


R A P P O R T
Retour d'expérience
spécifique : Évaluation de
la fréquentation par les
petits mammifères d'une
banquette sous ouvrage
hydraulique équipée
d'une encoche



Les résultats ici présentés, ciblés sur un type d'ouvrage et un groupe d'espèces, font partie d'un ensemble d'études réalisées dans le cadre de suivis de passage à faune présentés dans un rapport général intitulé « *Retour d'expérience n°2 des aménagements et des suivis faunistiques sur le réseau VINCI Autoroutes; 2023* ».

Ce document est également disponible dans une version traduite en anglais :
« *Specific feedback on experience : Evaluation of frequentation by small mammals of a footway under a hydraulic structure fitted with a hollow section, 2023* ».

I. RÉSUMÉ	5
II. CONTEXTE DE L'ÉTUDE	6
III. PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE SUIVI	8
IV. INVENTAIRE DU CAMPAGNOL AMPHIBIE EN AMONT ET EN AVAL DE L'OUVRAGE	10
V. SUIVI DE LA FRÉQUENTATION DES AMÉNAGEMENTS ET DE L'OUVRAGE PAR LA PETITE FAUNE	12
V.1. Matériel et protocole	12
V.1.1. Suivi par capteurs d'empreintes	12
V.1.2. Suivi par piège-photographique	17
V.1.3. Suivi par tubes à poils et à fèces	17
V.1.4. Collecte d'indices potentiels sur les banquettes	18
V.1.5. Comparaison des données issues des capteurs d'empreintes et des pièges photographiques	19
V.1.6. Dénomination des groupes d'espèces	21
V.2. Résultats	22
V.2.1. Fonctionnalité de l'encoche « micromammifères »	22
V.2.1.1. Données générales	22
V.2.1.2. Comparaison des méthodes	25
V.2.1.3. Identifications génétiques	26
V.2.1.4. Fonctionnalité de l'encoche	26
V.2.2. Suivi des atterrissements	27
V.2.3. Suivi de la banquette faune	29
V.2.3.1. Données générales	29
V.2.3.2. Comparaison des méthodes	30
V.2.3.3. Fonctionnalité de la banquette Faune	32
V.2.4. Autres informations sur la fonctionnalité des aménagements	32
VI. BILAN ET PERSPECTIVES	35
VII. ANNEXE	37
BIBLIOGRAPHIE	39



© M.Briola - Regard du Vivant

“ Ce suivi démontre la fonctionnalité de l’encoche pour le passage des micromammifères ”

Dans le cadre des réaménagements réalisés par VINCI Autoroutes réseau ASF dans l'ouvrage du Deiro (A89 – SOUDEILLES) pour rétablir les continuités écologiques pour la faune, une banquette spécifique « petite faune » de 120 centimètres de large a été créée dans l'ouvrage et des épis installés le long de la banquette dans le lit mineur. À cette occasion, ASF a souhaité tester l'implantation d'une encoche « micromammifères » développée par le GREGE à l'origine pour la musaraigne aquatique et le campagnol amphibie. Cette encoche de treize centimètres de large et dix centimètres de hauteur est positionnée dans la paroi de la banquette « petite faune » pour créer un cheminement à couvert pour les micromammifères.

Afin d'évaluer l'efficacité de ce dispositif innovant, le GREGE s'est associé au GMHL pour évaluer la fréquentation de l'encoche par les micromammifères en déployant des protocoles spécifiques adaptés aux dénombrements et identifications des micromammifères. Quatre techniques ont été combinées pour recenser les passages et identifier les espèces : capteurs d'empreintes, piège-photographique, tubes capteurs d'indices (poils et fèces), ainsi que la collecte d'ADN environnemental dans l'encoche avec identification génétique des espèces détectées.

Sur les 935 nuits opérationnelles du piège-photographique, 1330 passages de cinq espèces ou groupes d'espèces ont été enregistrés dans

l'encoche : 923 passages du groupe des deux mulots du genre *Apodemus sp.* ; 361 passages du groupe des deux musaraignes aquatiques du genre *Neomys sp.* ; 8 passages d'écureuil roux (*Sciurus vulgaris*) ; 5 passages du groupe des petits campagnols et par un passage du groupe des gros campagnols du genre *Arvicola sp.* Ainsi, au cours des deux années de suivi, la circulation des micromammifères dans l'encoche avoisine les 36 passages par mois. Ces résultats sont globalement plus élevés que les références bibliographiques très peu nombreuses, et confirment une forte fréquentation par les micromammifères de l'aménagement réalisé. Ce suivi démontre la fonctionnalité de l'encoche pour le passage des micromammifères.

Les nombreux passages attribués au genre *Neomys sp.*, avec un pic notable entre juillet et octobre, sont particulièrement remarquables (aucune autre référence sur le sujet à notre connaissance que ce soit en termes de fréquentation ou même de suivi) et montrent tout l'intérêt de cet aménagement pour ce groupe d'espèces protégées. En outre, le protocole spécifiquement développé de collecte d'ADNe dans l'encoche ou d'indices dans les tubes capteurs dédiés, et l'identification des espèces par approche génétique, ont permis de confirmer la circulation de la crossope aquatique (*Neomys fodiens*) et du mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*).

II. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Dans le cadre des réaménagements réalisés par VINCI Autoroutes réseau ASF dans l'ouvrage du Deiro pour rétablir les continuités écologiques pour la faune, une banquette spécifique a été créée dans l'ouvrage et des épis installés dans le lit mineur.

À cette occasion, ASF a souhaité tester l'implantation d'une encoche « micromammifères » développée par le GREGE à l'origine pour la musaraigne aquatique (*Neomys fodiens*). Dans le cas présent, l'encoche visait préférentiellement la circulation du campagnol amphibie (*Arvicola sapidus*) connu à proximité. Celle-ci a été positionnée dans la paroi verticale de la banquette. Pour évaluer la fonctionnalité de cet aménagement, ASF a sollicité le GREGE en vue de la réalisation d'un suivi du dispositif avec des protocoles adaptés.

En parallèle, la banquette supérieure devant être équipée d'un piège-photographique, il a été décidé de saisir l'opportunité de ce suivi pour comparer sur ce site, les résultats des protocoles « Piège à empreintes GREGE » et « Piège-photographique ASF » et en tirer quelques enseignements.

Un suivi par capteurs d'empreintes a ainsi été proposé : cette technique, constamment utilisée par le GREGE pour des suivis de fréquentation d'ouvrages hydrauliques, permet l'identification des espèces ou des cortèges utilisant les aménagements créés pour la faune et l'évaluation du taux de fréquentation de ces derniers.

Pour réaliser ce suivi, le GREGE s'est associé avec le GMHL qui a réalisé les relevés standardisés sur le terrain. Le suivi proposé combine trois techniques complémentaires :

- Évaluation de la présence du campagnol amphibie aux abords de l'ouvrage à partir de transects visant à rechercher ses indices de présence.
- Suivi de la circulation des espèces dans l'encoche, à l'aide d'un capteur d'empreintes dédié et d'un piège-photographique dédié.
- Suivi de la circulation des espèces sur la banquette faune à l'aide d'un capteur d'empreintes installé sur toute la largeur. Il convient de préciser que ce suivi a été adossé au suivi par piège-photographique standardisé par ASF . Ainsi, les résultats obtenus par le piège-photographique ASF ont été analysés par le GMHL et pourront être comparés à ceux enregistrés par les capteurs d'empreintes de la banquette.

De plus, en 2020, un suivi complémentaire à l'aide de tubes capteurs d'indices a été proposé afin d'apporter un éclairage génétique à cet inventaire, dans l'ouvrage et aux abords.

Un suivi initial a été mené entre le 24 mai 2018 et le 29 mai 2019. Toutefois, le protocole initial n'ayant pas été complètement respecté, notamment en raison d'un manque de relevés des capteurs d'empreintes entre décembre 2018 et avril 2019, il a été convenu de mettre en place une nouvelle phase de suivi sur une période équivalente l'année suivante et de la poursuivre jusqu'à l'été 2021.

Ce rapport présente les résultats de l'ensemble des suivis mis en œuvre de mai 2018 à août 2021.

Il a été constitué par les personnes suivantes au sein du GREGE et du GMHL, avec une relecture d'ASF :

Marie ABEL	GMHL	Réalisation des relevés de terrain
Manon DEVAUD		Analyses des clichés du piège-photographique de la banquette faune
Cristian ESCULIER	GMHL	Réalisation des relevés de terrain
Vanessa MAURIE	GREGE	Identifications des empreintes Analyses des données Rédaction du dossier et cartographie
Chloé BADUEL	GREGE	Analyses des clichés du piège-photographique de l'encoche « micro-mammifères » Analyses des données Préparation des prélèvements génétiques Rédaction du dossier et cartographie
Célia FOURNIER	GREGE	Analyses des clichés du piège-photographique de l'encoche « micro-mammifères »
Christine FOURNIER	GREGE	Collecte des indices dans l'encoche « micromammifères » Interprétation des résultats génétiques Relecture générale Contrôle qualité
Mathieu BOURBOULON	ASF	Relecture générale
Gabriel METEGNIER	GMHL	
Pascal FOURNIER	GREGE	Formation du GMHL Installation des capteurs et collecte des indices dans l'encoche « micro-mammifères » Coordination du dossier

III. PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE SUIVI

Situé dans le département de la Corrèze, sur la commune de Soudeilles, l'ouvrage hydraulique permet l'écoulement du Deiro sous l'A89 (Carte 1).

En 2017, cet ouvrage, large d'environ neuf mètres, a été réaménagé afin de rétablir une continuité écologique nécessaire au franchissement de l'A89 par la petite faune (Planche-photos 1). Auparavant l'ouvrage avait déjà été aménagé pour la faune par la création de trois banquettes en gradin. Toutefois les banquettes existantes ont été considérées comme inadaptées, compte tenu de l'immersion permanente de la banquette la plus basse et l'immersion régulière de la seconde. Des travaux de réaménagement ont ainsi été menés.

Une banquette faune, de 1,20 mètre de large, et à 60 centimètres au-dessus de la plus haute banquette existante, a donc été créée en rive gauche afin de permettre un cheminement à sec des espèces dans l'ouvrage tout au long de l'année. Dans la contre-marche de celle-ci, à 85 centimètres au-dessus de la plus basse banquette existante, une encoche «micromammifères» à destination du campagnol amphibie a été spécifiquement réalisée. Cet aménagement imaginé et proposé par le GREGE a déjà été créé dans quatre précédents ouvrages sur la LGV Tours-Bordeaux. Le principe repose sur une circulation plus à couvert et en sécurité des micromammifères grâce à cette encoche qui mesure 13 centimètres de large sur dix centimètres de haut.



Carte 1 : Localisation de l'ouvrage du Deiro, suivi entre 2018 et 2021.



