

Étude du retour de la Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) sur le fleuve Lez grâce aux méthodes non-invasives de suivi des populations et une collaboration étroite entre structures académiques et territoriales

Olivier GIMENEZ, Simon LACOMBE, Louis BARBU, Yann RAULET,
Vincent SABLAIN, Tom CARLI, Camille COLLARD, Anthony DESMAZES,
Claude MIAUD, Caroline DELAIRE, Lazare DUVAL, Nicolas LESCUREUX,
Raphaël MATHEVET, Tatiana TRONEL, Nicolas JUILLET, Alice FURNARI,
Alice VALENTINI, Sébastien RANC, Alexandre DUBOST, Bruno FRANC,
Eve LE POMMELET, Louise D'HOLLANDE, Serge ROUVIÈRE, Clément OYON,
Alix COSQUER, Maëlis KERVELLEC, Paula DIAS, Stéphanie GROSSET,
Johan MICHAUX, Anaïs BEAUMARIAGE, Adrien ANDRÉ & Sébastien DEVILLARD

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*:

Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) sur le fleuve Lez, à Montpellier. Crédit photo: Yann Raulet.

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

Étude du retour de la Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) sur le fleuve Lez grâce aux méthodes non-invasives de suivi des populations et une collaboration étroite entre structures académiques et territoriales

Olivier GIMENEZ

CEFE, Université Montpellier, CNRS, EPHE, IRD,
1919 route de Mende, F-34090 Montpellier (France)
olivier.gimenez@cefe.cnrs.fr

Simon LACOMBE

CEFE, Université Montpellier, CNRS, EPHE, IRD,
1919 route de Mende, F-34090 Montpellier (France)
et Université Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS,
Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive, F-69100 Villeurbanne (France)
simon.lacombe@cefe.cnrs.fr

Louis BARBU

Association Fiber Nature, appartement 108,
bâtiment C8, 389 rue de l'Espinouse, F-34090 Montpellier (France)
et CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD,
1919 route de Mende, F-34090 Montpellier (France)
louisbarbu@gmail.com

Yann RAULET

Service Nature, Observatoire et Territoire, Direction Nature, Agroécologie et Paysage,
Pôle Biodiversité Paysages Agroécologie et Alimentation (BP2A),
avenue Albert Einstein, Domaine municipal de Grammont, F-34000 Montpellier (France)
yann.raulet@montpellier.fr

Vincent SABLAIN

EPTB Lez (Syndicat du Bassin du Lez – SYBLE),
Domaine de Restinclières, F-34730 Prades-le-Lez (France)
v.sablain@eptb-lez.fr

Tom CARLI

CEFE, Université Montpellier, CNRS, EPHE, IRD,
1919 route de Mende, F-34090 Montpellier (France)
tom.carli3110@gmail.com

Camille COLLARD

Anthony DESMAZES

Association Fiber Nature, appartement 108,
bâtiment C8, 389 rue de l'Espinouse, F-34090 Montpellier (France)
collard.camille1@gmail.com
anthony.desmazes@icloud.com

Claude MIAUD
Caroline DELAIRE
Lazare DUVAL
Nicolas LESCUREUX
Raphaël MATHEVET

CEFE, Université Montpellier, CNRS, EPHE, IRD,
1919 route de Mende, F-34090 Montpellier (France)
claudemiaud@cefe.cnrs.fr
caroline.dlr@hotmail.fr
lazare.duval@unil.ch
nicolas.lescureux@cefe.cnrs.fr
raphael.mathevet@cefe.cnrs.fr

Tatiana TRONEL
Nicolas JUILLET

Les Écologistes de l'Euzière,
Domaine de Restinclières, 34730 Prades-le-Lez (France)
tatiana.tronel@gmail.com
nicolas.juillet@euziere.org

Alice FURNARI
Alice VALENTINI

SPYGEN, 17 rue du Lac Saint André, CS 20274, F-73375 Le Bourget-du-Lac cedex (France)
alice.furnari@spygen.com
alice.valentini@spygen.com

Sébastien RANC

CPIE APIEU – Territoires de Montpellier,
Mas de Costebelle, 842 rue de la Vieille Poste, F-34000 Montpellier (France)
sebastien.ranc@cpie-apieumontpellier.fr

Alexandre DUBOST

Centre Ressources Educ Nature,
Domaine de Restinclières, F-34730 Prades-le-Lez (France)
educnature@ac-montpellier.fr

Bruno FRANC

CPIE APIEU – Territoires de Montpellier,
Mas de Costebelle, 842 rue de la Vieille Poste, F-34000 Montpellier (France)
bruno.franc@cpie-apieumontpellier.fr

Eve LE POMMELET

EPTB Symbo, boulevard de la Démocratie, F-34130 Muguio (France)
elepommelet@symbo.fr

Louise D'HOLLANDE

EPTB Symbo, boulevard de la Démocratie, F-34130 Muguio (France)
et CEFE, Université Montpellier, CNRS, EPHE, IRD,
1919 route de Mende, F-34090 Montpellier (France)
louise.dhollande@agrocampus-ouest.fr

Serge ROUVIÈRE
Clément OYON

EPTB Vidourle – CS10202, 216 chemin de Campagne, F-30251 Sommières (France)
s.rouviere@vidourle.org
c.oyon@vidourle.org

Alix COSQUER

CEFE, Université Montpellier, CNRS, EPHE, IRD,
1919 route de Mende, F-34090 Montpellier (France)
alixcosquer@gmail.com

Maëlis KERVILLEC
Paula DIAS

CEFE, Université Montpellier, CNRS, EPHE, IRD,
1919 route de Mende, F-34090 Montpellier (France)
maelis.kervillec@cefe.cnrs.fr
paula.dias@cefe.cnrs.fr

Stéphanie GROSSET

Service Nature, Observatoire et Territoire, Direction Nature, Agroécologie et Paysage,
Pôle Biodiversité Paysages Agroécologie et Alimentation (BP2A),
avenue Albert Einstein, Domaine municipal de Grammont, F-34000 Montpellier (France)
stephanie.grosset@montpellier.fr

Johan MICHAUX

Laboratoire Génétique et Conservation (GeCoLAB),
Université de Liège, B-4000 Liège (Belgique)
et Université Montpellier, CIRAD, INRAE, UMR 117 Animal Santé Territoire
Risque Environnement, F-34398 Montpellier Cedex 5 (France)
johan.michaux@uliege.be

Anaïs BEAUMARIAGE
Adrien ANDRÉ

Laboratoire Génétique et Conservation (GeCoLAB),
Université de Liège, B-4000 Liège (Belgique)
anais.beaumariage@uliege.be
adrien.andre@uliege.be

Sébastien DEVILLARD

Université Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS,
Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive, F-69100 Villeurbanne (France)
sebastien.devillard@univ-lyon1.fr

Soumis le 7 octobre 2024 | Accepté le 5 mars 2025 | Publié le 15 octobre 2025

Gimenez O., Lacombe S., Barbu L., Raulet Y., Sablain V., Carli T., Collard C., Desmazes A., Miaud C., Delaire C., Duval L., Lescureux N., Mathevet R., Tronel T., Juillet N., Furnari A., Valentini A., Ranc S., Dubost A., Franc B., Le Pommellet E., D'hollande L., Rouvière S., Oyon C., Cosquer A., Kervillec M., Dias P., Grosset S., Michaux J., Beaumariage A., André A. & Devillard S. 2025. — Étude du retour de la Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) sur le fleuve Lez grâce aux méthodes non-invasives de suivi des populations et une collaboration étroite entre structures académiques et territoriales. *Naturae* 2025 (12): 147-168. <https://doi.org/10.5852/naturae2025a12>

RÉSUMÉ

Nous étudions la Loutre d'Europe (*Lutra lutra* (Linnaeus, 1758)) dans le fleuve côtier du Lez, près de Montpellier, en zone de recolonisation d'un milieu anthropisé. L'objectif est de mieux comprendre la dynamique d'installation de l'espèce. À travers des méthodes d'échantillonnage non-invasives telles que le piégeage photographique, l'ADN environnemental et la recherche d'épreintes, nous posons des questions liées à la période d'activité de l'espèce, à son régime alimentaire, aux interactions interspécifiques et aux origines géographiques des individus détectés. Nos résultats indiquent une activité principalement nocturne, probablement liée à la pression humaine sur le cours d'eau. Le régime alimentaire est dominé par des poissons comme le Chevesne (*Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)), mais la loutre montre une grande plasticité, consommant également des espèces exotiques envahissantes comme l'Écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii* (Girard, 1852)). Des interactions avec d'autres espèces, comme le Renard (*Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758)), sont également documentées. L'origine des populations locales semble venir du nord, contrastant avec celles du bassin de l'Hérault. Notre étude souligne l'importance de restaurer les petits cours d'eau et d'améliorer leur connectivité (trame turquoise) pour la conservation de l'espèce. Elle intègre aussi une dimension interdisciplinaire en combinant sciences écologiques et sociales, avec une enquête sur les perceptions locales de la loutre. Enfin, la médiation scientifique est abordée à travers l'élaboration d'une valise pédagogique et la création d'un « havre de paix » pour la loutre afin de sensibiliser à la préservation des zones humides et favoriser la cohabitation durable avec l'espèce.

MOTS CLÉS

ADN environnemental,
mammifère semi-aquatique,
mustélide,
piège photographique,
suivi non-invasif
des populations.

ABSTRACT

*Study of the colonization by the European otter *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) of the river Lez using non-invasive population monitoring methods and a close collaboration between academics and stakeholders.*

We study the European otter (*Lutra lutra* (Linnaeus, 1758)) in the coastal river Lez, near Montpellier (France) in an area of recolonization of an anthropized environment. Our objective is to better understand the dynamics of species establishment. Through non-invasive sampling methods such as camera trapping, environmental DNA, and the search for spraints, we address questions related to the species' activity period, diet, interspecific interactions, and the geographical origins of detected individuals. Our results indicate a predominantly nocturnal activity, likely linked to human pressure on the river. The diet is dominated by fish such as the chub (*Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)), but the otter demonstrates great plasticity, also consuming invasive species like the Louisiana crayfish (*Procambarus clarkii* (Girard, 1852)). Interactions with other species, such as foxes (*Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758)), are also documented. The origin of local populations appears to be from the north, contrasting with those from the Hérault watershed. Our study highlights the importance of restoring small rivers and improving their connectivity (turquoise infrastructure) for species conservation. It also integrates an interdisciplinary dimension by combining ecological and social sciences, with a survey on local perceptions of the otter. Finally, scientific outreach is addressed through the development of an educational kit and the creation of a "haven" for the otter to raise awareness about the preservation of wetlands and promote sustainable coexistence with the species.

KEY WORDS

Environmental DNA,
semi-aquatic mammals,
mustelids,
camera trap,
non-invasive population
monitoring.

INTRODUCTION

Les cours d'eau jouent un rôle fondamental en tant que réservoirs de biodiversité, abritant une multitude d'espèces animales et végétales (Reid *et al.* 2019). On considère par exemple qu'un tiers des espèces de vertébrés sont limitées à ces écosystèmes (Dudgeon *et al.* 2006).

La santé écologique des cours d'eau et des écosystèmes d'eau douce plus généralement (Giraudoux 2022) est primordiale non seulement pour la biodiversité qu'ils abritent, mais aussi pour les fonctions écosystémiques et les contributions qu'ils fournissent au bon fonctionnement et bien-être de nos sociétés (Albert *et al.* 2021 ; Vári *et al.* 2022).

Cependant, ces écosystèmes – notamment en région méditerranéenne – sont soumis à des menaces croissantes (Vörösmarty *et al.* 2010), liées notamment à l'urbanisation, à la pollution et au changement climatique (Dudgeon *et al.* 2006 ; Reid *et al.* 2019). Ces pressions soulignent l'importance de suivre l'état et la dynamique de la biodiversité afin de mieux comprendre et préserver ces milieux essentiels.

Dans ce contexte, l'étude des mammifères semi-aquatiques, tels que la Loutre d'Europe (*Lutra lutra* (Linnaeus, 1758)) ; on utilisera le terme loutre dans la suite de l'article ; Fig. 1), revêt un intérêt particulier. En tant que prédateur au sommet de la chaîne alimentaire, la loutre joue un rôle clé dans la dynamique des populations de poissons et d'autres organismes aquatiques (Kruuk 2006), y compris les espèces exotiques envahissantes (e.g., Barrientos *et al.* 2014 mais voir Balestrieri *et al.* 2013), contribuant ainsi à l'équilibre et à la régulation écologique des milieux d'eau douce. Sa présence ou son absence peut être un indicateur précieux de la santé des écosystèmes d'eau douce, car elle est particulièrement sensible aux modifications de son environnement, notamment à la perturbation des habitats aquatiques comme les zones humides et ripisylves qu'elle fréquente (Bedford 2009 ;

Brand *et al.* 2020 ; Couturier *et al.* 2023b). Bien que sensible aux perturbations, cet animal opportuniste peut également occuper des zones de moindre qualité biologique, à condition que la tranquillité et la nourriture y soient suffisantes, nuanciant ainsi son rôle strict d'indicateur de qualité (Reid *et al.* 2013).

Comment étudier la loutre dans son habitat naturel ? En écologie des populations, on a souvent recours à la capture (et recapture) physique des animaux pour pouvoir les marquer individuellement ou les équiper de capteurs de mesure (e.g., GPS) et ainsi étudier leur démographie, leurs comportements et leurs déplacements. Ces méthodes occasionnent toutefois un dérangement (Jewell 2013) et peuvent s'avérer coûteuses (en matériel, en ressources humaines et sur le plan logistique), voire impossibles à déployer sur des échelles de temps et d'espace assez grandes pour être pertinentes pour la conservation de l'espèce ou d'une population donnée. La loutre a un comportement discret. Elle utilise de grands domaines vitaux, elle est plutôt active de nuit et prend rapidement la fuite lorsqu'elle est dérangée, rendant sa capture difficile.

Dans cette étude, nous illustrons comment l'utilisation complémentaire de plusieurs méthodes non-invasives de suivi des populations permet, outre d'éviter de déranger les animaux (Zemanova 2020), d'accumuler en peu de temps des données informatives sur l'écologie de l'espèce et de répliquer l'échantillonnage dans le temps et l'espace (Long *et al.* 2008). Notre objectif est également d'illustrer comment la mise en place d'un suivi de population pour la conservation d'une espèce (Nichols & Williams 2006) peut permettre de réduire efficacement le fossé entre chercheurs et gestionnaires, identifié comme un obstacle à l'utilisation de la science pour informer la gestion et les actions de conservation (Cook *et al.* 2013). Notre recherche s'appuie sur une collaboration étroite entre partenaires



Fig. 1. — Loutre d'Europe (*Lutra lutra* Linnaeus, 1758) sur les berges du Lez. Crédit photo: Yann Raulet.

académiques et non-académiques (Couturier *et al.* 2023a) avec comme hypothèse que « faire le terrain ensemble » permet de construire une culture scientifique commune (Toomey *et al.* 2017) *via* l'interaction entre des acteurs aux intérêts partagés, mais aux agendas de travail et aux objectifs différents. La collaboration engagée ici contribue non seulement à enrichir les connaissances scientifiques et à proposer des actions de conservation, mais également à soutenir l'élaboration de politiques publiques, notamment dans le cadre de la mise en œuvre de la trame turquoise – c'est-à-dire l'espace fonctionnel pour préserver la biodiversité des milieux aquatiques et des zones humides (Clauzel *et al.* 2023 ; Tarabon *et al.* 2024), un point que nous illustrons dans l'article.

