



Université de Perpignan Via Domitia

Master Biodiversité, Ecologie, Evolution

Parcours "Biodiversité et Développement Durable"

Mise en place expérimentale de nouvelles méthodes non-invasives de détection
du Desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811)),
dans la vallée du Caillan

Kimberley Goudédranche



(Crédits photographiques : Bart Raymaekers et Kimberley Goudédranche)

Année universitaire 2017/2018

Sous la direction de : Marie-Odile Durand et Maria Martin

Fédération des Réserves Naturelles Catalanes, FRNC,

9 rue de Mahou 66500 Prades – Téléphone : 04 68 05 38 20

Contexte du stage

Le stage a été réalisé au sein de la Fédération des Réserves Naturelles Catalanes (FRNC), dans le cadre d'un service civique de huit mois du 1^{er} février au 30 septembre 2018. La FRNC a pour fonction la mise en commun de moyens humains et techniques destinés à la gestion des réserves naturelles nationales des Pyrénées-Orientales. Elle coordonne les réserves naturelles et peut leur apporter un soutien. Elle porte des missions transversales mais aussi un pôle de Système d'Information Géographique et de bases de données communes. J'ai travaillé sur différentes missions pendant mon stage : développement d'un outil de saisie de données sur le terrain avec mise en place de la base de données et du serveur associé (avec OpenDataKit), suivi des radeaux à empreintes du Vison d'Amérique, suivi des pièges à encre pour évaluer l'efficacité d'aménagement en faveur du Desman des Pyrénées, suivi de la batrachofaune de la vallée du Caillan (programme POPAmphibiens), inventaire départemental de l'Euprocte des Pyrénées, participation aux réunions du programme transfrontalier « Calotriton » sur l'Euprocte des Pyrénées mais aussi la mission sur laquelle porte le rapport de stage qui est la mise en place expérimentale de nouvelles méthodes non-invasives de détection du Desman des Pyrénées, dans la vallée du Caillan.

Marie-Odile Durand (chargée d'étude Desman des Pyrénées à la FRNC) et Maria Martin (chargée de mission à la Réserve naturelle de Nohèdes) ont été mes cotutrices durant ce stage.

Durant mon stage, j'ai eu accès à un poste ordinateur à la FRNC, au véhicule tout terrain de la FRNC et à tout le matériel de terrain nécessaire à mon étude (waders, pièges à encre, enregistreurs à ultrasons...).

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mes deux maitres de stage. Marie-Odile, c'était un grand plaisir de travailler avec toi. Ta bonne humeur, ta force de caractère et la confiance placée en moi m'ont permis de m'épanouir pleinement dans mon travail. Maria, je pense que c'est impossible de trouver une personne plus positive et à l'écoute que toi. Votre bienveillance et votre gentillesse m'auront permis de faire grandir mes réflexions et de pouvoir expérimenter autant que je l'ai voulu. Commencer sa vie professionnelle par deux aussi belles rencontres, c'est ce que je souhaite à tous les futurs étudiants.

Je remercie également Florence Lespine, directrice de la Fédération des Réserves Naturelles Catalanes, de m'avoir permis de travailler sur cette problématique et d'avoir mis tous les moyens techniques possibles à ma disposition.

La bonne humeur dans une équipe est essentielle. Je remercie donc mes collègues de la Fédé : Céline Quélenec (pour ta disponibilité), Pascale Gédéon (pour ta gentillesse), Dominique Lesgoirres (pour les énigmes du midi et les fous rires du quotidien) et Christophe Hurson (pour nos séances de travail productives).

Je tiens aussi à remercier Karine Geslot, conservatrice Réserve naturelle de Jujols, pour sa bonne humeur autant sur le terrain que dans les bureaux (on les aura trouvé, les Euproctes de Jujols !!).

Je remercie aussi Jérémy Baumes, chargé de mission Réserve naturelle de Py, pour les moments passés sur le terrain et la lecture de paysage (on ne les trouve décidément pas, les Euproctes de Py...).

Un grand merci à Bruno Le Roux (directeur de la Fédération Aude Claire) de m'avoir permis, cette année encore, de faire du terrain avec lui et de profiter de son savoir sur les espèces peuplant les rivières de nos deux départements.