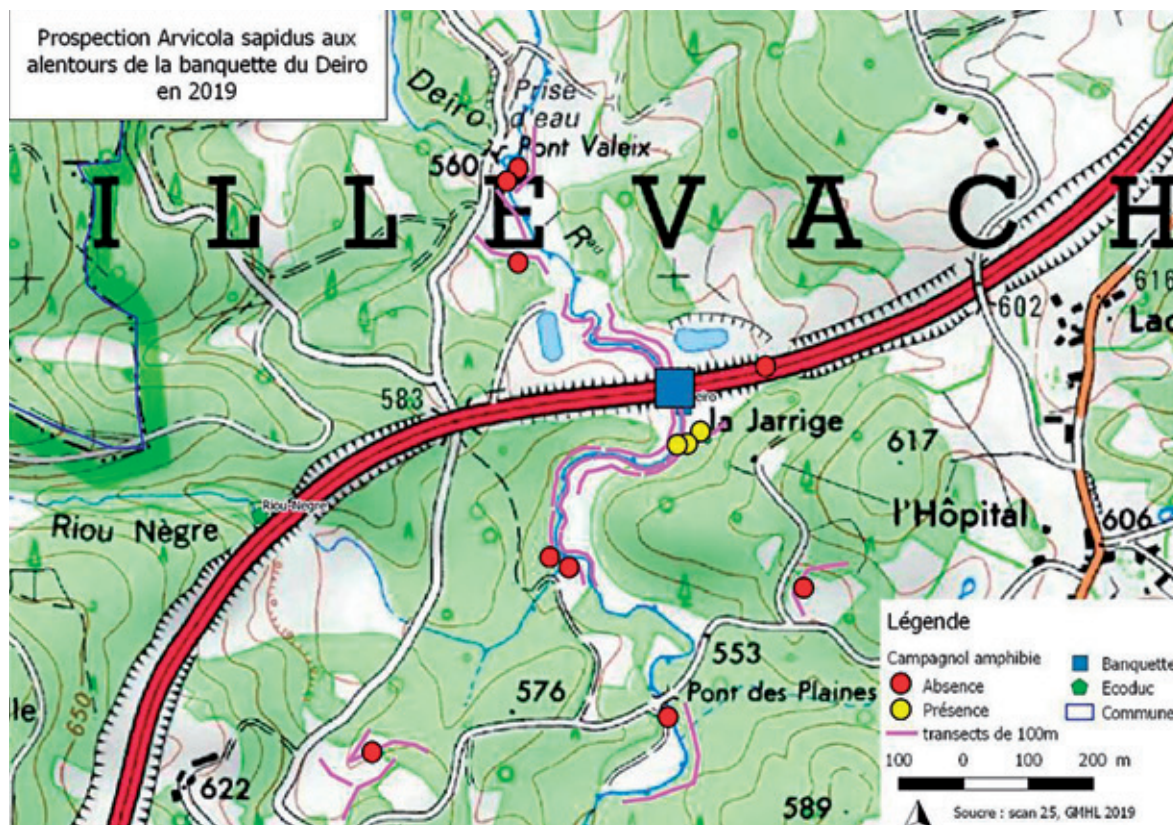
*Planche-photos 1 : Illustrations de l'ouvrage et son réaménagement pour la petite faune (photos prises en phase chantier). © GREGE
Haut : Vue générale de l'ouvrage du Deiro - Bas : Aperçu de la banquette faune et de l'encoche « micromammifères » créées et de leur raccordement à la berge en aval.*

IV. INVENTAIRE DU CAMPAGNOL AMPHIBIE EN AMONT ET EN AVAL DE L'OUVRAGE

L'inventaire de ce rongeur repose sur des prospections systématiques pour la recherche d'indices indirects spécifiques de sa présence (fèces, coulées, réflectoires...).

Cet inventaire a été basé sur la réalisation d'un total de 20 transects de prospection de 100 mètres, répartis de façon équilibrée en amont et en aval de l'ouvrage, et réalisés à deux périodes de l'année.

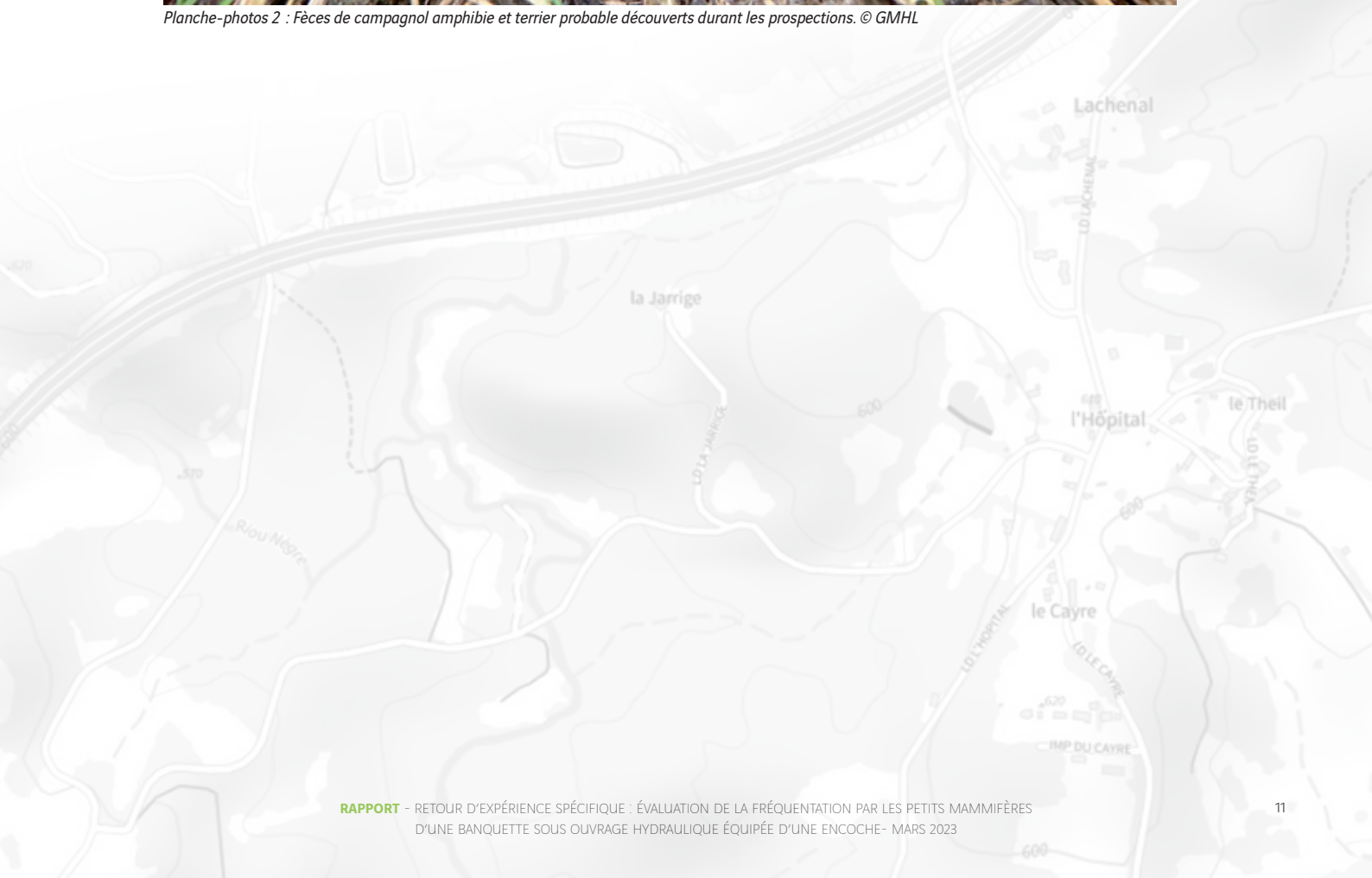
Les 20 transects réalisés en amont et en aval de l'ouvrage du Deiro (Carte 2) ont été prospectés les 15 et 17 avril et le 30 juillet 2019. Des fèces et des coulées ont été découvertes sur trois stations lors du deuxième passage, aux abords de la banquette faune, uniquement en aval de l'ouvrage (Carte 2, Planche-photos 2).



Carte 2: Localisation des transects de prospection campagnol amphibie réalisés par le GMHL et leur résultat (détection ou non d'indices indirectes). © GMHL



Planche-photos 2 : Fèces de campagnol amphibie et terrier probable découverts durant les prospections. © GMHL



V. SUIVI DE LA FRÉQUENTATION DES AMÉNAGEMENTS ET DE L'OUVRAGE PAR LA PETITE FAUNE

V.1. MATÉRIEL ET PROTOCOLE

L'objectif premier étant d'évaluer l'utilisation de l'encoche aménagée pour le campagnol amphibie, plusieurs techniques et protocoles expérimentaux, ont été combinés et adaptés au particularisme de l'aménagement et des très petites espèces à comptabiliser.

L'indicateur de fonctionnalité des aménagements repose sur le dénombrement de l'ensemble des passages (le cas échéant évalué par période temporelle appropriée), avec si possible une identification jusqu'à l'espèce. Lorsque celle-ci ne sera pas possible, le dénombrement se fera par groupe d'espèces (voir V.1.6) permettant tout de même de quantifier la fréquentation de l'aménagement.

Compte tenu de certaines difficultés rencontrées au cours du suivi, certaines opérations ont été répétées, d'autres abandonnées. Trois techniques décrites dans les paragraphes suivants, ont été mises en œuvre en parallèle afin d'évaluer la fréquentation de l'ouvrage du Deiro et ses aménagements (Figure 1) et d'identifier les espèces.

V.1.1. SUIVI PAR CAPTEURS D'EMPREINTES

Les capteurs d'empreintes proposés ont fait l'objet d'un développement spécifique pour assurer une impression optimale des empreintes de petits mammifères. Ils sont constitués d'une feutrine imbibée d'une encre spécifique située au centre, entourée de part et d'autre de feuilles de papier préalablement imbibées d'un révélateur et séchées. Ainsi, les empreintes de tout animal passant sur le capteur, dans un sens comme dans l'autre, se révèlent instantanément et de manière indélébile sur les feuilles révélatrices.

Dans le cadre de ce suivi, des capteurs ont été disposés sur toute la largeur des divers cheminements possibles, à savoir la banquette Faune, l'encoche à « micromammifères » et

l'atterrissement au pied de la banquette (Planche-photos 3 ; Figure 2).

Le protocole initial prévoit un suivi d'une année avec trois sessions d'un mois (une par quadrimestre) durant lesquelles les capteurs sont contrôlés tous les dix jours, afin de garantir une exhaustivité du recensement des passages. En effet, pour les capteurs d'empreintes installés dans des ouvrages hydrauliques, leur fonctionnalité qui dépend de l'assèchement de la feutrine encrée a fait l'objet d'une évaluation par le GREGE lors des phases de développement du protocole (Maurie, 2013 ; GREGE – données non publiées). Compte tenu de la grande surface du capteur (0,06 m²) qui limite l'évaporation constatée dans les tunnels (FERRAND, 2019), de son installation à proximité de l'eau et de l'hygrométrie régnant dans les ouvrages, la fonctionnalité de ce type de capteur est considérée comme optimale durant dix jours, intervalle de relevé des suivis en sessions. Les dénombrements sont considérés exhaustifs.

Entre ces sessions standardisées, ont lieu des contrôles mensuels pour lesquels les dénombrements ne sont pas exhaustifs, la feutrine pouvant devenir non fonctionnelle. Ceux-ci permettent toutefois la détection d'espèces fréquentant de façon plus ponctuelle les aménagements.

Un premier suivi a été réalisé à partir du 24 mai 2018, mais le rythme des suivis de contrôle n'ayant pas été complètement respecté au cours de l'hiver 2018-2019, un suivi complémentaire a été engagé de décembre 2019 à avril 2020, afin d'avoir trois sessions de suivi exhaustif (Figure 1).

À chaque relevé, toutes les feuilles des capteurs d'empreintes ont été récupérées et remplacées, puis envoyées au GREGE pour analyse des empreintes.

L'analyse des feuilles ainsi récoltées a permis, d'une part, de déterminer le nombre de passages

(c'est-à-dire le nombre de voies différentes dans chacun des sens de déplacement) et, d'autre part, d'attribuer chacune des voies et des empreintes la constituant à une espèce ou un groupe d'espèces.

Les identifications reposent sur une clé spécifique aux capteurs d'empreintes à encre développée par le GREGE (Maurie, 2013). Cette dernière permet de distinguer les empreintes de tous les petits carnivores sauvages ou domestiques entre eux (excepté la belette (*Mustela nivalis*) de l'hermine (*Mustela erminea*), faute d'empreintes de référence d'hermine permettant de trouver des critères de différenciation avec la belette), mais aussi d'autres espèces de mammifères, telles que l'écureuil roux, les gliridés, le ragondin (*Myocastor coypus*) ou le hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*). En revanche, pour les micromammifères autres que les gliridés, faute d'empreintes de référence exhaustives des espèces, la clé n'a, à ce jour, pas encore été finalisée et seuls deux groupes ont été distingués en fonction de la taille des empreintes : les « petits micromammifères »

correspondant aux petits muridés, aux petits campagnols et aux musaraignes, et les « grands micromammifères » correspondant aux gros muridés *Rattus* sp. et aux grands campagnols *Arvicola* sp. (GREGE 2020). En complément, les passages d'amphibiens ou de reptiles peuvent également être identifiés. Le taux d'erreur d'identification des quatre collaborateurs du GREGE, toutes catégories confondues, est de 1,8 %.

Pour les espèces de taille moyenne (de la belette au chien), le nombre de passages est décompté précisément. Pour les petits micromammifères, la méthode de dénombrement dépend de l'abondance des empreintes : si les voies sont bien distinctes, le nombre total de passages est décompté précisément ; en revanche si les voies se superposent, ce sont les empreintes qui sont décomptées sur les dix premiers centimètres bordant la feutrine puis ce nombre est divisé par le nombre moyen d'empreintes laissées par un petit mammifère sur dix centimètres. Ce paramètre a été évalué à partir des planches expérimentales recueillies ces dernières années sur diverses études de suivi d'ouvrages.