Le terrain choisi est le Lez, un petit fleuve côtier de deuxième catégorie traversant neuf communes de la métropole de Montpellier dans le département de l'Hérault. Ce cours d'eau offre un terrain idéal pour cette étude puisqu'il parcourt des zones périurbaines et urbaines, et constitue un environnement où la loutre partage son habitat avec de nombreuses autres espèces compétitrices et proies, ainsi qu'avec les activités humaines (récréatives, agricoles et liées à la mobilité).

Dans cet article, nous posons les questions suivantes : Comment se distribue l'espèce le long du cours d'eau ? Quand est-elle active ? Quelles autres espèces partagent l'espace avec elle ? D'où viennent les individus observés ? Quel est son régime alimentaire ? Nous abordons ces questions grâce à plusieurs méthodes non-invasives telles que la recherche d'indices de présence – principalement des fèces – le long de transects, l'analyse génétique des fèces, l'enregistrement vidéo grâce à des pièges photographiques, et l'ADN environnemental.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

LA LOUTRE D'EUROPE

La loutre est un mammifère carnivore, se nourrissant essentiellement de poissons, mais aussi d'écrevisses et d'amphibiens (Kruuk 2006 ; Rosoux *et al.* 2019). Espèce semi-aquatique inféodée aux zones humides, la loutre vit à la fois dans les cours d'eau, où elle trouve sa nourriture, et sur les berges, où elle se repose, se reproduit et élève ses petits (Kruuk 2006 ; Rosoux *et al.* 2019). Au siècle dernier, l'espèce a presque disparu en France en raison de plusieurs

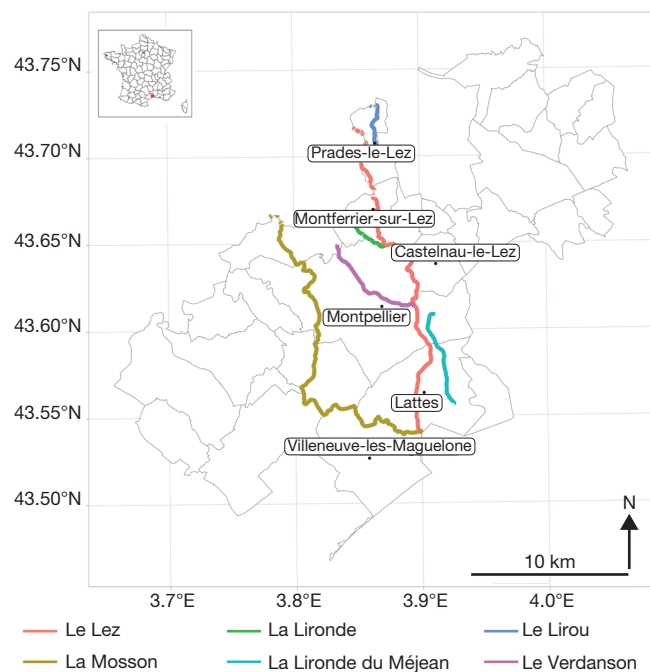


FIG. 2. — Carte de l'aire d'étude. La métropole de Montpellier est représentée avec le fleuve Lez et ses principaux affluents (le Lirou, la Lirou, la Lirou du Méjean, le Verdanson, la Mosson). En haut à gauche se trouve une carte de France dans laquelle l'encadré rouge indique les contours de la métropole.

facteurs : la chasse pour sa fourrure, la persécution par les pêcheurs et pisciculteurs en raison de son régime piscivore, ainsi que la pollution des cours d'eau (notamment par les polychlorobiphényles ou PCB) et la dégradation de son habitat naturel (Rosoux *et al.* 2019).

Le déclin de la loutre a été enravé grâce à des mesures de protection légale : d'abord par l'interdiction de sa destruction en 1972, puis par l'obtention du statut d'espèce protégée en 1981 *via* la Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (dont elle est le symbole), et enfin par l'amélioration de la qualité écologique des milieux aquatiques (Rosoux *et al.* 2019). Ainsi, la loutre présente une dynamique de recolonisation soutenue du territoire français, où elle est présente actuellement dans presque les trois quarts du pays (Lacombe *et al.* 2025). On la retrouve entre autres dans des habitats pouvant être dégradés, fortement anthropisés, illustrant son comportement opportuniste et ses capacités d'adaptation (Clavero *et al.* 2003 ; Reid *et al.* 2013), y compris dans la région étudiée ici (Mathevet 1996 ; Mathevet *et al.* 2009).

Malgré une recolonisation active et en cours des parties aval des fleuves côtiers et des zones humides littorales du sud du Massif central et du Rhône, la loutre est toujours absente d'une partie de son aire de répartition originelle et reste confrontée à des menaces d'origine anthropique, notamment les collisions routières du fait de la densité forte du réseau routier ou les captures accidentelles dans les engins de pêche. Son mode de vie semi-aquatique la rend particulièrement vulnérable à la fragmentation des habitats, qu'ils soient aquatiques ou terrestres. Cette espèce figure d'ailleurs parmi celles à cohérence nationale au titre

de la Trame Verte et Bleue (TVB) – des réseaux écologiques qui visent à reconnecter les espaces naturels pour favoriser la biodiversité (trame verte pour milieux terrestres, et trame bleue pour milieux aquatiques). La dégradation des milieux aquatiques constitue un obstacle à sa recolonisation, tandis que l'intensification des infrastructures routières fragmente les continuités écologiques, et augmente le risque de collisions avec les véhicules, limitant ainsi sa dispersion. L'espèce a bénéficié d'un plan de restauration sur la période 2000-2004 qui a posé les bases des principales mesures à mettre en œuvre pour favoriser le retour de l'espèce (Rosoux *et al.* 2000), puis d'un premier Plan national d'Action (PNA) sur la période 2010-2015 (Kuhn 2010) prolongé par un deuxième sur la période 2019-2028 avec pour objectif principal d'assurer la conservation à long terme de l'espèce (Kuhn *et al.* 2019).

LE LEZ

Le Lez est un fleuve côtier long de 29,6 km qui draine un bassin versant de 196 km² dans le département de l'Hérault, entre les communes de Saint-Clément-de-Rivière et de Palavas-les-Flots, avant de se jeter dans la mer Méditerranée (Fig. 2). Ses principaux affluents sont la Mosson, le Lirou, la Lirou, la Lirou du Méjean et le Verdanson (Fig. 2). Habituellement calme, le Lez est toutefois sujet à des crues rapides et violentes lors des épisodes cévenols, principalement entre septembre et décembre.

La source du Lez, située au nord de Saint-Clément-de-Rivière, est la principale de l'ensemble karstique sous-jacent aux garrigues nord montpelliéraines. Cette source a été captée pour l'alimentation en eau potable dès le XIX^e siècle. Depuis 1982, le prélèvement est conséquent (1080 l/s) et assure une gestion active du karst (Maréchal *et al.* 2013). Un débit réservé minimal de 230 litres par seconde est maintenu pour préserver l'écosystème aquatique en aval. Le régime hydrologique naturel du Lez est ainsi perturbé d'abord par le captage de la ville de Montpellier dans l'aquifère karstique, puis par un soutien d'étiage estival par le déversement d'eaux en provenance du Rhône *via* le canal du Bas-Rhône Languedoc. Cet apport a été réalisé pour maintenir la capacité d'autoépuration du fleuve à partir de 1992. De plus, plusieurs bassins de rétention ont été aménagés pour limiter l'impact des crues sur la plaine en aval durant les épisodes cévenols.

Depuis sa source jusqu'à son entrée sur la commune de Castelnau-le-Lez, l'environnement immédiat du Lez est essentiellement agricole, avec une ripisylve étroite, continue et dense, ponctuée de plusieurs seuils naturels et artificiels qui régulent les écoulements. À certains endroits, cette ripisylve s'élargit sur plusieurs dizaines de mètres, formant une véritable forêt-galerie dominée par l'Aulnaie-Frénais à Frêne oxyphyllé typique de la plaine languedocienne. Cet habitat arborescent de boisements dominée par l'Aulne glutineux *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., 1790 en bordure de berge et le Frêne oxyphyllé *Fraxinus angustifolia* Vahl. sur les banquettes alluviales est présent le long du Lez, particulièrement dans sa partie amont où il

présente sa forme typique très hygrophile à Nivéole d'été. Il est le plus souvent cantonné sur quelques mètres autour du lit du cours d'eau et forme un linéaire continu lorsque les berges ne sont pas trop abruptes. En aval du Lez, où les berges abruptes rendent la ripisylve du haut de berge moins hygrophile et où la pression des activités humaines est la plus forte, le sous-bois s'appauvrit et le boisement s'enrichit d'espèces introduites comme le Robinier faux-acacia *Robinia pseudoacacia* L. ou l'Érable negundo *Acer negundo* L. Dans la traversée urbaine de Montpellier, le Lez est fortement anthropisé, particulièrement à partir de l'hôtel de Région, où des travaux importants d'endiguement et de recalibrage ont été réalisés dès les années 1980 afin de réduire l'impact des inondations. La partie aval du Lez est canalisée jusqu'à son embouchure. Sur ce linéaire d'une dizaine de kilomètres, les fonctions écologiques du fleuve et la qualité biologique globale des milieux aquatiques sont fortement dégradées.

Historiquement, un squelette de loutre a été découvert en 2006 sur le site archéologique de Lattara, ancienne ville portuaire située sur le Lez, dans une fosse datant des III^e et II^e siècles avant notre ère (Renaud & Procier 2011). Bien que cette découverte ne prouve pas l'installation d'une population de loutres sur le Lez à l'époque, elle témoigne d'un environnement favorable à l'espèce durant cette période. Plus récemment, des signes de présence de la loutre ont été trouvés à partir de juin 2016, dans le cadre de prospections naturalistes menées pour une étude d'impact (extraction de données SINP pour la période 2012-2022 sur la métropole de Montpellier : premier indice de loutre trouvé le 1^{er} juin 2016 par le bureau d'étude Naturalia-Environnement au nord de Montpellier).

MÉTHODES NON-INVASIVES DE SUIVI

La recherche de signes de présence

La recherche de signes de présence de l'espèce (principalement des épreintes, le nom donné aux crottes de loutres facilement reconnaissables) s'est déroulée du 30 janvier au 17 février 2023 sur le Lez et ses affluents (sauf la Lironde du Méjean) (Fig. 2). La période hivernale a été choisie car optimale, avec la période automnale, pour la recherche des indices du fait d'un marquage associé souvent plus intense à ces périodes et plus discret au printemps et en été (Kuhn & Jacques 2011). Nous avons utilisé le protocole préconisé par le groupe loutre de l'Union internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) pour déterminer la présence ou l'absence de l'espèce (Reuther *et al.* 2000). Un total de 13 sites ont été prospectés, placés tous les cinq kilomètres (Fig. 3), le long d'un linéaire de 600 m dans la mesure du possible. Différentes informations sur la caractérisation des milieux ont ainsi été relevées (habitat, caractéristiques du cours d'eau, caractéristiques des berges et signes éventuels de perturbations liées à l'activité humaine) que nous ne détaillerons pas ici. Les épreintes ont été utilisées pour documenter la présence de l'espèce, mais aussi pour analyser l'origine génétique des individus détectés sur le Lez, et leur régime alimentaire (voir la partie

« Analyses »). Pour l'origine génétique et le régime alimentaire, des épreintes ont été également collectées entre le 21 novembre et le 28 décembre 2023. La récolte s'est focalisée sur des épreintes les plus fraîches possible, idéalement peu exposées aux UV. Les prélèvements ont été faits avec des gants et une spatule pour éviter les contaminations. Dans un flacon de 15 ml, un morceau d'épreinte était introduit pour occuper un tiers du volume, puis on complétait avec de l'éthanol à 96° non dénaturé. Chaque prélèvement a été conservé dans un congélateur domestique à -18°C.

Le piégeage photographique

Nous avons mené le piégeage photographique entre le 15 janvier et le 15 juin 2023 sur le Lez exclusivement. Nous avons placé des appareils photographiques à déclenchement automatique (ou pièges photographiques) régulièrement le long du cours d'eau, sur la base de détection passée d'épreintes et notre connaissance du terrain ; au total nous avons déployé 19 pièges (Fig. 3). Ces pièges ont été fixés sur des arbres à une hauteur comprise entre 50 et 100 cm. Tous les appareils étaient des Browning Extreme SpecOps Full HD Video, paramétrés pour ne faire que des vidéos, avec la détection de mouvement à grande distance, le flash nocturne à grande distance, la qualité des vidéos en haute définition et la longueur maximale des vidéos fixée à une minute de jour et trente secondes de nuit. Ces pièges ont été relevés tous les mois et demi (au plus) pour remplacer la carte mémoire SD et les piles si besoin.

L'ADN environnemental

Comme méthode complémentaire aux deux précédentes, nous avons considéré l'ADN environnemental ou ADNe, l'ensemble des traces d'ADN laissées par les organismes dans leur environnement, *via* des éléments tels que la peau, les poils, les excréments, ou encore le mucus. Cet ADN est collecté à partir de milieux comme l'eau, le sol ou l'air, puis analysé pour identifier les espèces présentes, sans avoir à les observer directement. Il s'agit d'une approche relativement récente (Ficetola *et al.* 2008) qui a montré des résultats prometteurs pour la loutre (Jamwal *et al.* 2021, 2023 ; Ballini *et al.* 2024). Nous avons mené l'étude d'ADNe entre le 21 novembre 2023 et le 22 décembre 2023 sur le Lez exclusivement, en milieux courants. Le protocole d'échantillonnage de l'ADNe consiste en un prélèvement d'eau pompée pendant 30 minutes à l'aide d'une pompe péristaltique (Vampir, Bürkle GmbH, Bad Bellingen, débit de 1,1 L/min), d'un tuyau, et filtrée par une capsule de filtration VigiDNA possédant une membrane de 500 cm² de surface avec une porosité de 0,45 µm (SPYGEN, le Bourget du Lac, France). À la fin de la filtration, l'eau restant dans la capsule est extraite et 80 ml de solution tampon CL1 (SPYGEN, le Bourget du Lac, France) sont ajoutés. La capsule a été conservée à température ambiante jusqu'à l'extraction en laboratoire. Nous avons effectué trois répliques par site, à contre-courant, en direction de l'amont. Au total nous avons considéré dix sites d'échantillonnage (Fig. 3). À noter que pour des contraintes financières, un seul réplique (plutôt que trois) a été fait sur les trois sites les plus en aval.