Je remercie aussi Alain Bertrand, spécialiste du Desman des Pyrénées, pour avoir pris le temps d'échanger ses retours d'expérience avec moi, mais aussi l'équipe de Conservatoire d'Espaces Naturels de Midi-Pyrénées pour me permettre de participer à leurs travaux et enfin Thomas Le Champion, chargé de mission au Groupe Mammologique Breton pour les connaissances acquises lors de sa formation « Ecologie acoustique des chiroptères ».

Je remercie Bart Raymaekers pour sa disponibilité et la richesse de son témoignage illustré.

Je tiens également à remercier Juliette Langand, responsable du Master 2 BEE, pour son soutien et sa disponibilité durant cette dernière année de Master.

Table des matières

| | |
|---|----|
| Contexte du stage | |
| Remerciements | |
| 1.Introduction | 1 |
| 2.Matériel et méthodes | 2 |
| 2.1.Objet d'étude : | 2 |
| 2.2.Site d'étude : | 5 |
| 2.3.Protocole : | 6 |
| 3.Résultats | 9 |
| 3.1.Site d'étude : | 9 |
| 3.2.Travail de terrain : | 11 |
| 4.Discussion | 13 |
| 4.1.Écologie acoustique du Desman | 13 |
| 4.2.Traitement des résultats..... | 15 |
| 4.3.Limites | 18 |
| 4.4.Amélioration | 19 |
| 4.5.Perspectives..... | 20 |
| 5.Conclusion | 22 |
| 6.Bibliographie..... | 23 |
| 7.Annexes..... | 25 |

1. Introduction

Le Desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*) est un petit mammifère semi-aquatique. Il est présent dans les cours d'eau, torrents et lacs de montagnes pyrénéens et affectionne les milieux rhéophiles. Il est endémique du quart nord-ouest de la péninsule ibérique et du massif pyrénéen et vit dans des gîtes au sein de cavités dans les berges (Charbonnel, 2015). Il est inféodé aux cours d'eau pyrénéens de bonne qualité, du niveau de la mer (pour l'ouest de son aire de répartition) jusqu'à 2 700 m d'altitude. Ses mœurs nocturnes, sa discrétion, la difficulté à l'étudier en captivité à cause du stress et l'inaccessibilité de ses gîtes expliquent le manque de connaissances sur sa biologie et son écologie. Cela constitue un frein majeur à la mise en place de mesures de gestion et de conservation de l'espèce. Or, le Desman des Pyrénées est une espèce en déclin, protégée par un arrêté national depuis 2007 en France, inscrite à l'annexe II de la Convention de Berne, aux annexes II et IV de la Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 (Directive Habitat/Faune/Flore), classée « Vulnérable » dans la liste rouge mondiale des espèces menacées de disparition de l'UICN depuis 2008 et également dans la liste rouge des mammifères de France métropolitaine de 2017. Les menaces pesant sur le Desman des Pyrénées sont la fragmentation importante de son aire de répartition, la conduite d'activités humaines impactant les cours d'eau et leur débit (aménagement hydrauliques, destruction des berges et dans une moindre mesure, canyonisme...), la destruction accidentelle de l'espèce (pêche, impacts routiers...) ou volontaire (collectionneurs, préjugés négatifs des pisciculteurs...). Néanmoins, bien plus que la destruction directe, c'est bien la dégradation et l'altération des habitats du Desman des Pyrénées et de ses proies qui sont les principales causes du déclin de l'espèce.

