortalité). Les premiers suivis (t+1mois et t+2mois) ont montré une mortalité d'individus adultes, possiblement imputable au stress du déplacement pour des spécimens plus âgés ou présentant des défauts de coquilles. Cependant,

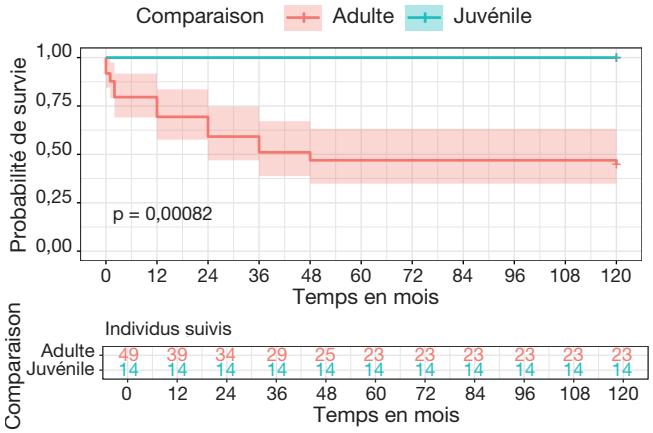


Fig. 8. — Évolution des effectifs de juvéniles et d'adultes de Grande Mulette *Pseudunio auricularius*, Spengler 1793 déplacées (temps exprimé en mois ; courbe de Kaplan-Meïer associée à une régression de Cox).

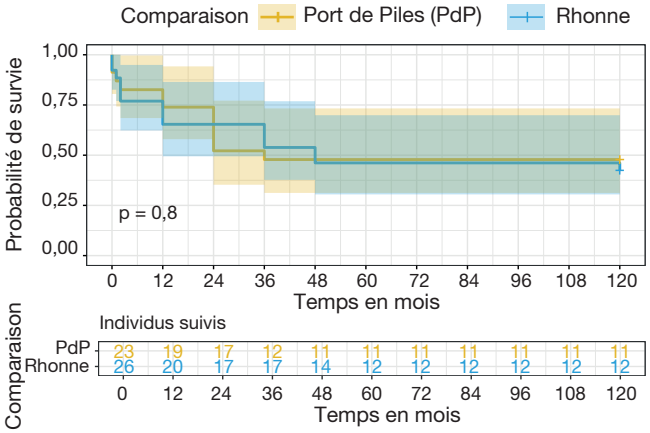


Fig. 9. — Évolution des effectifs d'adultes de Grande Mulette *Pseudunio auricularius*, Spengler 1793 déplacés en fonction du site de report (temps exprimé en mois ; courbe de Kaplan-Meïer associée à une régression de Cox).

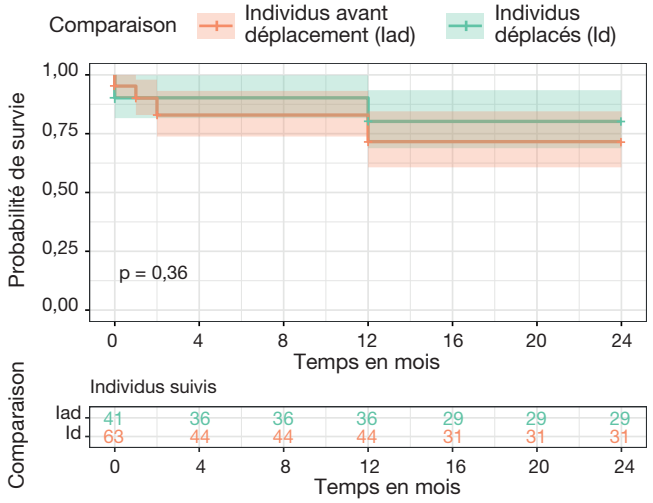


Fig. 10. — Évolution des effectifs de Grandes Mulettes *Pseudunio auricularius*, Spengler 1793 avant déplacement et après déplacement (temps exprimé en mois).



Fig. 11. — Herbier de Jussie *Ludwigia* ssp. (Kunth & P.H Raven, 1963) sur un des secteurs de report du site de Rhonne. Crédit photo : Laurent Philippe.

la comparaison avec une population témoin ne montre pas de différence statistique avec une mortalité naturelle. Ceci semble être confirmé par les suivis ultérieurs qui montrent l'existence d'épisodes de mortalité chez l'espèce. Pour Nakamura *et al.* (2022), les taux de mortalité observés lors des déplacements (avec des méthodes quasi identiques) sont supérieurs. Ces variations dans la réussite de la translocation, nous amènent à préconiser de la retenue dans le choix de cette mesure, celle-ci devant rester exceptionnelle. Il serait judicieux de mettre en place un suivi individualisé sur les stations avant et pendant le renforcement. Le suivi, notamment de la mortalité des individus déplacés ou non sur une même période, en serait facilité. Cette démarche permettrait également d'identifier si les paramètres du milieu (étiages, crues, réchauffement des eaux, concentration en Oxygène, en cyanobactéries, etc.) peuvent influer sur la mortalité des individus et sa temporalité.