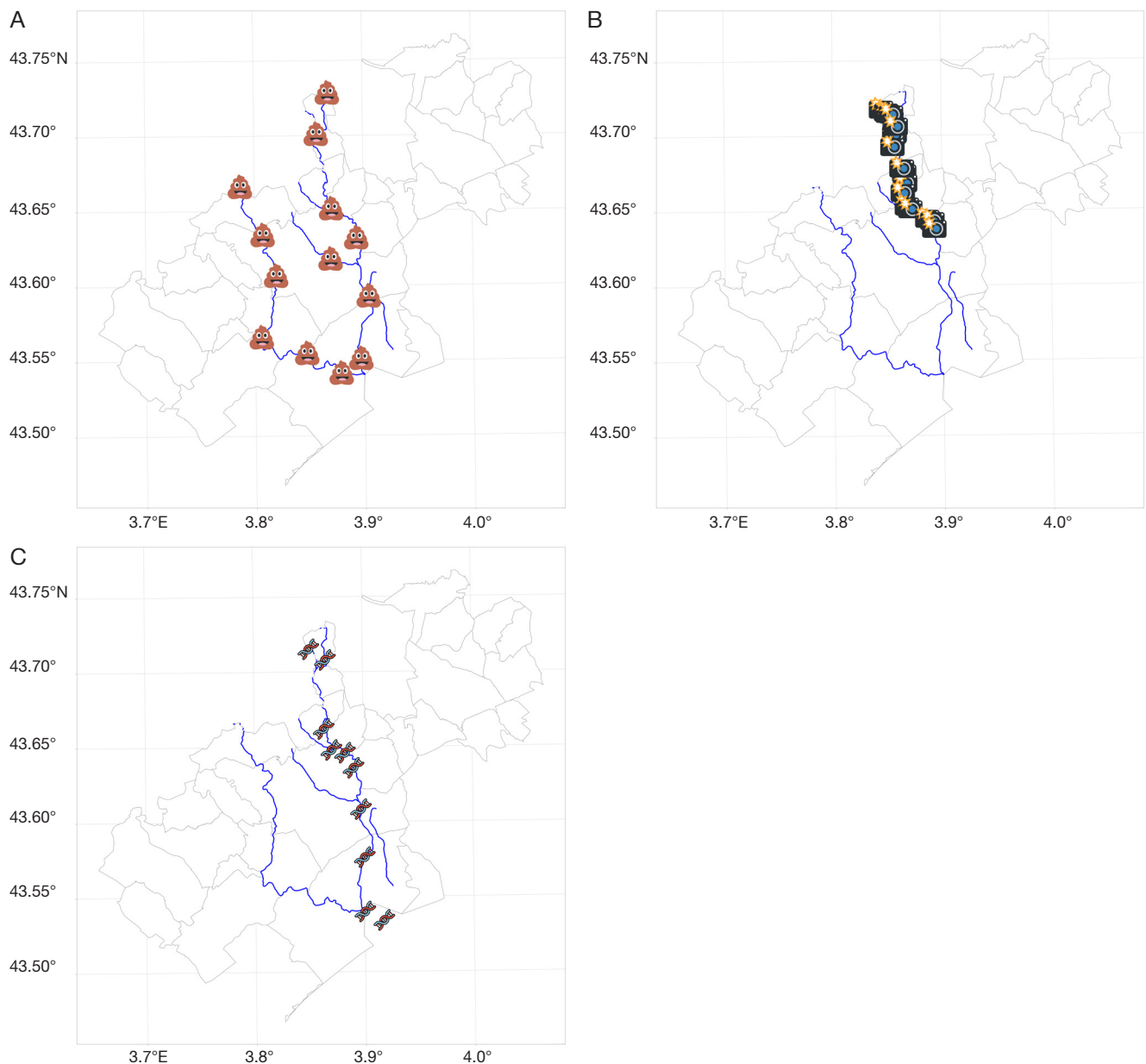


FIG. 3. — Carte des protocoles de récolte de données sur sites : recherche des signes de présence de la Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758). **A**, épreintes (dont certaines utilisées pour la structure génétique et le régime alimentaire); **B**, pièges photographiques; **C**, ADN environnemental.

ANALYSES

Le chevauchement des temps d'activité

Dans l'objectif d'explorer la co-occurrence de la loutre avec d'autres espèces, nous avons exploité les données de pièges photographiques afin d'estimer le chevauchement d'activité entre plusieurs paires d'espèces impliquant la loutre. Pour éviter les redondances, nous avons considéré les détections espacées de moins d'une minute comme un unique événement. Chaque enregistrement indépendant d'une espèce a été considéré comme un échantillon aléatoire de la distribution temporelle de l'activité de cette espèce (Ridout & Linkie 2009). La densité de probabilité correspondante a été approchée en utilisant l'estimateur à noyau

de la densité (Linkie & Ridout 2011). Le chevauchement des patrons d'activité a été évalué en utilisant le coefficient de chevauchement pour les échantillons avec 60 détections ou moins (Ridout & Linkie 2009). Ce coefficient varie de zéro (aucun chevauchement) à un (chevauchement complet). Nous avons utilisé la méthode du « bootstrap » pour évaluer la précision de cet estimateur en calculant l'intervalle de confiance à 95 % à partir de 1000 pseudo-échantillons.

Génétique et échantillons d'eau

L'extraction de l'ADN a été réalisée dans un laboratoire d'ADN contrôlé dédié, équipé de salles blanches séparées avec pression d'air positive, traitement UV et renouvellement

fréquent de l'air. Des procédures de décontamination ont été menées avant et après toutes les manipulations. L'extraction a été réalisée selon le protocole de Pont *et al.* (2018). Une première étape d'amplification a été menée en suivant le protocole utilisé dans Valentini *et al.* (2016) pour les poissons et une seconde en suivant le même protocole, mais avec une amorce universelle d'ADNr mitochondrial 12S de mammifère (Mamm01 : 5'-CCGCCCGTCACYCTC CT-3' et 5'-GTAYRCTTACCWTGTTACGAC-3'; Taberlet *et al.* 2018) et une amorce de blocage humaine (5'-CCTCCTCAAGTATACTTCAAAGGACATTTAACT-3SpC3). Les amplifications ont été effectuées avec 12 répliques PCR par extrait d'ADN. Des contrôles négatifs d'extraction négatifs et de PCR (eau ultra pure) ont été amplifiés et séquencés en parallèle aux échantillons pour surveiller d'éventuelles contaminations. Les produits PCR purifiés ont été regroupés en volumes égaux pour atteindre une profondeur de séquençage théorique de 300 000 lectures par échantillon pour les mammifères et 500 000 pour les poissons. Ensuite, les pools des produits amplifiés ont été séquencés en utilisant un NextSeq 1000 (Illumina, San Diego, CA, USA). L'analyse des produits de séquençage a été réalisée à l'aide du pipeline bioinformatique optimisé développé pour le programme Vigilife (www.vigilife.org, dernière consultation le 13 juillet 2025). En résumé, les lectures directes et inverses ont été assemblées puis démultiplexées pour les paires d'amorces et les tags. Les séquences plus courtes que 20 paires de bases ou apparaissant moins de 10 fois par échantillon ont été éliminées. Les variantes de séquence d'amplicon (ASV) ont été identifiées et comparées aux bases de données de référence des séquences d'ADN sPyGEN (SPYGEN, le Bourget du Lac, France) et des séquences récupérées à partir de la version 247 de GenBank pour obtenir l'attribution taxonomique de chaque ASV. Toutes les séquences avec une identité inférieure à 96 % ont été éliminées.

Génétique et épreintes

Un total de 18 échantillons d'épreintes a été collecté le long du Lez, de la source à Saint-Clément-de-Rivière jusqu'à la deuxième écluse sur la commune de Lattes (Fig. 3). Les analyses avaient pour objectifs principaux d'obtenir des informations sur l'identité et le sexe des individus présents dans la zone étudiée, ainsi que leur origine et la détermination de leur régime alimentaire. L'ADN des épreintes a été extrait à l'aide du kit QIAamp DNA Fast Stool de Qiagen, en suivant le protocole recommandé par la firme. Pour l'identification individuelle, un panel de 15 marqueurs microsatellites a été utilisé (Dallas & Piertney 1998; Dallas *et al.* 1999). Les microsatellites amplifiés et marqués par des fluorochromes ont été génotypés au moyen d'un séquenceur automatique multicapillaire 3730 xl Genetic Analyser (Applied Biosystems). Les marqueurs, analysés au minimum en triplicates, ont été comparés à une base de données d'échantillons précédemment analysés. En parallèle, le sexe des individus a également été déterminé par un marqueur moléculaire de sexe. L'origine de ces individus a

ensuite été étudiée en les comparant à la base de données qui rassemble les principales lignées de loutres françaises (Pigneur *et al.* 2018) à l'aide du logiciel STRUCTURE (Pritchard *et al.* 2000). Après examen des échantillons, ceux pour lesquels une absence de signal était détectée pour au moins 15 des 30 allèles ont été écartés, ce qui a laissé neuf des 18 échantillons restants pour les analyses ultérieures. Les génotypes de chaque échantillon ont été répétés de trois à six fois afin de minimiser les risques d'allèles nuls, en suivant l'approche dite « multitubes » (GeCoLAB, Liège, Belgique).

Étude du régime alimentaire

L'étude du régime alimentaire a été effectuée à partir de l'ADN des proies retrouvées dans les épreintes. Les extraits d'ADN utilisés lors de l'étude de l'identification individuelle ont été utilisés. Un court fragment du gène mitochondrial Cytochrome Oxydase 1 (COI) défini par Galan *et al.* (2018) a été amplifié à partir de ces extraits d'ADN. Ce fragment est reconnu pour son efficacité dans le metabarcoding ADN (voir Le Borgne & Bouget [2024] pour une introduction et l'état de l'art), particulièrement chez les mammifères et les insectes (Andriollo *et al.* 2019; Vescera *et al.* 2024). En effet ce gène mitochondrial est désigné de par son évolution rapide comme le « code barre de la vie » (Galan *et al.* 2018). Les produits PCR obtenus ont été séquencés par technologie de séquençage à haut débit en utilisant un séquenceur Novaseq de la société Illumina. Cette technologie permet le séquençage haut débit de millions de fragments correspondant aux proies retrouvées dans les épreintes de loutres. Ces millions de séquences ont été comparées avec les bases de données publiques comme Genbank ou BOLD, mais également les bases de données privées de Gecolab. Cette comparaison a permis une identification, au niveau de l'espèce, du régime alimentaire des loutres du Lez.

La trame turquoise

Pour évaluer la trame turquoise sur la métropole de Montpellier, nous avons suivi la méthode dite du *buffer* (Bournazel 2023). Dans une première étape, la trame bleue doit être déterminée. Pour ce faire, nous avons utilisé les données des Schémas régionaux de Cohérence écologique (SRCE) des documents de planification mettant en application la politique TVB à l'échelle régionale, et élaborés par les Directions régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) et les Conseils régionaux. Ces données sont centralisées, standardisées et diffusées en accès libre par le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) et le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) (<https://inpn.mnhn.fr/programme/trame-verte-et-bleue/donnees-srce>, dernière consultation le 13 juillet 2025). Dans une deuxième étape, nous avons appliqué une zone tampon (ou *buffer* en anglais) dont la largeur a été fixée à 500 m de part et d'autre de la trame bleue. Dans une troisième étape, nous avons déterminé les types d'habitat favorables à la loutre pour ses déplacements, son installation et sa reproduction, grâce à l'expertise des co-

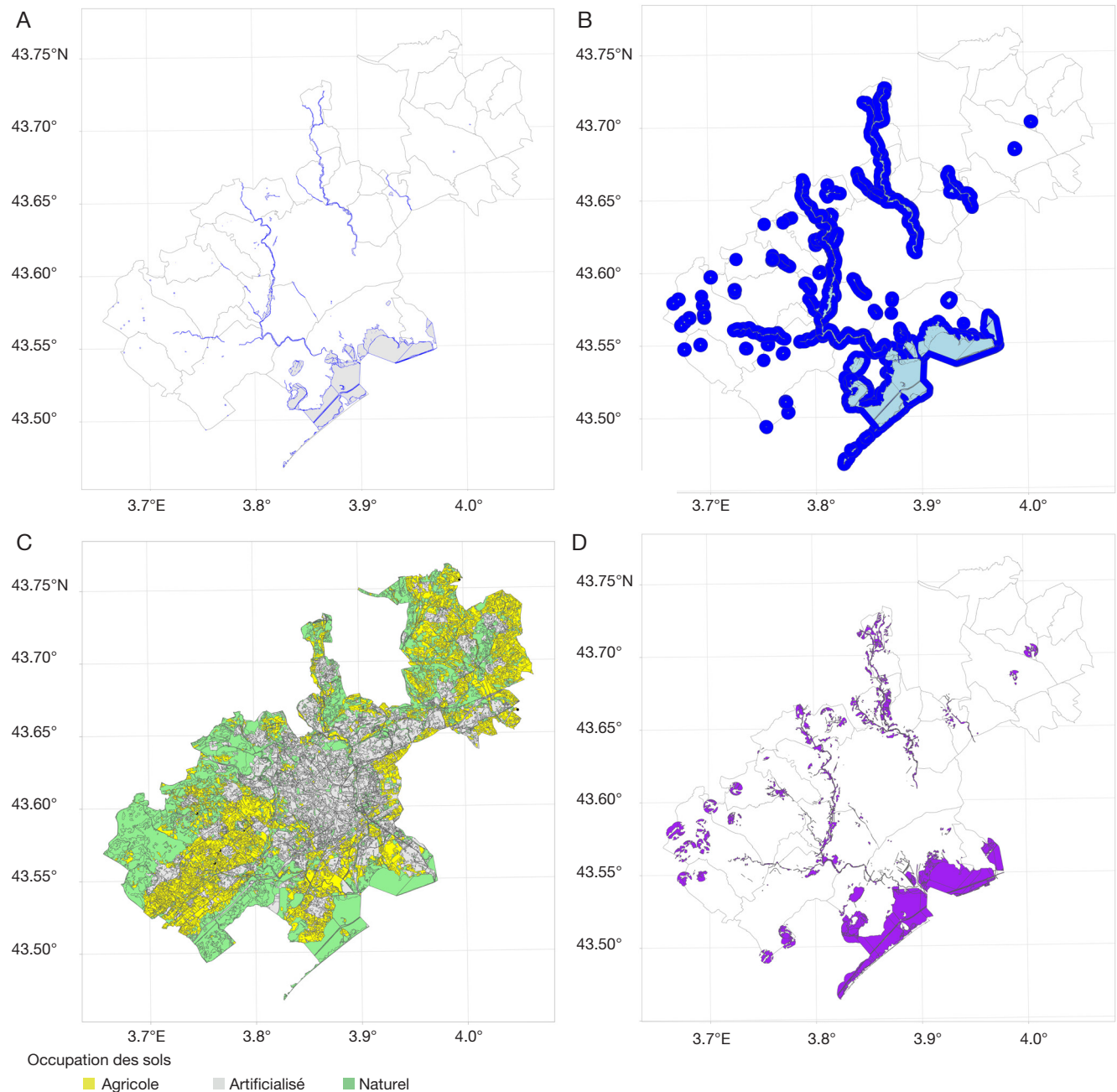


FIG. 4. — Les étapes de la construction de la trame turquoise pour la loutre sur la métropole de Montpellier. On se base sur la méthode du *buffer* qui nécessite de définir la trame bleue (A), d'appliquer une zone tampon à cette trame bleue (B), d'extraire les habitats favorables pour la Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) à partir de l'occupation des sols (C), et de croiser ces étapes pour enfin obtenir la carte de la trame turquoise (D).

auteurs du présent papier. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur la démarche « Open Data » mise en place par la métropole de Montpellier, en collaboration avec la communauté locale OpenStreetMap, et nous nous sommes basés sur la carte d'occupation des sols mise à disposition pour le territoire (<https://data.montpellier3m.fr/dataset/evolution-de-l'occupation-du-sol-de-montpellier-mediteranee-metropole/resource/9ad7fac7-40e5>, dernière consultation le 13 juillet 2025). Enfin, nous avons combiné les étapes précédentes et obtenu l'intersection des zones tampons appliquées à la trame bleue (étapes 1 et 2), et des habitats favorables à la loutre

(étape 3) pour obtenir la trame turquoise (étape 4). Ces différentes étapes sont illustrées dans la Figure 4.