Cette espèce sensible a fait l'objet d'un Plan National d'Action (PNA) entre 2010 et 2015, puis du programme européen LIFE+ Desman dans les Pyrénées françaises entre 2014 et 2019. Le LIFE+ Desman a pour objectif de concilier la conservation du Desman des Pyrénées et le maintien des activités humaines. Il est coordonné par le Conservatoire d'Espaces Naturels de Midi-Pyrénées (CEN MP) sur onze sites Natura 2000 dans l'ensemble de la chaîne pyrénéenne française. La Fédération des Réserves Naturelles Catalanes (FRNC) est le référent local pour l'espèce et le LIFE concerne les sites Natura 2000 du « Massif Madres-Coronat » (FR-9101473) et du « Capcir, Carlit, Campcardos » (FR-9101471), dans les Pyrénées-Orientales. Un des axes du LIFE était de tester des méthodes de détection de l'espèce. Deux protocoles furent mis en place dans la réserve naturelle de Nohèdes sur l'*Estany del Clot* et le *Gorg Estelat* : la mise en place de « tunnels à fèces » (action A2) et la pose de radeaux à empreintes (juillet 2015, action A2). L'utilisation des radeaux pour détecter le Desman des Pyrénées ne s'est néanmoins pas révélée pertinente car durant les six mois d'expérimentation, ils n'ont pas permis de confirmer la présence de desmans et les tunnels sont en cours d'expérimentation.

La technique de prospection classiquement utilisée, qui consiste à cheminer dans le lit mineur des cours d'eau pour chercher des fèces est peut-être une source de perturbation pour le Desman des

Pyrénées, tout comme pour la faune macro-invertébrée dont il se nourrit (Biffi, 2017). La recherche d'autres méthodes non-invasives pour inventorier ou suivre le Desman des Pyrénées est donc une perspective qui est apparue pertinente à développer (Civade, 2016). Des analyses génétiques d'ADN environnemental vont d'ailleurs être réalisées cette année par le bureau d'études ASCONIT dans cette même volonté (ASCONIT Consultants, 2016). Cette méthode présente toutefois des limites, en considérant une espèce rare comme le Desman des Pyrénées et son affinité pour les milieux rhéophiles et donc fortement sujets au transport de matière (Gillet, 2015). Le Desman des Pyrénées est une espèce présentant un grand nombre d'adaptations en lien avec le milieu aquatique. Ces adaptations anatomiques, sensorielles et céphaliques laissent présumer que le Desman des Pyrénées pourrait en avoir développé d'autres comme l'écholocation ou la production d'émissions sonores. Cette étude va donc explorer ces pistes de détection du Desman des Pyrénées à l'aide de matériel d'écoute sonore et ultrasonore.

2. Matériel et méthodes

2.1. Objet d'étude

Le Desman des Pyrénées est un petit mammifère semi-aquatique dont beaucoup d'éléments de biologie et d'écologie sont encore méconnus. Néanmoins, grand nombre de ses adaptations ont été étudiées depuis les années 1960. Tout d'abord, le Desman des Pyrénées a développé des adaptations en lien avec ses mœurs aquatiques. Sur l'aspect anatomique, ses pattes et sa queue sont frangées de poils tout comme ses orteils palmés améliorent efficacement sa nage (Richard & Vallette Viallard, 1969). Sa queue est un peu comprimée verticalement dans les derniers centimètres et comporte une rangée de poils qui joue un rôle de gouvernail (Richard, 1986). Il possède une fourrure épaisse grise anthracite lustrée. Celle-ci est constituée de deux couches : un duvet serré et étanche, et des jarres de poils plus longs sur lesquels l'eau s'écoule. Cette particularité permet la formation d'une couche d'air isolante qui va protéger le Desman des Pyrénées de l'eau et du froid (Richard & Vallette Viallard, 1969). Le Desman des Pyrénées va également répartir sur l'ensemble de son corps une substance grasse sécrétée par une glande abdominale afin de renforcer l'étanchéité. Ses narines et oreilles sont obstruables (Richard & Vallette Viallard, 1969). Il est également équipé d'un organe de Jacobson qui lui permet de détecter les phéromones de ses proies sous l'eau (Richard, 1986).

Les organes sensitifs du Desman des Pyrénées sont remarquables. Il possède une trompe comportant un très grand nombre de fibres nerveuses mais également des organes spécialisés. De chaque côté de sa trompe, 80 à 100 vibrisses sont largement dotées en fibres nerveuses. Les vibrisses jouent un rôle majeur dans la recherche de nourriture : ce sont des détecteurs de proies sur les fonds aquatiques et également des ondes transmises par le milieu liquide (celles des proies qui se déplacent à proximité). Cela compenserait la vision défectueuse du Desman des Pyrénées (Bauchot & Stephan, 1968).