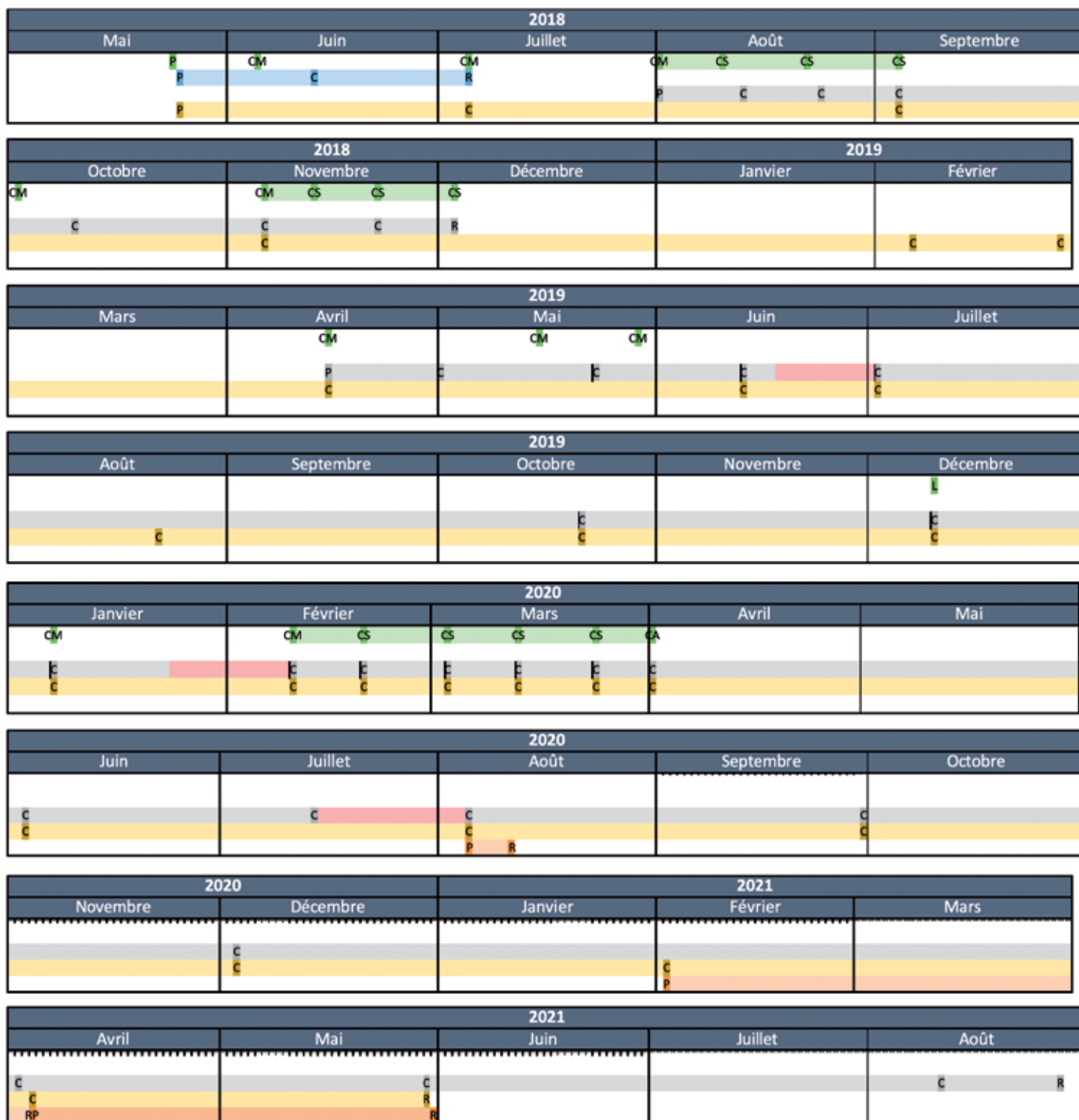


Figure 1 : Déroulement des différents suivis mis en œuvre dans l'ouvrage du Deiro entre mai 2018 et août 2021.

- Suivi par capteurs d'empreintes : P = Installation et mise en fonctionnement; L = lancement de la phase 2 du suivi; CM = contrôle mensuel; CS = contrôle session; CA = contrôle session et arrêt du suivi.
- Suivi par piège-photographique de la fréquentation au niveau d'un des épis présents dans le lit mineur : P = Installation et mise en fonctionnement; C = contrôle; R = retrait.
- Suivi par piège-photographique de la banquette Faune et de l'encoche « micromammifères » : P = Installation et mise en fonctionnement; C = contrôle.
- Suivi de la fréquentation par les petits micromammifères par les tubes à fèces et les tubes à poils : P = pose; R = relevé.
- Disfonctionnement du piège-photographique.

ILLUSTRATIONS DES TROIS CAPTEURS UTILISÉS POUR LE SUIVI DE LA FRÉQUENTATION DE L'OUVRAGE DU DEIRO

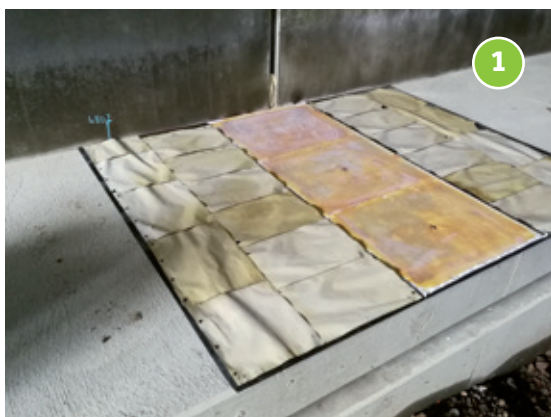


Planche-photos 3 :

1 - Capteur d'empreintes permettant de suivre la fréquentation de la banquette faune© GREGE

2 - Capteur d'empreintes mis en place dans l'encoche « micromammifères » © GREGE

3 - Capteur d'empreintes installé dans le lit afin de mettre en évidence de potentiels déplacements (photographie prise le 24/05/2018) © GREGE

4 - Vue du piège-photographique visant l'encoche et du piège-photographique en arrière-plan visant la banquette faune © GREGE

5 - Aperçu de l'atterrissement formé grâce à la présence des épis créés lors du chantier de réaménagement (photographie du 30/07/2019) © GMHL

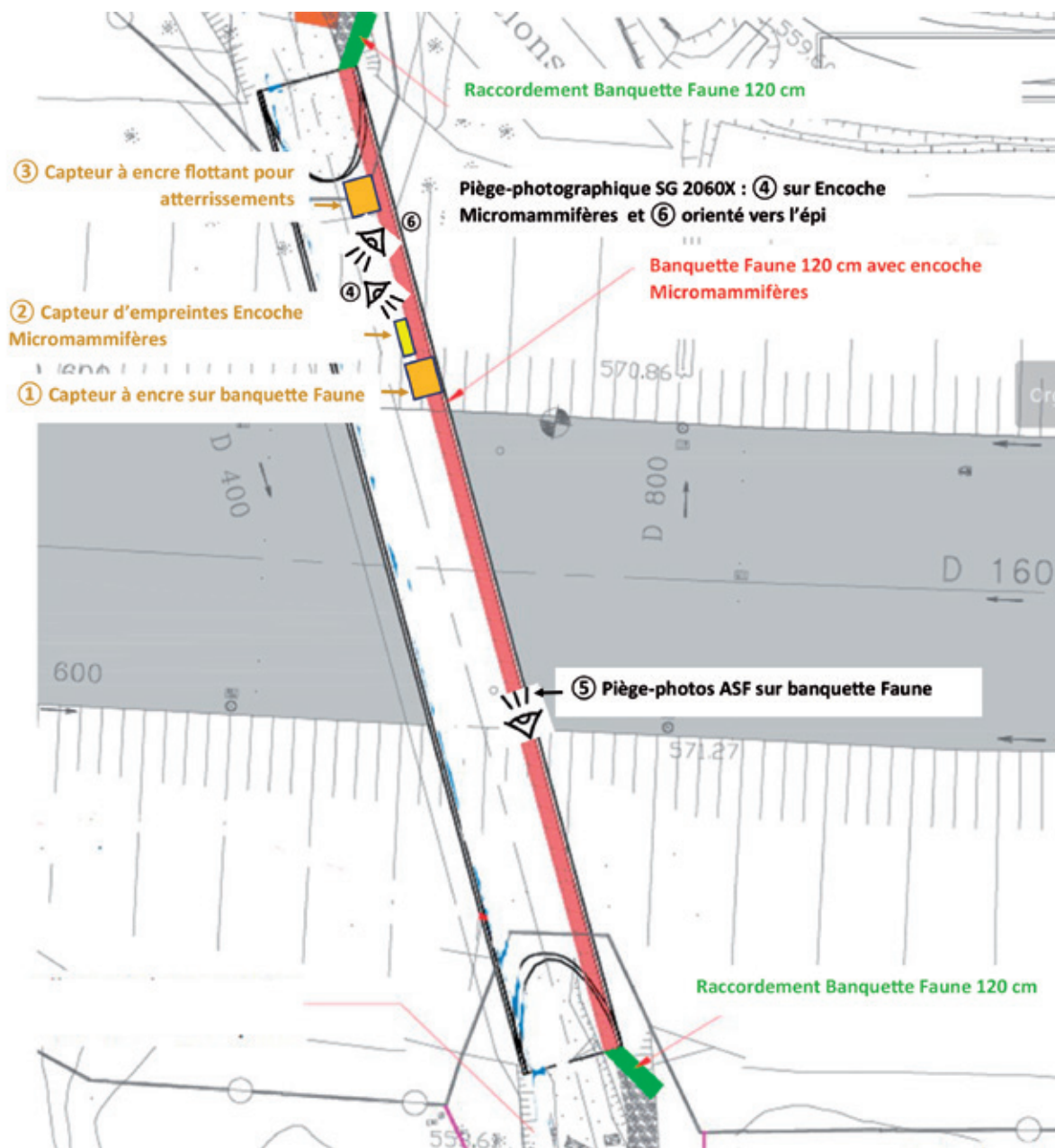


Figure 2 : Représentation schématique des dispositifs de suivi sur les plans d'ouvrage du Deiro

V.1.2. SUIVI PAR PIÈGE-PHOTOGRAPHIQUE

Sur l'ensemble du suivi, différents types de poses de pièges photographique ont été effectués.

La première, menée entre le 25 mai et le 5 juillet 2018 (41 nuits), à l'aide d'un ScoutGuard SG2060-X, a permis de suivre la fréquentation au niveau d'un des épis présents dans le lit mineur (appareil installé 50 centimètres au-dessus de l'épis et orienté à 45° par rapport à l'axe de déplacement le long du pied de la banquette - 6 Figure 2).

La seconde, menée du 25 mai 2018 au 30 mai 2020, à l'aide d'un Reconyx Hyperfire 2 fixé en hauteur, ciblait la banquette faune afin d'évaluer sa fréquentation (5 Figure 2). L'appareil a été fixé par le GMHL sur la potence installée lors de la phase chantier selon les recommandations d'ASF et les réglages assurés par le GMHL (2019, 2020, 2021), conformément au protocole de suivi demandé par ASF. Au-delà de l'évaluation de la fréquentation de l'ouvrage, les données recueillies visaient à comparer les résultats obtenus avec ceux du capteur d'empreintes. Les périodes d'interruption prématurées de l'appareil entre les contrôles ont été déduites du nombre total de nuits suivies.

Enfin, l'encoche «micromammifères» a également été équipée d'un piège-photographique dédié (ScoutGuard SG2060-X) en complément du capteur d'empreintes afin d'identifier les

espèces de petits micromammifères circulant dans celle-ci (4 et 2 Figure 2). L'appareil a été choisi du fait de sa grande sensibilité vis-à-vis des micromammifères, de sa vitesse de déclenchement du premier cliché (0,8 secondes) associée à un flash incandescent noir. En effet, ce flash moins détectable qu'un flash incandescent classique blanc fige les prises de vue de ces espèces très rapides, permettant une meilleure identification des espèces, notamment si on le compare aux appareils de la marque RECONYX qui génèrent un flou de mouvement (GREGE – données non publiées). L'appareil a été fixé contre l'encoche sur une rotule avec une visée inférieure à 45° par rapport au cheminement.

Plusieurs périodes ont ainsi été suivies : du 1^{er} août au 3 décembre 2018 (124 nuits), du 15 avril au 17 juin 2019 (63 nuits), du 2 juillet 2019 au 23 janvier 2020 (205 nuits), du 10 février au 14 juillet 2020 (155 nuits), du 05 août 2020 au 28 août 2021 (388 nuits). Les données présentées portent donc, au total, sur 935 nuits de suivi. De plus, l'orientation de ce piège-photographique permettait de voir une partie des épis et des atterrissements présents au pied de la banquette, permettant un suivi non exhaustif de leur fréquentation.