Code et données

Sauf précision autre, les analyses ont toutes été faites avec le logiciel R (R Core Team 2023) en utilisant principalement les bibliothèques tidyverse (Wickham *et al.* 2019), sf (Pebesma & Bivand 2023), overlap (Ridout & Linkie 2009) et rphylopic (Gearty & Jones 2023). Le code et les données sont disponibles sur GitHub (https://github.com/oliviergimenez/analyses_Lez, dernière consultation le 13 juillet 2025).

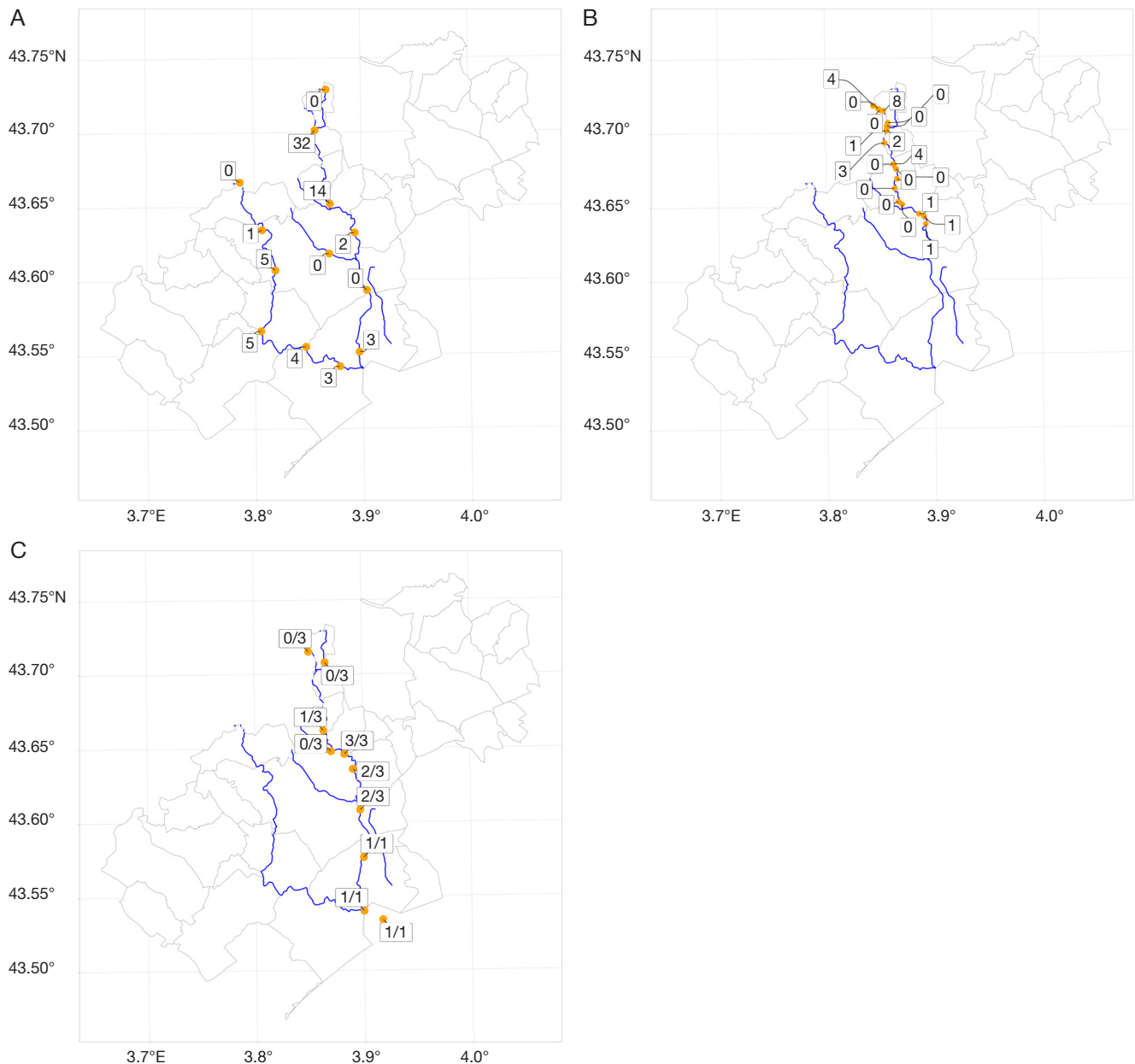


FIG. 5. — Carte des données récoltées par les trois méthodes non-invasives de suivi des populations de la Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) sur chaque site d'échantillonnage : **A**, le nombre de signes de présence (épreintes et empreintes) ; **B**, le nombre de vidéos ; **C**, le nombre de réplicas positifs d'ADN environnemental. À noter que pour des contraintes financières, un seul réplica ADN environnemental (plutôt que trois comme sur les autres sites) a été fait sur les trois sites les plus en aval.

RÉSULTATS

COMMENT SE DISTRIBUE LA LOUTRE SUR LE BASSIN VERSANT DU LEZ ?

L'espèce est présente tout le long du cours du Lez comme en attestent les trois méthodes utilisées pour la détecter (Fig. 5). Le cours d'eau est utilisé sur toute sa longueur par l'espèce, de l'amont où la ripisylve est présente (détectée par des épreintes et sur des vidéos), jusqu'à l'aval (détectée par des épreintes et l'ADNe), en passant par la partie la plus urbanisée du Lez qui traverse Montpellier (détectée par des épreintes, vidéos et ADNe). La loutre utilise aussi l'affluent principal du Lez

à savoir la Mosson (détectée par des épreintes, pas d'échantillonnage effectué par piégeage photographique ou ADNe), et ses affluents secondaires, le Lirou, la Lironde (détectée par des épreintes, et pas d'échantillonnage par piégeage photographique).

QUAND LA LOUTRE EST-ELLE ACTIVE SUR LE LEZ ?

Au total, 3767 vidéos ont été obtenues sur la durée de l'étude (Tableau 1). On détecte la loutre, ainsi que d'autres espèces d'intérêt pour la conservation comme la Genette (*Genetta genetta* (Linnaeus, 1758)). Les espèces les plus souvent observées sont les humains et les Sangliers (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758).

TABLEAU 1. — Nombre de vidéos par espèce obtenues sur les pièges photographiques disposés sur le Lez. Seules les espèces avec au moins 20 contacts sont données, dans l'ordre décroissant du nombre de vidéos.

Espèce	Nombre de vidéos
Humain (<i>Homo sapiens</i> Linnaeus, 1758)	2052
Sanglier (<i>Sus scrofa</i> Linnaeus, 1758)	577
Ragondin (<i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782))	398
Renard roux (<i>Vulpes vulpes</i> (Linnaeus, 1758))	275
Héron cendré (<i>Ardea cinerea</i> Linnaeus, 1758)	128
Fouine (<i>Martes foina</i> (Erxleben, 1777))	106
Canard colvert (<i>Anas platyrhynchos</i> Linnaeus, 1758)	50
Petite aigrette (<i>Egretta garzetta</i> (Linnaeus, 1766))	45
Loutre d'Europe (<i>Lutra lutra</i> (Linnaeus, 1758))	25
Genette (<i>Genetta genetta</i> (Linnaeus, 1758))	21

D'autres mammifères sont aussi présents, comme le Ragondin (*Myocastor coypus* Molina 1782), la Fouine (*Martes foina* (Erxleben, 1777)) et le Renard (*Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758)).

Les comparaisons par paire des patrons d'activité ont montré le coefficient de chevauchement le plus faible entre l'humain actif plutôt en début d'après-midi et la loutre à l'activité strictement nocturne sur le Lez (0,05 [0,03, 0,11], Fig. 6). Pour la paire ragondin – loutre, le chevauchement était élevé (0,79 [0,66, 0,90], Fig. 6). Les paires entre la loutre et les espèces renard et sanglier avaient un chevauchement comparable (0,60 [0,45, 0,78] pour le renard, et 0,59 [0,47, 0,80] pour le sanglier; Fig. 6).

QUELLE EST L'ORIGINE DE LA LOUTRE DU LEZ?

Les différents génotypes identifiés sur le Lez ont été comparés à une base de données reprenant plus de trois cents génotypes provenant des différentes populations de loutres françaises : Massif central, Limousin, façade atlantique, vallée rhodanienne, Bretagne et région pyrénéenne (Pigneur *et al.* 2018). Sur 18 prélèvements, seuls neuf ont permis de donner un génotype, les autres étant trop dégradés pour extraire des données d'individualisation. Les neuf épreintes ayant pu donner un génotype ont permis de révéler la présence de deux individus distincts, un mâle et une femelle. Les épreintes ont été prélevées sur la même période d'un mois, de l'amont du fleuve jusqu'à l'aval pour celles du mâle (n = 4), dans la partie plus centrale pour celles de la femelle (n = 5). Ces données viennent en appui des vidéos de deux individus présents simultanément et enregistrées dans le même temps que les prélèvements d'épreintes. Cette information est cohérente avec ce qui est communément admis en matière de territorialité chez les loutres adultes, à savoir le chevauchement du territoire d'une ou plusieurs femelles, plus petit, par celui d'un mâle, plus grand (Rosoux *et al.* 2019).

Les analyses statistiques de regroupement ont montré que les individus du Lez se rapprochent le plus des populations du Massif central et de la région cévenole (Fig. 7). Ce résultat apparaît différent par rapport aux populations du bassin versant de l'Hérault, dont les animaux ont majoritairement pour origine la vallée du Rhône (Vanderhey-

den 2020; Talencieux 2021), probablement *via* les étangs côtiers méditerranéens languedociens (Mathevet *et al.* 2009; Pigneur *et al.* 2018), après la colonisation de l'ouest du delta du Rhône (Mathevet 2016) et du Parc naturel régional de Camargue (Olivier 2015), ou en provenance des Pyrénées par les étangs littoraux (Talencieux 2021). Cependant, une partie des individus vivant au niveau de la haute vallée de l'Hérault ont également pour origine le Massif central. Cela amène à penser que la zone côtière héraultaise (avec la zone gardoise et bucho-rhodanienne) est un carrefour et lieu potentiellement de brassage génétique de ces deux origines historiques, ce qui semble logique d'un point de vue biogéographique.

QUEL EST LE RÉGIME ALIMENTAIRE DE LA LOUTRE SUR LE LEZ?

L'étude a été réalisée en période hivernale, sur un total de 18 échantillons, et a permis d'établir un régime alimentaire lié à cette saison. Il apparaît que la loutre consomme essentiellement du poisson (Tableau 2), et sur l'ensemble des séquences, les proies les plus représentées sont par ordre d'importance : le Chevesne commun (*Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758); 16,81 %), le Goujon (*Gobio gobio* (Linnaeus, 1758); 12,14 %), le Nase commun (*Chondrostoma nasus* Linnaeus, 1758; 11,91 %), le Carassin commun (*Carassius carassius* (Linnaeus, 1758); 10,11 %), la Carpe commune (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758; 9,70 %), le Vairon (*Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758); 6,06 %), la Perche commune (*Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758; 5,91 %), le Silure glane (*Silurus glanis* Linnaeus, 1758; 4,71%), le Chabot commun (*Cottus gobio* Linnaeus, 1758; 3,46 %), la Perche soleil (*Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758); 3,38 %), l'Anguille (*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758); 2,93 %), le Barbeau fluviatile (*Barbus barbus* (Linnaeus, 1758); 1,52 %), la Gambusie (*Gambusia holbrooki* Girard [ex Agassiz], 1859; 1,29 %), le Goujon asiatique (*Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846); 0,62 %), le Gardon (*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758); 0,62 %), la Loche du Languedoc (*Barbatula quignardi* (Băcescu-Meşter, 1967); 0,41 %), la Tanche (*Tinca tinca* (Linnaeus, 1758); 0,07 %) et l'Athérine (*Atherina boyeri* Risso, 1810; 0,05 %). Concernant les crustacés, l'Écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii* (Girard, 1852)) se situe à hauteur de 8,22 %. En additionnant les proportions de chaque espèce invasive (*Carassius* sp., *Chondrostoma nasus*, *Gambusia holbrooki*, *Lepomis gibbosus*, *Procambarus clarkii*, *Silurus glanis*, *Pseudorasbora parva*), on atteint alors 40 %. Aucun oiseau ne figure dans ces échantillons, pas plus que les mammifères, reptiles et amphibiens.

LA LOUTRE ET LA TRAME TURQUOISE

La trame bleue avec les zones tampons à 500 m a été générée (Fig. 4). Dans les habitats favorables à la loutre sélectionnés sur la base de l'occupation des sols (Fig. 4), nous avons sélectionné préférentiellement les zones humides (cours d'eau, plans d'eau, marais) et les milieux forestiers et arborés. Si l'on superpose les indices de présence de loutre obtenus au cours de notre étude, on s'aperçoit qu'ils appartiennent presque tous à cette trame turquoise (Fig. 8).