Les vibrisses richement innervées par trois faisceaux de fibres trigéminales* et vascularisées sont réparties sur tout le corps ; particulièrement sur la trompe et les mâchoires, mais aussi sur la queue et les pattes (Richard & Vallette Viillard, 1969).

A la base de ces vibrisses, des organes d'Eimer sont disposés en rosettes et comportent des fibres nues intraépidermiques, des cellules de Merkel* et des corpuscules tactiles dermiques sous-jacents (Bauchot *et al.*, 1973). Les organes d'Eimer détectent les mouvements de l'eau et les vibrations de manière encore plus fine que les vibrisses (Richard, 1986).

La vie aquatique nécessite des adaptations physiologiques par rapport à la vie terrestre. Ces adaptations sont possibles grâce à des modifications encéphaliques telles que l'augmentation de la céphalisation, la réduction plus ou moins poussée des centres olfactifs, l'augmentation nette des centres tactiles (surtout le nerf trijumeau*) et du néocortex*, l'augmentation de la taille des centres auditifs. Ainsi, les mammifères aquatiques chassant activement leurs proies dans ce milieu, ont un coefficient de céphalisation et un poids encéphalique plus grand que ceux de leurs voisins terrestres les plus immédiats (Bauchot & Stephan, 1968). Cette augmentation du poids encéphalique est visible quand on considère le groupe systématique auquel l'espèce aquatique appartient. Pour le Desman des Pyrénées, son poids encéphalique correspond à 156 % de celui de la Taupe d'Europe (*Talpa europaea*).

Le bulbe rachidien* du Desman des Pyrénées est également augmenté de 181% par rapport à celui de la Taupe d'Europe. Cette augmentation est en lien avec l'augmentation du nerf trijumeau (Bauchot & Stephan, 1968). Le nerf trijumeau innerve l'extrémité du museau, au sein d'une zone proximale où les vibrisses se trouvent rassemblées. Le fort diamètre du trijumeau n'est pas du à un diamètre plus important des fibres constituantes, mais à un nombre bien plus important de fibres nerveuses, c'est-à-dire à une plus grande finesse d'analyse sensorielle. Le cervelet* du Desman des Pyrénées est augmenté de 127 % par rapport à la Taupe d'Europe et intervient dans la coordination motrice inhérente aux déplacements.

Le cerveau moyen ou mésencéphale* correspond à 148 % de celui de la Taupe d'Europe et il commande les fonctions de vision/audition. Une telle adaptation doit plutôt entraîner une perte d'acuité visuelle que l'inverse dans le milieu aquatique qui est rarement plus perméable aux rayons lumineux que l'air.

Le cerveau intermédiaire ou diencéphale* est composé de l'épithalamus*, du thalamus*, du subthalamus* et de l'hypothalamus* qui sont des régions très évolutives. Ce cerveau représente 154% de celui de la Taupe d'Europe chez le Desman des Pyrénées.

Dans le détail, l'épithalamus est en régression et représente 82 % de celui de la Taupe d'Europe. Il reçoit par la strie médullaire* à la fois des afférences olfactives et des afférences limbiques.

La régression de l'olfaction chez le Desman des Pyrénées est due au contact de l'eau sur la muqueuse olfactive conduisant à l'anosmie fonctionnelle*. Le subthalamus du Desman des Pyrénées correspond à 184 % de celui de la Taupe d'Europe et intervient dans la motricité. L'hypothalamus du Desman des Pyrénées a réalisé une progression qui est inférieure à la progression encéphalique d'ensemble. Cette région est peu affectée par les adaptations aquatiques. Le thalamus du Desman des Pyrénées représente 164% de celui de la Taupe d'Europe, avec un indice thalamique de 365.

