



**HAL**  
open science

# Étude du retour de la Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) sur le fleuve Lez (fleuve côtier, Hérault, France) 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, et al.

## ► To cite this version:

Olivier Gimenez, Simon Lacombe, Louis Barbu, Yann Raulet, Vincent Sablain, et al.. Étude du retour de la Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) sur le fleuve Lez (fleuve côtier, Hérault, France) grâce aux méthodes non-invasives de suivi des populations et une collaboration étroite entre structures académiques et territoriales. 2024. hal-04725018

**HAL Id: hal-04725018**

**<https://hal.science/hal-04725018v1>**

Preprint submitted on 7 Oct 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

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

4

5 **Olivier GIMENEZ**

6 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier

7 [olivier.gimenez@cefe.cnrs.fr](mailto:olivier.gimenez@cefe.cnrs.fr)

8 **Simon LACOMBE**

9 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier

10 Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, UMR 5558 Laboratoire de Biométrie et

11 Biologie Evolutive, 69100 Villeurbanne, France

12 [simon.lacombe@cefe.cnrs.fr](mailto:simon.lacombe@cefe.cnrs.fr)

13 **Louis BARBU**

14 Association Fiber Nature, Appartement 108, Bâtiment C8, 389 rue de l'Espinouse, 34090

15 Montpellier

16 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier

17 [louisbarbu@gmail.com](mailto:louisbarbu@gmail.com)

18 **Yann RAULET**

19 Service Nature, Observatoire et Territoire, Direction Nature, Agroécologie et Paysage, Pôle

20 Biodiversité Paysages Agroécologie et Alimentation (BP2A), avenue Albert Einstein Domaine

21 municipal de Grammont, 34000 Montpellier

22 [Yann.RAULET@montpellier.fr](mailto:Yann.RAULET@montpellier.fr)

23 **Vincent SABLAIN**

24 EPTB Lez (Syndicat du Bassin du Lez - SYBLE), domaine de Restinclières, 34730 Prades-le-Lez

25 [v.sablain@eptb-lez.fr](mailto:v.sablain@eptb-lez.fr)

26 **Tom CARLI**

27 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier

28 [tom.carli3110@gmail.com](mailto:tom.carli3110@gmail.com)

29 **Camille COLLARD**

30 Association Fiber Nature, Appartement 108, Bâtiment C8, 389 rue de l'Espinouse, 34090

31 Montpellier

32 [collard.camille1@gmail.com](mailto:collard.camille1@gmail.com)

33 **Anthony DESMAZES**

34 Association Fiber Nature, Appartement 108, Bâtiment C8, 389 rue de l'Espinouse, 34090

35 Montpellier

36 [anthony.desmazes@icloud.com](mailto:anthony.desmazes@icloud.com)

37 **Claude MIAUD**

38 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier

39 [claude.miaud@cefe.cnrs.fr](mailto:claude.miaud@cefe.cnrs.fr)

40 **Caroline DELAIRE**

41 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier

42 [caroline.dlr@hotmail.fr](mailto:caroline.dlr@hotmail.fr)

43 **Lazare DUVAL**

44 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier

45 [lazare.duval@ens-lyon.fr](mailto:lazare.duval@ens-lyon.fr)

46 **Nicolas LESCUREUX**  
47 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier  
48 [nicolas.lescureux@cefe.cnrs.fr](mailto:nicolas.lescureux@cefe.cnrs.fr)

49 **Raphaël MATHEVET**  
50 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier  
51 [raphael.mathevet@cefe.cnrs.fr](mailto:raphael.mathevet@cefe.cnrs.fr)

52 **Tatiana TRONEL**  
53 Les Écologistes de l'Euzière, Domaine de Restinclières, 34730 Prades-le-Lez  
54 [tatiana.tronel@gmail.com](mailto:tatiana.tronel@gmail.com)

55 **Nicolas JUILLET**  
56 Les Écologistes de l'Euzière, Domaine de Restinclières, 34730 Prades-le-Lez  
57 [nicolas.juillet@euziere.org](mailto:nicolas.juillet@euziere.org)

58 **Alice FURNARI**  
59 SPYGEN, 17, rue du Lac Saint André, CS 20274, 73375 Le Bourget-du-Lac Cedex  
60 [alice.furnari@spygen.com](mailto:alice.furnari@spygen.com)

61 **Alice VALENTINI**  
62 SPYGEN, 17, rue du Lac Saint André, CS 20274, 73375 Le Bourget-du-Lac Cedex  
63 [alice.valentini@spygen.com](mailto:alice.valentini@spygen.com)

64 **Sébastien RANC**  
65 CPIE APIEU – Territoires de Montpellier, Mas de Costebelle 842 rue de la Vieille Poste 34000  
66 Montpellier  
67 [sebastien.ranc@cpie-apieumontpellier.fr](mailto:sebastien.ranc@cpie-apieumontpellier.fr)

68 **Alexandre DUBOST**  
69 Centre Ressources Educ Nature, Domaine départemental de Restinclières, 34730 Prades le Lez  
70 [educnature@ac-montpellier.fr](mailto:educnature@ac-montpellier.fr)

- 71 **Bruno FRANC**
- 72 CPIE APIEU – Territoires de Montpellier, Mas de Costebelle 842 rue de la Vieille Poste 34000
- 73 Montpellier
- 74 [bruno.franc@cpie-apieumontpellier.fr](mailto:bruno.franc@cpie-apieumontpellier.fr)
- 75 **Eve LE POMMELET**
- 76 EPTB Symbo, Boulevard de la Démocratie, 34130 MAUGUIO
- 77 [elepommelet@symbio.fr](mailto:elepommelet@symbio.fr)
- 78 **Louise D’HOLLANDE**
- 79 EPTB Symbo, Boulevard de la Démocratie, 34130 MAUGUIO
- 80 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier
- 81 [louise.dhollande@agrocampus-ouest.fr](mailto:louise.dhollande@agrocampus-ouest.fr)
- 82 **Serge ROUVIÈRE**
- 83 EPTB Vidourle - CS10202 -216 chemin de Campagne , 30251 Sommières
- 84 [s.rouviere@vidourle.org](mailto:s.rouviere@vidourle.org)
- 85 **Clément OYON**
- 86 EPTB Vidourle - CS10202 -216 chemin de Campagne , 30251 Sommières
- 87 [c.oyon@vidourle.org](mailto:c.oyon@vidourle.org)
- 88 **Alix COSQUER**
- 89 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier
- 90 [alixcosquer@gmail.com](mailto:alixcosquer@gmail.com)
- 91 **Maëlis KERVILLEC**
- 92 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier
- 93 [maelis.kervellec@cefe.cnrs.fr](mailto:maelis.kervellec@cefe.cnrs.fr)
- 94 **Paula DIAS**
- 95 CEFE, Univ Montpellier, CNRS, EPHE, IRD, 1919 Route de Mende, 34090 Montpellier

96 [paula.dias@cefe.cnrs.fr](mailto:paula.dias@cefe.cnrs.fr)

97 **Stéphanie GROSSET**

98 Service Nature, Observatoire et Territoire, Direction Nature, Agroécologie et Paysage, Pôle

99 Biodiversité Paysages Agroécologie et Alimentation (BP2A), avenue Albert Einstein Domaine

100 municipal de Grammont, 34000 Montpellier

101 [stephanie.grosset@montpellier.fr](mailto:stephanie.grosset@montpellier.fr)

102 **Johan MICHAUX**

103 Conservation Genetics Laboratory, University of Liège, Liège, Belgium

104 Univ Montpellier, CIRAD, INRAE, UMR 117 Animal Santé Territoire Risque Environnement,

105 34398 Montpellier Cedex 5, France

106 [johan.michaux@uliege.be](mailto:johan.michaux@uliege.be)

107 **Anaïs BEAUMARIAGE**

108 Conservation Genetics Laboratory, University of Liège, Liège, Belgium

109 [Anais.Beaumariage@uliege.be](mailto:Anais.Beaumariage@uliege.be)

110 **Adrien ANDRÉ**

111 Conservation Genetics Laboratory, University of Liège, Liège, Belgium

112 [Adrien.Andre@uliege.be](mailto:Adrien.Andre@uliege.be)

113 **Sébastien DEVILLARD**

114 Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, UMR 5558 Laboratoire de Biométrie et

115 Biologie Evolutive, 69100 Villeurbanne, France

116 [Sebastien.Devillard@univ-lyon1.fr](mailto:Sebastien.Devillard@univ-lyon1.fr)

117

118 **RÉSUMÉ**

119 Nous étudions la loutre d'Europe (*Lutra lutra*) dans le fleuve côtier du Lez, près de Montpellier,  
120 en zone de recolonisation d'un milieu anthropisé. L'objectif est de mieux comprendre la  
121 dynamique d'installation de l'espèce. À travers des méthodes d'échantillonnage non-invasives  
122 telles que le piégeage photographique, l'ADN environnemental, et la recherche d'épreintes,  
123 nous posons des questions liées à la période d'activité de l'espèce, à son régime alimentaire,  
124 aux interactions interspécifiques et aux origines géographiques des individus détectés.

125 Nos résultats indiquent une activité principalement nocturne, probablement liée à la pression  
126 humaine sur le cours d'eau. Le régime alimentaire est dominé par des poissons comme le  
127 chevesne, mais la loutre montre une grande plasticité, consommant également des espèces  
128 exotiques envahissantes comme l'écrevisse de Louisiane. Des interactions avec d'autres  
129 espèces, comme le renard, sont également documentées. L'origine des populations locales  
130 semble venir du nord, contrastant avec celles du bassin de l'Hérault.

131 Notre étude souligne l'importance de restaurer les petits cours d'eau et d'améliorer leur  
132 connectivité (trame turquoise) pour la conservation de l'espèce. Elle intègre aussi une  
133 dimension interdisciplinaire en combinant sciences écologiques et sociales, avec une enquête  
134 sur les perceptions locales de la loutre. Enfin, la médiation scientifique est abordée à travers  
135 l'élaboration d'une valise pédagogique et la création d'un "havre de paix" pour la loutre afin de  
136 sensibiliser à la préservation des zones humides et favoriser la cohabitation durable avec  
137 l'espèce.

138 **MOTS CLÉS**

139 ADN environnemental, mammifère semi-aquatique, mustélidé, suivi non-invasif des  
140 populations

141 **ABSTRACT**

142 We study the European otter (*Lutra lutra*) in the coastal river Lez, near Montpellier (France) in  
143 an area of recolonization of an anthropized environment. Our objective is to better understand  
144 the dynamics of species establishment. Through non-invasive sampling methods such as  
145 camera trapping, environmental DNA, and the search for spraints, we address questions  
146 related to the species' activity period, diet, interspecific interactions, and the geographical  
147 origins of detected individuals.

148 Our results indicate a predominantly nocturnal activity, likely linked to human pressure on the  
149 river. The diet is dominated by fish such as the chub, but the otter demonstrates great  
150 plasticity, also consuming invasive species like the Louisiana crayfish. Interactions with other  
151 species, such as foxes, are also documented. The origin of local populations appears to be from  
152 the north, contrasting with those from the Hérault watershed.

153 Our study highlights the importance of restoring small rivers and improving their connectivity  
154 (turquoise infrastructure) for species conservation. It also integrates an interdisciplinary  
155 dimension by combining ecological and social sciences, with a survey on local perceptions of  
156 the otter. Finally, scientific outreach is addressed through the development of an educational  
157 kit and the creation of a "haven" for the otter to raise awareness about the preservation of  
158 wetlands and promote sustainable coexistence with the species.

159 **TITLE**

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

163 **KEY WORDS**



164 Environmental DNA, semi-aquatic mammals, mustelids, non-invasive population monitoring

165

166

167 **INTRODUCTION**

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

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

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

180 Dans ce contexte, l'étude des mammifères semi-aquatiques, tels que la loutre d'Europe (*Lutra*  
181 *lutra* ; on utilisera le terme loutre dans la suite de l'article), revêt un intérêt particulier. En tant  
182 que prédateur au sommet de la chaîne alimentaire, la loutre joue un rôle clé dans la  
183 dynamique des populations de poissons et d'autres organismes aquatiques (Kruuk 2006), y  
184 compris les espèces exotiques envahissantes (e.g. Barrientos *et al.* 2014 mais voir Balestrieri *et*  
185 *al.* 2013), contribuant ainsi à l'équilibre et à la régulation écologique des milieux d'eau douce.  
186 Sa présence ou son absence peut être un indicateur précieux de la santé des écosystèmes

187 d'eau douce, car elle est particulièrement sensible aux modifications de son environnement,  
188 notamment à la qualité de l'eau et à la perturbation des habitats aquatiques comme les zones  
189 humides et ripisylves qu'elle fréquente (Bedford 2009; Brand *et al.* 2020; Couturier *et al.*  
190 2023). Toutefois, les principales causes de la régression de ses populations sont la dégradation  
191 de la qualité des milieux, des ressources alimentaires en particulier, ainsi que le dérangement  
192 et la destruction directe (chasse, piégeage, collisions) (Rosoux *et al.* 2019). Bien que sensible  
193 aux perturbations, cet animal opportuniste peut également occuper des zones de moindre  
194 qualité biologique, à condition que la tranquillité et la nourriture y soient suffisantes, nuançant  
195 ainsi son rôle strict d'indicateur de qualité (Reid *et al.* 2013).

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

206 Dans cette étude, nous illustrons comment l'utilisation complémentaire de plusieurs méthodes  
207 non-invasives de suivi des populations permet, outre d'éviter de déranger les animaux  
208 (Zemanova 2020), d'accumuler en peu de temps des données informatives sur l'écologie de  
209 l'espèce, et de répliquer l'échantillonnage dans le temps et l'espace (Long *et al.* 2008). Notre  
210 objectif avec cette étude est également d'illustrer comment la mise en place d'un suivi de

211 population pour la conservation d'une espèce (Nichols & Williams 2006) peut permettre de  
212 réduire efficacement le fossé entre chercheurs et gestionnaires identifié comme un obstacle à  
213 l'utilisation de la science pour informer la gestion et les actions de conservation (Cook *et al.*  
214 2013). Notre recherche s'appuie sur une collaboration étroite entre partenaires académiques  
215 et non-académiques (Couturier *et al.* 2023) avec comme hypothèse que "faire le terrain  
216 ensemble" permet de construire une culture scientifique commune (Toomey *et al.* 2017) via  
217 l'interaction entre des acteurs aux intérêts partagés, mais aux agendas de travail et aux  
218 objectifs différents. La collaboration engagée ici contribue non seulement à enrichir les  
219 connaissances scientifiques et à proposer des actions de conservation, mais également à  
220 soutenir l'élaboration de politiques publiques, notamment dans le cadre de la mise en œuvre  
221 de la trame turquoise – c'est-à-dire l'espace fonctionnel pour préserver la biodiversité des  
222 milieux aquatiques et des zones humides (Clauzel *et al.* 2023; Tarabon *et al.* 2024), un point  
223 que nous illustrons dans l'article.