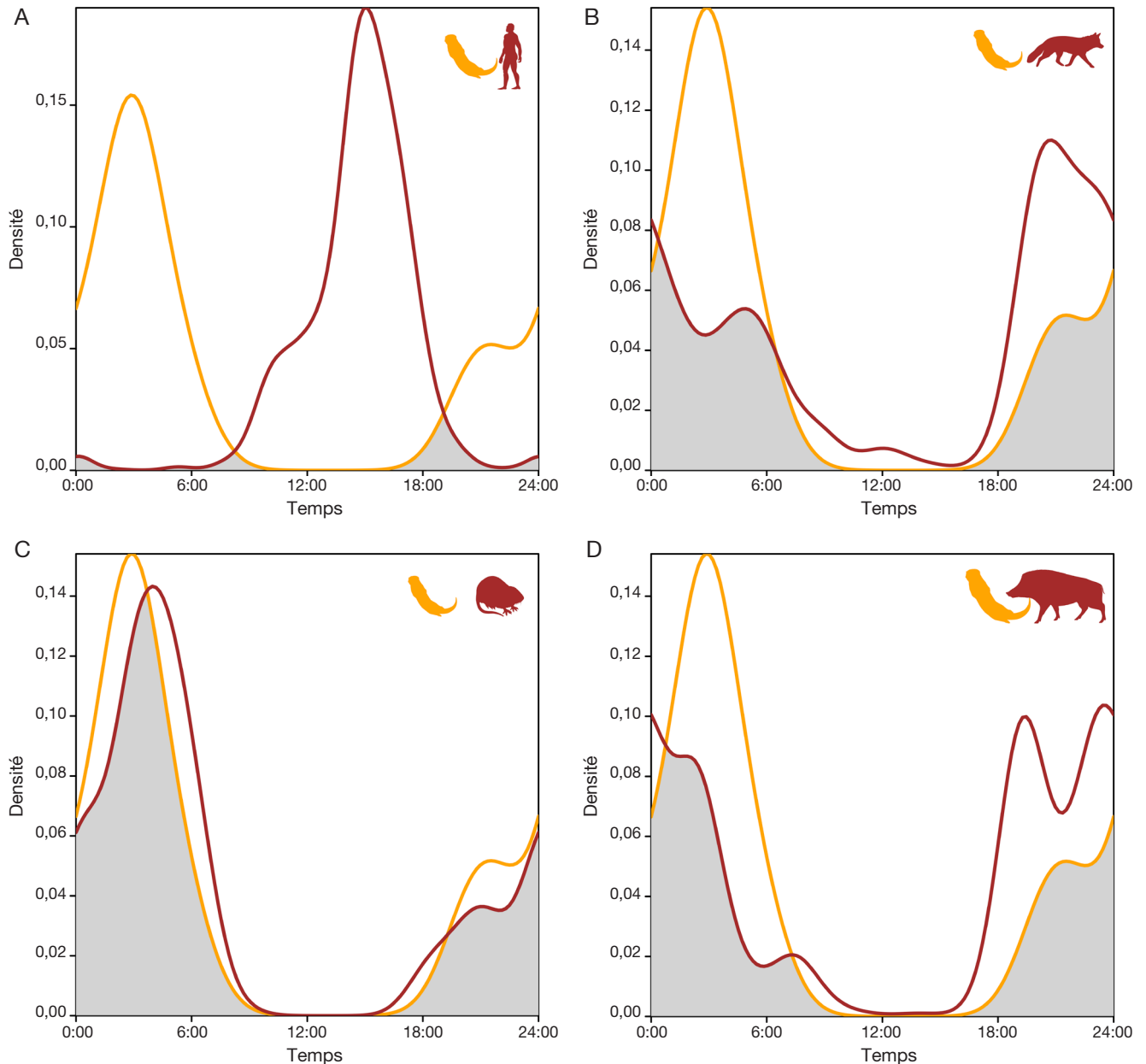


Fig. 6. — Chevauchement des temps d'activité de la loutre avec plusieurs espèces présentes sur le Lez. Les patrons d'activités sont représentés en orange pour la Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758), et en marron pour les autres espèces : l'Humain (*Homo sapiens* Linnaeus, 1758 ; **A**) ; le Renard roux (*Vulpes vulpes* (Linnaeus, 1758) ; **B**) ; le Ragondin (*Myocastor coypus* (Molina, 1782) ; **C**) ; le Sanglier (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758 ; **D**). Les zones grisées représentent le chevauchement entre deux patrons d'activité.

DISCUSSION

La loutre est présente sur ce petit fleuve côtier qu'est le Lez, mais pourquoi est-ce important, même avec seulement quelques individus observés ? Tout d'abord, c'est une bonne nouvelle pour l'espèce, car cela suggère une implantation de plus en plus marquée dans le processus de recolonisation de la région par la loutre, y compris dans les zones anthropisées. Si cette présence indique également une certaine qualité de l'habitat et des ressources trophiques, l'installation durable des individus contactés reste à confirmer. Enfin, nos résultats mettent en avant l'importance de restaurer les petits cours

d'eau, qui sont difficiles à recoloniser en raison des impacts de l'urbanisation (Marcelli *et al.* 2024).

SUR LES TEMPS D'ACTIVITÉ

Nous observons une activité majoritairement nocturne chez la loutre, potentiellement due à la présence humaine. En effet, dans notre étude, l'intensité de la fréquentation humaine du cours d'eau, liée aux activités récréatives et sportives (promenade, kayak) et à l'agriculture, pourrait expliquer l'absence d'activité diurne chez la loutre comme cela a pu être montré sur les gorges de l'Hérault (Gaidet & Aubert 2022). Si le chevauchement des temps d'activité permet seulement d'inférer

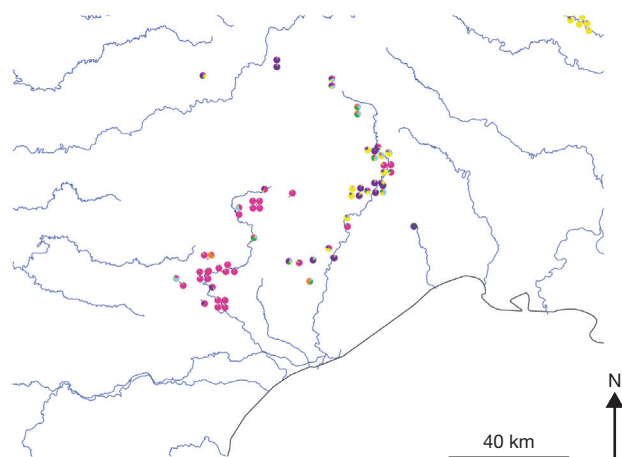


FIG. 7. — Structuration génétique de la Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758). En bleu, le groupe génétique de la façade atlantique; en jaune, le groupe génétique dit de Rhône-Alpes; en orange, le groupe génétique dit breton; en rose, le groupe génétique dit du Massif central; en vert, groupe génétique dit du Limousin; en violet, groupe génétique dit des Pyrénées. Voir Pigneur *et al.* (2018) pour plus de détails.

des co-occurrences temporelles d'espèces, comme dans la Figure 5 entre la loutre et le renard ou le ragondin, le piégeage photographique nous permet de capturer des interactions entre ces espèces, comme une loutre qui poursuit un renard, probablement pour défendre son territoire ou l'empêcher de subtiliser une proie (<https://youtu.be/UMmtg7NQmrw?si=q014xndgYk3wjpkS>, dernière consultation le 13 juillet 2025).

SUR LE RÉGIME ALIMENTAIRE

Globalement, les résultats obtenus sur le Lez correspondent à l'ichtyofaune en présence ainsi qu'à la distribution de certaines espèces. En effet, le Chevesne y est non seulement très commun, mais également très représenté dans les épreintes étudiées. De plus, les épreintes contenant du Chabot ($n = 3$), ont été prélevées en amont du fleuve dans l'aire de répartition connue du Chabot du Lez (Cottus petiti Băcescu & Băcescu-Meşter, 1964) (Lefebvre *et al.* 2022). Celle contenant de l'Athérine ($n = 1$), a été trouvée en aval, plus proche de l'embouchure, milieu favorable à cette espèce. On peut raisonnablement penser qu'une épreinte déposée contient des proies chassées à proximité plus ou moins immédiate (Mirone *et al.* 2024). En effet, et en dépit des grandes capacités de déplacement de la loutre, cette dernière est dotée d'un système digestif plutôt court, à l'instar des carnivores stricts, induisant un transit intestinal de trois heures environ.

Concernant toutes les petites espèces de poissons observées dans cette étude, en particulier quand les proportions sont faibles, il conviendra de s'interroger quant à la possibilité qu'elles aient été ingérées par d'autres poissons plus gros, eux-mêmes prédatés ensuite par la loutre.

Bien que les poissons soient les proies les plus représentées dans le régime alimentaire de la loutre (Hung & Law 2016), elle fait preuve d'une grande plasticité (Krawczyk

et al. 2016; Drake *et al.* 2023), reflétant son comportement opportuniste dans la recherche de nourriture. Son régime alimentaire peut ainsi inclure une grande diversité d'organismes aquatiques (Smirardo *et al.* 2019) et varier en fonction d'un gradient latitudinal dans la diversité en proies (Clavero *et al.* 2003), ou s'adapter après des perturbations d'origines anthropiques de l'environnement (Bedmar *et al.* 2022; Dettori *et al.* 2022) ou des pollutions (Narváez *et al.* 2020). Notre étude serait ainsi à reproduire pour déterminer, entre autres, les variations saisonnières dans le régime de la loutre sur le Lez (Marcolin *et al.* 2020).

Enfin, nos résultats montrent la présence d'espèces exotiques envahissantes dans les épreintes, confirmant l'intérêt pour la régulation de ces espèces directement par la prédation (Blanco-Garrido *et al.* 2008; Orłowska & Romanowski 2023) ou indirectement par la compétition (McDonald *et al.* 2007). Il faut toutefois noter que la consommation d'écrevisses invasives qui cumulent les polluants peut mener à de grandes concentrations de ces derniers chez la loutre (Rodríguez-Estival *et al.* 2020).

SUR L'ORIGINE

Les résultats obtenus suggèrent une colonisation par le Nord, alors qu'elle interviendrait plutôt par le Sud pour ce qui concerne les populations du bassin versant de l'Hérault. Il est à noter cependant que le *turn-over* chez cette espèce peut être conséquent. Ainsi, un individu d'origine rhodanienne installé sur un territoire peut être remplacé par un autre d'origine cévenole suite à la mort du premier ou après une éviction par le second. Afin d'affiner ces résultats, il conviendrait de réitérer, voire d'amplifier les collectes d'épreintes et leur analyse sur ces deux territoires et de focaliser également sur la région intermédiaire située au nord de Montpellier.

SUR LA TRAME TURQUOISE

Nos résultats confirment que la loutre pourrait être une bonne espèce modèle pour la trame turquoise, puisque les habitats favorables à la loutre définis *a priori* ont été confirmés par les détections de l'espèce. Pourquoi est-ce important? Les collisions routières représentent la cause prédominante de mortalité enregistrée en Europe pour la loutre (e.g., Fabrizio *et al.* 2019). En raison de cet effet remarquable sur la mortalité des loutres, des mesures d'atténuation telles que des structures de franchissement (loutrodoc ou banquette à loutre) pourraient représenter un moyen de réduire les effets négatifs des routes. Pour évaluer cette connectivité, il reste toutefois à établir les corridors entre les zones favorables à l'espèce. Pour ce faire, plusieurs possibilités existent, parmi lesquelles Graphab qui permet de modéliser les réseaux écologiques à partir de la théorie des graphes (Foltête *et al.* 2012), les approches de statistique pour l'écologie qui permettent de s'appuyer sur des données récoltées de manière non-invasive (Kervellec *et al.* 2023) ou encore la modélisation individu-centrée (Quaglietta & Porto 2019). Ce travail est en cours dans le cadre de l'Atlas de la Biodiversité métropolitaine porté par la métropole de Montpellier.

TABLEAU 2. — Analyses génétiques sur le régime alimentaire de la Loutre d'Europe *Lutra lutra* Linnaeus, 1758 et l'ADN environnemental. Les résultats (prélèvement des épreintes) sont donnés dans les colonnes régime (R). Les résultats d'ADN environnemental (prélèvement dans l'eau) sont donnés dans les colonnes présence (P). Les colonnes sont rangées de gauche à droite, des sites de l'amont à l'aval (Fig. 3). Quand l'espèce est détectée dans le régime alimentaire, la cellule est orange (marron sinon). Quand l'espèce est détectée par l'ADN environnemental, la cellule est vert clair (vert foncé sinon). Quand l'espèce n'a pas été recherchée, ou bien que le site n'a pas été échantillonné pour les analyses génétiques du régime alimentaire, un tiret est indiqué.

Espèces	Lez amont		Lirou		Tannerie		Lironde		Lavalette		Clinique du Parc		Hôtel de Région		Lez aval – 2 ^e écluse		Lez aval – confluence Mosson		Lez aval Palavas	
	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758)	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–	0	–	1	–	1	–	1	–
Actinopterygii Lacépède, 1803	–	0	–	0	–	1	–	–	–	1	–	1	–	1	–	1	–	–	–	–
<i>Alburnoides ohridanus</i> (Karaman, 1928)	–	0	–	1	–	1	–	–	–	0	–	0	–	0	–	0	–	–	–	–
<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	0	–	1	–	1	–	0	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1	–
<i>Alosa</i> sp. (<i>Alosa alosa</i> (Linnaeus, 1758) ou <i>Alosa fallax</i> (Lacépède, 1803))	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	0	–	0	–	0	–	0	–
<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	0	0	0	–	1	0	1	1	1	1	1	0	1	–	1	–
<i>Atherina boyeri</i> Risso, 1810	0	0	0	0	1	0	0	–	0	0	0	0	0	0	0	1	1	–	1	–
<i>Barbatula quignardi</i> (Băcescu-Mester & Bănărescu, 1978)	–	1	–	0	–	1	–	–	–	0	–	1	–	0	–	0	–	–	–	–
<i>Barbatula</i> sp. (<i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758) ou <i>Barbatula quignardi</i>)	1	–	1	–	1	–	0	–	1	–	1	–	1	–	0	–	0	–	0	–
<i>Barbus barbus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	1	0	0	–	1	0	1	1	0	1	0	0	0	–	0	–
<i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758)	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	0	–	1	–
<i>Carassius</i> sp. (<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758) ou <i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782) ou <i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758))	0	0	0	0	1	1	0	–	1	1	0	1	1	1	1	1	1	–	1	–
<i>Chelon auratus</i> (Risso, 1810)	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–
<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827)	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–
<i>Chelon ramada</i> (Risso, 1827)	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–	1	–
<i>Chondrostoma nasus</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	–	1	–	0	–	–	–	0	–	0	–	0	–	0	–	–	–	–
<i>Cottus</i> sp. (<i>Cottus aturi</i> Freyhof, Kottelat & Nolte, 2005, <i>Cottus duranii</i> Freyhof, Kottelat & Nolte, 2005, <i>Cottus gobio</i> Linnaeus, 1758, <i>Cottus hispaniolensis</i> Băcescu & Băcescu-Mester, 1964, <i>Cottus perifretum</i> Freyhof, Kottelat & Nolte, 2005, <i>Cottus petiti</i> Băcescu & Băcescu-Mester, 1964 ou <i>Cottus rhenanus</i> Freyhof, Kottelat & Nolte, 2005)	1	1	0	1	1	1	0	–	1	0	1	0	0	0	0	0	0	–	0	–
Cyprinidae	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–	1	–	0	–	0	–	1	–
Cyprinidae – Complexe 1 (<i>Chondrostoma nasus</i> , <i>Parachondrostoma toxostoma</i> (Vallot, 1837) ou <i>Telestes souffia</i> (Risso, 1827))	1	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
Cyprinidae – Complexe 2 (<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844) ou <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844))	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–	1	–	0	–	0	–	0	–
Cyprinidae – Complexe 3 (<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758) ou <i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758))	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–	1	–	1	–	0	–	1	–
Cyprinidae – Complexe 4 (<i>Alburnus alburnus</i> ou <i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758))	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	0	–	0	–
<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	1	0	0	0	1	0	0	–	1	0	1	1	1	1	1	1	1	–	1	–

TABLEAU 2. — Suite.