Il faut néanmoins nuancer les indices comparés donnés en pourcentage de l'espèce terrestre la plus voisine du Desman des Pyrénées. Ils montrent la progression réalisée, ou la régression subie, par rapport au niveau systématiquement comparable. Il faudrait pouvoir comparer les indices bruts actuels aux indices bruts de l'ancêtre commun du Desman des Pyrénées et de la Taupe d'Europe. Le Desman des Pyrénées ne provient pas de l'actuelle Taupe d'Europe, mais d'un ancêtre Talpidé à partir duquel, tant le Desman des Pyrénées que la Taupe d'Europe ont progressé.

Le néocortex est certainement le centre télencéphalique* qui montre le plus directement le « niveau évolutif » des mammifères, il commande les zones auditives et motrices. Le Desman des Pyrénées a un néocortex représentant 224 % de celui de la Taupe d'Europe. La croissance générale du néocortex correspond à un meilleur fonctionnement intrinsèque du système nerveux central* (Bauchot & Stephan, 1968).

Les structures cérébrales forment un système où le cortex cérébral influence les fonctions limbiques* et où les zones néocorticales dirigent le mouvement laryngal. Ce sont les éléments de ce système qui régulent entre autres la vocalisation (Newman, 2010).

L'enrichissement évolutif de ce mammifère semi-aquatique est lié à ces activités telles que la nage, la plongée ou encore la poursuite de proies mobiles.

La pointe de la langue n'est pas équipée de bourgeon gustatif* (Bauchot *et al.*, 1973).

La régression des sens olfactifs est en lien avec le développement d'autres sens. Ce n'est pas le cas de la vision car le milieu aquatique y est peu propice. Le Desman des Pyrénées n'aurait que la perception des variations d'intensité lumineuse (Richard, 1973a). En revanche, le Desman des Pyrénées a une grande sensibilité tactile grâce aux vibrisses du museau innervées par le nerf trijumeau. L'audition quant à elle, est fonctionnelle chez le Desman des Pyrénées. De plus, si l'écholocation est avérée chez les odontocètes*, il semble probable qu'elle soit utilisée par d'autres mammifères semi-aquatiques. Sachant que les espèces de l'ordre des Insectivores sont plus ou moins capables d'écholocation, cette adaptation pourrait être partagée par le Desman des Pyrénées (Bauchot & Stephan, 1968).

Pour ce qui est de l'appareil auditif, le Desman des Pyrénées ne possède pas de pavillon mais un conduit auditif circulaire caché et protégé de l'eau par un épais duvet. Le Desman des Pyrénées endormi ne se réveille pas en entendant une voix humaine (Richard & Vallette Viillard, 1969).

* : voir Glossaire, page 25.

Les bruits infrasonores - et probablement aussi les ultrasons - le font sursauter. Il est particulièrement sensible au bruit d'une botte dans l'eau même avec un torrent de montagne en bruit de fond (Richard, 1973a).

Cet ensemble d'adaptations et de particularités permet d'envisager que le Desman des Pyrénées puisse utiliser l'écholocation et/ou émettre des sons. Cette hypothèse n'a actuellement pas encore été tranchée au cours des expérimentations décrites dans la littérature scientifique. Cette étude va donc essayer de répondre à cette interrogation en réalisant différentes expérimentations sur le terrain.

2.2. Site d'étude

Le site d'étude choisi se situe au sein du site Natura 2000 du « Massif Madres-Coronat » (FR-9101473) car c'est un des sites concernés par l'action A3 du programme LIFE et donc la recherche de fèces. Ainsi, une cartographie des zones de marquage est réalisée de 2014 à 2016.

Le site d'étude sera déterminé en faisant coïncider l'ensemble des éléments disponibles pour cibler la zone la plus favorable à la présence de l'espèce. Ces éléments sont les données issues des rapports techniques du LIFE+ Desman de 2014 à 2016 (Durand, 2017a).

Les rapports techniques synthétisent les résultats issus des prospections de recherche de fèces sur six tronçons répartis sur le cours moyen de la rivière de Nohèdes, sur une échelle altitudinale allant de 880 mètres à 1 200 mètres. Chaque tronçon nommé « GAL » est associé à un numéro de tronçon et mesure 250 mètres. Entre chaque paire de tronçon, 250 mètres sont exempts de prospection. Les tronçons sont découpés en portions marquées tous les 10 mètres.