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

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

235

## 236 **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### 237 **La loutre d'Europe**

238 La loutre est un mammifère carnivore, se nourrissant essentiellement de poissons, mais aussi  
239 d'écrevisses et d'amphibiens (Kruuk 2006; Rosoux *et al.* 2019). Espèce semi-aquatique  
240 inféodée aux zones humides, la loutre vit à la fois dans les cours d'eau, où elle trouve sa  
241 nourriture, et sur les berges, où elle se repose, se reproduit, et élève ses petits (Kruuk 2006;  
242 Rosoux *et al.* 2019). Au siècle dernier, l'espèce a presque disparu en France en raison de  
243 plusieurs facteurs : la chasse pour sa fourrure, la persécution par les pêcheurs et pisciculteurs  
244 en raison de son régime piscivore, ainsi que la pollution des cours d'eau (notamment par les  
245 polychlorobiphényles ou PCB) et la dégradation de son habitat naturel (Rosoux *et al.* 2019).

246 Le déclin de la loutre a été enrayé grâce à des mesures de protection légale : d'abord par  
247 l'interdiction de sa destruction en 1972, puis par l'obtention du statut d'espèce protégée en  
248 1981 via la Convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu  
249 naturel de l'Europe (dont elle est le symbole), et enfin par l'amélioration de la qualité  
250 écologique des milieux aquatiques (Rosoux *et al.* 2019). Ainsi, la loutre présente une  
251 dynamique de recolonisation soutenue du territoire français, où elle est présente actuellement  
252 dans presque les trois quarts du pays. On la retrouve entre autres dans des habitats pouvant  
253 être dégradés, fortement anthropisés, illustrant son comportement opportuniste et ses  
254 capacités d'adaptation (Clavero *et al.* 2003; Reid *et al.* 2013), y compris dans la région étudiée  
255 ici (Mathevet 1996; Mathevet *et al.* 2009).

256

257

258 Ainsi, l'espèce présente une dynamique de recolonisation soutenue du territoire français.

259 Malgré une recolonisation active et en cours des parties aval des fleuves côtiers et des zones  
260 humides littorales du sud du Massif Central et du Rhône, la loutre est toujours absente d'une  
261 partie de son aire de répartition originelle et reste confrontée à des menaces d'origine  
262 anthropique, notamment les captures accidentelles dans les engins de pêche ou les collisions  
263 routières du fait de la densité du réseau routier. Son mode de vie semi-aquatique la rend  
264 particulièrement vulnérable à la fragmentation des habitats, qu'ils soient aquatiques ou  
265 terrestres. Cette espèce figure d'ailleurs parmi celles à cohérence nationale au titre de la  
266 Trame Verte et Bleue (TVB) – des réseaux écologiques qui visent à reconnecter les espaces  
267 naturels pour favoriser la biodiversité (trame verte pour milieux terrestres, et trame bleue  
268 pour milieux aquatiques). La dégradation des milieux aquatiques constitue un obstacle à sa  
269 recolonisation, tandis que l'intensification des infrastructures routières fragmente les  
270 continuités écologiques, et augmente le risque de collisions avec les véhicules, limitant ainsi sa  
271 dispersion. L'espèce a bénéficié d'un premier Plan National d'Action (PNA) sur la période 2010-  
272 2015 (Kuhn 2010) qui se prolonge par un deuxième sur la période 2019-2028 avec pour  
273 objectif principal d'assurer la conservation à long terme de l'espèce (Kuhn *et al.* 2019).

#### 274 **Le Lez**

275 Le Lez est un fleuve côtier long de 29.6 km qui draine un bassin versant de 196 km<sup>2</sup> dans le  
276 département de l'Hérault, entre les communes de Saint-Clément-de-Rivière et de Palavas-les-  
277 Flots, avant de se jeter dans la mer Méditerranée (Figure 1). Ses principaux affluents sont la  
278 Mosson, le Lirou, la Lironde, la Lironde du Méjean et le Verdanson (Figure 1). Habituellement  
279 calme, le Lez est toutefois sujet à des crues rapides et violentes lors des épisodes cévenols,  
280 principalement entre septembre et décembre.

281 La source du Lez, située au nord de Saint-Clément-de-Rivière, est la principale de l'ensemble  
282 karstique sous-jacent aux garrigues nord montpelliéraines. Cette source a été captée pour  
283 l'alimentation en eau potable dès le 19<sup>ème</sup> siècle. Depuis 1982, le prélèvement est conséquent  
284 (1080 l/s) et assure une gestion active du karst (Maréchal *et al.* 2013). Un débit réservé  
285 minimal de 230 litres par seconde est maintenu pour préserver l'écosystème aquatique en  
286 aval. Le régime hydrologique naturel du Lez est ainsi perturbé d'abord par le captage de la ville  
287 de Montpellier dans l'aquifère karstique, puis par un soutien d'étiage estival par le  
288 déversement d'eaux en provenance du Rhône via le canal du Bas-Rhône Languedoc. Cet  
289 apport a été réalisé pour maintenir la capacité d'autoépuration du fleuve à partir de 1992. De  
290 plus, plusieurs bassins de rétention ont été aménagés pour limiter l'impact des crues sur la  
291 plaine en aval durant les épisodes cévenols.

292 Depuis sa source jusqu'à son entrée sur la commune de Castelnaud-le-Lez, l'environnement  
293 immédiat du Lez est essentiellement agricole, avec une ripisylve étroite, continue et dense,  
294 ponctuée de plusieurs seuils naturels et artificiels qui régulent les écoulements. À certains  
295 endroits, cette ripisylve s'élargit sur plusieurs dizaines de mètres, formant une véritable forêt-  
296 galerie dominée par l'Aulnaie-Frênaie à Frêne oxyphylle typique de la plaine languedocienne.  
297 Cet habitat arborescent de boisements dominée par l'Aulne glutineux *Alnus glutinosa* en  
298 bordure de berge et le Frêne oxyphylle *Fraxinus angustifolia* sur les banquettes alluviales est  
299 présent le long du Lez, particulièrement dans sa partie amont où il présente sa forme typique  
300 très hygrophile à Nivéole d'été. Il est le plus souvent cantonné sur quelques mètres autour du  
301 lit du cours d'eau et forme un linéaire continu lorsque les berges ne sont pas trop abruptes. En  
302 aval du Lez, où les berges abruptes rendent la ripisylve du haut de berge moins hygrophile et  
303 où la pression des activités humaines est la plus forte, le sous-bois s'appauvrit et le boisement  
304 s'enrichit d'espèces introduites comme le Robinier faux-acacia *Robinia pseudacacia* ou l'Erable  
305 *Acer negundo* La végétation arborée est dominée par l'Aulne glutineux *Alnus*

306 *glutinosa* en bordure de berge et le Frêne oxyphylle *Fraxinus angustifolia* sur les banquettes  
307 alluviales. Dans la traversée urbaine de Montpellier, le Lez est fortement anthropisé,  
308 particulièrement à partir de l'hôtel de Région, où des travaux importants d'endiguement et de  
309 recalibrage ont été réalisés dès les années 1980 afin de réduire l'impact des inondations. La  
310 partie aval du Lez est canalisée jusqu'à son embouchure. Sur ce linéaire d'une dizaine de  
311 kilomètres, les fonctions écologiques du fleuve et la qualité biologique globale des milieux  
312 aquatiques sont fortement dégradées.

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

## 322 **Méthodes non-invasives de suivi**

### 323 *La recherche de signes de présence*

324 La recherche de signes de présence de l'espèce (principalement des épreintes, le nom donné  
325 aux crottes de loutres facilement reconnaissables) s'est déroulée du 30 janvier au 17 février  
326 2023 sur le Lez et ses principaux affluents (Figure 1). Nous avons utilisé le protocole préconisé  
327 par le groupe loutre de l'union internationale pour la conservation de la nature (UICN) pour  
328 déterminer la présence ou l'absence de l'espèce (Reuther *et al.* 2000). Un total de 13 sites ont  
329 été prospectés, placés tous les 5km (Figure 2), le long d'un linéaire de 600 m dans la mesure du

330 possible. Différentes informations sur la caractérisation des milieux ont ainsi été relevées  
331 (habitat, caractéristiques du cours d'eau, caractéristiques des berges, et signes éventuels de  
332 perturbations liées à l'activité humaine) que nous ne détaillerons pas ici. Les épreintes ont été  
333 utilisées pour documenter la présence de l'espèce, mais aussi pour analyser l'origine génétique  
334 des individus détectés sur le Lez, et leur régime alimentaire (voir la section suivante Analyses).  
335 Pour l'origine génétique et le régime alimentaire, des épreintes ont été également collectées  
336 entre le 21 novembre et le 28 décembre 2023.

### 337 *Le piégeage photographique*

338 Nous avons mené le piégeage photographique entre le 15 janvier et le 15 juin 2023 sur le Lez  
339 exclusivement. Nous avons placé des appareils photographiques à déclenchement  
340 automatique (ou pièges photographiques) régulièrement le long du cours d'eau, sur la base de  
341 détection passée d'épreintes et notre connaissance du terrain ; au total nous avons déployé 19  
342 pièges (Figure 2). Ces pièges ont été fixés sur des arbres à une hauteur comprise entre 50 et  
343 100 cm. Tous les appareils étaient des Browning Extreme SpecOps Full HD Video, paramétrés  
344 pour ne faire que des vidéos, avec la détection de mouvement à grande distance, le flash  
345 nocturne à grande distance, la qualité des vidéos en haute définition, et la longueur maximale  
346 des vidéos fixée à une minute de jour et trente secondes de nuit. Ces pièges ont été relevés  
347 tous les mois et demi (au plus) pour remplacer la carte mémoire SD et les piles si besoin.

### 348 *L'ADN environnemental*

349 Comme méthode complémentaire aux deux précédentes, nous avons considéré l'ADN  
350 environnemental ou ADNe, l'ensemble des traces d'ADN laissées par les organismes dans leur  
351 environnement, via des éléments tels que la peau, les poils, les excréments, ou encore le  
352 mucus. Cet ADN est collecté à partir de milieux comme l'eau, le sol ou l'air, puis analysé pour  
353 identifier les espèces présentes, sans avoir à les observer directement. Il s'agit d'une approche



354 relativement récente (Ficetola *et al.* 2008) qui a montré des résultats prometteurs pour la  
355 loutre (Jamwal *et al.* 2021, 2023; Ballini *et al.* 2024). Nous avons mené l'étude d'ADNe entre le  
356 21 novembre 2023 et le 22 décembre 2023 sur le Lez exclusivement, en milieux courants. Le  
357 protocole d'échantillonnage de l'ADNe consiste en un prélèvement d'eau pompée pendant 30  
358 minutes à l'aide d'une pompe péristaltique (Vampir, Bürkle GmbH, Bad Bellingen, débit de 1,1  
359 L.min<sup>-1</sup>), d'un tuyau et filtrée par une capsule de filtration VigiDNA possédant une membrane  
360 de 500 cm<sup>2</sup> de surface avec une porosité de 0.45 µm (SPYGEN, le Bourget du Lac, France,). L. A  
361 la fin de la filtration, l'eau restant dans la capsule est extraite et 80 mL de solution tampon CL1  
362 (SPYGEN, le Bourget du Lac, France) sont ajoutés. La capsule a été conservée à température  
363 ambiante jusqu'à l'extraction en laboratoire. Nous avons effectué 3 réplicas par site, à contre-  
364 courant, en direction de l'amont. Au total nous avons considéré 10 sites d'échantillonnage  
365 (Figure 2). A noter que pour des contraintes financières, un seul réplica (plutôt que 3) a été fait  
366 sur les 3 sites les plus en aval.

367

## 368 **Analyses**

### 369 *Le chevauchement des temps d'activité*

370 Dans l'objectif d'explorer la co-occurrence de la loutre avec d'autres espèces nous avons  
371 exploité les données de pièges photographiques, afin d'estimer le chevauchement d'activité  
372 entre plusieurs paires d'espèces impliquant la loutre. Pour éviter les redondances, nous avons  
373 considéré les détections espacées de moins d'une minute comme un unique événement.  
374 Chaque enregistrement indépendant d'une espèce a été considéré comme un échantillon  
375 aléatoire de la distribution temporelle de l'activité de cette espèce (Ridout & Linkie 2009). La  
376 densité de probabilité correspondante a été approchée en utilisant l'estimateur à noyau de la  
377 densité (Linkie & Ridout 2011). Le chevauchement des patrons d'activité a été évalué en

378 utilisant le coefficient de chevauchement pour les échantillons avec 60 détections ou moins  
379 (Ridout & Linkie 2009). Ce coefficient varie de zéro (aucun chevauchement) à 1  
380 (chevauchement complet). Nous avons utilisé la méthode du "bootstrap" pour évaluer la  
381 précision de cet estimateur en calculant l'intervalle de confiance à 95% à partir de 1000  
382 pseudo-échantillons.

383

#### 384 *Génétique et échantillons d'eau*

385 L'extraction de l'ADN a été réalisée dans un laboratoire d'ADN contrôlé dédié équipé de salles  
386 blanches séparées avec pression d'air positive, traitement UV et renouvellement fréquent de  
387 l'air. Des procédures de décontamination ont été menées avant et après toutes les  
388 manipulations. L'extraction a été réalisée selon le protocole de Pont *et al.* (2018). L'étape  
389 d'amplification a été menée en suivant le protocole utilisé dans Valentini *et al.* (2016) pour les  
390 poissons et une autre en suivant le même protocole, mais avec une amorce universelle d'ADNr  
391 mitochondrial 12S de mammifère (Mamm01 : 5'-CCGCCGTCACYCTC CT-3' et 5'-  
392 GTAYRCTTACCWTGTTACGAC-3' ; Taberlet *et al.* 2018) et une amorce de blocage humaine (5'-  
393 CCTCCTCAAGTATACTTCAAAGGACATTTAACT-3SpC3). Les amplifications ont été effectuées  
394 avec 12 répliques PCR par extrait d'ADN. Des contrôles négatifs d'extraction négatifs et de PCR  
395 (eau ultra pure) ont été amplifiés et séquencés en parallèle aux échantillons pour surveiller  
396 d'éventuelles contaminations. Les produits PCR purifiés ont été regroupés en volumes égaux  
397 pour atteindre une profondeur de séquençage théorique de 300 000 lectures par échantillon  
398 pour les mammifères et 500 000 pour les poissons. Ensuite, les pools des produits amplifiés  
399 ont été séquencés en utilisant un NextSeq 1000 (Illumina, San Diego, CA, USA). L'analyse des  
400 produits de séquençage a été réalisée à l'aide du pipeline bioinformatique optimisé développé  
401 pour le programme VigiLife ([www.vigilife.org](http://www.vigilife.org)). En résumé, les lectures directes et inverses ont

402 été assemblées puis démultiplexées pour les paires d'amorces et les tags. Les séquences plus  
403 courtes que 20 paires de bases ou apparaissant moins de 10 fois par échantillon ont été  
404 éliminées. Les variantes de séquence d'amplicon (ASV) ont été identifiées et comparées aux  
405 bases de données de référence des séquences d'ADN sPyGEN et des séquences récupérées à  
406 partir de la version 247 de GenBank pour obtenir l'attribution taxonomique de chaque ASV.  
407 Toutes les séquences avec une identité inférieure à 96% ont été éliminées.