L'importance des suivis s'entend également à long terme sur la fonctionnalité des sites de report. Ce suivi nous paraît indissociable de la mesure de déplacement. Afin de pallier au risque de modification environnementale des stations réceptrices, disposer de plusieurs sites de report nous semble également être une nécessité. Dans les faits, afin de ne pas doubler les populations initiales, cette stratégie est préconisée dans le cas de déplacement de bivalves patrimoniaux (Cope & Waller 1995 ; Cucherat *et al.* 2021). Dans notre cas, une station de réception (Rhonne) a subi une évolution rapide entre les années 2017 et 2019, provoquant une réduction progressive des débits entrants dans le bras. Cette évolution morphologique a entrainé la progression d'un herbier de Jussie *Ludwigia* ssp. et d'autres espèces, causant des dépôts sédimentaires importants, un réchauffement des eaux et une eutrophisation du milieu, probablement à l'origine de la mort de trois individus (Fig. 11).

Sur ce site, des actions de restauration ont été engagées en 2020, afin de garantir l'habitabilité du milieu pour la Grande Mulette. La pérennité du suivi sur les sites de report a ici démontré tout son intérêt. Cet exemple démontre d'autant



FIG. 12. — Juvénile de Grande Mulette *Pseudunio auricularius*, Spengler 1793 en filtration. Crédit photo : Nicolas Patry.

plus la nécessité d'anticiper et de provisionner les actions de conservation sur les sites de report.

Le déplacement d'espèces ou « translocation » est souvent mis en avant comme un acte de dernière chance pour sauver une espèce (Nakamura *et al.* 2022). Si nous avons pu montrer la réussite du déplacement réalisé en 2012, cela ne permet pas d'être optimiste sur l'avenir de l'espèce. Bien que les juvéniles transférés sur la station de Port-de-Piles soient considérés comme reproducteurs au vu de leurs tailles (Richard & Prié 2022), les stations connues déclinent et peu de jeunes stades sont observés. Des efforts sont encore à produire pour améliorer la qualité des eaux, limiter leur réchauffement et rétablir la continuité écologique des fleuves et rivières. Sur la Creuse, des émergences de juvéniles ont pu être observées sur des secteurs où l'espèce n'était pas connue (Patry & Philippe 2020). Ce constat semble être corrélé à la réouverture de la rivière et à la remontée de la Lamproie marine *Petromyzon marinus* Linnaeus, 1758, aujourd'hui considérée comme l'hôte primaire des larves de Grandes Mulettes (Patry & Philippe 2020 ; Soler *et al.* 2019). Ces observations sont encourageantes. Les suivis à long terme sont d'autant plus incontournables sur ces stations de juvéniles afin de comprendre les conditions d'émergence et de vie de ces jeunes stades (Fig. 12), représentant l'avenir de l'espèce.

Remerciements

Aux équipes de Réseau ferré de France (RFF), COnstruction Europe Atlantique (COSEA), LIgne Sud Europe Atlantique (LISEA) et Vinci notamment Caroline Folliet, Amandine Szurpicki, Marion Gouraud, Caroline Demilecamps et Richard Brun, à Gilbert Cochet et à toutes les équipes de Biotope étant intervenues dans le cadre de la préparation, du déplacement ou des suivis : Céline Mathieu, Baptiste Faure, Xavier Cucherat, Myriam Jamier, Gwenaëlle Fahrner, Sonia Walter, Virginie Fresneau, Damien Froment, Noëlie Tapko, Astrid Morel, Virginie Sauter, Quentin Molina, Philippe Bousquet, Ludwick Simon, Damien Février, Mélanie Béranger, Erwan Chupin, Sindy Bouyssonneau et l'équipe d'Hémisphère Sub et de Delis Sport (Erwan Jacquin). Merci à Yves Le Bras, pour son appui sur les statistiques. Merci également aux relecteurs : Lilian Léonard et particulièrement Xavier Cucherat pour ses conseils, ainsi qu'aux membres de *Naturae* pour le bon accueil réservé à cet article.

RÉFÉRENCES

CUTTELOD A., SEDDON M. & NEUBERT E. 2011. — *European Red List of Non-Marine Molluscs*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 108 p.

COCHET G. 2001. — Redécouverte d'une population vivante de la Grande Mulette, *Pseudunio auricularius*, sur la Vienne et la Creuse. *Recherches naturalistes en région Centre* 10: 3-16.

COPE G. W. & WALLER D. L. 1995. — Evaluation of freshwater mussel as a conservation and managment strategy. *Regulated Rivers: Research and Management* 11 (2): 147-155. https://doi.org/10.1002/rrr.3450110204

CUCHERAT X., LAMAND F. & PRIÉ V. 2021. — *Guide technique : Mulette épaisse et autres bivalves : quels projets doivent les prendre en compte et comment ?* DREAL Grand Est, DRIEAT Île-de-France, OFB, Paris, 107 p.