Espèces	Lez amont		Lirou		Tannerie		Lironde		Lavalette		Clinique du Parc		Hôtel de Région		Lez aval – 2 ^e écluse		Lez aval – confluence Mosson		Lez aval Palavas	
	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R
<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–
<i>Gambusia holbrooki</i> Girard [ex Agassiz], 1859	0	0	0	0	1	1	1	–	1	1	1	1	1	1	1	0	1	–	1	–
<i>Gobio gobio</i> (Linnaeus, 1758)	–	0	–	1	–	1	–	–	–	0	–	1	–	1	–	1	–	–	–	–
<i>Gobio</i> sp. (<i>Gobio alverniae</i> Kottelat & Persat, 2005, <i>Gobio gobio</i> , <i>Gobio lozanoi</i> Doadrio & Madeira, 2004 ou <i>Gobio occitaniae</i> Kottelat & Persat, 2005)	0	–	0	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1	–	0	–	0	–
<i>Gobius niger</i> Linnaeus, 1758	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–
<i>Gymnocephalus cernua</i> (Linnaeus, 1758)	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–	0	–	0	–	0	–	0	–
<i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	1	1	1	–	1	0	1	1	1	1	1	0	1	–	1	–
<i>Leuciscus leuciscus</i> (Linnaeus, 1758)	–	0	–	1	–	0	–	–	–	0	–	0	–	0	–	0	–	–	–	–
<i>Leuciscus</i> sp. (<i>Leuciscus idus</i> (Linnaeus, 1758) ou <i>Leuciscus leuciscus</i>)	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepède, 1802)	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1	–	0	–
<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	0	–	0	–	1	–	1	–	1	–
<i>Oncorhynchus</i> sp. Walbaum 1792	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
<i>Pachychilon pictum</i> (Heckel & Kner, 1858)	–	0	–	0	–	0	–	–	–	0	–	1	–	0	–	0	–	–	–	–
<i>Parachondrostoma miegii</i> (Steindachner, 1866)	–	0	–	1	–	1	–	–	–	0	–	0	–	0	–	0	–	–	–	–
<i>Perca fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	1	1	0	–	1	0	1	0	1	0	1	0	0	–	0	–
<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	–	0	–	1	–	–	–	0	–	0	–	0	–	0	–	–	–	–
<i>Phoxinus</i> sp. (<i>Phoxinus bigerri</i> Kottelat 2007, <i>Phoxinus phoxinus</i> ou <i>Phoxinus septimaniae</i> Kottelat 2007)	1	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1	–	0	–	0	–	0	–	0	–
<i>Pomatoschistus minutus</i> (Pallas, 1770)	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–
<i>Pomatoschistus</i> sp. (<i>Pomatoschistus microps</i> (Krøyer, 1838) ou <i>Pomatoschistus minutus</i>)	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–
<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846)	0	0	0	0	1	1	1	–	1	0	1	1	1	1	1	1	1	–	1	–
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	1	1	1	1	–	1	0	1	1	1	0	1	1	1	–	1	–
<i>Salariopsis fluviatilis</i> (Asso, 1801)	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–
<i>Salmo</i> sp. Linnaeus 1758	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	0	–	0	–
<i>Salmo trutta</i> Linnaeus, 1758	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–
<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–	1	–	0	–
<i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1	–	1	–
<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758	0	0	0	0	1	1	0	–	1	1	1	1	1	1	1	1	1	–	1	–
<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1	1	1	–	1	0	1	1	1	0	1	0	0	–	0	–
<i>Syngnathus</i> sp. Risso 1827	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	0	–	1	–
<i>Telestes</i> sp. Risso 1827	–	0	–	1	–	0	–	–	–	0	–	0	–	0	–	0	–	–	–	–
<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	1	1	0	–	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	0	–

SUR LES MÉTHODES NON-INVASIVES

Dans cette étude, nous avons pu montrer l'efficacité de trois méthodes d'échantillonnage non-invasif pour le suivi des populations de loutres. En effet, toutes nous ont permis de mettre en évidence la présence de l'espèce sur une importante proportion des sites prospectés. Une thèse de doctorat (SL) visant à fournir une comparaison plus formelle de l'efficacité de chacune de ces méthodes est en cours. La recherche d'indices de présence s'est avérée la méthode la plus efficace. Toutefois, cette méthode est conditionnée par la possibilité d'accéder au cours d'eau et d'en parcourir 600 m de berges, ce qui est raisonnable pour la partie amont du Lez, mais peut s'avérer difficile voire impossible pour des cours d'eau plus larges et plus profonds, comme c'est le cas du Lez dans sa partie aval. De plus, cette méthode repose principalement sur la détection d'épreintes et il a été suggéré que l'espèce marque moins quand elle est présente à faible densité (par exemple en front de colonisation) (Sittenthaler *et al.* 2020) ou sur des cours d'eau temporaires en période d'assez (Almeida *et al.* 2012), ce qui pourrait biaiser des études reposant uniquement sur cette méthode. Compléter cette méthode avec l'ADNe et le piégeage photographique permet de s'affranchir de ces potentiels biais et ainsi de détecter l'espèce de manière plus homogène à travers le territoire lorsqu'elle est présente. Dans notre cas, l'ADNe a permis de confirmer la présence de l'espèce sur l'ensemble de la partie aval du Lez entre Montpellier et le littoral. Notons que ces différentes sources de données peuvent également être combinées dans un seul et même modèle statistique et améliorer ainsi l'estimation de la distribution de l'espèce (Miller *et al.* 2019 ; Zipkin *et al.* 2021).

Ces approches présentent des avantages et des inconvénients propres qu'il est nécessaire de prendre en compte lors de l'élaboration d'un protocole de suivi. Par exemple, la recherche d'épreintes est efficace pour détecter la présence de l'espèce à faible coût financier, mais est conditionnée par la possibilité d'accéder au cours d'eau et demande un effort de terrain conséquent. Le piégeage photographique et l'ADNe nécessitent un effort de terrain plus faible, mais représentent un coût financier et un traitement post-terrain plus conséquent, impliquant des délais importants dans le cas de l'ADNe. L'ADNe est la méthode la plus facile à mettre en œuvre sur le terrain, et elle permet, avec un faible nombre de sites d'échantillonnage bien positionnés, de sonder efficacement l'ensemble d'un bassin versant (Altermatt *et al.* 2023). Toutefois, le matériel génétique collecté lors de prospections ADNe peut avoir été transporté depuis l'amont, parfois sur des distances supérieures à un kilomètre (Burgher *et al.* 2024), ce qui rend la localisation précise du passage de l'individu délicate. Cela peut poser des soucis lorsqu'on s'intéresse à des patrons fins d'occupation et d'utilisation de l'habitat. Au-delà de simplement renseigner sur la présence d'individus, ces méthodes d'échantillonnage fournissent des informations supplémentaires différentes en faisant des approches complémentaires. Par exemple, le piégeage photographique peut renseigner sur l'activité des individus, leur comportement, et les interactions avec les autres espèces. Par ailleurs, dans le cadre de la recherche d'épreinte, il est possible de prélever des échantillons pour les analyser, ce

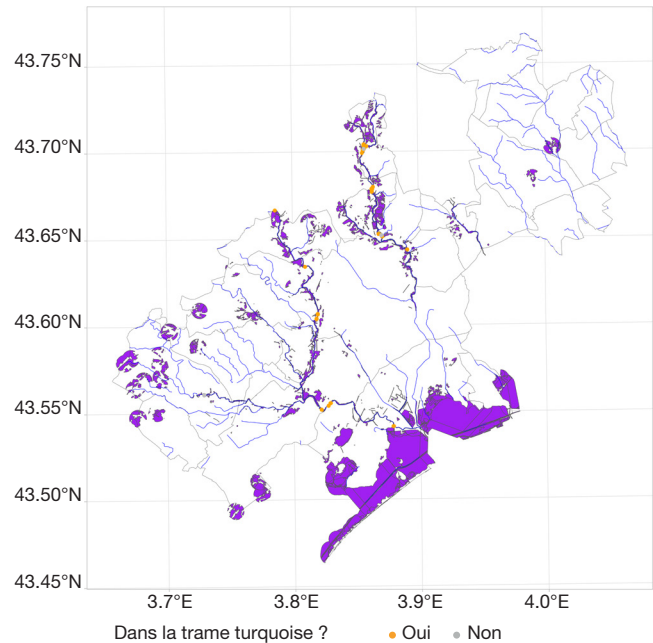


FIG. 8. — Trame turquoise et détections de Loutres d'Europe *Lutra lutra* Linnaeus, 1758 sur la métropole de Montpellier. Sur cette carte de la trame turquoise, on représente aussi les indices de présence récoltés, selon qu'ils sont dans la trame (orange) ou pas (gris). Voir la Figure 4 pour les étapes de construction de la trame turquoise.

qui peut renseigner sur l'origine géographique des individus, leur état physiologique (e.g., niveau de stress des individus), leur sexe ou leur régime alimentaire.

Notre étude a fourni une preuve supplémentaire de la pertinence d'utiliser l'ADNe pour suivre des mammifères semi-aquatiques comme la loutre (Sales *et al.* 2020), et plus généralement la biodiversité des écosystèmes d'eau douce (Valentini *et al.* 2016 ; Broadhurst *et al.* 2021 ; Lyet *et al.* 2021 ; Reji Chacko *et al.* 2023). Cette méthode est très efficace et permet de réaliser des diagnostics exhaustifs en peu de temps. S'il reste des limites liées notamment aux risques de faux positifs (Darling *et al.* 2021), cette technologie connaît depuis quelques années un réel essor, et l'on peut raisonnablement penser qu'elle continuera à s'améliorer dans les années à venir, conduisant ces problèmes à disparaître petit à petit. D'ici là, des méthodes statistiques existent pour propager ces incertitudes dans la modélisation de la distribution d'espèces (Griffin *et al.* 2020). En France, la recherche de signes de présence est réalisée bénévolement par un nombre important de naturalistes amateurs avec un intérêt pour la loutre, ce qui représente une grande quantité de données facilement accessibles concernant la présence de l'espèce. De la même manière, il est possible d'imaginer mettre à disposition des kits de prélèvements d'ADNe pour appliquer ce protocole à large échelle de manière participative (modulo une formation) (Broadhurst *et al.* 2023).

PERSPECTIVES

Le suivi écologique est en cours de réplication sur les bassins versants voisins du Lez, à savoir celui de l'Or (l'étang de l'Or et les huit cours d'eau qui l'alimentent) (D'Hollande 2024)

et celui du fleuve Vidourle. Le suivi sur le Lez est pérennisé grâce à un partenariat entre collectivités territoriales – la ville et la métropole de Montpellier, l'Établissement Public Territorial de Bassin (EPTB) du Lez – et un établissement public de recherche – le Centre d'Écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE).

La présence de la loutre sur un territoire utilisé par les humains (loisirs, agriculture) interroge les interactions entre l'espèce et les acteurs locaux. Une enquête qualitative de six mois, menée auprès de 25 acteurs (gestionnaires, pêcheurs, bénévoles, chasseurs), a exploré ces interactions à travers des entretiens semi-directifs (Duval 2024). Les résultats montrent que la loutre bénéficie d'une image positive, associée au retour d'une « nature sauvage », mais demeure largement perçue comme discrète et peu impactante sur les activités humaines. Toutefois, cette perception pourrait évoluer si la population augmentait, conduisant à d'éventuels conflits d'usage.

Dans ce contexte, la médiation scientifique – approche qui vise à diffuser la culture scientifique au sein de la population pour rendre la science et la recherche accessibles au plus grand nombre – cherche par diverses actions, à créer du lien social et à mettre en dialogue la société et les chercheurs. Dans le cas de notre travail sur la loutre dans le Lez, l'objectif est de sensibiliser à la conservation des zones humides en impliquant les usagers. Espèce semi-aquatique, la loutre permet d'aborder des sujets variés : corridors écologiques, qualité de l'eau, rapports prédateurs/proies, espèces envahissantes et endémiques, etc. Nous développons une valise pédagogique adaptable aux différents publics, comprenant des supports et discours diversifiés (Delaire 2024). De la recherche sur la Loutre d'Europe et le Lez aux techniques de suivi non-invasives, ces activités rapprochent la science de la société et changent le regard sur cette biodiversité. Au-delà de la sensibilisation, il est crucial de proposer aux publics des actions concrètes qu'ils peuvent mettre en place, à leur échelle, pour contribuer à la protection, telles que tenir son chien en laisse, ne pas jeter de déchets, circuler sur les chemins, ou participer à des inventaires naturalistes. Parmi ces mesures, un projet de Havre de Paix pour la Loutre d'Europe est en cours d'installation sur le territoire de la ville de Montpellier. Les résultats de notre étude sont utilisés pour décider de l'endroit le plus propice au déploiement de ce projet. Les havres de paix sont portés par le PNA (<https://www.sfepm.org/loperation-havre-de-paix-pour-la-loutre-deurope.html>, dernière consultation le 13 juillet 2025) et relayés localement par la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) Occitanie. Ils proposent d'agir concrètement en faveur de la loutre en sanctuarisant une parcelle en bord de cours d'eau. Cet outil supplémentaire contribuera également à sensibiliser non seulement à la loutre, mais plus globalement à l'intérêt de sauvegarder les milieux qu'elle fréquente et partage avec d'autres espèces.

En conclusion, la recherche sur les mammifères semi-aquatiques, et en particulier sur les loutres, est non seulement pertinente pour la conservation de ces espèces emblématiques, mais elle constitue également un levier crucial pour

la préservation et la gestion durable des écosystèmes d'eau douce. En contribuant à la restauration et à la protection de ces milieux, nos recherches peuvent avoir des retombées positives directes sur la biodiversité. Ces recherches illustrent également l'intérêt de la collaboration entre acteurs académiques et non-académiques qui a permis d'obtenir un faisceau de connaissances sur l'espèce en un minimum de temps, grâce à la participation des agents des collectivités impliquées, des amateurs, des chercheurs et à la valorisation réalisée dans la foulée.