Planche-photos 4 : Illustration des deux types de capteurs d'indices appâtés utilisés. © GREGE
À gauche : Tube à fèces / À droite : Tubes à poils

V1.3. SUIVI PAR TUBES À POILS ET À FÈCES

Sur la base des données issues de la première phase de suivi, l'installation de tubes capteurs d'indices sur la période de plus forte fréquentation de l'encoche « micromammifères » par le genre *Neomys* a été proposée afin d'apporter un éclairage génétique à cet inventaire, dans l'ouvrage et aux abords. En effet, les indices collectés font ensuite l'objet d'une première préparation au GREGE puis d'une identification génétique de l'ADN de l'espèce hôte, en étroite collaboration avec le laboratoire GeCoLAB de génétique de la conservation de l'Université de Liège (Equipe de Johan Michaux).

L'identification est réalisée grâce à des méthodes de séquençage nouvelle génération et des outils bio-informatiques. Ces techniques de « metabarcoding » reposent sur l'amplification et le séquençage à haut débit de courts fragments très variables du gène cytochrome oxydase 1, CO1. Les séquences d'ADN obtenues après amplification sont ensuite comparées aux séquences publiques de la base de données BOLD, ainsi qu'aux séquences de la base de données privée du laboratoire GeCoLAB, qui a développé les séquences de référence de toutes les espèces de micromammifères présents en France métropolitaine, dont certaines non présentes dans les bases de données publiques. L'interprétation finale est réalisée par le GREGE, conjointement avec GeCoLAB.

En 2020, deux types de capteurs d'indices appâtés ont été utilisés (Planche-photos 4) : des tubes à fèces, dont le fond est recouvert de petits cailloux pour retenir les déjections que l'animal viendrait y déposer, et des tubes à poils, qui sont munis de plaquettes adhésives qui collectent des poils au passage de l'animal.

Ces tubes sont installés dans l'ouvrage sur chaque niveau de cheminement dans les tiers amont et aval, et à l'extérieur de l'ouvrage, en

amont et en aval à une quinzaine de mètres de ce dernier, dans la végétation au plus proche du cours d'eau.

Au total, quatre tubes à fèces et huit tubes à poils ont été mis en place à l'extérieur de l'ouvrage, et six tubes à crottes et douze tubes à poils dans l'ouvrage. Ces tubes ont été installés le 5 août 2020 et récupérés le 11 août 2020, pour un suivi de six nuits consécutives.

En 2021, seuls des tubes capteurs de fèces ont été dispersés dans l'ouvrage pour tenter d'identifier les *Neomys*, avec le minimum de temps à consacrer à l'opération en mutualisant avec les contrôles des pièges photographiques. Ainsi en 2021, entre deux et cinq tubes ont été dispersés dans l'ouvrage du 02 février au 04 avril 2021 puis du 04 avril 2021 au 31 mai 2021.

V1.4. COLLECTE D'INDICES POTENTIELS SUR LES BANQUETTES

Au-delà du captage direct d'indices des micromammifères à l'aide des tubes capteurs imposant une visite des dispositifs par les individus, une collecte d'ADN environnemental (ADNe) a été réalisée sur les zones de circulation des individus, c'est à dire l'encoche micromammifères et la banquette faune. L'objectif poursuivi visait à tenter d'identifier les musaraignes du genre *Neomys* et les mulots du genre *Apodemus*, identifiés par les pièges photographiques, le cas échéant, les campagnols du genre *Arvicola*.

Dans le cas présent, le captage de cet ADNe reposait principalement sur la collecte de la matière fécale potentiellement laissée par les individus au cours de leurs déplacements. Ainsi, chaque banquette a été minutieusement inspectée et un échantillon représentatif des fèces ou des reliquats de matières fécales a été prélevé tout le long de la banquette, qu'ils soient suspectés d'appartenir à des mammifères (micromammifères ou chiroptères), des reptiles

ou amphibiens ou encore des invertébrés. Les prélèvements collectés ont été regroupés, pour les analyses génétiques, en deux pools indépendants selon leur origine « banquette faune » et « encoche » afin d'évaluer la différence spécifique entre les deux cheminements.

De plus, à titre expérimental, une fois cette opération de collecte effectuée, des sables et poussières présents dans l'encoche ont été prélevés par balayage afin d'analyser la présence d'ADN détectable sans repérage visuel de reliquats de matière fécale.

Une fois les échantillons collectés, ces derniers ont été conservés en alcool 96° pour ensuite subir les mêmes techniques d'analyses que les prélèvements des tubes capteurs de crottes (voir § V.1.3).

V.1.5. COMPARAISON DES DONNÉES ISSUES DES CAPTEURS D'EMPREINTES ET DES PIÈGES PHOTOGRAPHIQUES

Cette comparaison effectuée pour les deux aménagements (banquette faune et encoche « micromammifères »), a été réalisée à partir de données issues de périodes durant lesquelles ces deux techniques ont été fonctionnelles en simultané.

Ainsi, la comparaison des données entre les deux techniques a été réalisée sur quatre jeux de données indépendants et trois comparaisons pour tenir compte de la fonctionnalité optimale des capteurs d'empreintes qui est limitée entre dix et douze jours.

- Les deux premiers jeux de données s'appuient sur les résultats obtenus lors des sessions standardisées. Lors de ces sessions d'un mois au cours desquelles les capteurs d'empreintes sont contrôlés tous les dix à douze jours, leur fonctionnalité est évaluée et sauf exception, elle est assurée sur la période autorisant une comparaison des résultats sur les 30 jours de suivis communs capteurs et piège-

photographique. Les jeux de données de chaque contrôle des capteurs d'empreintes ont été comparés à la compilation des résultats des pièges-photos sur les mêmes périodes.

- Un second jeu de données a été créé à partir des résultats obtenus en dehors des sessions standardisées, à partir des contrôles mensuels. Pour ces relevés mensuels, comme la fonctionnalité du capteur ne peut être garantie que sur dix à douze jours du fait de son assèchement, les résultats collectés sur les capteurs d'empreintes ont été dans ce jeu de données, comparés aux résultats des pièges-photos issues des dix premiers jours de la même période.

- Ensuite, un troisième jeu de données a été constitué avec les résultats des pièges-photos enregistrés entre le onzième et le trentième jour de la période du relevé mensuel des capteurs d'empreintes. Ces données ont ensuite été analysées une à une et confrontées aux données issues du capteur pour éclairer et vérifier des écarts de résultats mensuels entre les capteurs et les pièges-photos (par exemple, une espèce détectée par le piège-photographique vers le vingt-cinquième jour n'a que très peu de chance d'être présente sur le capteur d'empreintes).

Dans le cas des pièges photographiques, les observations datées d'un jour en limite de périodes sont réparties entre les deux périodes concernées : celles entre 00h00 et 11h59 sont attribuées à la première période, et celles entre 12h00 et 23h59, à la deuxième. Cinq des passages ont été concernés par cette procédure. Les données utilisées pour cette comparaison concernent ainsi 341 nuits de suivi.

Période	Type de comparaison	
	Période « 10 jours »	« 20 jours »
Du 24 mai au 5 juin 2018	X	
Du 5 au 15 juin 2018	X	
Du 15 juin au 5 juillet 2018		X
Du 5 au 15 juillet 2018	X	
Du 15 juillet au 1 ^{er} août 2018		X
Du 1 ^{er} au 10 août 2018	X	
Du 10 au 22 août 2018	X	
Du 22 août au 4 septembre 2018	X	
Du 4 au 14 septembre 2018	X	
Du 14 septembre au 2 octobre 2018		X
Du 2 au 12 octobre 2018	X	
Du 12 octobre au 6 novembre 2018		X
Du 6 au 13 novembre 2018	X	
Du 13 au 22 novembre 2018	X	
Du 22 novembre au 3 décembre 2018	X	
Du 15 au 25 avril 2019	X	
Du 25 avril au 15 mai 2019		X
Du 15 au 25 mai 2019	X	
Du 25 au 29 mai 2019		X
Du 10 au 20 décembre 2019	X	
Du 20 décembre 2019 au 7 janvier 2020		X
Du 7 au 17 janvier 2020	X	
Du 17 janvier au 10 février 2020		X
Du 10 février 2020 au 20 février	X	
Du 20 février au 3 mars 2020	X	
Du 3 au 13 mars 2020	X	
Du 13 au 24 mars 2020	X	
Du 24 mars au 1 ^{er} avril 2020	X	
Nombre total de périodes	20	8

Tableau 1: Attribution des périodes et types de comparaison effectuées en fonction des dates de contrôles des capteurs d'empreintes. La comparaison « 10 jours » comptabilise les données recueillies sur les 10 à 12 jours suivants la date de contrôle (=période de fonctionnalité optimale des capteurs d'empreintes), alors que la comparaison « 20 jours » ne comprend pour le piège-photographique que les données collectées au-delà de ce délai.

V.1.6. DÉNOMINATION DES GROUPES D'ESPÈCES

En fonction des techniques utilisées, certaines identifications permettent d'aller jusqu'à l'espèce et pour d'autres s'arrêtent au genre, au groupe d'espèces ou à l'ordre.

Tous les résultats sont présentés dans ce rapport avec l'appellation correspondant objectivement à la réalité de l'identification.

Dans le cas des espèces portant le même nom de genre et ne pouvant être distinguées à l'espèce, la dénomination est présentée sous la forme « Nom de genre + sp. » (exemple : mulot

sylvestre (*Apodemus sylvaticus*) et mulot à collier (*Apodemus flavicollis*) : l'identification a été notée *Apodemus sp.*

Dans le cas des groupes d'espèces n'appartenant pas au même genre, une dénomination du groupe a été créée soit sur la base des caractéristiques identifiables du groupe (exemple du groupe des « petits campagnols » agrégeant les *Microtus sp.*, *Myodes...*), soit sur la base de la famille (exemple du groupe des « soricidés » regroupant l'ensemble des musaraignes ne pouvant être discriminées entre elles), soit sur la base de l'ordre (exemple du groupe des « anoures » regroupant l'ensemble des crapauds et grenouilles).

Appellation GREGE	Nom commun	Nom scientifique
<i>Rattus sp.</i>	Rat noir	<i>Rattus rattus</i>
	Surmulot	<i>Rattus norvegicus</i>
<i>Martes sp.</i>	Fouine	<i>Martes foina</i>
	Martre des pins	<i>Martes martes</i>
Putois/Vison	Putois d'Europe	<i>Mustela putorius</i>
	Vison d'Amérique	<i>Mustela vison</i>
<i>Arvicola sp.</i>	Campagnol amphibie	<i>Arvicola sapidus</i>
	Campagnol terrestre	<i>Arvicola terrestris</i>
<i>Apodemus sp.</i>	Mulot sylvestre	<i>Apodemus sylvaticus</i>
	Mulot à collier	<i>Apodemus flavicollis</i>
Petit campagnol	Campagnol agreste	<i>Microtus agrestis</i>
	Campagnol des champs	<i>Microtus arvalis</i>
	Campagnol roussâtre	<i>Myodes glareolus = Clethrionomys glareolus</i>
Grand micromammifère	<i>Arvicola sp.</i> regroupement des campagnols du genre <i>Arvicola</i>	
	Rat noir	<i>Rattus rattus</i>
	Surmulot	<i>Rattus norvegicus</i>
Petit micromammifère	Regroupement de tous les soricidés (musaraignes) et de tous les petits rongeurs. Sont exclus les <i>Arvicola sp.</i> , les <i>Rattus sp.</i> et les glirodés (loir gris, lérot et muscardin)	
<i>Neomys sp.</i>	Crossope aquatique	<i>Neomys fodiens</i>
	Crossope de Miller	<i>Neomys anomalus</i>
Soricidés	Regroupement de toute la famille des musaraignes	
Anoures	(Grenouilles, crapauds)	
Urodèles	(Salamandres, tritons)	

Tableau II : Dénominations utilisées pour les regroupements d'espèces et et espèces concernées

V.2. RÉSULTATS

V.2.1. FONCTIONNALITÉ DE L'ENCOCHE « MICROMAMMIFÈRES »

V.2.1.1. Données générales

Au total, sur les 350 nuits de suivi réparties entre le 24 mai 2018 et le 1^{er} avril 2020, 188 passages ont été décomptés grâce au capteur d'empreintes : 185 passages ont été attribués aux petits micromammifères, et 3 aux urodèles.