408

#### 409 *Génétique et épreintes*

410 Un total de 18 échantillons d'épreintes ont été collectés le long du Lez, de la source à Saint-  
411 Clément-de-Rivière jusqu'à la deuxième écluse sur la commune de Lattes (Figure 2). Les  
412 analyses avaient pour objectifs principaux d'obtenir des informations sur l'identité et le sexe  
413 des individus présents dans la zone étudiée, ainsi que leur origine et la détermination de leur  
414 régime alimentaire. L'ADN des épreintes a été extrait à l'aide du kit QIAamp DNA Fast Stool de  
415 Qiagen, en suivant le protocole recommandé par la firme. Pour l'identification individuelle, un  
416 panel de 15 marqueurs microsatellites a été utilisé (Dallas & Piertney 1998; Dallas *et al.* 1999).  
417 Les microsatellites amplifiés et marqués par des fluorochromes ont été génotypés au moyen  
418 d'un séquenceur automatique multicapillaire 3730 xl Genetic Analyser (Applied Biosystems).  
419 Les marqueurs, analysés au minimum en triplicas, ont été comparés à une base de données  
420 d'échantillons précédemment analysés. En parallèle, le sexe des individus a également été  
421 déterminé par un marqueur moléculaire de sexe. L'origine de ces individus a ensuite été  
422 étudiée en les comparant à la base de données qui rassemble les principales lignées de loutres  
423 françaises (Pigneur *et al.* 2018) à l'aide du logiciel STRUCTURE (Pritchard *et al.* 2000). Après  
424 examen des échantillons, ceux pour lesquels une absence de signal était détectée pour au  
425 moins 15 des 30 allèles ont été écartés, ce qui a laissé 9 des 18 échantillons restants pour les

426 analyses ultérieures. Les génotypes de chaque échantillon ont été répétés de trois à six fois  
427 afin de minimiser les risques d'allèles nuls, en suivant l'approche dite "multitubes".

428

#### 429 *Etude du régime alimentaire*

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

445

#### 446 *La trame turquoise*

447 Pour évaluer la trame turquoise sur la métropole de Montpellier, nous avons suivi la méthode  
448 dite du *buffer* (Bournazel 2023). Dans une première étape, la trame bleue doit être

449 déterminée. Pour ce faire, nous avons utilisé les données des Schémas Régionaux de  
450 Cohérence Écologique (SRCE) des documents de planification mettant en application la  
451 politique TVB à l'échelle régionale, et élaborés par les Directions Régionales de  
452 l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) et les Conseils régionaux. Ces  
453 données sont centralisées, standardisées et diffusées en accès libre par le Muséum National  
454 d'Histoire Naturelle (MNHN) et le Centre d'études et d'expertise sur les risques,  
455 l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema)  
456 (<https://inpn.mnhn.fr/programme/trame-verte-et-bleue/donnees-srce>). Dans une deuxième  
457 étape, nous avons appliqué une zone tampon (ou *buffer* en anglais) dont la largeur a été fixée  
458 à 500m de part et d'autre de la trame bleue. Dans une troisième étape, nous avons déterminé  
459 les types d'habitat favorables à la loutre pour ses déplacements, son installation et sa  
460 reproduction, grâce à l'expertise des co-auteurs du présent papier. Pour ce faire, nous nous  
461 sommes appuyés sur la démarche "Open Data" mise en place par la métropole de Montpellier,  
462 en collaboration avec la communauté locale OpenStreetMap, et nous nous sommes basés sur  
463 la carte d'occupation des sols mise à disposition pour le territoire  
464 ([https://data.montpellier3m.fr/dataset/evolution-de-loccupation-du-sol-de-montpellier-](https://data.montpellier3m.fr/dataset/evolution-de-loccupation-du-sol-de-montpellier-mediterranee-metropole/resource/9ad7fac7-40e5)  
465 [mediterranee-metropole/resource/9ad7fac7-40e5](https://data.montpellier3m.fr/dataset/evolution-de-loccupation-du-sol-de-montpellier-mediterranee-metropole/resource/9ad7fac7-40e5)). Enfin, dans une dernière étape, nous  
466 avons combiné les étapes précédentes et obtenu l'intersection des zones tampons appliquées  
467 à la trame bleue (étapes 1 et 2), et des habitats favorables à la loutre (étape 3) pour obtenir la  
468 trame turquoise.

469

470 *Code et données*

471 Sauf autrement précisé, les analyses ont toutes été faites avec le logiciel R (R Core Team 2023)  
472 en utilisant principalement les bibliothèques *tidyverse* (Wickham *et al.* 2019), *sf* (Pebesma & Bivand

473 2023), *overlap* (Ridout & Linkie 2009) et *rphylopic* (Gearty & Jones 2023). Le code et les  
474 données sont disponibles sur GitHub à [https://github.com/oliviergimenez/analyses\\_Lez](https://github.com/oliviergimenez/analyses_Lez).

475

## 476 **RÉSULTATS**

477

### 478 **Comment se distribue la loutre sur le bassin versant du Lez?**

479 L'espèce est présente tout le long du cours du Lez comme en attestent les 3 méthodes utilisées  
480 pour la détecter (Figure 3). Le cours d'eau est utilisé sur toute sa longueur par l'espèce, de  
481 l'amont où la ripisylve est présente (détectée par des épreintes et sur des vidéos), jusqu'à  
482 l'aval (détectée par des épreintes et l'ADNe), en passant par la partie la plus urbanisée du Lez  
483 qui traverse Montpellier (détectée par des épreintes, vidéos et ADNe). La loutre utilise aussi  
484 l'affluent principal du Lez à savoir la Mosson (détectée par des épreintes, pas  
485 d'échantillonnage effectué par piégeage photographique ou ADNe), et ses affluents  
486 secondaires, le Lirou, la Lironde (détectée par des épreintes, et pas d'échantillonnage par  
487 piégeage photographique). Il est à noter que le Verdanson n'a été échantillonné par aucune  
488 des trois méthodes considérées.

489

### 490 **Quand la loutre est-elle active sur le Lez ?**

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

494 D'autres mammifères sont aussi présents, comme le ragondin (*Myocastor coypus*), la fouine  
495 (*Martes foina*) et le renard (*Vulpes vulpes*).

496 Les comparaisons par paire des patrons d'activité ont montré le coefficient de chevauchement  
497 le plus faible entre l'humain actif plutôt en début d'après-midi et la loutre à l'activité  
498 strictement nocturne sur le Lez (0.05 [0.03 0.11], Figure 4). Pour la paire ragondin - loutre, le  
499 chevauchement était élevé (0.79 [0.66, 0.90], Figure 4). Les paires entre la loutre et les espèces  
500 renard et sanglier avaient un chevauchement comparable (0.60 [0.45, 0.78] pour le renard, et  
501 0.59 [0.47, 0.80] pour le sanglier ; Figure 4).

502

### 503 **Quelle est l'origine de la loutre du Lez ?**

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

516 Les analyses statistiques de regroupement ont montré que les individus du Lez se rapprochent  
517 le plus des populations du Massif central et de la région cévenole (Figure 5). Ce résultat  
518 apparaît différent par rapport aux populations du bassin versant de l'Hérault, dont les animaux  
519 ont majoritairement pour origine la vallée rhodanienne, probablement via les étangs côtiers  
520 méditerranéens, comme signalé déjà par plusieurs auteurs (Mathevet *et al.* 2009; Pigneur *et*  
521 *al.* 2018). Cependant, une partie des individus vivant au niveau de la haute vallée de l'Hérault  
522 ont également pour origine le Massif central. Cela amène à penser que la zone côtière  
523 héraultaise (avec la zone gardoise et buccho-rhodanienne) est un carrefour et lieu  
524 potentiellement de brassage génétique de ces deux origines historiques, ce qui semble logique  
525 d'un point de vue biogéographique.

526

#### 527 **Quel est le régime alimentaire de la loutre sur le Lez ?**

528 L'étude a été réalisée en période hivernale, sur un total de 18 échantillons, et a permis  
529 d'établir un régime alimentaire lié à cette saison. Il apparaît que la loutre consomme  
530 essentiellement du poisson (Tableau 2), et sur l'ensemble des séquences, les proies les plus  
531 représentées sont par ordre d'importance : le chevesne commun (*Squalius cephalus*) 16.81%,  
532 le goujon (*Gobio gobio*) 12.14%, le nase commun (*Chondrostoma nasus*) 11.91%, le carassin  
533 (*Carassius sp.*) 10.11%, la carpe commune (*Cyprinus carpio*) 9.70%, le vairon (*Phoxinus*  
534 *phoxinus*) 6.06%, la perche commune (*Perca fluviatilis*) 5.91%, le silure glane (*Silurus glanis*)  
535 4.71%, le chabot (*Cottus sp.*) 3.46%, la perche soleil (*Lepomis gibbosus*) 3.38%, l'anguille  
536 (*Anguilla anguilla*) 2.93%, le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*) 1.52%, la gambusie (*Gambusia*  
537 *holbrooki*) 1.29%, le goujon asiatique (*Pseudorasbora parva*) 0.62%, le gardon (*Rutilus rutilus*)  
538 0.62%, la loche du Languedoc (*Barbatula quignardi*) 0.41%, la tanche (*Tinca tinca*) 0.07% et  
539 l'athérine (*Atherina boyeri*) 0.05%. Concernant les crustacés, l'écrevisse de Louisiane



540 (*Procambarus clarkii*) se situe à hauteur de 8.22%. En additionnant les proportions de chaque  
541 espèce invasive (*Carassius sp.*, *Chondrostoma nasus*, *Gambusia holbrooki*, *Lepomis gibbosus*,  
542 *Procambarus clarkii*, *Silurus glanis*, *Pseudorasbora parva*), on atteint alors 40%. Aucun oiseau  
543 ne figure dans ces échantillons, pas plus que les reptiles et amphibiens.

544

#### 545 **La loutre et la trame turquoise**

546 La trame bleue avec les zones tampons à 500 m a été générée (Figure 6). Dans les habitats  
547 favorables à la loutre sélectionnés sur la base de l'occupation des sols (Figure 6), nous avons  
548 sélectionné préférentiellement les zones humides (cours d'eau, plans d'eau, marais) et les  
549 milieux forestiers et arborés. Si l'on superpose les indices de présence de loutre obtenus au  
550 cours de notre étude, on s'aperçoit qu'ils appartiennent presque tous à cette trame turquoise  
551 (Figure 6).

552

#### 553 **DISCUSSION**

554 La loutre est présente sur ce petit fleuve côtier qu'est le Lez, mais pourquoi est-ce important,  
555 même avec seulement quelques individus observés ? Tout d'abord, c'est une bonne nouvelle  
556 pour l'espèce, car cela suggère une implantation de plus en plus marquée dans le processus de  
557 recolonisation de la région par la loutre, y compris dans les zones anthropisées. Si cette  
558 présence indique également une certaine qualité de l'habitat et des ressources trophiques,  
559 l'installation durable des individus contactés reste à confirmer. Enfin, nos résultats mettent en  
560 avant l'importance de restaurer les petits cours d'eau, qui sont difficiles à recoloniser en raison  
561 des impacts de l'urbanisation (Marcelli *et al.* 2024).

562

563 **Sur les temps d'activité.** Nous observons une activité majoritairement nocturne chez la loutre,  
564 potentiellement due à la présence humaine. En effet, dans notre étude, l'intensité de la  
565 fréquentation humaine du cours d'eau, liée aux activités récréatives et sportives (promenade,  
566 kayak) et à l'agriculture, pourrait expliquer l'absence d'activité diurne chez la loutre (comme  
567 cela a pu être montré sur les gorges de l'Hérault (Gaidet & Aubert 2022). Si le chevauchement  
568 des temps d'activité permet seulement d'inférer des co-occurrences temporelles d'espèces,  
569 comme dans la Figure 4 entre la loutre et le renard ou le ragondin, le piégeage photographique  
570 nous permet de capturer des interactions entre ces espèces, comme une loutre qui poursuit  
571 un renard, probablement pour défendre son territoire ou l'empêcher de subtiliser une proie  
572 (<https://youtu.be/UMmtg7NQmrw?si=q014xndgYk3wjpKs>).

573

574 **Sur le régime alimentaire.** Globalement, les résultats obtenus sur le Lez correspondent à  
575 l'ichtyofaune en présence ainsi qu'à la distribution de certaines espèces. En effet, le chevesne  
576 (*Squalius cephalus*) y est non seulement très commun, mais également très représenté dans  
577 les épreintes étudiées. De plus, les épreintes contenant du chabot (*Cottus sp*), n = 3, ont été  
578 prélevées en amont du fleuve dans l'aire de répartition connue du Chabot du Lez (*Cottus petiti*)  
579 (Lefebvre *et al.* 2022). Celle contenant de l'athérine (*Atherina boyeri*), n = 1, a été trouvée en  
580 aval, plus proche de l'embouchure, milieu favorable à cette espèce. On peut raisonnablement  
581 penser qu'une épreinte déposée contient des proies chassées à proximité plus ou moins  
582 immédiate (Mirone *et al.* 2024). En effet, et en dépit des grandes capacités de déplacement de  
583 la loutre, cette dernière est dotée d'un système digestif plutôt court, à l'instar des carnivores  
584 stricts, induisant un transit intestinal de 3 heures environ.

585 Concernant toutes les petites espèces de poissons observées dans cette étude, en particulier  
586 quand les proportions sont faibles, il conviendra de s'interroger quant à la possibilité qu'elles  
587 aient été ingérées par d'autres poissons plus gros, eux-mêmes prédatés ensuite par la loutre.  
588 Bien que les poissons soient les proies les plus représentées dans le régime alimentaire de la  
589 loutre (Hung & Law 2016), elle fait preuve d'une grande plasticité (Krawczyk *et al.* 2016; Drake  
590 *et al.* 2023), reflétant son comportement opportuniste dans la recherche de nourriture. Son  
591 régime alimentaire peut ainsi inclure une grande diversité d'organismes aquatiques (Smiroldo  
592 *et al.* 2019) et varier en fonction d'un gradient latitudinal dans la diversité en proies (Clavero *et*  
593 *al.* 2003), ou s'adapter après des perturbations d'origines anthropiques de l'environnement  
594 (Bedmar *et al.* 2022; Dettori *et al.* 2022) ou des pollutions (Narváez *et al.* 2020). Notre étude  
595 serait ainsi à reproduire pour déterminer, entre autres, les variations saisonnières dans le  
596 régime de la loutre sur le Lez (Marcolin *et al.* 2020).