HART M. A., FISHER M. & RANDKLEV C. R. 2020. — A cautionary tale about translocating mussels and implications for conservation: a case study from two rivers basins in central Texas. *Aquatic Conservation : Marine and Freshwater Ecosystems* 31 (4): 916-929. https://doi.org/10.1002/aqc.3513

IUCN COMITÉ FRANÇAIS, OFB & MNHN 2021. — *La liste rouge des espèces menacées en France : chapitre mollusques continentaux de France métropolitaine.* UICN, OFB, MNHN, Paris, 16 p.

IUCN/SSC 2013. — *Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Tranlocations. Version 1.0.* IUCN Species Survival Commission, Gland, 57 p.

KURTH J.-E. 2007. — *Methods for the Translocation of the Yellow Lampmussel (*Lamsilis cariosa*) and Tidewater Mucket (*Leptodea ochracea*) in the Fort Halifax Dam Impoudment of the Sebasticok River, Maine.* Electronic Theses and Dissertations, Des Moines, 110 p.

LAYZER J. B. & SCOTT E. M. 2006. — Restoration and colonization of freshwater mussels and fish in a southeastern United States tailwater. *River Research and Applications* 22 (4): 475-491. https://doi.org/10.1002/rra.919

LIM M., FOURNIER-CHAMBRILLON C., PONCET E., LACAZE V., FOURNIER P., BLANC F. & NEMOZ M. 2022. — Suivi par radiopistage du Desman des Pyrénées *Galemys pyrenaicus* (E. Geoffroy Saint Hilaire, 1811) sur deux cours d'eau d'Ariège : rythme d'activité, utilisation de l'espace et influence des variations de débit. *Naturae* 2022 (12): 213-233. https://doi.org/10.5852/naturae2022a12

NAKAMURA K., CUCALA L. & MESTRE A. 2018. — Modelling growth in the critically endangered freshwater mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) in the Ebro basin. *Hydrobiologia* 810: 375-391. https://doi.org/10.1007/s10750-017-3103-9

NAKAMURA K., GUERRERO CAMPO J., GINES E., MESQUITA-JOANES F., ALCANTARA M. & SOUSA R. 2022. — Translocation as an ultimate conservation mesure for the long-term survival of a critically endangered freshwater mussel. *Hydrobiologia* 849: 3401-3417. https://doi.org/10.1007/s10750-022-04942-5

PATRY N. & PHILIPPE L. 2020. — Découverte de cinq nouvelles stations de Grande Mulette *Pseudunio auricularius* (Spengler, 1793) dans la rivière Creuse. *MalaCo* 16: 6-8.

PHILIPPE L. & PATRY N. 2012a. — *Protocole de déplacement de Mulettes protégées dans le cadre de la LGV SEA, départements d'Indre-et-Loire (37) et de la Vienne (86)*. BIOTOPE, COSEA, Tours, 48 p.

PHILIPPE L. & PATRY N. 2012b. — *Compte-rendu de réalisation des mesures de déplacement de mulettes protégées dans le cadre de la LGV SEA, Vienne, département d'Indre-et-Loire (37)*. BIOTOPE, COSEA, Tours, 17 p.

PRIÉ V. 2010. — *Margaritifera auricularia* (errata version published in 2020). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T12798A180285338. https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-4.RLTS.T12798A180285338.en

PRIÉ V., PHILIPPE L. & COCHET G. 2012. — *Plan national d'Actions en faveur de la Grande mulette* Margaritifera auricularia*, 2012-2017.* Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Centre / SEB / UEFF, Orléans, 94 p.

PRIÉ V., SOLER J., ARAUJO R., CUCHERAT X., PHILIPPE L., LEGRAND N., PATRY N., ADAM B., JUGE P., RICHARD N. & WANTZEN K. M. 2018. — Challenging exploration of troubled waters: a decade of surveys of the giant freshwater pearl mussel *Margaritifera auricularia* in Europe. *Hydrobiologia* 810: 157-175. https://doi.org/10.1007/s10750-017-3456-0

R CORE TEAM 2022. — *R : a Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/, dernière consultation en juillet 2023.

RICHARD N. & PRIÉ V. 2022 — *Second Plan national d'Actions en faveur de la Grande Mulette.* Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Centre Val de Loire, Orléans, 68 p.

SOLER J., BOISNEAU C., JUGE P., RICHARD N., GUEREZ Y., MORISSEAU L., WANTZEN K. M. & ARAUJO R. 2019. — An unexpected host for the endangered giant freshwater pearl mussel *Margaritifera auricularia* (Spengler, 1793) as a conservation tool. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* 29 (10): 1758-1770. https://doi.org/10.1002/aqc.3164

Soumis le 15 mars 2021 ;
accepté le 4 février 2025 ;
publié le 10 septembre 2025.