Sur l'ensemble du suivi par le piège-photographique, soit 935 nuits, 1330 passages ont pu être observés dans cette encoche, et cinq espèces ou groupes d'espèces ont été mis en évidence (Figure 3). Ces passages comptent notamment 69,3 % (923 passages) d'*Apodemus sp.* et 27,12 % (361 passages) de *Neomys sp.* De plus, de l'écureuil roux est passé à huit reprises,

du petit campagnol a été détecté à cinq reprises, et un individu du genre *Arvicola sp.* a été observé dans l'encoche le 29 novembre 2019 (Planche-photos 5).

L'analyse mensuelle par groupe d'espèces montre de fortes variations mensuelles avec notamment des pics de fréquentation printanière et estivale et une augmentation de son utilisation jusqu'en 2020 notamment pour le groupe des mulots (Figure 4).

Par ailleurs, pour le groupe des musaraignes aquatiques du genre *Neomys sp.*, la fréquentation a été très précoce, voire quasi exclusive peu après la fin des travaux. On retrouve comme pour les mulots un pic de fréquentation aux mois d'août de 2018 et 2019, et un nombre de passages comptabilisés décroissant au cours des années (Figure 5), avec des passages uniquement sporadiques en 2020 et 2021.

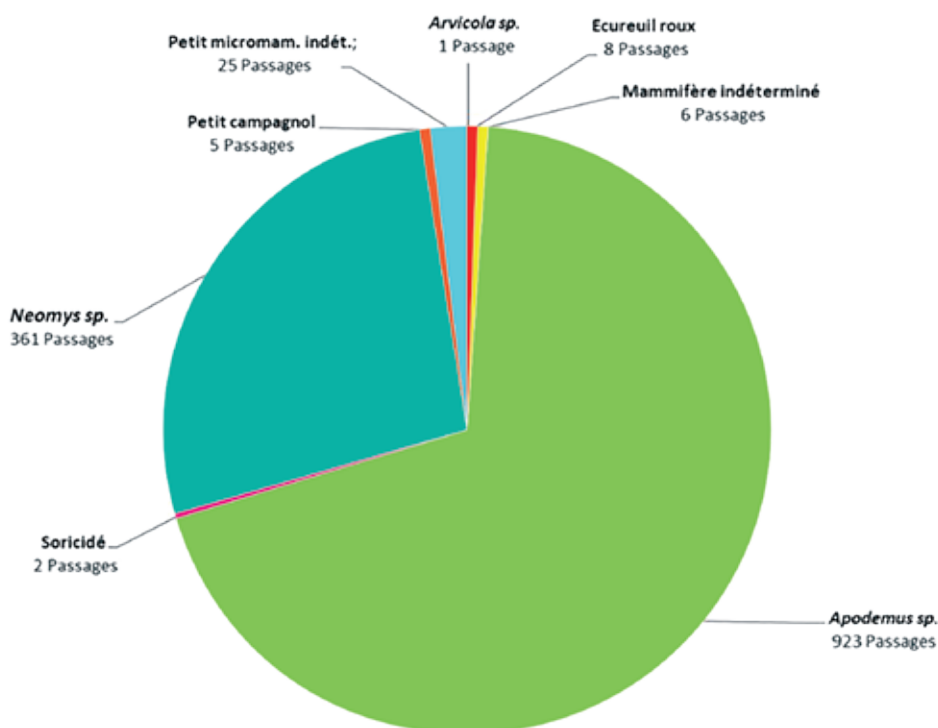


Figure 3 : Répartition des 1331 passages comptabilisés dans l'encoche « micromammifères » grâce au piège-photographique, sur les 935 nuits de suivi.

**ILLUSTRATIONS DES QUATRE GROUPES D'ESPÈCES DÉTECTÉS
DANS L'ENCOCHE « MICROMAMMIFÈRES » PAR LE PIÈGE-PHOTOGRAPHIQUE.**



Planche-photos 5 :

1 - *Neomys* sp. en chasse © GREGE

2 - *Neomys* sp. © GREGE

3 - Petit campagnol dans l'encoche « micromammifères » © GREGE

4 - Petit campagnol dans l'encoche « micromammifères » au moment d'une crue du Deiro © GREGE

5 - *Arvicola* sp. dans l'encoche « micromammifères » au moment d'une crue du Deiro © GREGE

6 - *Apodemus* sp. utilisant le bout de bois comme passerelle pour passer de l'encoche à l'atterrissement au pied de la banquette © GREGE

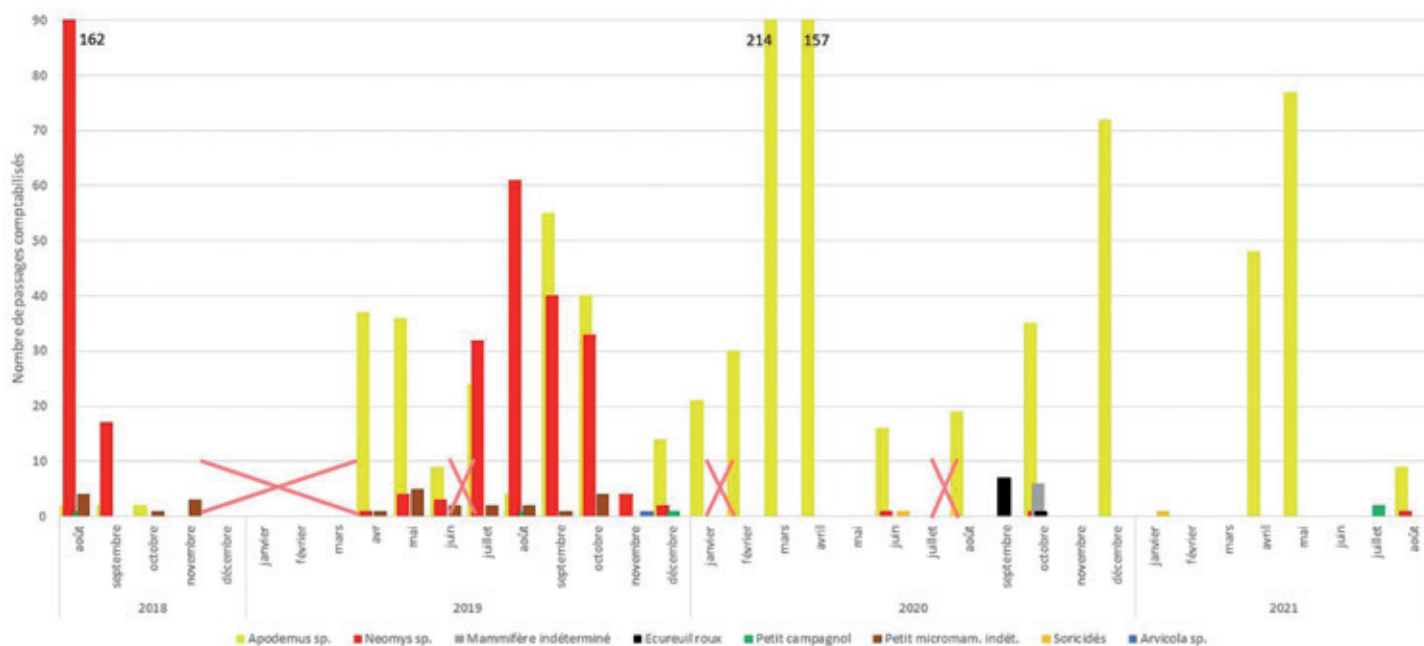


Figure 4: Evolution de la fréquentation de l'encoche « micromammifères » à partir des passages recensés à l'aide du piège-photographique. Le piège-photographique (ScoutGuard SG2060-X) n'était pas en état de fonctionnement entre le 18 juin et le 1^{er} juillet 2019, entre le 24 janvier et le 09 février 2020 et entre le 15 juillet 2020 et 04 août 2020, soit un total de 862 nuits de suivi. De plus, le suivi a été interrompu entre le 03 décembre 2018 et le 14 avril 2019.

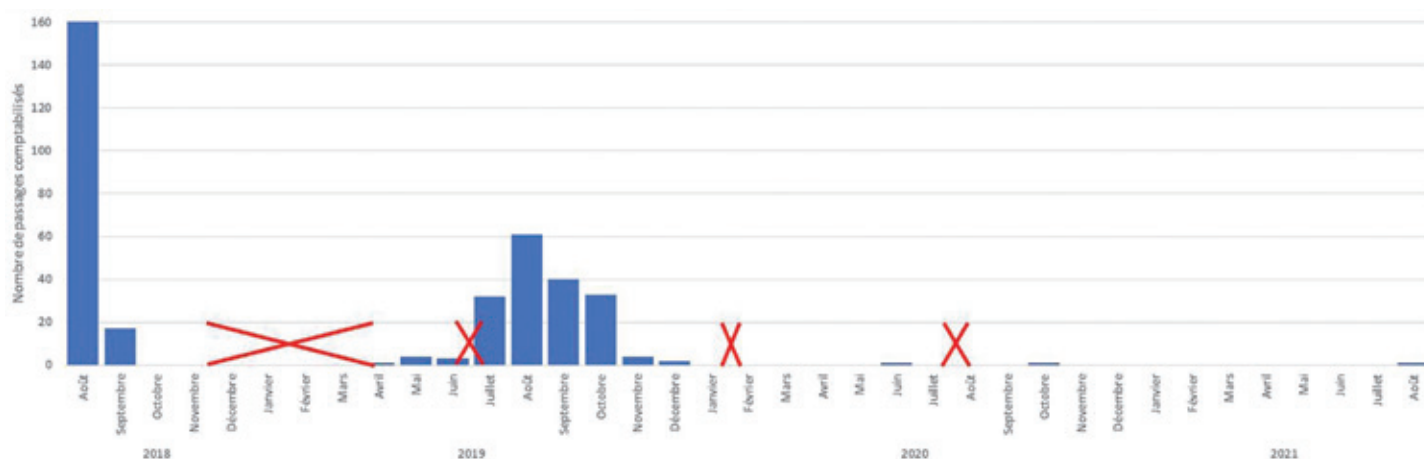


Figure 5: Evolution de la fréquentation de l'encoche « micromammifères » par les musaraignes aquatiques Neomys sp. à partir des passages recensés à l'aide du piège-photographique. Le piège-photographique (ScoutGuard SG2060-X) n'était pas en état de fonctionnement entre le 18 juin et le 1^{er} juillet 2019, entre le 24 janvier et le 09 février 2020 et entre le 15 juillet et 04 août 2020, soit un total de 862 nuits de suivi. De plus, le suivi a été interrompu entre le 03 décembre 2018 et le 14 avril 2019.

V.2.1.2. Comparaison des méthodes

Sur les 341 nuits simultanées de suivi, 172 passages ont été comptabilisés grâce au capteur d'empreintes, contre 540 par le piège-photographique (Tableau III).

Alors que la clé d'identification des empreintes ne permet pas pour l'heure la distinction précise des espèces de petits micromammifères, le piège-photographique, lui, permet d'identifier les espèces au moins jusqu'au genre, et a révélé la présence de trois espèces sur la période considérée (Tableau III). En revanche, l'urodèle détecté par le capteur lors du suivi mensuel n'a pas été observé sur les clichés visionnés.

Les données montrent que les petits micromammifères ont été globalement détectés trois fois plus par les pièges photographiques que par les capteurs d'empreintes, montrant une bonne fonctionnalité des appareils.

Ainsi, le différentiel constaté sur les pièges à empreintes s'explique par deux principaux facteurs :

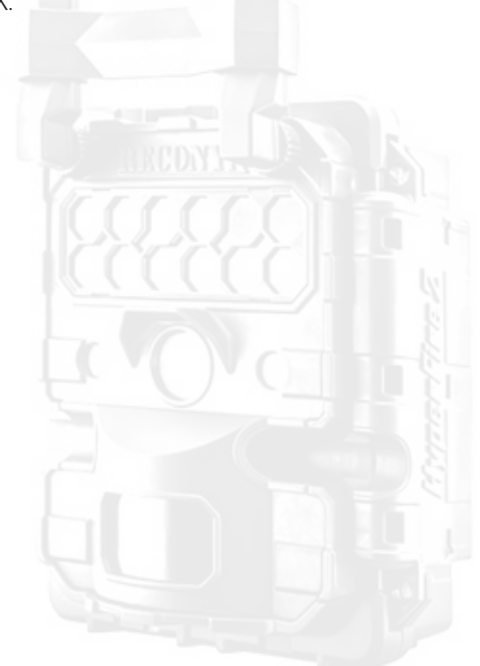
1. À partir du 15 avril 2019, une branche située entre l'appareil et le capteur d'empreintes, est visible sur les clichés (Planche-photos 5). On constate que, dans la majorité des cas, celle-ci a été utilisée comme passerelle par les petits micromammifères pour passer de l'encoche à l'atterrissement continu jusqu'à la berge naturelle, et inversement. Ainsi, le capteur d'empreintes était évité faussant la détection.
2. La fonctionnalité de ce capteur de très petite surface est réduite à quelques jours (de l'ordre de 48 heures en atmosphère sèche (Ferrand, 2019)). L'analyse plus fine des différences lors de la session estivale (août et septembre 2018) confirme la même tendance avec 2,2 fois plus de passages sur le piège-photographique que sur le capteur d'empreintes. En période plus humide, les

écarts s'estompent certainement du fait d'une réhumidification naturelle par les embruns du cours d'eau.