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

603

604 **Sur l'origine.** Les résultats obtenus suggèrent une colonisation par le Nord, alors qu'elle  
605 interviendrait plutôt par le Sud pour ce qui concerne les populations du bassin versant de  
606 l'Hérault (Pigneur *et al.* 2018). Il est à noter cependant que le turn-over chez cette espèce peut  
607 être conséquent. Ainsi, un individu d'origine rhodanienne installé sur un territoire peut être  
608 remplacé par un autre d'origine cévenole suite à la mort du premier ou après une éviction par

609 le second. Afin d'affiner ces résultats, il conviendrait de réitérer, voire d'amplifier les collectes  
610 d'épreintes et leur analyse sur ces deux territoires et de focaliser également sur la région  
611 intermédiaire située au nord de Montpellier.

612

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

627

628 **Sur les méthodes non-invasives.** Dans cette étude, nous avons pu montrer l'efficacité de trois  
629 méthodes d'échantillonnage non-invasif pour le suivi des populations de loutres. En effet,  
630 toutes nous ont permis de mettre en évidence la présence de l'espèce sur une importante  
631 proportion des sites prospectés. Une thèse de doctorat (par le 2ème auteur de cet article)  
632 visant à fournir une comparaison plus formelle de l'efficacité de chacune de ces méthodes est

633 actuellement en cours. La recherche d'indices de présence s'est avérée la méthode la plus  
634 efficace. Toutefois, cette méthode est conditionnée par la possibilité d'accéder au cours d'eau  
635 et d'en parcourir 600m de berges, ce qui est raisonnable pour la partie amont du Lez, mais  
636 peut s'avérer difficile voire impossible pour des cours d'eau plus larges et plus profonds,  
637 comme c'est le cas du Lez dans sa partie aval. De plus, cette méthode repose principalement  
638 sur la détection d'épreintes et il a été suggéré que l'espèce marque moins quand elle est  
639 présente à faible densité (par exemple en front de colonisation) (Sittenthaler *et al.* 2020) ou  
640 sur des cours d'eau temporaires en période d'assec (Almeida *et al.* 2012), ce qui pourrait  
641 biaiser des études reposant uniquement sur cette méthode. Compléter cette méthode avec  
642 l'ADNe et le piégeage photographique permet de s'affranchir de ces potentiels biais et ainsi de  
643 détecter l'espèce de manière plus homogène à travers le territoire lorsqu'elle est présente.  
644 Dans notre cas, l'ADNe a permis de confirmer la présence de l'espèce sur l'ensemble de la  
645 partie aval du Lez entre Montpellier et le littoral. Notons que ces différentes sources de  
646 données peuvent également être combinées dans un seul et même modèle statistique et  
647 améliorer ainsi l'estimation de la distribution de l'espèce (Miller *et al.* 2019; Zipkin *et al.* 2021).

648 Ces approches présentent des avantages et des inconvénients propres qu'il est nécessaire de  
649 prendre en compte lors de l'élaboration d'un protocole de suivi. Par exemple, la recherche  
650 d'épreintes est efficace pour détecter la présence de l'espèce à faible coût financier, mais est  
651 conditionnée par la possibilité d'accéder au cours d'eau et demande un effort de terrain  
652 conséquent. Le piégeage photographique et l'ADNe nécessitent un effort de terrain plus faible,  
653 mais représentent un coût financier et un traitement post-terrain plus conséquent, impliquant  
654 des délais importants dans le cas de l'ADNe. L'ADNe est la méthode la plus facile à mettre en  
655 œuvre sur le terrain, et elle permet, avec un faible nombre de sites d'échantillonnage bien  
656 positionnés, de sonder efficacement l'ensemble d'un bassin versant (Altermatt *et al.* 2023).

657 Toutefois, le matériel génétique collecté lors de prospections ADNe peut avoir été transporté

658 depuis l'amont, parfois sur des distances supérieures à 1 km (Burgher *et al.* n.d.), ce qui rend la  
659 localisation précise du passage de l'individu délicate. Cela peut poser des soucis lorsqu'on  
660 s'intéresse à des patrons fin d'occupation et d'utilisation de l'habitat. Au-delà de simplement  
661 renseigner sur la présence d'individus, ces méthodes d'échantillonnage fournissent des  
662 informations supplémentaires différentes en faisant des approches complémentaires. Par  
663 exemple, le piégeage photographique peut renseigner sur l'activité des individus, leur  
664 comportement, et les interactions avec les autres espèces. Par ailleurs, dans le cadre de la  
665 recherche d'épreinte, il est possible de prélever des échantillons pour les analyser, ce qui peut  
666 renseigner sur l'origine géographique des individus, leur état physiologique (niveau de stress  
667 des individus par exemple), leur sexe ou leur régime alimentaire.

668

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

682 mettre à disposition des kits de prélèvements d'ADNe pour appliquer ce protocole à large  
683 échelle de manière participative (modulo une formation) (Broadhurst *et al.* 2023).

#### 684 **Perspectives**

685 Le suivi écologique est en cours de répliation sur les bassins versants voisins du Lez, à savoir  
686 celui de l'Or (l'étang de l'Or et les 8 cours d'eau qui l'alimentent) (D'Hollande 2024) et celui du  
687 fleuve Vidourle. Le suivi sur le Lez est pérennisé grâce à un partenariat entre collectivités  
688 territoriales - la ville et la métropole de Montpellier, l'Établissement Public Territorial de Bassin  
689 (EPTB) du Lez - et un établissement public de recherche - le Centre d'Écologie Fonctionnelle et  
690 Évolutive (CEFE).

691 En outre, la présence de la loutre sur un territoire utilisé par les humains (loisirs, agriculture)  
692 pose la question des interactions. Les perspectives du travail présenté dans cet article sont  
693 ancrées dans une approche interdisciplinaire, qui vise à explorer ces interactions aussi du point  
694 de vue des sciences sociales et notamment de la géographie animale. Ainsi, une enquête  
695 qualitative de six mois, menée auprès d'un panel de 25 acteurs locaux (gestionnaires, pêcheurs  
696 professionnels et amateurs, bénévoles dans des associations de protection de  
697 l'environnement, chasseurs) a étudié à l'aide d'entretiens semi-directifs les perceptions et  
698 relations des acteurs locaux avec la loutre (Duval 2024). Ce travail met en lumière le charisme  
699 animal (Lorimer 2007) dont jouit la loutre, décrite comme belle et gracieuse par la majorité des  
700 enquêtés. L'enquête montre un faible niveau d'interaction avec l'espèce et de ce fait les  
701 connaissances, croyances et idées à son sujet reposent sur des représentations socialement  
702 élaborées de l'animal (Lescureux *et al.* 2011), via les documentaires animaliers par exemple.  
703 Ainsi, la majorité des enquêtés n'a pas observé de loutres dans la zone d'étude et ignore des  
704 éléments importants de son écologie. Ils interprètent donc la présence de la loutre comme le  
705 retour d'une « nature sauvage » dans un espace urbanisé, ravivant le dualisme nature/culture

706 (Latour 2006). Le mustélidé demeure inféodé, dans la perception des enquêtés, à des espaces  
707 difficiles d'accès et dans lesquels l'activité humaine reste mineure. De plus, la présence de la  
708 loutre est largement perçue comme le signe d'une amélioration des conditions écologiques du  
709 milieu, bien que cet élément fasse encore débat dans la communauté scientifique. La loutre  
710 est considérée comme un animal « propre », c'est-à-dire habitant des milieux eux-mêmes  
711 considérés comme propres. Au sujet des conflits, les acteurs humains appréhendent la  
712 présence de la loutre au prisme d'une valeur-seuil du « juste nombre » (Knight 2000).  
713 Autrement dit, la population *perçue* par les acteurs (quelques individus au maximum) est pour  
714 l'heure considérée comme trop faible pour contrarier leurs pratiques du milieu (« ce ne sont  
715 pas 4 loutres qui vont poser problème », pêcheur de Palavas-les-Flots). Toutefois, pour que  
716 l'appréhension de la loutre reste positive pour ces acteurs du territoire, le comportement de la  
717 loutre ne doit pas contrarier la gestion humaine des milieux, d'autant que la pêche et la  
718 préservation de la ressource piscicole a été à l'origine de nombreuses pratiques de destruction  
719 de l'espèce au XIXe et XXe siècles. Comme l'ont exprimé plusieurs acteurs : « on est contents  
720 qu'elles reviennent, tant qu'elles ne nous mettent pas le bazar » (garde d'une réserve  
721 naturelle). Une augmentation de la population pourrait donc augmenter le nombre de  
722 relations conflictuelles humains-loutres dans la zone d'étude.

723 Dans ce contexte, la médiation scientifique – approche qui vise à diffuser la culture scientifique  
724 au sein de la population pour rendre la science et la recherche accessibles au plus grand  
725 nombre – cherche par diverses actions, à créer du lien social et à mettre en dialogue la société  
726 et les chercheurs. Dans le cas de notre travail sur la loutre dans le Lez, l'objectif est de  
727 sensibiliser à la conservation des zones humides en impliquant les usagers. Espèce semi-  
728 aquatique, la loutre permet d'aborder des sujets variés : corridors écologiques, qualité de  
729 l'eau, rapports prédateurs/proies, espèces envahissantes et endémiques, etc. Nous  
730 développons une valise pédagogique adaptable aux différents publics, comprenant des



731 supports et discours diversifiés (Delaire 2024). De la recherche sur la loutre d'Europe et le Lez  
732 aux techniques de suivi non-invasives, ces activités rapprochent la science de la société et  
733 changent le regard sur cette biodiversité. Au-delà de la sensibilisation, il est crucial de proposer  
734 aux publics des actions concrètes qu'ils peuvent mettre en place, à leur échelle, pour  
735 contribuer à la protection, telles que tenir son chien en laisse, ne pas jeter de déchets, circuler  
736 sur les chemins, ou participer à des inventaires naturalistes. Parmi ces mesures, un projet de  
737 Havre de Paix pour la loutre d'Europe est en cours d'installation sur le territoire de la ville de  
738 Montpellier. Les résultats de notre étude sont utilisés pour décider de l'endroit le plus propice  
739 au déploiement de ce projet. Les havres de paix sont portés par le PNA  
740 <<https://www.sfepm.org/loperation-havre-de-paix-pour-la-loutre-deurope.html>> et relayés  
741 localement par la Ligue pour la Protection des Oiseaux (LPO) Occitanie. Ils proposent d'agir  
742 concrètement en faveur de la loutre en sanctuarisant une parcelle en bord de cours d'eau. Cet  
743 outil supplémentaire contribuera également à sensibiliser non seulement à la loutre, mais plus  
744 globalement à l'intérêt de sauvegarder les milieux qu'elle fréquente et partage avec d'autres  
745 espèces.

746

747 En conclusion, la recherche sur les mammifères semi-aquatiques, et en particulier sur les  
748 loutres, est non seulement pertinente pour la conservation de ces espèces emblématiques,  
749 mais elle constitue également un levier crucial pour la préservation et la gestion durable des  
750 écosystèmes d'eau douce. En contribuant à la restauration et à la protection de ces milieux,  
751 nos recherches peuvent avoir des retombées positives directes sur la biodiversité. Ces  
752 recherches illustrent également l'intérêt de la collaboration entre acteurs académiques et non-  
753 académiques qui a permis d'obtenir un faisceau de connaissances sur l'espèce en un minimum

754 de temps, grâce à la participation des agents des collectivités impliquées, des amateurs, des  
755 chercheurs et à la valorisation réalisée dans la foulée.

756

## 757 **Remerciements**

758 Pour le financement du projet OtterConnect (<https://otterconnect.netlify.app/>), nous  
759 remercions la Ville de Montpellier et Montpellier Méditerranée Métropole via la convention de  
760 partenariat qui existe avec le Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive (CEFE), l'Université  
761 de Montpellier via son Labex Cemeb, et l'association Beauval Nature. Cette recherche a aussi  
762 bénéficié des réflexions menées au sein du groupe DISCAR financé par la Fondation française  
763 pour la recherche sur la biodiversité (FRB) par l'intermédiaire de son centre de synthèse  
764 CESAB. Nous remercions également toutes les personnes qui nous ont accompagnés sur le  
765 terrain, en particulier les membres de l'équipe Hair du CEFE, ainsi que les équipes de SPYGEN  
766 pour leur aide dans l'analyse ADNe. Nous remercions chaudement Sébastien Bur, Joëlle  
767 Moulinat et Murielle Lencroz pour le prêt de la boîte à outils pédagogique "Qui a Vu Lulu",  
768 pour le partage du matériel et plus généralement pour le temps qu'ils nous ont accordé pour  
769 partager leur expérience. Enfin, nous remercions XX et un relecteur anonyme pour leur  
770 révision du manuscrit et leurs commentaires constructifs qui ont permis d'améliorer le  
771 manuscrit.

## 772 **Bibliographie**

773 ALBERT J.S., DESTOUNI G., DUKE-SYLVESTER S.M., MAGURRAN A.E., OBERDORFF T., REIS R.E.,  
774 WINEMILLER K.O. & RIPPLE W.J. 2021. — Scientists' warning to humanity on the freshwater  
775 biodiversity crisis. *Ambio* 50 (1): 85–94. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01318-8>  
776 ALMEIDA D., BARRIENTOS R., MERINO-AGUIRRE R. & ANGELER D.G. 2012. — The role of prey  
777 abundance and flow regulation in the marking behaviour of Eurasian otters in a Mediterranean  
778 catchment. *Animal Behaviour* 84 (6): 1475–1482.  
779 <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2012.09.020>  
780 ALTERMATT F., CARRARO L., ANTONETTI M., ALBOUY C., ZHANG Y., LYET A., ZHANG X. & PELLISSIER L.  
781 2023. — Quantifying biodiversity using eDNA from water bodies: General principles and

782 recommendations for sampling designs. *Environmental DNA*: edn3.430.  
783 <https://doi.org/10.1002/edn3.430>

784 ANDRIOLLO T., GILLET F., MICHAUX J.R. & RUEDI M. 2019. — The menu varies with metabarcoding  
785 practices: A case study with the bat *Plecotus auritus*. *Plos One* 14 (7): e0219135.  
786 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219135>

787 BALESTRIERI A., REMONTI L., VEZZA P., PRIGIONI C. & COPP G.H. 2013. — Do non-native fish as prey  
788 favour the conservation of the threatened indigenous Eurasian otter? *Freshwater Biology* 58  
789 (5): 995–1007. <https://doi.org/10.1111/fwb.12102>

790 BALLINI L., OTTONELLO D., REPETTO V., NATALI C., CHINI G., TOLVE L., CIOFI C., FRATINI S. & IANNUCCI  
791 A. 2024. — Early detection of rare and elusive endangered species using environmental DNA: a  
792 case study for the Eurasian otter and the white-clawed crayfish in northwestern Italy.  
793 *Conservation Genetics*. <https://doi.org/10.1007/s10592-024-01619-5>

794 BARRIENTOS R., MERINO-AGUIRRE R., FLETCHER D.H. & ALMEIDA D. 2014. — Eurasian otters modify  
795 their trophic niche after the introduction of non-native prey in Mediterranean fresh waters.  
796 *Biological Invasions* 16 (8): 1573–1579. <https://doi.org/10.1007/s10530-013-0622-9>