Puis, le ou les tronçons sélectionné(s) comme étant les plus favorables à la présence du Desman des Pyrénées seront prospectés afin de rechercher les zones présentant les milieux les plus favorables, à l'établissement d'un gîte par exemple. Les milieux retenus comprendront des murets en pierre sèche qui abritent des anfractuosités, ou encore des souches immergées et des racines marquant peut-être l'entrée aquatique d'un gîte (Charbonnel, 2015). En effet, les desmans relâchés après des sessions de capture ont tendance à suivre les berges et explorer l'entrelacs des racines et les interstices des rochers (Richard & Vallette Viallard, 1969). Ces types de structures dans la rivière devront donc être étudiés avec attention. Pour espérer observer le Desman des Pyrénées, il pourrait être intéressant de porter une attention particulière à des ouvrages nécessitant un franchissement comme un petit barrage dû à des pierres, que le Desman des Pyrénées serait obligé de traverser en sortant du milieu aquatique.

La présence de pierres émergées sera également prise en compte car cette information est importante au regard des habitudes du Desman des Pyrénées, lorsqu'il dépose ses fèces.

Ensuite, les observations de Desman des Pyrénées ultérieures seront bien évidemment prises en compte.

Même si elles sont rares, elles sont très précieuses car le Desman des Pyrénées possède une parfaite connaissance des circuits de déplacements dès le premier passage. Sa mémoire des distances est complétée par son odorat, son goût et les informations transmises par les organes d'Eimer sous la forme d'une carte cognitive (Richard & Vallette Viillard, 1969). Il dispose d'une grande mémoire des lieux et possède un nombre limité d'itinéraires qu'il suit, et vérifie les nouveaux éléments à chaque passage. En cas d'urgence, cette mémoire prévaut sur une reconnaissance du milieu et il s'y fit totalement (Richard, 1986). La probabilité d'apercevoir un Desman des Pyrénées est donc plus forte si l'on se trouve à un endroit où il a déjà été vu. De plus, les desmans occupent parfois des gîtes ayant appartenu à d'autres individus par le passé (Melero *et al.*, 2012). Cela rend donc pertinent de tenir compte des observations de Desman des Pyrénées, datant d'il y a plusieurs années.

2.3. Protocole

Le dispositif déployé est composé d'un enregistreur sonore et ultrasonore et d'un piège à encre. L'enregistrement des sons va être réalisé à l'aide du « Song Meter 4 SM4BAT FS », plus simplement appelé SM4 (Figure 1). C'est un enregistreur acoustique à mono canal compact et résistant aux intempéries, capable d'enregistrer des données entre 2 kHz et 384 kHz, provenant d'animaux sauvages. Il est équipé d'un microphone ultrasonique Wildlife SMM-U1 et de la version 2.1.0 du logiciel embarqué.

Le SM4 peut être paramétré en termes de gain, de fréquence ou encore de durée d'enregistrement.

Les paramètres testés pour capturer d'éventuels cris du Desman des Pyrénées sont :

- Gain : 12 décibels
- Filtre passe-haut analogique de 16 kHz : désactivé. Ce filtre sert à n'enregistrer que les signaux de fréquence plus élevée que celle spécifiée.
- Taux d'échantillonnage : 384 kHz
- Durée minimale d'un signal pour être enregistré : 1 ms
- Durée maximale d'un signal pour être enregistré : aucune
- Fréquence minimale de déclenchement : 2 kHz
- Niveau de déclenchement : 12 décibels
- Fenêtre de déclenchement : 2 s
- Longueur minimale des enregistrements : 10 s



Figure 1 : SM4

Ces paramètres sont choisis en fonction des données recueillies dans la littérature. Par exemple, Richard (1981) estimait qu'il était probable que le Desman des Pyrénées utilise et/ou provoque des sons d'assez basse fréquence pour localiser les objets en surface. Les sons produits par le Desman des Pyrénées seraient d'une fréquence entre 1 kHz et 8 kHz (Niethammer, 1970) (Annexe 1).

Le SM4 sera placé sur la berge ou au-dessus de la rivière, au niveau de la zone d'étude sélectionnée.