Dans le cas de l'encoche « micromammifères » de l'ouvrage du Deiro, le piège-photographique sélectionné (SCOUTGUARD 2060X) avec ses spécificités déjà éprouvées par le GREGE sur d'autres suivis et son implantation au plus près de l'encoche, est adapté au suivi de cet aménagement, puisqu'il permet de déterminer plus précisément les espèces (au moins le genre) du fait de l'absence de flou de mouvement.

Tout autre matériel y compris les RECONYX HP2X considérés à juste titre comme particulièrement performants ne semble pas adapté du fait soit de bandes de détection contrariant l'éclairage dans l'encoche, soit d'une trop faible sensibilité et d'une vitesse de déclenchement trop lente et surtout du fait d'un flou de mouvement qui ne permettrait pas l'identification réalisée.

Ainsi, en cas de renouvellement du suivi, il conviendrait de reposer le même appareil et le cas échéant de tester en simultanément le HP2X de chez RECONYX.



Espèce	Données suivi « session »		Données suivi « mensuel »		
	Capteur d'empreintes	Piège photographique	Capteur d'empreintes	Piège photographique « 10 premiers jours »	Piège photographique « 20 derniers jours »
Urodèle	-	-	1	-	-
Mulot	-	246	-	58	40
Neomys sp.	-	177	-	2	4
Petit campagnol	-	1	-	-	-
Petit micromammifère indéterminé	73	6	98	3	3
TOTAL	73	430	99	63	47

Tableau III : Nombre de passages détectés par technique dans l'encoche « micromammifères », par espèce et selon le protocole de suivi. Pour le suivi mensuel, les données comparables entre capteurs d'empreintes et piège-photographique sont celles obtenues sur les dix premiers jours uniquement.

V.2.1.3. Identifications génétiques

En termes de tentatives d'identification génétique des espèces circulant, les tubes à fèces disposés dans l'encoche ont permis de récolter une dizaine de crottes. Trois pools ont été constitués en regroupant les fèces en fonction de la date de relevés et du cheminement de prélèvement. Ces pools ont uniquement mis en évidence la présence du mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*) dans l'encoche.

Par ailleurs, la recherche complémentaire d'indices directement sur les banquettes pour tenter de discriminer les *Neomys* a permis la constitution de quatre prélèvements de fèces et de sables / poussières. Les analyses ont mis en évidence la présence de la crossope aquatique (*Neomys fodiens*) dans l'encoche.

V.2.1.4. Fonctionnalité de l'encoche

À ce jour, très peu de données existent en France sur les niveaux de fréquentation des passages petite faune par les micromammifères. Aussi pour juger globalement la fonctionnalité de l'encoche, les résultats de cette étude ont été comparés aux ordres de grandeur rapportés

sur divers aménagements Petite faune par les deux publications de 2016 du groupe VINCI Autoroutes (FAGART *et al.* 2016; Vinci Autoroutes *et al.* 2016) et par nos propres données issues du suivi de près de 150 ouvrages pour le compte de LISEA sur la Ligne grande vitesse Bordeaux – Tours (GREGE *et al.* 2020).

L'ordre de grandeur relevé de fréquentation des cheminements, voire des ouvrages est le plus souvent inférieur à une vingtaine de passages de micromammifères par mois :

- de 34 à 206 passages par an sur 43 ouvrages inférieurs suivis chez Vinci Autoroutes *et al.* 2016
- 85% des ouvrages avec moins de 20 passages par mois et un maximum de 116 passages mensuels enregistré sur un ouvrage sur les 153 ouvrages suivis pour le compte de LISEA (GREGE 2016, 2017, 2018, 2019, 2020).

Dans le cas du Deiro, le nombre total de passages de micromammifères enregistré en 2019 et en 2020 a été respectivement de 419 et 581 pour une moyenne mensuelle de 36 passages par mois. Ces résultats sont significativement plus élevés que les références consultées confirmant une forte fréquentation par les petits micromammifères de l'aménagement

réalisé. Ce suivi démontre la fonctionnalité de l'encoche pour ce cortège. En outre, les nombreux passages attribués au genre *Neomys sp.* sont particulièrement remarquables (aucune autre référence sur le sujet à notre connaissance que ce soit en termes de fréquentation ou même de suivi) et montrent tout l'intérêt de cet aménagement pour ce groupe d'espèces protégées, même si les identifications génétiques n'ont révélé que la présence de la crossope aquatique (*Neomys fodiens*).

Pour le campagnol amphibie, le passage attribué au genre *Arvicola sp.* détecté dans l'encoche au moment d'une crue du Deiro confirme par analogie, que l'aménagement fonctionne également pour cette espèce ciblée initialement, et surtout, qu'il joue pleinement son rôle de maintien des continuités écologiques en période de hautes eaux (Planche-photos 5).

V.2.2. SUIVI DES ATERRISSEMENTS

Le piège-photographique installé de manière à suivre la fréquentation au niveau d'un des épis présents dans le lit mineur en début de suivi, puis la largeur du champ de prise de vue de l'appareil

ciblant l'encoche « micromammifères », ainsi que le capteur d'empreintes installé au pied de la banquette faune, ont permis de détecter un nombre minimal de passages ayant eu lieu sur l'atterrissement longeant la banquette (Tableau IV).

Il convient de préciser que les atterrissements se sont renforcés au cours des trois années de suivi sous l'action des épis spécifiquement installés. C'est ainsi qu'un cheminement au pied de la banquette s'est progressivement créé et renforcé avec une durée d'exondation croissante au fil des mois par engraissement des espaces situés entre les épis.

Ainsi, 74 passages, attribués à sept espèces ou groupes d'espèces ont été détectés par le capteur d'empreintes, contre 298 passages et douze espèces pour les pièges photographiques (Planche-photos 6 & Planche-photos 8).

Au total, treize espèces ont été comptabilisées comme cheminant sur cet atterrissement (Tableau IV) : les deux cortèges d'amphibiens, les deux carnivores domestiques, le ragondin, quatre petits carnivores, dont l'hermine et la loutre d'Europe (*Lutra lutra*), l'écureuil roux, deux



Planche-photos 6 : Loutre détectée par le piège-photographique ciblant un des épis présents dans le lit mineur. © GREGE

micromammifères (dont le genre *Neomys sp.*) et deux grands micromammifères (dont le genre *Arvicola sp.*).

Ces données montrent que la proportion de passages sur cet atterrissage est non négligeable par rapport à la fréquentation des deux aménagements, en particulier pour le campagnol amphibie ou terrestre, puisque 6 passages d'individus du genre *Arvicola sp.* y ont été observés.

Ainsi, les épis ont joué pleinement leur rôle en créant un cheminement « naturel » en pied de banquette utilisable une bonne partie de l'année, sans que cette fonctionnalité n'ait été suivie au cours de cette étude. Ensuite, en cas de niveau d'eau plus haut ou de crue, l'encoche a montré son rôle majeur pour maintenir la continuité des cheminements dans l'ouvrage.

Espèce	Pièges photographique «Épis»	Pièges photographique «Encoches»	Capteur d'empreintes
Crapaud	-	1	-
Anouère indéterminé	-	-	4
Urodèle indéterminé	-	-	1
Chat domestique	-	5	2
Genette/Chat	-	-	1
Chien	-	2	-
Canidé	-	1	-
Ragondin	1	14	-
Loutre d'Europe	9	18	-
Loutre/Ragondin	3	-	-
Hermine	-	2	-
Martre des pins	-	3	-
<i>Martes sp.</i>	-	1	-
Putois/Vison	-	-	2
Ecureuil roux	-	2	2
<i>Arvicola sp.</i>	-	6	-
<i>Rattus sp.</i>	-	7	-
Grand micromammifère indéterminé	-	-	2
<i>Apodemus sp.</i>	-	190	-
<i>Neomys sp.</i>	-	18	-
Soricidé	-	5	-
Petit micromammifère indéterminé	-	6	56
Mammifère indéterminé	-	4	-
Espèce indéterminée	-	-	4
TOTAL	13	285	74

Tableau IV : Nombre total de passages détectés, par espèce, sur l'ensemble du suivi, pour chacun des matériels ayant apporté des données de fréquentation de l'atterrissage au pied de la banquette faune.

V.2.3. SUIVI DE LA BANQUETTE FAUNE

V.2.3.1. Données générales

Au total, sur les 350 nuits de suivi réparties entre le 24 mai 2018 et le 1^{er} avril 2020, 137 passages ont été comptabilisés sur la banquette faune grâce au capteur d'empreintes, répartis entre neuf espèces ou groupes d'espèces (Figure 6). Quarante-neuf pourcent des passages correspondent à des carnivores domestiques, et 6 % à des mustélidés. De façon assez étonnante, aucune empreinte de « grand micromammifère » n'a été détectée sur la banquette faune.

Sur l'ensemble du suivi par le piège-photographique, soit 443 nuits, 70 passages ont été observés sur la banquette faune, attribués à six

espèces de carnivores (Figure 7), parmi lesquels les carnivores domestiques représentent 91,4 % des passages. Une donnée exceptionnelle est à noter : un raton laveur a été détecté en début de nuit le 20 juin 2019.

Enfin, parmi les deux tubes à fèces et quatre tubes à poils disposés sur la banquette faune, aucune crotte et aucun poil n'a été capté lors de l'unique pose réalisée par le GMHL. Ce résultat décevant n'est pas conforme aux taux de captage habituellement obtenus par le GREGE sur les ouvrages. Il peut s'expliquer par le trop faible nombre de matériel posé (adaptation des protocoles pour mutualiser l'opérationnel avec les relevés des pièges photographiques) et le trop faible nombre de répétitions.

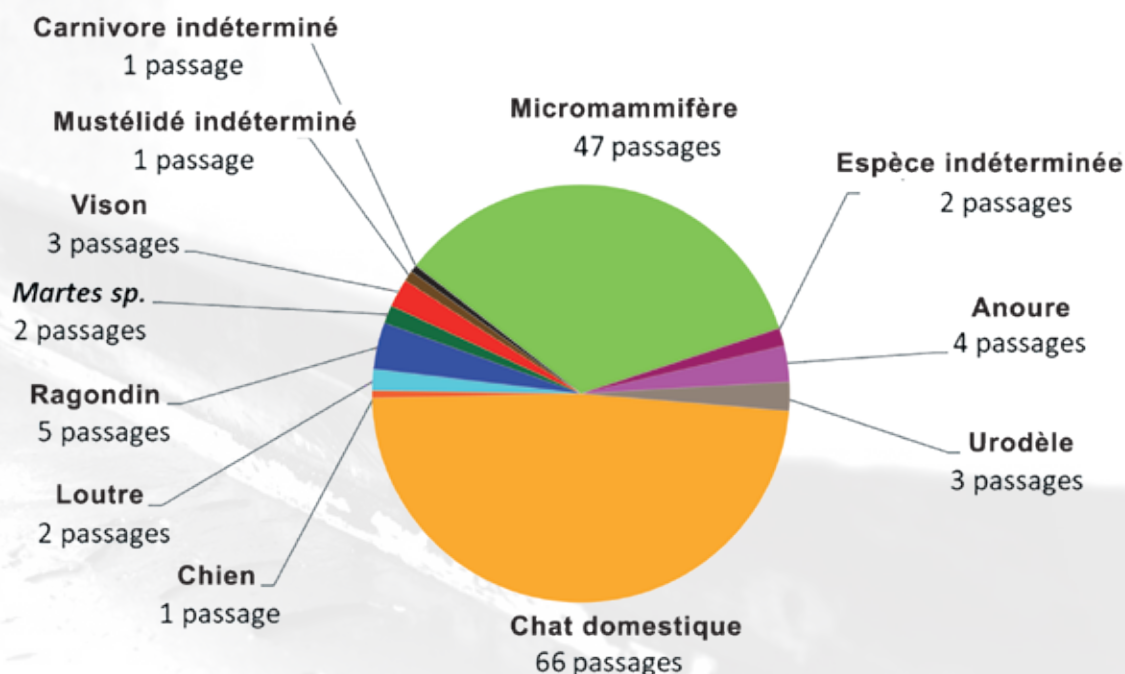


Figure 6: Répartition des 137 passages comptabilisés sur la banquette faune grâce au capteur d'empreintes, sur les 350 nuits de suivi.