797 BEDFORD S.J. 2009. — The effects of riparian habitat quality and biological water quality on the  
798 European Otter (*Lutra lutra*) in Devon. *Bioscience Horizons: The International Journal of*  
799 *Student Research* 2 (2): 125–133. <https://doi.org/10.1093/biohorizons/hzp015>

800 BEDMAR S., BLANCO-GARRIDO F., DELIBES M. & CLAVERO M. 2022. — Temporal and spatial patterns  
801 in the shifting of otter diet to invasive prey after river damming. *River Research and*  
802 *Applications*: rra.3961. <https://doi.org/10.1002/rra.3961>

803 BLANCO-GARRIDO F., PRENDA J. & NARVAEZ M. 2008. — Eurasian otter (*Lutra lutra*) diet and prey  
804 selection in Mediterranean streams invaded by centrarchid fishes. *Biological Invasions* 10 (5):  
805 641–648. <https://doi.org/10.1007/s10530-007-9158-1>

806 BOURNAZEL M.-A. 2023. — Document d'aide à la définition d'une stratégie de restauration de la  
807 trame turquoise

808 Brand A.-F., Hynes J., Walker L.A., Glória Pereira M., Lawlor A.J., Williams R.J., Shore  
809 R.F. & Chadwick E.A. 2020. — Biological and anthropogenic predictors of metal  
810 concentration in the Eurasian otter, a sentinel of freshwater ecosystems. *Environmental*  
811 *Pollution* 266: 115280. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115280>

812 BROADHURST H.A., GREGORY L.M., BLEAKLEY E.K., PERKINS J.C., LAVIN J.V., BOLTON P., BROWETT S.S.,  
813 HOWE C.V., SINGLETON N., TANSLEY D., SALES N.G. & McDEVITT A.D. 2021. — Mapping differences  
814 in mammalian distributions and diversity using environmental DNA from rivers. *Science of The*  
815 *Total Environment* 801: 149724. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149724>

816 BROADHURST H., SMITH E.E., JACKMAN J.M., SINGLETON N., TANSLEY D., RAYNOR R., SALES N.G., OCHU  
817 E. & McDEVITT A.D. 2023. — Citizen scientists' motivation to participate in environmental DNA  
818 (eDNA) surveys: A case study on monitoring mammals in the UK preprint. *SocArXiv*.  
819 <https://doi.org/10.31235/osf.io/fa83k>

820 BURGHER J. A. S., GOLDBERG C.S., DUKE A.C.K., GARRISON S. & PIOVIA-SCOTT J. (no date). —  
821 Assessment of environmental DNA for detecting and monitoring translocated North American  
822 beaver. *Animal Conservation* n/a (n/a). <https://doi.org/10.1111/acv.12970>

823 CLAUZEL C., EGGERT C., TARABON S., PASQUET L., VUIDEL G., BAILLEUL M., MIAUD C. & CODET C. 2023.  
824 — Analyser la connectivité de la trame turquoise : définition, caractérisation et enjeux  
825 opérationnels. *Sciences Eaux & Territoires* (43): 67–71. [https://doi.org/10.20870/Revue-](https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2023.43.7642)  
826 [SET.2023.43.7642](https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2023.43.7642)

827 CLAVERO M., PRENDA J. & DELIBES M. 2003. — Trophic diversity of the otter (*Lutra lutra* L.) in  
828 temperate and Mediterranean freshwater habitats. *Journal of Biogeography* 30 (5): 761–769.  
829 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00865.x>

830 COOK C.N., MASCIA M.B., SCHWARTZ M.W., POSSINGHAM H.P. & FULLER R.A. 2013. — Achieving

831 Conservation Science that Bridges the Knowledge–Action Boundary. *Conservation Biology* 27  
832 (4): 669–678. <https://doi.org/10.1111/cobi.12050>

833 COUTURIER T., BAUDUIN S., ASTRUC G., BLANCK A., CANONNE C., CHAMBERT T., CHIFFARD J., COSQUER  
834 A., CUBAYNES S., CURTET L., DORTEL E., DROUET-HOGUET N., DUCHAMP C., FRANCESIAZ C., GREUTE O.,  
835 JAILLOUX A., KERVELLEC M., LAURET V., LEBRETON J.-D., LOUVRIER J., MARESCOT L., MATHEVET R.,  
836 NAVAS M.-L., PERROT C., POULET N., QUENETTE P.-Y., SALAS M., SOUCHAY G., VANPÉ C., BESNARD A. &  
837 GIMENEZ O. 2023. — Building spaces of interactions between researchers and managers: Case  
838 studies with wildlife monitoring and conservation in France. *Ecological Solutions and Evidence*  
839 4 (2): e12245. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12245>

840 COUTURIER T., STEINMETZ J., DEFOS DU RAU P., MARC D., TRICHET E., GOMES R. & BESNARD A. 2023.  
841 — Intensive agriculture as the main limiting factor of the otter’s return in southwest France.  
842 *Biological Conservation* 279: 109927. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.109927>

843 D’HOLLANDE L. 2024. — Distribution and monitoring methods comparison (eDNA, spraints &  
844 camtrap) for the European otter (*Lutra lutra*) in the watershed of “Etang de l’Or”. Rapport de  
845 Master 2 Biodiversité Ecologie et Evolution.

846 DALLAS J.F. & PIERTNEY S.B. 1998. — Microsatellite primers for the Eurasian otter. *Molecular*  
847 *Ecology* 7 (9): 1248–1251

848 DALLAS J.F., BACON P.J., CARSS D.N., CONROY J.W.H., GREEN R., JEFFERIES D.J., KRUIK H., MARSHALL  
849 F., PIERTNEY S.B. & RACEY P.A. 1999. — Genetic diversity in the Eurasian otter, *Lutra lutra*, in  
850 Scotland. Evidence from microsatellite polymorphism. *Biological Journal of the Linnean Society*  
851 68 (1–2): 73–86. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1999.tb01159.x>

852 DARLING J.A., JERDE C.L. & SEPULVEDA A.J. 2021. — What do you mean by false positive?  
853 *Environmental DNA* 3 (5): 879–883. <https://doi.org/10.1002/edn3.194>

854 DELAIRE C. 2024. — Sensibiliser à la protection des milieux humides grâce à la médiation in situ  
855 d’une espèce protégée au cœur d’un environnement fragile : le cas du Lez et de la Loutre  
856 d’Europe Rapport de Master 2 Valorisation et Médiation des Patrimoines.

857 DETTORI E.E., BALESTRIERI A., ZAPATA-PÉREZ V.M., PALAZÓN S., BRUNO D., RUBIO-SAURA N. &  
858 ROBLADANO-AYMERICH F. 2022. — Eurasian otter *Lutra lutra* diet mirrors the decline of native  
859 fish assemblages in a semi-arid catchment (River Segura, SE Spain). *European Journal of*  
860 *Wildlife Research* 68 (3): 38. <https://doi.org/10.1007/s10344-022-01588-5>

861 DRAKE L.E., CUFF J.P., BEDMAR S., McDONALD R., SYMONDSON W.O.C. & CHADWICK E.A. 2023. —  
862 Otterly delicious: Spatiotemporal variation in the diet of a recovering population of Eurasian  
863 otters (*Lutra lutra*) revealed through DNA metabarcoding and morphological analysis of prey  
864 remains. *Ecology and Evolution* 13 (5): e10038. <https://doi.org/10.1002/ece3.10038>

865 DUDGEON D., ARTHINGTON A.H., GESSNER M.O., KAWABATA Z.-I., KNOWLER D.J., LÉVÊQUE C., NAIMAN  
866 R.J., PRIEUR-RICHARD A.-H., SOTO D., STIASSNY M.L.J. & SULLIVAN C.A. 2006. — Freshwater  
867 biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81  
868 (2): 163–182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>

869 DUVAL L. 2024. — La loutre au miroir du ragondin. Perceptions de et attitudes envers deux  
870 mammifères semi-aquatiques. Rapport de M2 Sciences sociales, parcours Espaces. p. 77.

871 FABRIZIO M., DI FEBBRARO M. & LOY A. 2019. — Where will it cross next? Optimal management  
872 of road collision risk for otters in Italy. *Journal of Environmental Management* 251: 109609.  
873 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109609>

874 FICETOLA G.F., MIAUD C., POMPANON F. & TABERLET P. 2008. — Species detection using  
875 environmental DNA from water samples. *Biology Letters* 4 (4): 423–425.  
876 <https://doi.org/10.1098/rsbl.2008.0118>

877 FOLTÊTE J.-C., CLAUZEL C. & VUIDEL G. 2012. — A software tool dedicated to the modelling of  
878 landscape networks. *Environmental Modelling & Software* 38: 316–327.  
879 <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.002>

880 GAIDET N. & AUBERT S. 2022. — 4 - « Faire commun » avec un non-humain, in BOTTA A. (ed.), *Les*  
881 *communs : Un autre récit pour la coopération territoriale*. Versailles, Éditions Quæ. p. 108–140.  
882 (Nature et société).

883 GALAN M., PONS J.-B., TOURNAYRE O., PIERRE É., LEUCHTMANN M., PONTIER D. & CHARBONNEL N.  
884 2018. — Metabarcoding for the parallel identification of several hundred predators and their  
885 prey: Application to bat species diet analysis. *Molecular Ecology Resources* 18 (3): 474–489.  
886 <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12749>

887 GEARTY W. & JONES L.A. 2023. — rphylopic: An R package for fetching, transforming, and  
888 visualising PhyloPic silhouettes. *Methods in Ecology and Evolution* 14 (11): 2700–2708.  
889 <https://doi.org/10.1111/2041-210X.14221>

890 GIRAUDOUX P. 2022. — La santé des écosystèmes: quelle définition? *In* : Paris, France.  
891 Académie vétérinaire de France.

892 GRIFFIN J.E., MATECHOU E., BUXTON A.S., BORMPOUDAKIS D. & GRIFFITHS R.A. 2020. — Modelling  
893 environmental DNA data; Bayesian variable selection accounting for false positive and false  
894 negative errors. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)* 69 (2): 377–  
895 392. <https://doi.org/10.1111/rssc.12390>

896 HUNG N. & LAW C.J. 2016. — *Lutra lutra* (Carnivora: Mustelidae). *Mammalian Species* 48 (940):  
897 109–122. <https://doi.org/10.1093/mspecies/sew011>

898 JAMWAL P.S., BRUNO A., GALIMBERTI A., MAGNANI D., KRUPA H., CASIRAGHI M. & LOY A. 2021. —  
899 First assessment of eDNA-based detection approach to monitor the presence of Eurasian otter  
900 in Southern Italy. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 32 (2): 176–181

901 JAMWAL P.S., BRUNO A., GALIMBERTI A., MAGNANI D., CASIRAGHI M. & LOY A. 2023. —  
902 Environmental DNA revealed high accuracy in detection of the Eurasian otter in Himalaya.  
903 *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 33 (11): 1309–1320.  
904 <https://doi.org/10.1002/aqc.4010>

905 JEWELL Z. 2013. — Effect of Monitoring Technique on Quality of Conservation Science.  
906 *Conservation Biology* 27 (3): 501–508. <https://doi.org/10.1111/cobi.12066>

907 KERVELLEC M., COUTURIER T., BAUDUIN S., CHENESSEAU D., RAU P.D. DU, DROUET-HOGUET N.,  
908 DUCHAMP C., STEINMETZ J., VANDEL J.-M. & GIMENEZ O. 2023. — Bringing circuit theory into  
909 spatial occupancy models to assess landscape connectivity: 2023.09.26.559320.  
910 <https://doi.org/10.1101/2023.09.26.559320>

911 KRAWCZYK A.J., BOGDZIEWICZ M., MAJKOWSKA K. & GLAZACZOW A. 2016. — Diet composition of  
912 the Eurasian otter *Lutra lutra* in different freshwater habitats of temperate Europe: a review  
913 and meta-analysis. *Mammal Review* 46 (2): 106–113. <https://doi.org/10.1111/mam.12054>

914 KRUUK H. 2006. — *Otters: ecology, behaviour, and conservation*. Oxford ; New York, Oxford  
915 University Press. 265 p.

916 KUHN R. 2010. — Plan National d'Actions pour la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*), 2010-2015

917 KUHN R., SIMONNET F., ARTHUR C. & BARTHÉLEMY V. 2019. — Plan national d'actions en faveur de  
918 la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*) 2019-2028

919 LATOUR B. 2006. — *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*. La  
920 Découverte. <https://doi.org/10.3917/dec.latou.2006.01>

921 LE BORGNE H. & BOUGET C. 2024. — La reconnaissance des espèces basée sur l'ADN :  
922 applications, perspectives et défis en milieu continental terrestre. *Naturae* 2024 (3).  
923 <https://doi.org/10.5852/naturae2024a3>

924 LEFEBVRE S., SABLAIN V. & CORBARIEU A. 2022. — Le Chabot du Lez. Un petit poisson endémique  
925 en danger critique d'extinction, Le Courrier de la nature. *Le Courrier de la Nature*: 27–33

926 LESQUIREUX N., LINNELL J.D.C., MUSTAFA S., MELOVSKI D., STOJANOV A., IVANOV G., AVUKATOV V., ARX  
927 M. VON & BREITENMOSER U. 2011. — Fear of the unknown: local knowledge and perceptions of  
928 the Eurasian lynx *Lynx lynx* in western Macedonia. *Oryx* 45 (4): 600–607.