Remerciements

Pour le financement du projet OtterConnect (<https://otterconnect.netlify.app/>, dernière consultation le 13 juillet 2025), nous remercions la Ville de Montpellier et Montpellier Méditerranée Métropole *via* la convention de partenariat qui existe avec le Centre d'Écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE), l'Université de Montpellier *via* son Labex Cemeb, et l'association Beauval Nature. Pour le financement du projet de médiation scientifique, nous remercions l'Université de Montpellier *via* son Labex Cemeb ainsi que Montpellier Méditerranée Métropole et Juliette Picot à la GEMAPI. Cette recherche a aussi bénéficié des réflexions menées au sein du groupe DISCAR financé par la Fondation française pour la recherche sur la biodiversité (FRB) par l'intermédiaire de son centre de synthèse CESAB. Nous remercions également toutes les personnes qui nous ont accompagnés sur le terrain, en particulier les membres de l'équipe Hair du CEFE, ainsi que les équipes de SPYGEN pour leur aide dans l'analyse ADNe. Nous remercions chaleureusement Sébastien Bur, Joëlle Moulinat et Murielle Lencroz pour le prêt de la boîte à outils pédagogique « Qui a vu Lulu », pour le partage du matériel et plus généralement pour le temps qu'ils nous ont accordé pour partager leur expérience. Enfin, nous remercions Bastien Thomas et Patrick Haffner pour leur révision du manuscrit et leurs commentaires constructifs qui ont permis d'améliorer notre article.

RÉFÉRENCES

- ALBERT J. S., DESTOUNI G., DUKE-SYLVESTER S. M., MAGURAN A. E., OBERDORFF T., REIS R. E., WINEMILLER K. O. & RIPPLE W. J. 2021. — Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. *Ambio* 50 (1): 85-94. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01318-8>
- ALMEIDA D., BARRIENTOS R., MERINO-AGUIRRE R. & ANGELER D. G. 2012. — The role of prey abundance and flow regulation in the marking behaviour of Eurasian otters in a Mediterranean catchment. *Animal Behaviour* 84 (6): 1475-1482. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.09.020>
- ALTERMATT F., CARRARO L., ANTONETTI M., ALBOUY C., ZHANG Y., LYET A., ZHANG X. & PELLISSIER L. 2023. — Quantifying biodiversity using eDNA from water bodies: general principles and recommendations for sampling designs. *Environmental DNA* 5 (4): 671-682. <https://doi.org/10.1002/edn3.430>
- ANDRIOLLO T., GILLET F., MICHAUX J. R. & RUEDI M. 2019. — The menu varies with metabarcoding practices: a case study with the bat *Plecotus auritus*. *Plos One* 14 (7): e0219135. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219135>

- BALESTRIERI A., REMONTI L., VEZZA P., PRIGIONI C. & COPP G. H. 2013. — Do non-native fish as prey favour the conservation of the threatened indigenous Eurasian otter? *Freshwater Biology* 58 (5): 995-1007. <https://doi.org/10.1111/fwb.12102>
- BALLINI L., OTTONELLO D., REPETTO V., NATALI C., CHINI G., TOLVE L., CIOFI C., FRATINI S. & IANNUCCI A. 2024. — Early detection of rare and elusive endangered species using environmental DNA: a case study for the Eurasian otter and the white-clawed crayfish in northwestern Italy. *Conservation Genetics* 25: 999-1005. <https://doi.org/10.1007/s10592-024-01619-5>
- BARRIENTOS R., MERINO-AGUIRRE R., FLETCHER D. H. & ALMEIDA D. 2014. — Eurasian otters modify their trophic niche after the introduction of non-native prey in Mediterranean fresh waters. *Biological Invasions* 16 (8): 1573-1579. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0622-9>
- BEDFORD S. J. 2009. — The effects of riparian habitat quality and biological water quality on the European Otter (*Lutra lutra*) in Devon. *Bioscience Horizons: the International Journal of Student Research* 2 (2): 125-133. <https://doi.org/10.1093/biohorizons/hzp015>
- BEDMAR S., BLANCO-GARRIDO F., DELIBES M. & CLAVERO M. 2022. — Temporal and spatial patterns in the shifting of otter diet to invasive prey after river damming. *River Research and Applications* 38 (8): 1450-1459. <https://doi.org/10.1002/rra.3961>
- BLANCO-GARRIDO F., PRENDA J. & NARVAEZ M. 2008. — Eurasian otter (*Lutra lutra*) diet and prey selection in Mediterranean streams invaded by centrarchid fishes. *Biological Invasions* 10 (5): 641-648. <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9158-1>
- BOURNAZEL M.-A. 2023. — Document d'aide à la définition d'une stratégie de restauration de la trame turquoise. Cerema Méditerranée, Dijon, 22 p.
- BRAND A.-F., HYNES J., WALKER L. A., GLORIA PEREIRA M., LAWLOR A. J., WILLIAMS R. J., SHORE R. F. & CHADWICK E. A. 2020. — Biological and anthropogenic predictors of metal concentration in the Eurasian otter, a sentinel of freshwater ecosystems. *Environmental Pollution* 266 (3): 115280. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115280>
- BROADHURST H. A., GREGORY L. M., BLEAKLEY E. K., PERKINS J. C., LAVIN J. V., BOLTON P., BROWETT S. S., HOWE C. V., SINGLETON N., TANSLEY D., SALES N. G. & MCDEVITT A. D. 2021. — Mapping differences in mammalian distributions and diversity using environmental DNA from rivers. *Science of The Total Environment* 801: 149724. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149724>
- BROADHURST H., SMITH E. E., JACKMAN J. M., SINGLETON N., TANSLEY D., RAYNOR R., SALES N.G., OCHU E. & MCDEVITT A. D. 2023. — Citizen scientists' motivation to participate in environmental DNA (eDNA) surveys: a case study on monitoring mammals in the UK preprint. *SocArXiv*. <https://doi.org/10.31235/osf.io/fa83k>
- BURGHIER J. A. S., GOLDBERG C. S., DUKE A. C. K., GARRISON S. & PIOVIA-SCOTT J. 2024. — Assessment of environmental DNA for detecting and monitoring translocated North American beaver. *Animal Conservation* 27 (6): 851-862. <https://doi.org/10.1111/acv.12970>
- CLAUZEL C., EGGERT C., TARABON S., PASQUET L., VUIDEL G., BAILLEUL M., MIAUD C. & GODET C. 2023. — Analyser la connectivité de la trame turquoise: définition, caractérisation et enjeux opérationnels. *Sciences Eaux & Territoires* (43): 67-71. <https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2023.43.7642>
- CLAVERO M., PRENDA J. & DELIBES M. 2003. — Trophic diversity of the otter (*Lutra lutra* L.) in temperate and Mediterranean freshwater habitats. *Journal of Biogeography* 30 (5): 761-769. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00865.x>
- COOK C. N., MASCIA M. B., SCHWARTZ M. W., POSSINGHAM H. P. & FULLER R. A. 2013. — Achieving conservation science that bridges the knowledge-action boundary. *Conservation Biology* 27 (4): 669-678. <https://doi.org/10.1111/cobi.12050>
- COUTURIER T., BAUDUIN S., ASTRUC G., BLANCK A., CANONNE C., CHAMBERT T., CHIFFARD J., COSQUER A., CUBAYNES S., CURTET L., DORTÉL E., DROUET-HOGUET N., DUCHAMP C., FRANCESIAZ C., GRENTÉ O., JAILLOUX A., KERVÉLEC M., LAURET V., LEBRETON J.-D., LOUVRIER J., MARESCOT L., MATHEVET R., NAVAS M.-L., PERROT C., POULET N., QUENETTE P.-Y., SALAS M., SOUCHAY G., VANPÉ C., BESNARD A. & GIMENEZ O. 2023a. — Building spaces of interactions between researchers and managers: case studies with wildlife monitoring and conservation in France. *Ecological Solutions and Evidence* 4 (2): e12245. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12245>
- COUTURIER T., STEINMETZ J., DEFOS DU RAU P., MARC D., TRICHET E., GOMES R. & BESNARD A. 2023b. — Intensive agriculture as the main limiting factor of the otter's return in southwest France. *Biological Conservation* 279: 109927. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.109927>
- D'HOLLANDE L. 2024. — *Distribution and Monitoring Methods Comparison (eDNA, spraints & camtrap) for the European otter (Lutra lutra) in the watershed of "Étang de l'Or"*. Université de Rennes, Rennes, 56 p.
- DALLAS J. F. & PIERTNEY S. B. 1998. — Microsatellite primers for the Eurasian otter. *Molecular Ecology* 7 (9): 1248-1251.
- DALLAS J. F., BACON P. J., CARSS D. N., CONROY J. W. H., GREEN R., JEFFERIES D. J., KRUUK H., MARSHALL F., PIERTNEY S. B. & RACEY P. A. 1999. — Genetic diversity in the Eurasian otter, *Lutra lutra*, in Scotland. Evidence from microsatellite polymorphism. *Biological Journal of the Linnean Society* 68 (1-2): 73-86. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1999.tb01159.x>
- DARLING J. A., JERDE C. L. & SEPULVEDA A. J. 2021. — What do you mean by false positive? *Environmental DNA* 3 (5): 879-883. <https://doi.org/10.1002/edn3.194>
- DELAIRE C. 2024. — *Sensibiliser à la protection des milieux humides grâce à la médiation in situ d'une espèce protégée au cœur d'un environnement fragile: le cas du Lez et de la Loutre d'Europe*. Université Paul Valéry-Montpellier, Montpellier, 133 p.
- DETTORI E. E., BALESTRIERI A., ZAPATA-PÉREZ V. M., PALAZÓN S., BRUNO D., RUBIO-SAURA N. & ROBLADANO-AYMERICH F. 2022. — Eurasian otter *Lutra lutra* diet mirrors the decline of native fish assemblages in a semi-arid catchment (River Segura, SE Spain). *European Journal of Wildlife Research* 68 (38): 1-9. <https://doi.org/10.1007/s10344-022-01588-5>
- DRAKE L. E., CUFF J. P., BEDMAR S., McDONALD R., SYMONDSON W. O. C. & CHADWICK E. A. 2023. — Otterly delicious: Spatiotemporal variation in the diet of a recovering population of Eurasian otters (*Lutra lutra*) revealed through DNA metabarcoding and morphological analysis of prey remains. *Ecology and Evolution* 13 (5): e10038. <https://doi.org/10.1002/ece3.10038>
- DUDGEON D., ARTHINGTON A. H., GESSNER M. O., KAWABATA Z.-I., KNOWLER D. J., LÉVÊQUE C., NAIMAN R. J., PRIEUR-RICHARD A.-H., SOTO D., STIASNY M. L. J. & SULLIVAN C. A. 2006. — Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81 (2): 163-182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- DUVAL L. 2024. — *La loutre au miroir du ragondin. Perceptions et attitudes envers deux mammifères semi-aquatiques*. ENS de Lyon, Lyon, 77 p.
- FABRIZIO M., DI FEBBRARO M. & LOY A. 2019. — Where will it cross next? Optimal management of road collision risk for otters in Italy. *Journal of Environmental Management* 251: 109609. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109609>
- FICETOLA G. F., MIAUD C., POMPANON F. & TABERLET P. 2008. — Species detection using environmental DNA from water samples. *Biology Letters* 4 (4): 423-425. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2008.0118>
- FOLTÊTE J.-C., CLAUZEL C. & VUIDEL G. 2012. — A software tool dedicated to the modelling of landscape networks. *Environmental Modelling & Software* 38: 316-327. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.002>
- GAIDET N. & AUBERT S. 2022. — 4 – «Faire commun» avec un non-humain, in BOTTA A. (éd.), *Les communs: un autre récit*