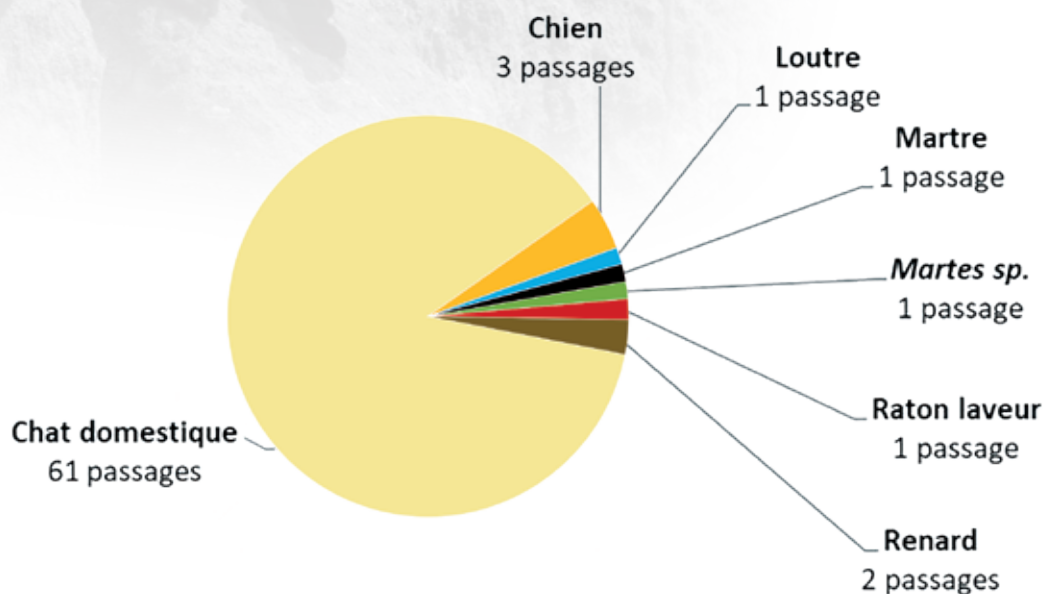


Figure 7: Répartition des 70 passages comptabilisés sur la banquette faune grâce au piège-photographique, sur les 443 nuits de suivi.

V.2.3.2. Comparaison des méthodes

Sur les 341 nuits simultanées de suivis, 119 passages ont été comptabilisés grâce au capteur d'empreintes, contre 27 par le piège-photographique (Tableau V). De plus, on observe que le nombre d'espèces détectées est trois fois plus élevé avec le capteur d'empreintes qu'avec le piège-photographique.

Le RECONYX Hyperfire 2 est considéré comme un bon piège-photographique comparé aux autres modèles existants sur le marché, mais dans le cas du suivi de la banquette faune, il a été placé en hauteur à environ deux mètres et dans l'axe de celle-ci, ce qui pose un certain nombre de problèmes de détection, comme le montrent les données comparatives ci-dessus.

À cette distance en effet, il ne lui est pas possible de détecter ni les petits micromammifères, ni les amphibiens, alors que le capteur d'empreintes a révélé le passage de ces deux cortèges sur cet aménagement.

Pour les petits carnivores, les expérimentations menées par ailleurs par le GREGE sur de nombreux ouvrages et avec divers modèles de pièges photos montrent toute la difficulté à atteindre l'exhaustivité de la détection. Même avec des modèles RECONYX, les non-détections oscillent entre 25 et 50% et ne sont pas constantes dans le temps pour un appareil et un cheminement suivi, rendant l'évaluation compliquée (GREGE – données non publiées à ce jour). Cela résulte de la taille des espèces, de l'insuffisance de sensibilité des appareils et de leurs zones de détection qui, comme pour le RECONYX, ne couvrent pas la totalité du champ visuel de l'appareil.

Ainsi, la hauteur d'installation du piège-photographique dans l'ouvrage du Deiro est trop élevée par rapport à celle qu'utilise le GREGE ou habituellement recommandées par de nombreux auteurs. En outre, les prises de vues axiales avec les RECONYX sont également connues pour générer des échecs notables compte tenu de leur mode de détection.

Enfin, de façon anecdotique, une partie du différentiel résulte de certains individus qui quittent ou accèdent à la banquette en cours de traversée, et ne passent donc pas dans le champ de vision du piège-photographique, comme ce renard détecté en 2018 qui descend de la banquette (Planche-photos 7).

Dans le cas de la banquette faune de l'ouvrage du Deiro, le piège-photographique tel qu'il a été placé assez haut et dans l'axe, sous-estime de façon significative le niveau de fréquentation de la banquette ainsi que la diversité des espèces.

Plusieurs solutions correctives apparaissent nécessaires :

- Abaisser le piège-photographique pour le recaler à environ 50 centimètres du sol et décaler son orientation, puis retester la corrélation entre les techniques.
- Tester le Reconyx HP2X muni d'une cellule externe montée sur batterie, qui a montré toute son efficacité lors d'essais conjoints réalisés par le GREGE et la LPO. Attention, le nombre de contrôles devra être accru pour changer la batterie.

Espèce	Données suivi « session »		Données suivi « mensuel »		
	Capteur d'empreintes	Piège photographique	Capteur d'empreintes	Piège photographique « 10 premiers jours »	Piège photographique « 20 derniers jours »
Anoure	3	-	1	-	-
Urodèle	-15	-	3	-	-
Chat	16	8	40	9	7
Chien	-	-	1	1	2
Loutre	1	1	1	-	-
Ragondin	-	-	5	-	-
Martes sp.	1	-	1	-	-
Putois	-	-	3	-	-
Mustélide indéterminé	1	-	-	-	-
Carnivore indéterminé	-	-	1	-	-
Petit micromammifère indéterminé	5	-	34	-	-
Espèce indéterminée	2	-	-	-	-
TOTAL	29	9	90	10	8

Tableau V : Nombre total de passages détectés, par espèce, sur l'ensemble du suivi, pour chacun des matériels ayant apporté des données de fréquentation de l'atterrissement au pied de la banquette faune.

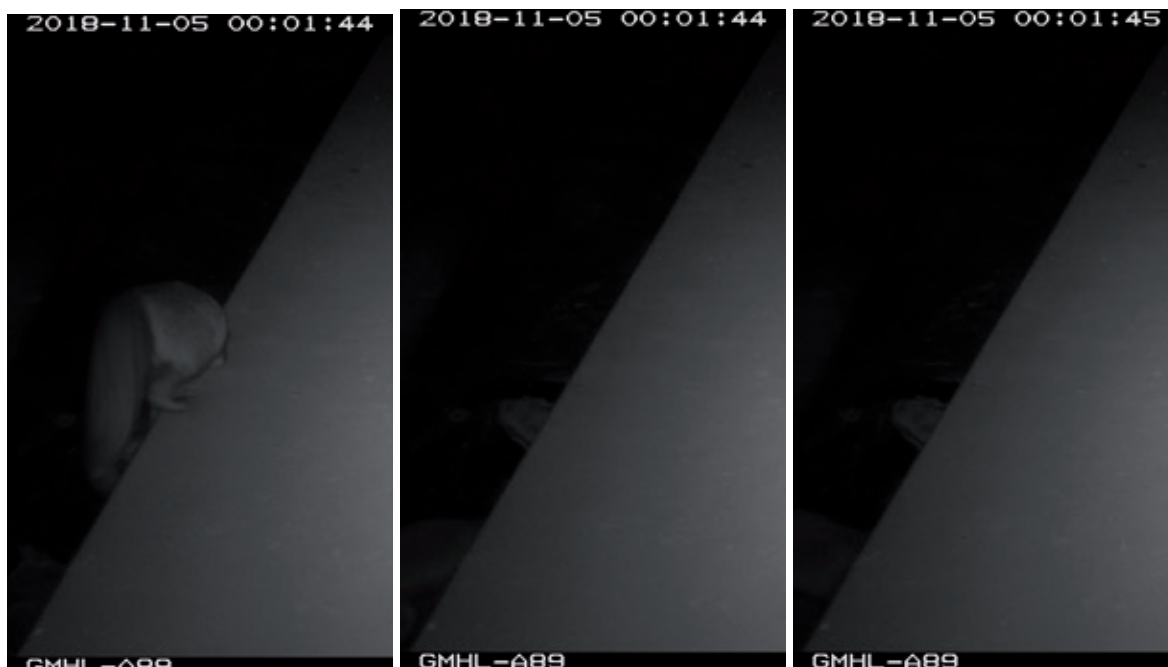


Planche-photos 7 : Série de clichés du renard le montrant en train de descendre de la banquette faune. © GMHL

V.2.3.3. Fonctionnalité de la banquette Faune

Au-delà du problème de positionnement du piège-photographique qui a limité la détection des espèces, la fréquentation mise en évidence sur l'ensemble du suivi démontre la fonctionnalité de la banquette faune pour les mammifères semi-aquatiques (loutre et putois) et les autres mustélidés, pour d'autres carnivores, tels que le raton laveur ou le renard, mais également dans une moindre mesure pour les plus petites espèces (amphibiens et petits micromammifères).

Il convient tout de même de préciser que la fréquentation de cette banquette est entièrement dépendante des possibilités de circulation dans le lit et pour les micromammifères, la présence de l'encoche réduit de fait le niveau d'utilisation de la banquette haute.

Un suivi simultané des trois cheminements avec les pièges-photos et les installations adaptés, réglés en complément avec un Time Lapse de huit heures pour suivre les niveaux

d'eau permettraient d'éclaircir les modalités de circulation des différentes espèces en fonction des cheminements présents.

V.2.4. AUTRES INFORMATIONS SUR LA FONCTIONNALITÉ DES AMÉNAGEMENTS

Le piège-photographique ciblant l'encoche a permis d'observer des périodes de crue et d'estimer sans exhaustivité, certaines durées de submersion de l'encoche (Planche-photo 8). Plusieurs épisodes de crue ont ainsi pu être constatés de novembre 2019 à août 2021, durant lesquels les clichés montrent une eau arrivant juste en dessous de l'encoche, puis l'inondant partiellement ou totalement. Au total, l'encoche « micromammifères » serait restée inondée, voire totalement sous l'eau, au minimum 33 jours répartis entre novembre/décembre 2019 et août 2021, avec entre un et neuf jours consécutifs par épisode d'inondation. La durée de non-fonctionnalité reste donc très faible.