Le microphone sera orienté vers le cours d'eau, ou bien vers des pierres émergentes de celui-ci. Afin de favoriser la possibilité d'enregistrer des sons, le microphone devra être placé le plus près possible de la zone ciblée comme lieu de passage par le Desman des Pyrénées. En effet, contrairement aux chiroptères dont les ultrasons peuvent être détectés de 5 mètres à 250 mètres, cette distance de détection est certainement beaucoup plus petite, pour un petit insectivore comme le Desman des Pyrénées. Dans le cas des musaraignes par exemple, les ultrasons ne peuvent être captés qu'à moins de 2 mètres (GMB, 2017a).

Afin de pouvoir associer un son enregistré, au Desman des Pyrénées, il faut à minima des indicateurs de présence et de préférence une observation directe. Les indicateurs de présence peuvent être les fèces qui seront déposées par le Desman des Pyrénées sur les pierres émergentes à la surface de l'eau. Ainsi ces pierres seront prospectées au début et à la fin de la pose de l'enregistreur dans le site d'étude. Cela permettra de déterminer si un Desman des Pyrénées est passé à proximité. Les Desmans des Pyrénées marquent leur territoire par les fèces sur des pierres non-immergées. En 1969, Richard indique que le Desman des Pyrénées procède à des marquages successifs dès que les fèces d'un autre individu sont présentes.

En parallèle, des pièges à encre vont être utilisés sur la berge (Figure 2). Actuellement, ils servent à détecter de façon non-spécifique, le passage de petite faune dans le cadre du LIFE+ Desman et sont positionnés dans le canal de Mosset, au niveau d'échappatoire pour évaluer leur efficacité (Durand, 2017b). Le piège à encre se présente sous la forme d'une planche en bois (46 cm x 19 cm) sur laquelle est fixé un morceau de PVC ondulé qui est plié pour former un petit toit. L'ensemble a l'allure d'un petit tunnel dont les entrées et sorties sont équipées d'encreurs. Les encreurs sont composés d'un carré de feutrine agrafé sur un carré de plastique et entourés de petites digues de quelques millimètres qui empêcheront l'encre de s'écouler du dispositif.



Figure 2 : piège à encre

entourés de petites digues de quelques millimètres qui empêcheront l'encre de s'écouler du dispositif. Au centre du tunnel, c'est à dire entre les deux encreurs, il y a une feuille révélatrice sur laquelle les empreintes vont se révéler de façon indélébile (technique développée par le GREGE, 2015). La feuille révélatrice permettra de déterminer si le Desman des Pyrénées est passé à travers le dispositif. Les empreintes relevées sur ce capteur seront déterminées à la fin de chaque session d'enregistrement sonore.

Aussi, afin que le Desman des Pyrénées puisse s'habituer à ce nouvel objet et envisager qu'il puisse le traverser, le piège à encre sera posé en amont de la session d'enregistrement.

Les sessions d'observation directe auront lieu en affût, à proximité du SM4 et de manière statique afin d'éviter la présence de vibrations dans le sol qui pourraient faire fuir le Desman des Pyrénées. La détection des vibrations lui étant possible grâce à l'organe d'Eimer (Brown, 1976). Le rythme de vie des desmans serait lié à l'activité de leurs proies. Ainsi, les périodes d'activité se situent entre 5 et 13 heures et entre 16 et 22 heures (Stone, 1987). Ce sont donc ces périodes qui seront privilégiées pour les sessions d'observation du Desman des Pyrénées. Les affûts nécessiteront une observation la plus active possible en balayant visuellement la zone d'étude pour essayer de détecter un Desman des Pyrénées.

L'utilisation de pièges photographiques pour l'étude du Desman des Pyrénées a déjà été réalisée par le passé mais dans la majorité des cas, cela s'est révélé infructueux pour plusieurs raisons. Tout d'abord, le fait que les pièges n'étaient pas assez rapides au déclenchement pour immortaliser le Desman des Pyrénées. Mais également car les pièges disposent de capteurs qui détectent un mouvement ou un changement de chaleur et que le Desman des Pyrénées n'en produisait visiblement pas assez pour la technologie utilisée à ce moment-là (Bruno Le Roux, communication personnelle, 16 avril 2018). Une journée sera organisée début juillet afin de tester plusieurs modèles de pièges photographiques. Cela permettra de ré-envisager l'utilisation de ce dispositif pour détecter le Desman des Pyrénées.