929 <https://doi.org/10.1017/S0030605310001547>

930 LINKIE M. & RIDOUT M.S. 2011. — Assessing tiger–prey interactions in Sumatran rainforests.  
 931 *Journal of Zoology* 284 (3): 224–229. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2011.00801.x>

932 LORIMER J. 2007. — Nonhuman Charisma. *Environment and Planning D: Society and Space* 25  
 933 (5): 911–932. <https://doi.org/10.1068/d71j>

934 LYET A., PELLISSIER L., VALENTINI A., DEJEAN T., HEHMEYER A. & NAIDOO R. 2021. — eDNA sampled  
 935 from stream networks correlates with camera trap detection rates of terrestrial mammals.  
 936 *Scientific Reports* 11 (1): 11362. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90598-5>

937 MARCELLI M., LUZZI G. & FUSILLO R. 2024. — Stream size-dependent effect of urban land use on  
 938 occupancy of an apex freshwater carnivore recolonizing past ranges. *Ecosphere* 15 (7): e4937.  
 939 <https://doi.org/10.1002/ecs2.4937>

940 MARCOLIN F., PIZZUL E., PALLAVICINI A., TORBOLI V., MANFRIN C. & QUAGLIETTA L. 2020. — Otter  
 941 diet and prey selection in a recently recolonized area assessed using microscope analysis and  
 942 DNA barcoding. *Hystrix the Italian Journal of Mammalogy* 31 (1): 0.  
 943 <https://doi.org/10.4404/hystrix-00260-2019>

944 MARÉCHAL J.-C., VESTIER A., JOURDE H. & DÖRFLIGER N. 2013. — L’hydrosystème du Lez : une  
 945 gestion active pour un karst à enjeux. *Karstologia* (62): 1–6

946 MATHEVET R. 1996. — Statut de la loutre d’Europe (*Lutra lutra*) en France méditerranéenne et  
 947 plus particulièrement en Camargue. *Faune de Provence*: 49–55

948 MATHEVET R., POITEVIN F. & OLIVIER A. 2009. — Le retour attendu de la loutre dans les zones  
 949 humides du littoral méditerranéen. *Zones Humides Infos*

950 McDONALD R.A., O’HARA K. & MORRISH D.J. 2007. — Decline of invasive alien mink (*Mustela*  
 951 *vison*) is concurrent with recovery of native otters (*Lutra lutra*): Rising otter, fallen mink.  
 952 *Diversity and Distributions* 13 (1): 92–98. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2006.00303.x>

953 MILLER D.A.W., PACIFICI K., SANDERLIN J.S. & REICH B.J. 2019. — The recent past and promising  
 954 future for data integration methods to estimate species’ distributions, in GARDNER B. (ed.).  
 955 *Methods in Ecology and Evolution* 10 (1): 22–37. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13110>

956 MIRONE E., GIOVACCHINI S., SANCTIS C.D., RISO L.D., BERTOLINO S., FEBBRARO M.D., COLANGELO P. &  
 957 LOY A. 2024. — I mark where I eat: a fine scale spatial pattern of the Eurasian otter diet along  
 958 three rivers in southern Italy. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy*.  
 959 <https://doi.org/10.4404/hystrix-00663-2023>

960 NARVÁEZ M., CABEZAS S., BLANCO-GARRIDO F., BAOS R., CLAVERO M. & DELIBES M. 2020. — Eurasian  
 961 otter (*Lutra lutra*) diet as an early indicator of recovery in defaunated river communities.  
 962 *Ecological Indicators* 117: 106547. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106547>

963 NICHOLS J. & WILLIAMS B. 2006. — Monitoring for conservation. *Trends in Ecology & Evolution*  
 964 21 (12): 668–673. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.08.007>

965 ORŁOWSKA L. & ROMANOWSKI J. 2023. — Alien prey in the diet of the indigenous Eurasian otter  
 966 in Vistula River, Poland. *BioInvasions Records*

967 PEBESMA E. & BIVAND R. 2023. — *Spatial Data Science: With Applications in R*. Boca Raton, FL,  
 968 Chapman and Hall/CRC. 300 p.

969 PIGNEUR L.-M., MICHAUX J., CAUBLOT G., FOURNIER P., MARC D., SIMONNET F. & JACOB G. 2018. —  
 970 Apport de la génétique pour l’étude de la dynamique des populations de Loutre d’Europe *Lutra*  
 971 *lutra* (Linnaeus, 1758) en France. *Naturae* 2018 (6): 63–71

972 PONT D., ROCLE M., VALENTINI A., CIVADE R., JEAN P., MAIRE A., ROSET N., SCHABUSS M., ZORNIG H. &  
 973 DEJEAN T. 2018. — Environmental DNA reveals quantitative patterns of fish biodiversity in large  
 974 rivers despite its downstream transportation. *Scientific Reports* 8 (1): 10361.  
 975 <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28424-8>

976 PRITCHARD J.K., STEPHENS M. & DONNELLY P. 2000. — Inference of Population Structure Using  
 977 Multilocus Genotype Data. *Genetics* 155 (2): 945–959.

978 <https://doi.org/10.1093/genetics/155.2.945>

979 QUAGLIETTA L. & PORTO M. 2019. — SiMRiv: an R package for mechanistic simulation of  
980 individual, spatially-explicit multistate movements in rivers, heterogeneous and homogeneous  
981 spaces incorporating landscape bias. *Movement Ecology* 7 (1): 11.  
982 <https://doi.org/10.1186/s40462-019-0154-8>

983 R CORE TEAM 2023. — R: A language and environment for statistical computing. R  
984 Foundation for Statistical Computing

985 REID A.J., CARLSON A.K., CREED I.F., ELIASON E.J., GELL P.A., JOHNSON P.T.J., KIDD K.A., MACCORMACK  
986 T.J., OLDEN J.D., ORMEROD S.J., SMOL J.P., TAYLOR W.W., TOCKNER K., VERMAIRE J.C., DUDGEON D. &  
987 COOKE S.J. 2019. — Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater  
988 biodiversity. *Biological Reviews* 94 (3): 849–873. <https://doi.org/10.1111/brv.12480>

989 REID N., THOMPSON D., HAYDEN B., MARNELL F. & MONTGOMERY W.I. 2013. — Review and  
990 quantitative meta-analysis of diet suggests the Eurasian otter (*Lutra lutra*) is likely to be a poor  
991 bioindicator. *Ecological Indicators* 26: 5–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.10.017>

992 REJI CHACKO M., ALTERMATT F., FOPP F., GUISAN A., KEGGIN T., LYET A., REY P.-L., RICHARDS E.,  
993 VALENTINI A., WALDOCK C. & PELLISSIER L. 2023. — Catchment-based sampling of river eDNA  
994 integrates terrestrial and aquatic biodiversity of alpine landscapes. *Oecologia* 202 (4): 699–  
995 713. <https://doi.org/10.1007/s00442-023-05428-4>

996 RENAUD A. & PROCIER S. 2011. — Une loutre dans la ville protohistorique de Lattara  
997 (Lattes/Saint-Sauveur, Hérault, France): prédateur, gibier ou pique-assiette? *In: Actes des XXXIe*  
998 *rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*. Éditions APDCA, Antibes. p.  
999 177–181.

1000 REUTHER C., DOLCH D., GREEN R., JAHRL J., JEFFERIES D.J., KREKEMEYER A., KUCEROVA M., MADSEN  
1001 A.B., ROMANOWSKI J., ROCHE K., RUIZ-OLMO J., TEUBNER J. & TRINDADE A. 2000. — Surveying and  
1002 monitoring distribution and population trends of the Eurasian otter (*Lutra lutra*): guidelines  
1003 and evaluation of the standard method for surveys as recommended by the European section  
1004 of the IUCN/SSC Otter Specialist Group. *Habitat* 12: 1–152

1005 RIDOUT M.S. & LINKIE M. 2009. — Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap  
1006 data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 14 (3): 322–337.  
1007 <https://doi.org/10.1198/jabes.2009.08038>

1008 RODRÍGUEZ-ESTIVAL J., ORTIZ-SANTALIESTRA M.E. & MATEO R. 2020. — Assessment of  
1009 ecotoxicological risks to river otters from ingestion of invasive red swamp crayfish in metal  
1010 contaminated areas: Use of feces to estimate dietary exposure. *Environmental Research* 181:  
1011 108907. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108907>

1012 ROSOUX R., LEMARCHAND C., LIBOIS R. & BOUCHARDY C. 2019. — *La loutre d'Europe*. Mèze,  
1013 Biotope Editions. 349 p.

1014 SALES N.G., MCKENZIE M.B., DRAKE J., HARPER L.R., BROWETT S.S., COSCIA I., WANGENSTEEN O.S.,  
1015 BAILLIE C., BRYCE E., DAWSON D.A., OCHU E., HÄNFLING B., LAWSON HANDLEY L., MARIANI S., LAMBIN  
1016 X., SUTHERLAND C. & MCDEVITT A.D. 2020. — Fishing for mammals: Landscape-level monitoring  
1017 of terrestrial and semi-aquatic communities using eDNA from riverine systems. *Journal of*  
1018 *Applied Ecology* 57 (4): 707–716. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13592>

1019 SITTENTHALER M., SCHÖLL E.M., LEEB C., HARING E., PARZ-GOLLNER R. & HACKLÄNDER K. 2020. —  
1020 Marking behaviour and census of Eurasian otters (*Lutra lutra*) in riverine habitats: what can  
1021 scat abundances and non-invasive genetic sampling tell us about otter numbers? *Mammal*  
1022 *Research* 65 (2): 191–202. <https://doi.org/10.1007/s13364-020-00486-y>

1023 SMIROLODO G., VILLA A., TREMOLADA P., GARIANO P., BALESTRIERI A. & DELFINO M. 2019. —  
1024 Amphibians in Eurasian otter *Lutra lutra* diet: osteological identification unveils hidden prey  
1025 richness and male-biased predation on anurans. *Mammal Review* 49 (3): 240–255.  
1026 <https://doi.org/10.1111/mam.12155>

1027 TABERLET P., BONIN A., ZINGER L. & COISSAC E. 2018. — *Environmental DNA: For Biodiversity*  
1028 *Research and Monitoring*. Oxford University Press.  
1029 <https://doi.org/10.1093/oso/9780198767220.001.0001>  
1030 TARABON S., GODET C., VUIDEL G., EGGERT C., BAILLEUL M., MIAUD C. & CLAUZEL C. 2024. —  
1031 Turquoise infrastructure: Assessing the impacts of global change on multi-habitat connectivity  
1032 from a landscape management perspective. *Landscape and Urban Planning* 245: 105016.  
1033 <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2024.105016>  
1034 TOOMEY A.H., KNIGHT A.T. & BARLOW J. 2017. — Navigating the Space between Research and  
1035 Implementation in Conservation: Research-implementation spaces. *Conservation Letters* 10  
1036 (5): 619–625. <https://doi.org/10.1111/conl.12315>  
1037 VALENTINI A., TABERLET P., MIAUD C., CIVADE R., HERDER J., THOMSEN P.F., BELLEMAIN E., BESNARD  
1038 A., COISSAC E., BOYER F., GABORIAUD C., JEAN P., POULET N., ROSET N., COPP G.H., GENIEZ P., PONT D.,  
1039 ARGILLIER C., BAUDOIN J.-M., PEROUX T., CRIVELLI A.J., OLIVIER A., ACQUEBERGE M., LE BRUN M.,  
1040 MØLLER P.R., WILLERSLEV E. & DEJEAN T. 2016. — Next-generation monitoring of aquatic  
1041 biodiversity using environmental DNA metabarcoding. *Molecular Ecology* 25 (4): 929–942.  
1042 <https://doi.org/10.1111/mec.13428>  
1043 VÁRI Á., PODSCHUN S.A., ERŐS T., HEIN T., PATAKI B., LOJÁ I.-C., ADAMESCU C.M., GERHARDT A.,  
1044 GRUBER T., DEDIĆ A., ČIRIĆ M., GAVRILOVIĆ B. & BÁLDI A. 2022. — Freshwater systems and  
1045 ecosystem services: Challenges and chances for cross-fertilization of disciplines. *Ambio* 51 (1):  
1046 135–151. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01556-4>  
1047 VESCERA C., VYVE C.V., SMITS Q. & MICHAUX J.R. 2024. — All-you-can-eat buffet: A spider-  
1048 specialized bat species (*Myotis emarginatus*) turns into a pest fly eater around cattle. *Plos One*  
1049 19 (5): e0302028. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302028>  
1050 VÖRÖSMARTY C.J., MCINTYRE P.B., GESSNER M.O., DUDGEON D., PRUSEVICH A., GREEN P., GLIDDEN S.,  
1051 BUNN S.E., SULLIVAN C.A., LIERMANN C.R. & DAVIES P.M. 2010. — Global threats to human water  
1052 security and river biodiversity. *Nature* 467 (7315): 555–561.  
1053 <https://doi.org/10.1038/nature09440>  
1054 WICKHAM H., AVERICK M., BRYAN J., CHANG W., MCGOWAN L.D., FRANÇOIS R., GROLEMUND G., HAYES  
1055 A., HENRY L., HESTER J., KUHN M., PEDERSEN T.L., MILLER E., BACHE S.M., MÜLLER K., OOMS J.,  
1056 ROBINSON D., SEIDEL D.P., SPINU V., TAKAHASHI K., VAUGHAN D., WILKE C., WOO K. & YUTANI H.  
1057 2019. — Welcome to the Tidyverse. *Journal of Open Source Software* 4 (43): 1686.  
1058 <https://doi.org/10.21105/joss.01686>  
1059 ZEMANOVA M.A. 2020. — Towards more compassionate wildlife research through the 3Rs  
1060 principles: moving from invasive to non-invasive methods. *Wildlife Biology* 2020 (1).  
1061 <https://doi.org/10.2981/wlb.00607>  
1062 ZIPKIN E.F., ZYLSTRA E.R., WRIGHT A.D., SAUNDERS S.P., FINLEY A.O., DIETZE M.C., ITTER M.S. &  
1063 TINGLEY M.W. 2021. — Addressing data integration challenges to link ecological processes  
1064 across scales. *Frontiers in Ecology and the Environment* 19 (1): 30–38.  
1065 <https://doi.org/10.1002/fee.2290>  
1066 LONG, R. A., MACKAY, P., RAY, J. & ZIELINSKI, W. (Eds.) 2008. — *Noninvasive Survey Methods for*  
1067 *Carnivores*. Washington, DC, Island Press. 400 p.  
1068 KNIGHT, J. (Ed.) 2000. — *Natural Enemies: People-Wildlife Conflicts in Anthropological*  
1069 *Perspective*. London, Routledge. 268 p.

1071



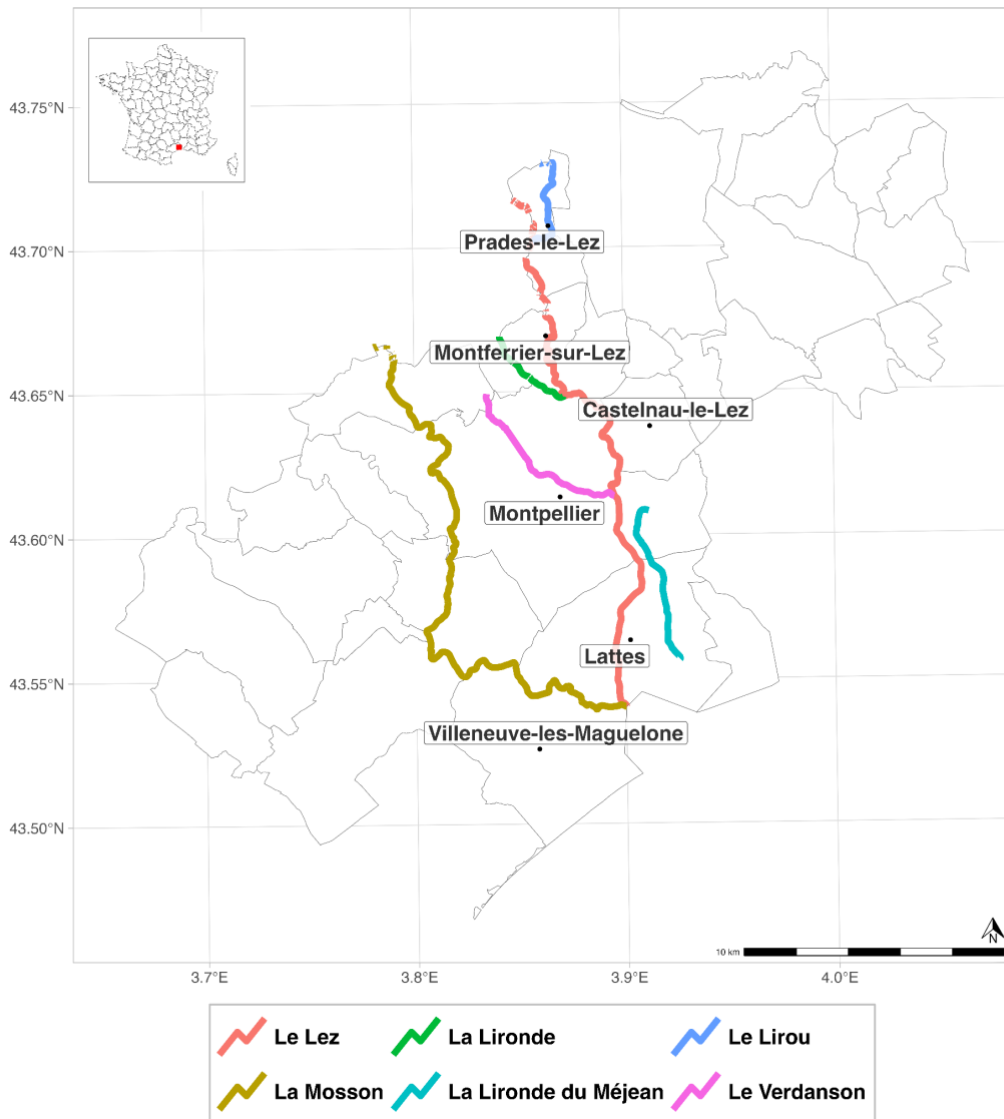
1072 **Figure de couverture.** Propositions de photos de loutre sur le bassin versant du Lez pour la  
1073 couverture du numéro de Naturae dans lequel notre article pourrait peut-être être publié.  
1074 Crédits : Yann Raulet.