**ILLUSTRATIONS DE DIFFÉRENTES OBSERVATIONS FAITES GRÂCE AU PIÈGE-PHOTOGRAPHIQUE
INSTALLÉ DANS LE CADRE DU SUIVI DE L'ENCOCHE « MICROMAMMIFÈRES ».**

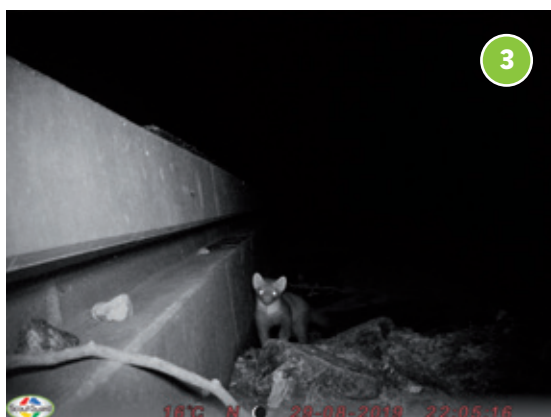


Planche-photos 8 :

1 - Écureuil roux

3 - Martre des pins

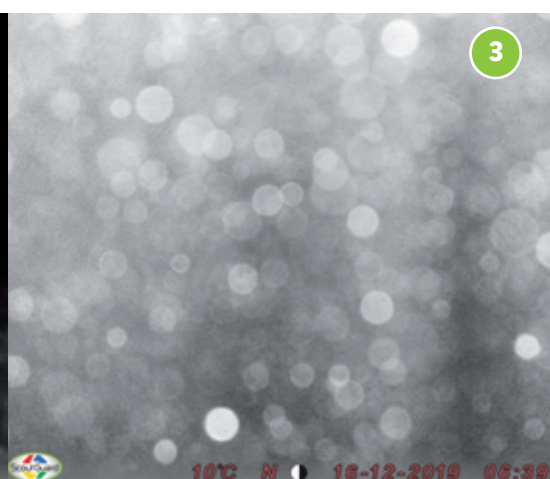
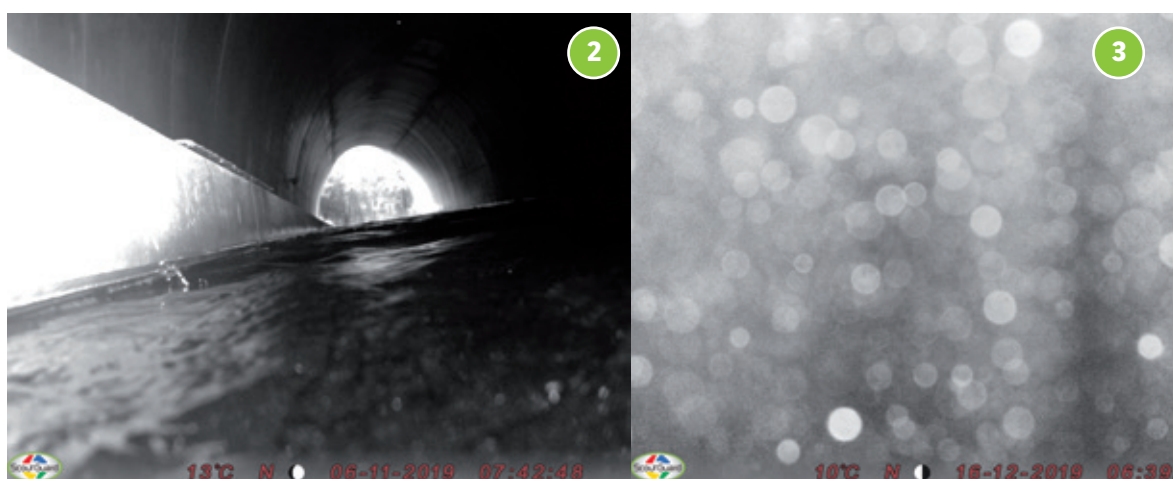
5 - Loutre d'Europe jetant un coup d'œil sur la banquette faune

2 - Hermine

4 - Un individu identifié « Arvicola sp. », pouvant être un campagnol amphibie.

6 - Comportement de marquage de la loutre d'Europe

ILLUSTRATIONS DE DIFFÉRENTES OBSERVATIONS FAITES GRÂCE AU PIÈGE-PHOTOGRAPHIQUE INSTALLÉ DANS LE CADRE DU SUIVI DE L'ENCOCHE « MICROMAMMIFÈRES ».



1 - Encoche « micromammifères » inondée © GREGE/GMHL

2 - Encoche « micromammifères » totalement sous l'eau © GREGE/GMHL

3 - Piège-photographique sous l'eau © GREGE/GMHL

VI. BILAN ET PERSPECTIVES

Cette étude a permis d'évaluer la fréquentation des aménagements de l'ouvrage du Deiro, et d'éprouver des protocoles et techniques de suivi expérimentaux adaptés au particularisme des espèces visées et des aménagements installés dans l'ouvrage (capteurs d'empreintes, pièges photographiques, sondages génétiques).

Les résultats vont au-delà des attentes en ayant permis de chiffrer des niveaux de circulation de ces espèces difficiles à recenser, et en identifiant par génétique une partie des espèces à enjeu circulant.

Ainsi, le niveau de fréquentation de l'ouvrage grâce à l'encoche spécifique, rarement égalé si on se compare à d'autres projets, et le panel des espèces détectées incluant des espèces patrimoniales, démontrent définitivement sa fonctionnalité et son intérêt pour ce groupe d'espèces.

Un nombre exceptionnel de passages de *Neomys sp.*, groupe englobant les deux musaraignes aquatiques toutes deux protégées à l'échelon national, a été enregistré, montrant des individus en action de chasse dans l'aménagement. La collecte manuelle d'indices dans l'encoche a permis d'identifier la crossope aquatique (*Neomys fodiens*), mais cette approche impose une grande expérience pour visualiser et sélectionner la matière à rechercher et à collecter. En effet, les recherches effectuées par des intervenants généralistes laissaient penser qu'aucun indice n'était présent dans l'ouvrage.

Lors de la seconde phase de suivi en 2020, un individu du genre *Arvicola sp.* a été détecté dans l'encoche, durant une période de crue, à un moment où l'atterrissement, apparemment préférentiellement fréquenté par ce genre (6 passages sur 7), n'était plus disponible. Cette donnée confirme que l'aménagement fonctionne pour les grands campagnols, et surtout, qu'il joue pleinement son rôle de maintien des continuités

écologiques notamment en période de hautes eaux pour cette espèce.

Compte tenu du panel d'espèces circulant, nous proposons de renommer cette encoche ciblant initialement le campagnol amphibie, en Encoche «micromammifères».

Par ailleurs, plus globalement, ce suivi confirme la fréquentation des trois niveaux de cheminement disponibles, à savoir la banquette faune, l'encoche «micromammifères» et surtout l'atterrissement au pied de la banquette. D'un point de vue technique, cela impose de systématiser un suivi simultané de l'ensemble des cheminements d'un ouvrage car leur interdépendance influe significativement les résultats.

La forte fréquentation de l'atterrissement confirme que de nombreuses espèces préfèrent cheminer au plus près de l'eau et confirme l'intérêt de réaliser un aménagement de faible hauteur lorsqu'aucun atterrissement n'est disponible pour la faune dans le lit mineur. L'installation des épis pour recréer un méandrage progressif et un lit d'écoulement préférentiel est une solution très intéressante pour la petite faune en engraisant le pied de la banquette faune qui servira alors de cheminement principal tant qu'il restera à sec.

Au final, sur l'ensemble du suivi de l'ouvrage du Deiro, quinze espèces ou groupes d'espèces sauvages ont été détectés : les deux cortèges d'amphibiens, quatre petits carnivores dont deux mustélidés semi-aquatiques incluant la loutre d'Europe, auxquels s'ajoute la donnée exceptionnelle de raton laveur en juin 2019, le renard, le ragondin, l'écureuil roux et cinq micromammifères, dont les genres *Arvicola sp.* et *Neomys fodiens*, ainsi que le genre *Rattus*.

Pour juger le niveau de fonctionnalité de l'ouvrage du Deiro, nous avons comparé les résultats aux chiffres obtenus sur les 200 ouvrages suivis sur d'autres projets, nous ayant permis de créer un

référentiel en termes de diversité d'espèces et de taux de fréquentation par cortège ou par espèce (GREGE *et al.*, 2020 – voir Annexe).

Ainsi dans l'ouvrage du Deiro, la diversité spécifique globale (mammifères et amphibiens) est jugée plutôt bonne. En revanche, les taux de passages des petits carnivores et des grands micromammifères sont jugés « très faibles », contrairement à celui des petits micromammifères qui lui est jugé « élevé » avec 54 passages en 30 jours en moyenne lors de la première phase, et 97 passages lors de la seconde phase. Une partie de ce bon indicateur résulte certainement du niveau exceptionnel de fréquentation par le genre *Neomys sp.* mis en évidence dans l'encoche de cet ouvrage.

Compte tenu des résultats, il semblerait intéressant de réitérer le suivi simultané des trois cheminements potentiels pour mieux apprécier leur fonctionnalité relative pour les micromammifères, à l'aide de pièges-photos dédiés capitalisant toutes les recommandations connues dans le domaine. Le protocole à préciser pourrait reposer sur la mise en place de :

- Un piège-photographique sur l'encoche de type Scoutguard 2060X pour suivre l'encoche micromammifères avec un time Lapse de quatre à huit heures pour suivre les niveaux d'eau.
- Un piège-photographique de type RECONYX HP2X fixé à 50 centimètres du sol orienté entre 30 et 45° par rapport à l'axe de la banquette ; ce piège devra être doublé d'une cellule si l'on souhaite garantir l'exhaustivité du recensement des micromammifères, afin de véritablement comparer les préférences de cheminements par ce cortège.
- Un piège-photographique de type RECONYX HP2X ou SCOUTGUARD 2060X pouvant supporter l'inondation, fixé au droit d'un épi, fixé à 50-60 centimètres du sol et orienté entre 30 et 45° par rapport à l'axe de la banquette.
- Un contrôle tous les deux mois des matériels, ramené à un mois si présence de la cellule de détection.
- Une recherche et collecte de tous les indices de petits mammifères présents sur les trois cheminements en vue d'une identification génétique des espèces.



VII. ANNEXE

Indicateur	Valeur ou intervalle	Classe attribuée
Taux de fréquentation des petits micromammifères	0 passage	0
]0 - 10[passages en 30 j	1
	[10 - 20[passages en 30j	2
	[20 - 40[passages en 30 j	3
	≥40 passages en 30 j	4
Taux de fréquentation des grands micromammifères	0 passages	0
]0 - 5[passages en 30 j	1
	[5 - 10[passages en 30j	2
	[10 - 20[passages en 30j	3
	≥20 passages en 30j	4
Taux de fréquentation des petits carnivores	0 passage	0
]0 - 5[passages en 30 j	1
	[5 - 10[passages en 30j	2
	[10 - 20[passages en 30j	3
	≥20 passages en 30j	4
Diversité spécifique en « petits carnivores »	0 espèce	0
	1 espèce	1
	2 espèces	2
	3 à 4 espèces	3
	5 à 7 espèces	4
Diversité spécifique globale (Mammifères et amphibiens)	0 espèce	0
	1 à 2 espèces	1
	3 à 4 espèces	2
	5 à 9 espèces	3
	10 à 20 espèces	4

Liste des classes constituées pour chacun des cinq indices utilisés pour déterminer la fonctionnalité des ouvrages (GREGE et al., 2020).





“ ... dans l’ouvrage du Deiro, la diversité spécifique globale est jugée plutôt bonne. En revanche, les taux de passages des petits carnivores et des grands micromammifères sont jugés « très faibles », contrairement à celui des petits micromammifères qui lui est jugé « élevé » ... ”



BIBLIOGRAPHIE

ASF. 2017. Cahier des charges pour le suivi des éco-ducs, banquettes, encorbellements (toute faune). 2 pp.

FAGART, S., C. HEURTEBISE, G.

QUAINTENNE, P. JOURDE et T. MICOL. 2016. Fréquentation de buses dédiées aux passages de la petite et moyenne faunes sous deux autoroutes de l'ouest de la France. Bilan des deux premières années de suivi par piège-photographique. *La Terre et la Vie*, 71 : 82-98.

Ferrand, L. (2019). Amélioration des techniques indirectes de suivi du Vison d'Europe (*Mustela lutreola*), GREGE / LIFE VISON Rapport de stage fin d'études Ingénieure agronomique ENSAIA – SGE. 46 pp.

GMHL. 2019. Suivi écologique de la petite faune sur les écoponts et écoducs de l'A89 - V2 Rapport intermédiaire. Vinci Autoroutes. 79 pp.

GMHL. 2020. Suivi écologique de la faune sur l'A89. Rapport intermédiaire n°2 - Période du 13 juin 2019 au 3 juin 2020. Vinci Autoroutes. 80 pp.

GMHL. 2021. Suivi écologique de la faune sur l'A89. Rapport intermédiaire n°2 - Période du 03 juin 2020 au 31 mai 2021. Vinci Autoroutes. 35 pp.

GREGE, SEPANT et VIENNE NATURE. 2020. Evaluation de la fonctionnalité des ouvrages de transparence écologique pour les Mammifères semi-aquatiques le long de la LGV SEA Tours-Bordeaux : Ouvrages suivis en 2019. LISEA. 87 pp.

MAURIE, V. 2013. Evaluation, à l'aide de capteurs d'empreintes, de l'efficacité de la restauration d'ouvrages pour la petite faune, sur une portion de l'A63, Mise au point, application et premiers résultats. Université Paul Sabatier, Toulouse. 75 pp.

VINCI AUTOROUTES, LPO FRANCE et CEREMA. 2016. Restauration des continuités écologiques sur autoroutes. Retour d'expérience des aménagements et des suivis faunistiques sur le réseau VINCI Autoroutes. VINCI Autoroutes. 160 pp.



VINCI Autoroutes

Direction Technique de l'Infrastructure
74, allée de Beauport
84278 Vedène cedex
Tél. : +33 4 90 32 73 54
Fax. : +33 4 90 32 91 08