- pour la coopération territoriale*. Éditions Quæ, Versailles: 108-140 (Nature et société).
- GALAN M., PONS J.-B., TOURNAYRE O., PIERRE É., LEUCHTMANN M., PONTIER D. & CHARBONNEL N. 2018. — Metabarcoding for the parallel identification of several hundred predators and their prey: application to bat species diet analysis. *Molecular Ecology Resources* 18 (3): 474-489. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12749>
- GEARTY W. & JONES L. A. 2023. — rphylopic: an R package for fetching, transforming, and visualising PhyloPic silhouettes. *Methods in Ecology and Evolution* 14 (11): 2700-2708. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14221>
- GIRAUDOUX P. 2022. — La santé des écosystèmes : quelle définition ? *Bulletin de l'Académie vétérinaire de France* 175: 120-139.
- GRIFFIN J. E., MATECHOU E., BUXTON A. S., BORMPOUDAKIS D. & GRIFFITHS R. A. 2020. — Modelling environmental DNA data; Bayesian variable selection accounting for false positive and false negative errors. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)* 69 (2): 377-392. <https://doi.org/10.1111/rssc.12390>
- HUNG N. & LAW C. J. 2016. — *Lutra lutra* (Carnivora: Mustelidae). *Mammalian Species* 48 (940): 109-122. <https://doi.org/10.1093/mspecies/sew011>
- JAMWAL P. S., BRUNO A., GALIMBERTI A., MAGNANI D., KRUPA H., CASIRAGHI M. & LOY A. 2021. — First assessment of eDNA-based detection approach to monitor the presence of Eurasian otter in Southern Italy. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 32 (2): 176-181. <https://doi.org/10.4404/hystrix-00401-2020>
- JAMWAL P. S., BRUNO A., GALIMBERTI A., MAGNANI D., CASIRAGHI M. & LOY A. 2023. — Environmental DNA revealed high accuracy in detection of the Eurasian otter in Himalaya. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 33 (11): 1309-1320. <https://doi.org/10.1002/aqc.4010>
- JEWELL Z. 2013. — Effect of monitoring technique on quality of conservation science. *Conservation Biology* 27 (3): 501-508. <https://doi.org/10.1111/cobi.12066>
- KERVELLEC M., COUTURIER T., BAUDUIN S., CHENESSEAU D., RAU P. D. DU, DROUET-HOGUET N., DUCHAMP C., STEINMETZ J., VANDEL J.-M. & GIMENEZ O. 2023. — Bringing circuit theory into spatial occupancy models to assess landscape connectivity. *Methods in Ecology and Evolution* 15 (11): 2141-2152. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14418>
- KRAWCZYK A. J., BOGDZIEWICZ M., MAJKOWSKA K. & GLAZACZOW A. 2016. — Diet composition of the Eurasian otter *Lutra lutra* in different freshwater habitats of temperate Europe: a review and meta-analysis. *Mammal Review* 46 (2): 106-113. <https://doi.org/10.1111/mam.12054>
- KRUUK H. 2006. — *Otters: Ecology, Behaviour, and Conservation*. Oxford University Press., Oxford; New York, 265 p.
- KUHN R. 2010. — *Plan national d'actions pour la Loutre d'Europe* (*Lutra lutra*), 2010-2015. SFEPM & MEEDDM, Poitiers, 110 p.
- KUHN R. & JACQUES R. H. 2011. — *La Loutre d'Europe: Lutra lutra* (*Linnaeus*, 1758). Société française pour l'Étude et la Protection des Mammifères, Bourges, 72 p. (Encyclopédie des carnivores de France ; 8).
- KUHN R., SIMONNET F., ARTHUR C. & BARTHÉLEMY V. 2019. — *Plan national d'actions en faveur de la Loutre d'Europe* (*Lutra lutra*) 2019-2028. SFEPM & DREAL Nouvelle-Aquitaine, Poitiers, 89 p.
- LACOMBE S., DEVILLARD S., KAUFFMANN C., AZNAR M., DUPUIS O., FOURNIER-CHAMBRILLON C., ISÈRE-LAOUÉ E., FRAISSARD C., FUENTO N., HEUGAS T., MARTIN A., PERRIN M., ROCHE A., RUYTS T., SIMONNET F., THOMAS B., SOURIAU-VILLEGIER A. & GIMENEZ O. 2025. — Range expansion and reconnection of historical populations in the Eurasian otter (*Lutra lutra*) in France: insights from heterogeneous data and integrated species distribution modelling. *Biological Conservation* 307: 111179. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111179>
- LE BORGNE H. & BOUGET C. 2024. — La reconnaissance des espèces basée sur l'ADN : applications, perspectives et défis en milieu continental terrestre. *Naturae* 2024 (3): 31-67. <https://doi.org/10.5852/naturae2024a3>
- LEFEBVRE S., SABLAIN V. & CORBARIEU A. 2022. — Le Chabot du Lez : un petit poisson endémique en danger critique d'extinction. *Le Courrier de la Nature* 27-33.
- LINKIE M. & RIDOUT M. S. 2011. — Assessing tiger-prey interactions in Sumatran rainforests. *Journal of Zoology* 284 (3): 224-229. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2011.00801.x>
- LONG R. A., MACKEY P., RAY J. & ZIELINSKI W. (éds) 2008. — *Noninvasive Survey Methods for Carnivores*. Island Press., Washington, 400 p.
- LYET A., PELLISSIER L., VALENTINI A., DEJEAN T., HEHMEYER A. & NAIDOO R. 2021. — eDNA sampled from stream networks correlates with camera trap detection rates of terrestrial mammals. *Scientific Reports* 11 (1): 11362. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90598-5>
- MARCELLI M., LUZZI G. & FUSILLO R. 2024. — Stream size-dependent effect of urban land use on occupancy of an apex freshwater carnivore recolonizing past ranges. *Ecosphere* 15 (7): e4937. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4937>
- MARCOLIN F., PIZZUL E., PALLAVICINI A., TORBOLI V., MANFRIN C. & QUAGLIETTA L. 2020. — Otter diet and prey selection in a recently recolonized area assessed using microscope analysis and DNA barcoding. *Hystrix the Italian Journal of Mammalogy* 31 (1): 64-72. <https://doi.org/10.4404/hystrix-00260-2019>
- MARÉCHAL J.-C., VESTIER A., JOURDE H. & DÖRFLIGER N. 2013. — L'hydrosystème du Lez : une gestion active pour un karst à enjeux. *Karstologia* (62): 1-6.
- MATHEVET R. 1996. — Statut de la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) en France méditerranéenne et plus particulièrement en Camargue. *Faune de Provence* 49-55.
- MATHEVET R., POITEVIN F. & OLIVIER A. 2009. — Le retour attendu de la loutre dans les zones humides du littoral méditerranéen. *Zones Humides Infos* 64-65: 10
- MATHEVET R. 2016. — Gard : le retour de la loutre d'Europe. *Midi Libre*. <https://www.midilibre.fr/2016/01/02/le-retour-de-la-loutre-d-europe,1264474.php>, dernière consultation le 13 juillet 2025.
- MCDONALD R. A., O'HARA K. & MORRISH D. J. 2007. — Decline of invasive alien mink (*Mustela vison*) is concurrent with recovery of native otters (*Lutra lutra*): rising otter, fallen mink. *Diversity and Distributions* 13 (1): 92-98. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2006.00303.x>
- MILLER D. A. W., PACIFICI K., SANDERLIN J. S. & REICH B. J. 2019. — The recent past and promising future for data integration methods to estimate species' distributions. *Methods in Ecology and Evolution* 10 (1): 22-37. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13110>
- MIRONE E., GIOVACCHINI S., SANCTIS C. D., RISO L. D., BERTOLINO S., FEBBRARO M. D., COLANGELO P. & LOY A. 2024. — I mark where I eat: a fine scale spatial pattern of the Eurasian otter diet along three rivers in southern Italy. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 35 (1): 1-8. <https://doi.org/10.4404/hystrix-00663-2023>
- NARVÁEZ M., CABEZAS S., BLANCO-GARRIDO F., BAOS R., CLAVERO M. & DELIBES M. 2020. — Eurasian otter (*Lutra lutra*) diet as an early indicator of recovery in defaunated river communities. *Ecological Indicators* 117: 106547. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106547>
- NICHOLS J. & WILLIAMS B. 2006. — Monitoring for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 21 (12): 668-673. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.08.007>
- OLIVIER A. 2015. — Traces de loutre sur le littoral camarguais. *Écho du PNA Loutre* 9: 11.
- ORŁOWSKA L. & ROMANOWSKI J. 2023. — Alien prey in the diet of the indigenous Eurasian otter in Vistula River, Poland. *BioInvasions Records* 12 (2): 625-636.

- PEBESMA E. & BIVAND R. 2023. — *Spatial Data Science: with Applications in R*. Chapman and Hall/CRC., Boca Raton, 300 p.
- PIGNEUR L.-M., MICHAUX J., CAUBLOT G., FOURNIER P., MARC D., SIMONNET F. & JACOB G. 2018. — Apport de la génétique pour l'étude de la dynamique des populations de Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) en France. *Naturae* 2018 (6): 63-71.
- PONT D., ROCLE M., VALENTINI A., CIVADE R., JEAN P., MAIRE A., ROSET N., SCHABUSS M., ZORNIG H. & DEJEAN T. 2018. — Environmental DNA reveals quantitative patterns of fish biodiversity in large rivers despite its downstream transportation. *Scientific Reports* 8 (1): 10361. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28424-8>
- PRITCHARD J. K., STEPHENS M. & DONNELLY P. 2000. — Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics* 155 (2): 945-959. <https://doi.org/10.1093/genetics/155.2.945>
- QUAGLIETTA L. & PORTO M. 2019. — SiMRiv: an R package for mechanistic simulation of individual, spatially-explicit multi-state movements in rivers, heterogeneous and homogeneous spaces incorporating landscape bias. *Movement Ecology* 7 (1): 11. <https://doi.org/10.1186/s40462-019-0154-8>
- R CORE TEAM 2023. — *R: a Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>, dernière consultation le 13 juillet 2025.
- REID A. J., CARLSON A. K., CREED I. F., ELIASON E. J., GELL P. A., JOHNSON P. T. J., KIDD K. A., MACCORMACK T. J., OLDEN J. D., ORMEROD S. J., SMOL J. P., TAYLOR W. W., TOCKNER K., VERMAIRE J. C., DUDGEON D. & COOKE S. J. 2019. — Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews* 94 (3): 849-873. <https://doi.org/10.1111/brev.12480>
- REID N., THOMPSON D., HAYDEN B., MARNELL F. & MONTGOMERY W. I. 2013. — Review and quantitative meta-analysis of diet suggests the Eurasian otter (*Lutra lutra*) is likely to be a poor bioindicator. *Ecological Indicators* 26: 5-13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.10.017>
- REJI CHACKO M., ALTERMATT F., FOPP F., GUIAN A., KEGGIN T., LYET A., REY P.-L., RICHARDS E., VALENTINI A., WALDOCK C. & PELLISSIER L. 2023. — Catchment-based sampling of river eDNA integrates terrestrial and aquatic biodiversity of alpine landscapes. *Oecologia* 202 (4): 699-713. <https://doi.org/10.1007/s00442-023-05428-4>
- RENAUD A. & PROCIER S. 2011. — Une loutre dans la ville protohistorique de Lattara (Lattes/Saint-Sauveur, Hérault, France): prédateur, gibier ou pique-assiette?, in BRUGAL J.-P., GARDEISEN A., ZUCKER A. (éds), *Actes des XXXI^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*. Éditions APDCA, Antibes: 177-181.
- REUTHER C., DOLCH D., GREEN R., JAHRL J., JEFFERIES D. J., KREKEMEYER A., KUCEROVA M., MADSEN A. B., ROMANOWSKI J., ROCHE K., RUIZ-OLMO J., TEUBNER J. & TRINDADE A. 2000. — *Surveying and Monitoring Distribution and Population Trends of the Eurasian otter (Lutra lutra): Guidelines and Evaluation of the Standard Method for Surveys as Recommended by the European Section Of the IUCN/SSC Otter Specialist Group*. Vol. 12. Gruppe Naturschutz, Hankensbüttel, 148 p.
- RIDOUT M. S. & LINKIE M. 2009. — Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 14 (3): 322-337. <https://doi.org/10.1198/jabes.2009.08038>
- RODRIGUEZ-ESTIVAL J., ORTIZ-SANTALIESTRA M. E. & MATEO R. 2020. — Assessment of ecotoxicological risks to river otters from ingestion of invasive red swamp crayfish in metal contaminated areas: use of feces to estimate dietary exposure. *Environmental Research* 181: 108907. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108907>
- ROSOUX R., LEMARCHAND C., LIBOIS R. & BOUCHARDY C. 2019. — *La Loutre d'Europe*. Biotope Editions, Mèze, 349 p.
- ROSOUX R., BELLEFROID M. N. DE, BOUCHARDY C. & LIBOIS R. 2000. — *Plan de restauration de la Loutre d'Europe*, Lutra lutra, en France. Version finale décembre 2000. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement – Direction de la Nature et des Paysages, Paris, 72 p.
- SALES N. G., MCKENZIE M. B., DRAKE J., HARPER L. R., BROWETT S. S., COSCIA I., WANGENSTEEN O. S., BAILLIE C., BRYCE E., DAWSON D. A., OCHU E., HÄNFLING B., LAWSON HANDLEY L., MARIANI S., LAMBIN X., SUTHERLAND C. & McDEVITT A. D. 2020. — Fishing for mammals: landscape-level monitoring of terrestrial and semi-aquatic communities using eDNA from riverine systems. *Journal of Applied Ecology* 57 (4): 707-716. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13592>
- SITTENTHALER M., SCHÖLL E. M., LEEB C., HARING E., PARZ-GOLLNER R. & HACKLÄNDER K. 2020. — Marking behaviour and census of Eurasian otters (*Lutra lutra*) in riverine habitats: what can scat abundances and non-invasive genetic sampling tell us about otter numbers? *Mammal Research* 65 (2): 191-202. <https://doi.org/10.1007/s13364-020-00486-y>
- SMIROLDO G., VILLA A., TREMOLADA P., GARIANO P., BALESTRIERI A. & DELFINO M. 2019. — Amphibians in Eurasian otter *Lutra lutra* diet: osteological identification unveils hidden prey richness and male-biased predation on anurans. *Mammal Review* 49 (3): 240-255. <https://doi.org/10.1111/mam.12155>
- TABERLET P., BONIN A., ZINGER L. & COISSAC E. 2018. — *Environmental DNA: for Biodiversity Research and Monitoring*. Oxford University Press., Oxford, 272 p. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198767220.001.0001>
- TALANCIEUX E. 2021. — *Étude d'une possible pérennisation de la loutre (Lutra lutra) sur le bassin versant de l'Hérault*. Université Jean-Monnet, Saint-Étienne, 42 p.
- TARABON S., GODET C., VUIDEL G., EGGERT C., BAILLEUL M., MIAUD C. & CLAUZEL C. 2024. — Turquoise infrastructure: Assessing the impacts of global change on multi-habitat connectivity from a landscape management perspective. *Landscape and Urban Planning* 245: 105016. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105016>
- TOOMEY A. H., KNIGHT A. T. & BARLOW J. 2017. — Navigating the space between research and implementation in conservation: research-implementation spaces. *Conservation Letters* 10 (5): 619-625. <https://doi.org/10.1111/conl.12315>
- VALENTINI A., TABERLET P., MIAUD C., CIVADE R., HERDER J., THOMSEN P. F., BELLEMAIN E., BESNARD A., COISSAC E., BOYER F., GABORIAUD C., JEAN P., POULET N., ROSET N., COPP G. H., GENIEZ P., PONT D., ARGILLIER C., BAUDOIN J.-M., PEROUX T., CRIVELLI A. J., OLIVIER A., ACQUEBERGE M., LE BRUN M., MØLLER P. R., WILLERSLEV E. & DEJEAN T. 2016. — Next-generation monitoring of aquatic biodiversity using environmental DNA metabarcoding. *Molecular Ecology* 25 (4): 929-942. <https://doi.org/10.1111/mec.13428>
- VANDERHEYDEN C. 2020. — *Génétique de la conservation des populations de loutres Lutra lutra du bassin versant de l'Hérault (France)*. Université de Liège, Liège, 63 p.
- VÁRI Á., PODSCHUN S. A., ERŐS T., HEIN T., PATAKI B., IOJÁ I.-C., ADAMESCU C. M., GERHARDT A., GRUBER T., DEDIĆ A., ČIRIĆ M., GAVRILOVIĆ B. & BALDI A. 2022. — Freshwater systems and ecosystem services: challenges and chances for cross-fertilization of disciplines. *Ambio* 51 (1): 135-151. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01556-4>
- VESCERA C., VYVE C. V., SMITS Q. & MICHAUX J. R. 2024. — All-you-can-eat buffet: a spider-specialized bat species (*Myotis emarginatus*) turns into a pest fly eater around cattle. *Plos One* 19 (5): e0302028. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302028>
- VÖRÖSMARTY C. J., MCINTYRE P. B., GESSNER M. O., DUDGEON D., PRUSEVICH A., GREEN P., GLIDDEN S., BUNN S. E., SULLIVAN C. A., LIERMANN C. R. & DAVIES P. M. 2010. — Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature* 467 (7315): 555-561. <https://doi.org/10.1038/nature09440>
- WICKHAM H., AVERICK M., BRYAN J., CHANG W., MCGOWAN L. D., FRANÇOIS R., GROLEMUND G., HAYES A., HENRY L., HESTER J.,

- KUHN M., PEDERSEN T. L., MILLER E., BACHE S. M., MÜLLER K., OOMS J., ROBINSON D., SEIDEL D.P., SPINU V., TAKAHASHI K., VAUGHAN D., WILKE C., WOO K. & YUTANI H. 2019. — Welcome to the Tidyverse. *Journal of Open Source Software* 4 (43): 1686. <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- ZEMANOVA M. A. 2020. — Towards more compassionate wildlife research through the 3Rs principles: moving from invasive to non-invasive methods. *Wildlife Biology* 2020 (1): 1-17. <https://doi.org/10.2981/wlb.00607>
- ZIPKIN E. F., ZYLSTRA E. R., WRIGHT A. D., SAUNDERS S. P., FINLEY A. O., DIETZE M. C., ITTER M. S. & TINGLEY M. W. 2021. — Addressing data integration challenges to link ecological processes across scales. *Frontiers in Ecology and the Environment* 19 (1): 30-38. <https://doi.org/10.1002/fee.2290>

*Soumis le 7 octobre 2024;
accepté le 5 mars 2025;
publié le 15 octobre 2025.*