1075



1076

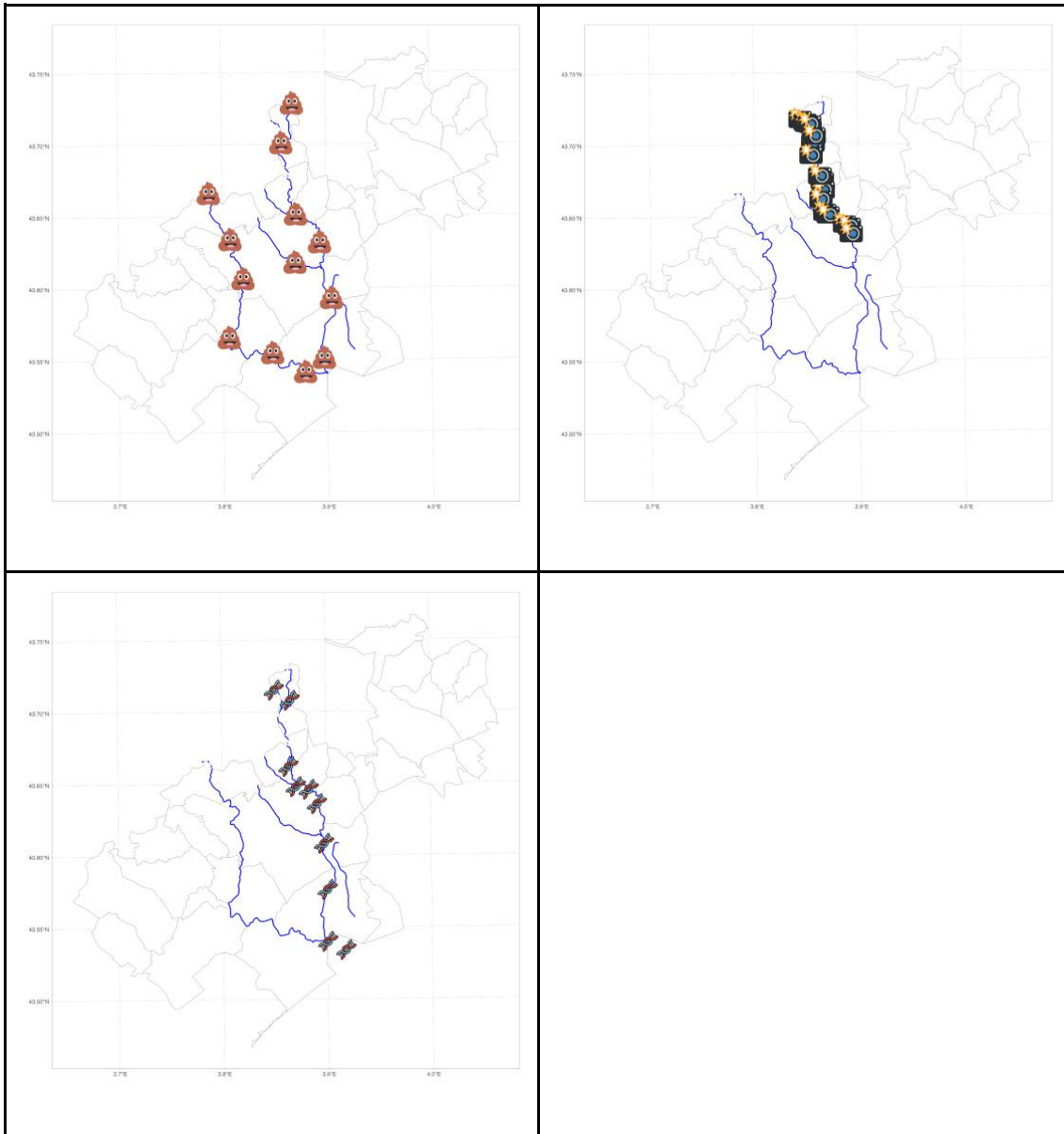
1077 **Figure 1. Carte de l'aire d'étude.** La métropole de Montpellier est représentée avec le fleuve  
1078 Lez et ses principaux affluents (le Lirou, la Lironde, la Lironde du Méjean, le Verdanson, la  
1079 Mosson). En haut à gauche se trouve une carte de France dans laquelle l'encadré rouge  
1080 indique les contours de la métropole.



1081

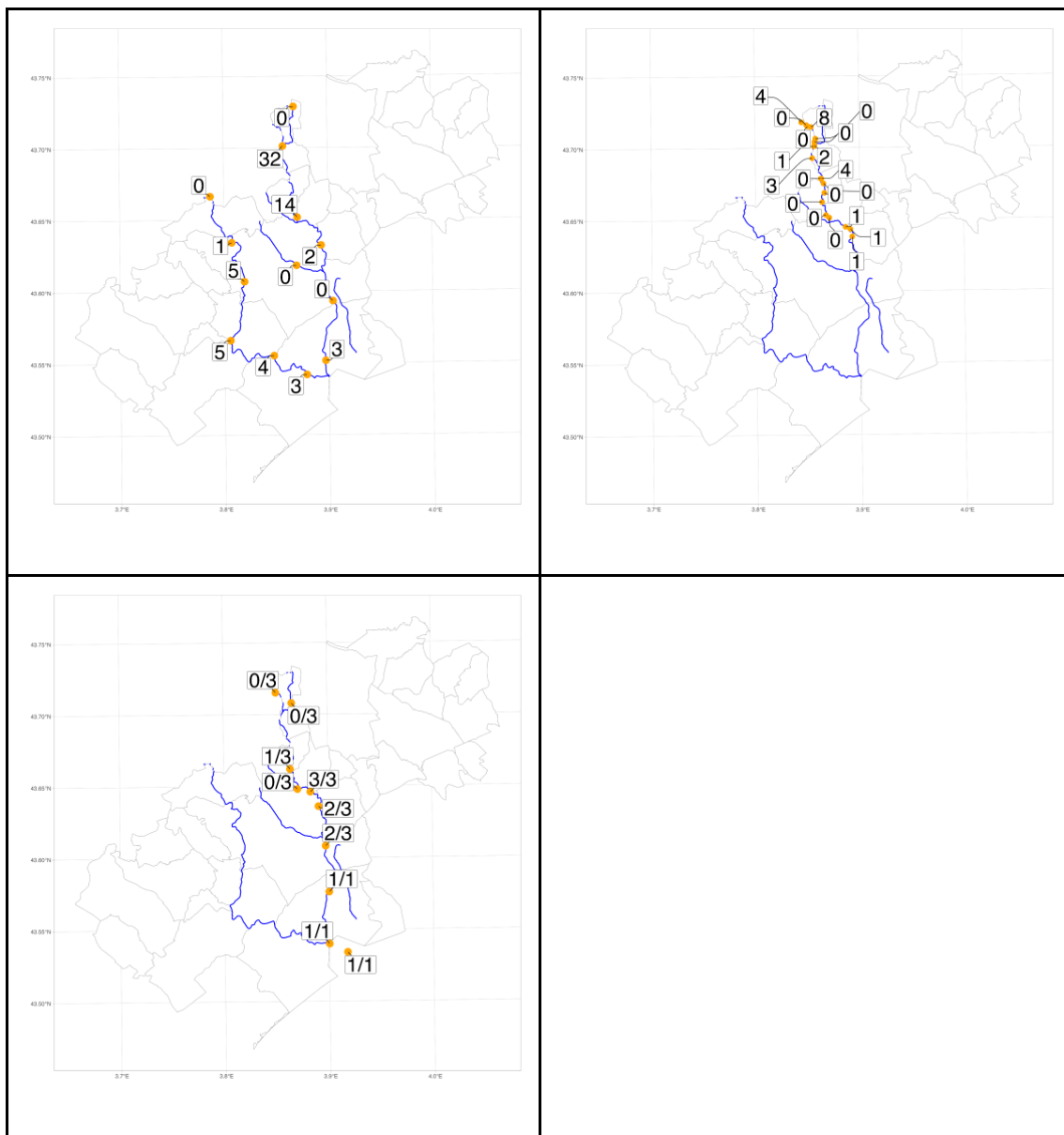
1082

1083 **Figure 2. Carte des protocoles de récolte de données.** Les sites de recherche des signes de  
1084 présence (épreintes, dont certaines utilisées pour la structure génétique et le régime  
1085 alimentaire) (en haut à gauche) ; les pièges photographiques (en haut à droite) ; l'ADN  
1086 environnemental (en bas à gauche).



1087

1088 **Figure 3. Carte des données récoltées par les trois méthodes non-invasives de suivi des**  
 1089 **populations sur chaque site d'échantillonnage.** Le nombre de signes de présence (épreintes et  
 1090 empreintes) est en haut à gauche ; le nombre de vidéos est en haut à droite ; le nombre de  
 1091 répliques positifs d'ADN environnemental est en bas à gauche. A noter que pour des contraintes  
 1092 financières, un seul réplica ADN environnemental (plutôt que 3 comme sur les autres sites) a  
 1093 été fait sur les 3 sites les plus en aval.



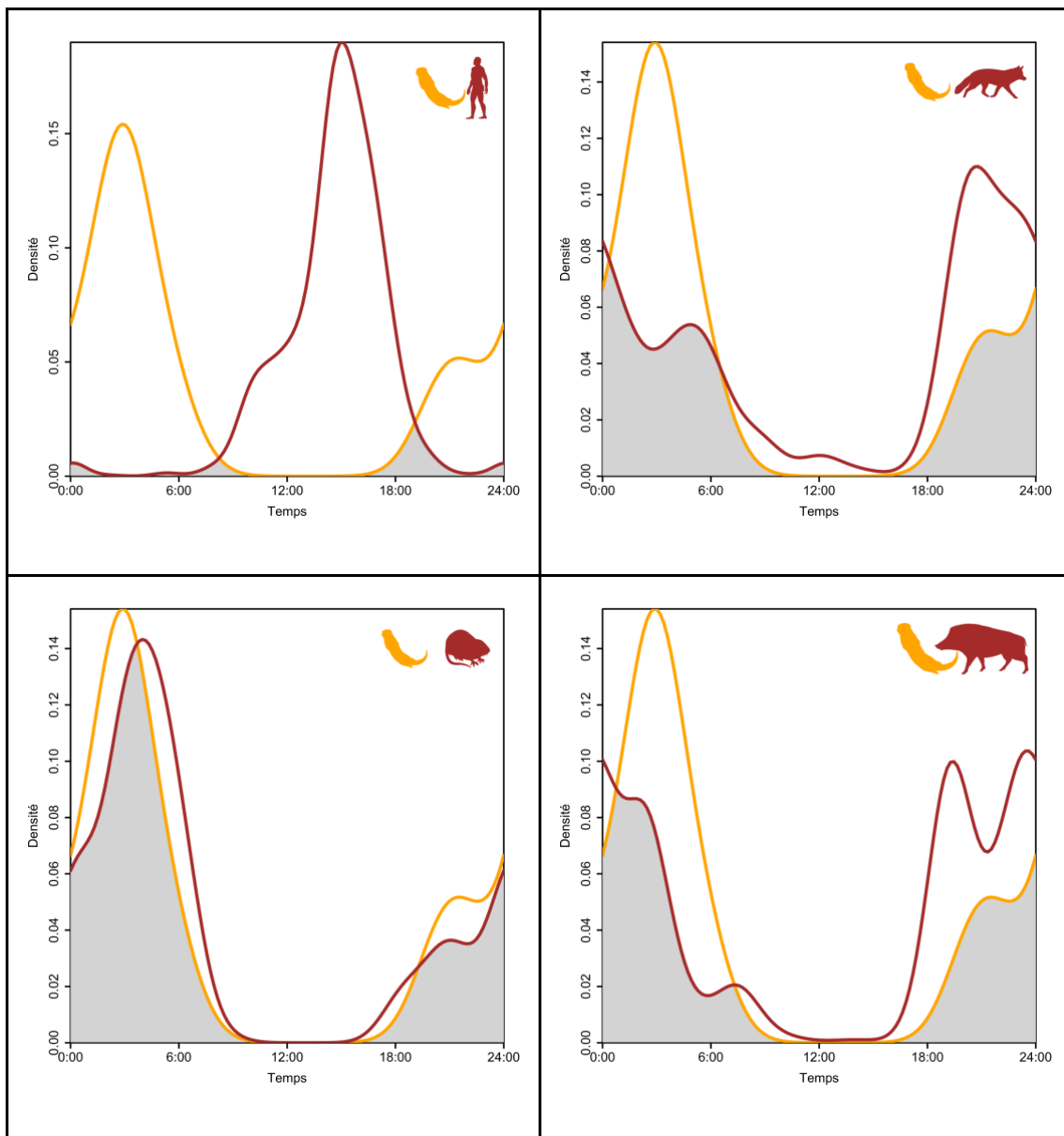
1094

1095 **Tableau 1. Nombre de vidéos par espèce obtenues sur les pièges photographiques disposés**  
1096 **sur le Lez.** Seules les espèces avec au moins 20 contacts sont données, dans l'ordre décroissant  
1097 du nombre de vidéos.

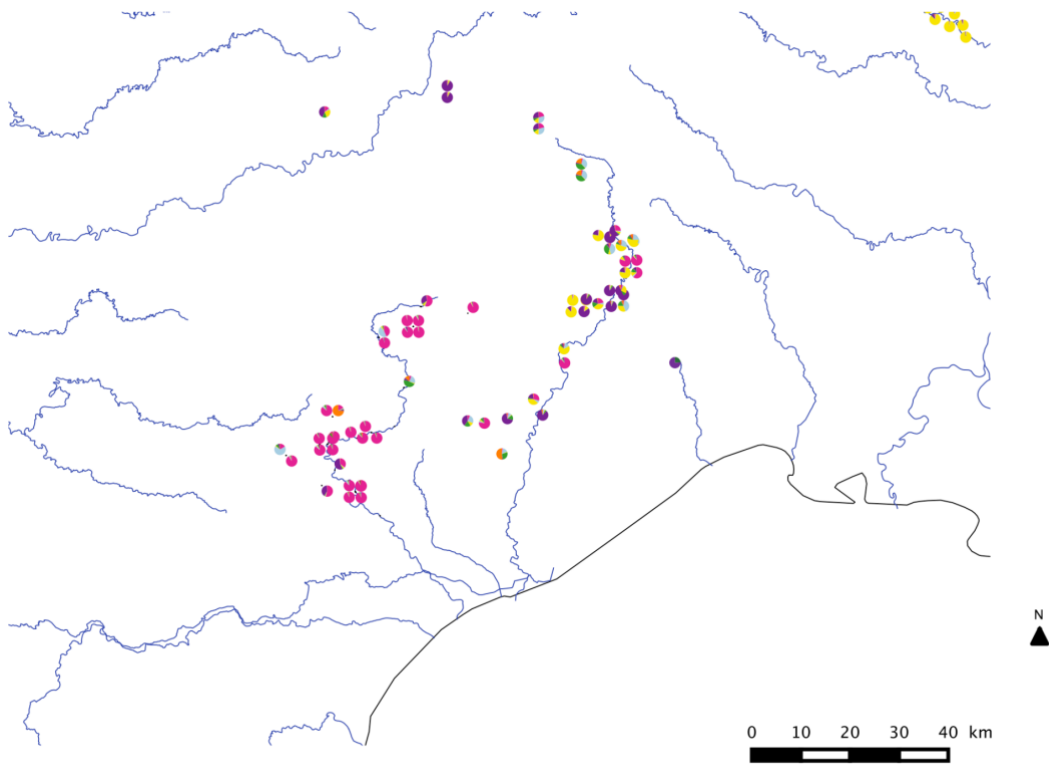
<b>Espèce</b>	<b>Nombre de vidéos</b>
Humain ( <i>Homo sapiens</i> )	2052
Sanglier ( <i>Sus scrofa</i> )	577
Ragondin ( <i>Myocastor coypus</i> )	398
Renard roux ( <i>Vulpes vulpes</i> )	275
Héron cendré ( <i>Ardea cinerea</i> )	128
Fouine ( <i>Martes foina</i> )	106
Canard colvert ( <i>Anas platyrhynchos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

1098

1099 **Figure 4. Chevauchement des temps d'activité de la loutre avec plusieurs espèces présentes**  
 1100 **sur le Lez.** Les patrons d'activités sont représentés en orange pour la loutre, et en marron pour  
 1101 les autres espèces : l'humain (*Homo sapiens*) (coin supérieur gauche), le renard roux (*Vulpes*  
 1102 *vulpes*) (coin supérieur droit), le ragondin (*Myocastor coypus*) (coin inférieur gauche) et le  
 1103 sanglier (*Sus scrofa*) (coin inférieur droit). Les zones grisées représentent le chevauchement  
 1104 entre deux patrons d'activité.  
 1105



1106 **Figure 5. Structuration génétique.** Ne concerne que les données de Louis. A enrichir avec les  
1107 données de Yann. Centrer sur le bassin versant du Lez. Si possible, récupérer le shapefile  
1108 auprès de Lise-Marie. Ajouter la légende avec le papier de Lise-Marie (Pigneur *et al.* 2018)  
1109 (bleu, groupe génétique de la façade atlantique ; jaune, groupe génétique dit de Rhône-Alpes ;  
1110 orange, groupe génétique dit breton ; rose, groupe génétique dit du Massif central ; vert,  
1111 groupe génétique dit du Limousin ; violet, groupe génétique dit des Pyrénées).



1112

1113

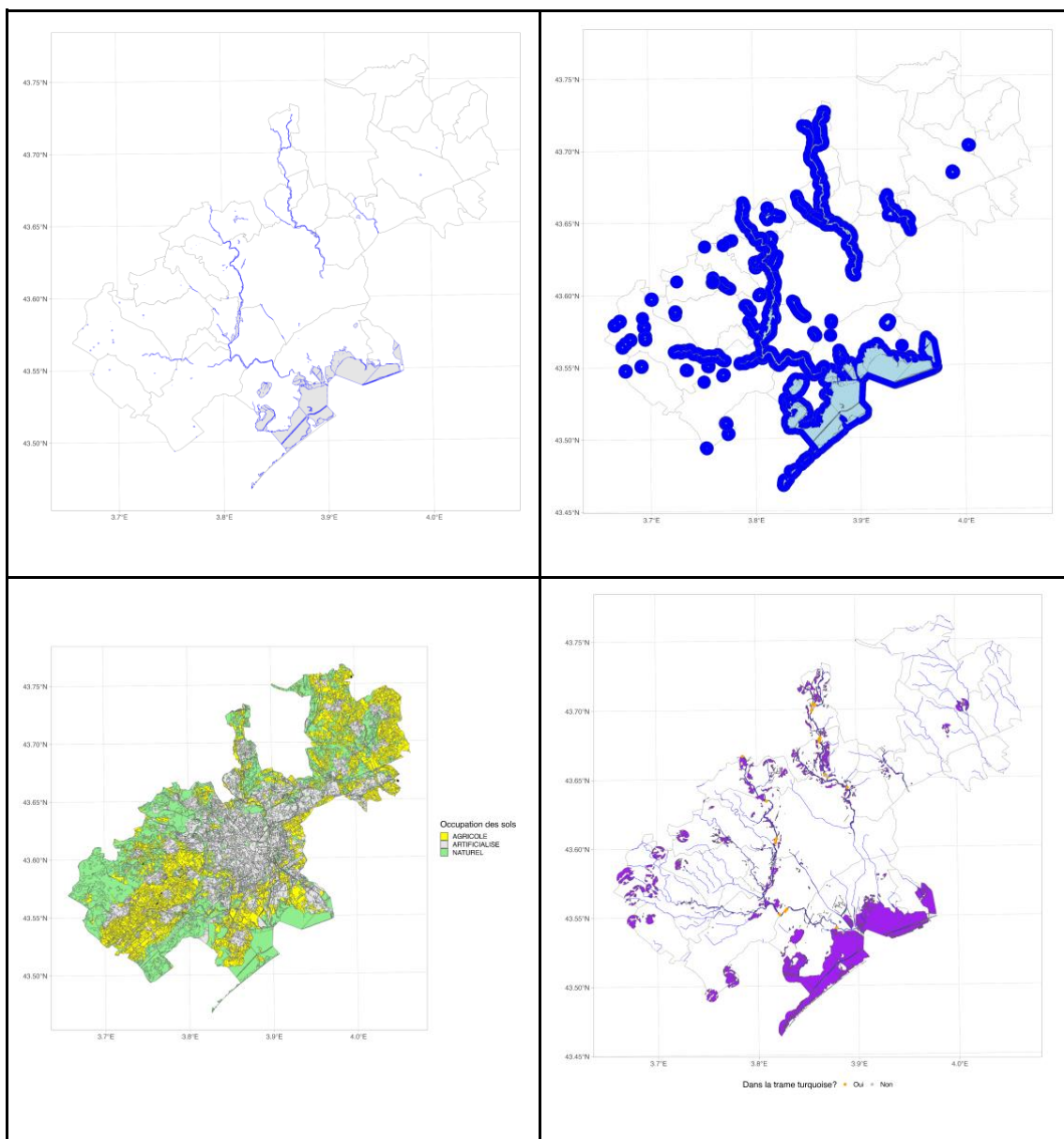
1114 **Tableau 2. Analyses génétiques sur le régime alimentaire de la loutre et l'ADN**  
1115 **environnemental.** Les résultats (prélèvement des épreintes) sont donnés dans les colonnes  
1116 *régime*. Les résultats d'ADN environnemental (prélèvement dans l'eau) sont donnés dans les  
1117 colonnes *présence*. Les colonnes sont rangées de gauche à droite, des sites de l'amont à l'aval  
1118 (Figure 2). Quand l'espèce est détectée dans le régime alimentaire, la cellule est orange  
1119 (marron sinon). Quand l'espèce est détectée par l'ADN environnemental, la cellule est vert  
1120 clair (vert foncé sinon). Quand l'espèce n'a pas été recherchée, ou bien que le site n'a pas été  
1121 échantillonné pour les analyses génétiques du régime alimentaire, la cellule est vide.  
1122



	Lez amont		Lirou		Tannerie		Lironde	Lavalette		Clinique du Parc		Hôtel de Région		Lez aval - 2ème écluse		Lez aval - confluence Mosson		Lez aval - Palavas	
	présence	régime	présence	régime	présence	régime		présence	régime	présence	régime	présence	régime	présence	régime	présence	régime	présence	régime
Abramis brama	0		0		0		1		1		0		1		1		1		1
Actinopterygii		0		0		1		1		1		1		1		1			
Alburnoides ohridanus		0		1		1		0		0		0		0		0			
Alburnus alburnus	0		1		1		1		1		1		1		1		1		1
Alosa sp. (Alosa alosa ou Alosa fallax)	0		0		0		0		1		0		0		0		0		0
Anguilla anguilla	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1		1	1
Atherina boyeri	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		1	1
Barbatula quignardi		1		0		1		0		1		0		0		0			
Barbatula sp. (Barbatula barbatula ou Barbatula quignardi)	1		1		1		1		1		1		1		0		0		0
Barbus barbatus	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0		0	0
Blicca bjoerkna	0		0		0		0		0		0		0		1		0		1
Carassius sp. (Carassius carassius ou Carassius gibelio ou Carassius auratus)	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Chelon auratus	0		0		0		0		0		0		0		0		1		1
Chelon labrosus	0		0		0		0		0		0		0		0		1		1
Chelon ramada	0		0		0		0		0		0		0		1		1		1
Chondrostoma nasus		1		1		0		0		0		0		0		0			
Cottus sp. (Cottus aturi, Cottus duranii, Cottus gobio, Cottus hispaniolensis, Cottus perifretum, Cottus petiti ou Cottus rhenanus)	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cyprinidae	0		0		0		0		1		1		1		0		0		1
Cyprinidae - Complexe 1 (Chondrostoma nasus, Parachondrostoma toxostoma ou Telestes souffia)	1		0		0		0		0		0		0		0		0		0
Cyprinidae - Complexe 2 (Ctenopharyngodon idella ou Hypophthalmichthys molitrix)	0		0		0		0		1		1		1		0		0		0
Cyprinidae - Complexe 3 (Abramis brama ou Blicca bjoerkna)	0		0		0		0		1		1		1		1		0		1
Cyprinidae - Complexe 4 (Alburnus alburnus ou Scardinius erythrophthalmus)	0		0		0		0		0		0		0		1		0		0
Cyprinus carpio	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dicentrarchus labrax	0		0		0		0		0		0		0		0		1		1
Gambusia holbrooki	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1		1	1
Gobio gobio		0		1		1		0		1		1		1		1			
Gobio sp. (Gobio alverniae, Gobio gobio, Gobio lozanoi ou Gobio occitaniae)	0		0		1		1		1		1		1		1		0		0
Gobius niger	0		0		0		0		0		0		0		0		0		1
Gymnocephalus cernua	0		0		0		0		1		1		0		0		0		0
Lepomis gibbosus	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1		1	1
Leuciscus leuciscus		0		1		0		0		0		0		0		0			
Leuciscus sp. (Leuciscus idus ou Leuciscus leuciscus)	0		0		0		0		1		0		0		0		0		0
Micropterus salmoides	0		0		0		0		1		1		1		1		1		0
Mugil cephalus	0		0		0		0		1		0		0		1		1		1
Oncorhynchus sp.	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0
Pachychilon pictum		0		0		0			0		1		0		0				

	Lez amont		Lirou		Tannerie		Lironde		Lavalette		Clinique du Parc		Hôtel de Région		Lez aval - 2ème écluse		Lez aval - confluence Mosson		Lez aval - Palavas	
	présence	régime	présence	régime	présence	régime	présence	régime	présence	régime	présence	régime	présence	régime	présence	régime	présence	régime	présence	régime
<i>Parachondrostoma miegii</i>		0		1		1				0		0		0		0				
<i>Perca fluviatilis</i>	1	0	0	0	1	1	0		1	0	1	0	1	0	1	0	0			0
<i>Phoxinus phoxinus</i>		1		0		1				0		0		0		0				
<i>Phoxinus sp. (Phoxinus bigerrii, Phoxinus phoxinus ou Phoxinus septimaniae)</i>	1		1		1		1		1		1		0		0		0			0
<i>Pomatoschistus minutus</i>	0		0		0		0		0		0		0		0		0			1
<i>Pomatoschistus sp. (Pomatoschistus microps ou Pomatoschistus minutus)</i>	0		0		0		0		0		0		0		0		1			1
<i>Pseudorasbora parva</i>	0	0	0	0	1	1	1		1	0	1	1	1	1	1	1	1			1
<i>Rutilus rutilus</i>	0	0	0	1	1	1	1		1	0	1	1	1	0	1	1	1			1
<i>Salapia fluviatilis</i>	0		0		0		0		0		0		0		0		0			1
<i>Salmo sp.</i>	0		0		0		0		0		0		0		1		0			0
<i>Salmo trutta</i>	0		0		0		0		0		0		0		0		0			0
<i>Sander lucioperca</i>	0		0		0		0		0		0		1		1		1			0
<i>Sardina pilchardus</i>	0		0		0		0		0		0		0		0		0			1
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0		0		0		0		1		1		1		1		1			1
<i>Silurus glanis</i>	0	0	0	0	1	1	0		1	1	1	1	1	1	1	1	1			1
<i>Squalius cephalus</i>	1	1	1	1	1	1	1		1	0	1	1	1	0	1	0	0			0
<i>Syngnathus sp.</i>	0		0		0		0		0		0		0		0		0			1
<i>Telestes</i>		0		1		0				0		0		0		0				
<i>Tinca tinca</i>	0	0	0	0	1	1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0			0

1123 **Figure 6. Les étapes de la construction de la trame turquoise pour la loutre sur la métropole**  
1124 **de Montpellier.** On se base sur la méthode du *buffer* qui nécessite de définir la trame bleue  
1125 (coin supérieur gauche), d'appliquer une zone tampon à cette trame bleue (coin supérieur  
1126 droit), d'extraire les habitats favorables pour la loutre à partir de l'occupation des sols (coin  
1127 inférieur gauche), et de croiser ces étapes pour enfin obtenir la carte de la trame turquoise  
1128 (coin inférieur droit). Sur cette carte de la trame turquoise, on représente aussi les indices de  
1129 présence récoltés, selon qu'ils sont dans la trame (orange) ou pas (gris).



1130