On peut aussi envisager d'utiliser des appâts pour attirer le Desman des Pyrénées près de l'enregistreur ou du piège à encre. Les appâts seront choisis en s'inspirant des données bibliographiques sur le régime alimentaire du Desman des Pyrénées. A noter que les daphnies séchées ont déjà été testées mais qu'il semblerait plus judicieux de s'orienter vers des vers de farine ou des asticots dans une boîte percée, par exemple (Bruno Le Roux, communication personnelle, 16 avril 2018). En effet, l'olfaction du Desman des Pyrénées est très développée et supplante de loin sa vue. La détection chimique serait donc plus efficace que la détection visuelle (Richard, 1981). Le meilleur moyen pour qu'il repère une proie est donc que celle-ci soit broyée et contenue dans un récipient troué. L'odeur de la proie sera donc plus facilement détectable par le Desman des Pyrénées grâce à son organe de Jacobson (Richard, 1986). Les insectes broyés seront placés dans un pilulier préalablement troué.

Les affûts seront réalisés toutes les semaines à raison d'une session de 4 heures par semaine au minimum, du mois de mai au mois de septembre. La période retenue tient compte des conditions climatiques particulièrement agitées au printemps 2018.

Celui-ci fut marqué par la fonte d'une neige très abondante accumulée pendant l'hiver précédent et par une série d'épisodes orageux en avril et mai 2018. Ce contexte ne facilitait donc pas une observation directe du Desman des Pyrénées dans les cours d'eau, ni un enregistrement non parasité par le bruit tonitruant de la rivière.

En parallèle, le dispositif comprenant piège à encre et SM4 sera installé dès lors que le temps le permet, c'est-à-dire au mois de juin. Ce dispositif sera posé en continu afin que la faune s'y habitue et sera camouflé sous des feuilles mortes. Plusieurs contextes de pose du microphone seront testés, comme par exemple sur les berges, à proximité des pierres émergées où le Desman des Pyrénées dépose ses fèces, près d'un muret en pierre sèche présentant des anfractuosités. Afin de fixer le microphone au-dessus du cours d'eau par exemple, un système de perche sera mis en place.

La possibilité d'apercevoir le Desman des Pyrénées étant assez aléatoire, des enregistrements sont également prévus pendant les sessions de capture du Desman des Pyrénées par le Conservatoire d'Espaces Naturels Midi-Pyrénées, à la mi-septembre. Cet événement est une occasion très prometteuse car le protocole de capture favorise la probabilité de voir un Desman des Pyrénées. Aussi, ce contexte de capture va orienter le comportement du Desman des Pyrénées d'une manière différente que lors de ses activités en milieu naturel. Un Desman des Pyrénées qui se trouve dans une nasse et subit donc un stress va se comporter différemment qu'à son habitude. Il est possible que cette situation induise aussi des modifications dans la manière dont le Desman des Pyrénées peut émettre des sons. Il est particulièrement intéressant de pouvoir enregistrer le Desman des Pyrénées dans le plus large panel possible de contextes différents afin de pouvoir faire l'ébauche d'une différenciation comportementale entre les diverses émissions sonores.

Une fois les enregistrements réalisés, les sons récoltés seront convertis du format wav au format zca grâce au logiciel Kaleidoscope (version 3.1.8). Ils seront ensuite analysés avec les logiciels AnaloookW (version 4.2n) et BatSound (version 4.03) afin d'identifier les espèces enregistrées. En appui à l'identification, les données bibliographiques sur l'acoustique d'autres espèces (micromammifères par exemple) seront utilisées.

3. Résultats

3.1. Site d'étude

Le dénombrement des fèces au cours des trois années de suivi (Annexe 2) révèle le tronçon GAL 2 comme étant le plus abondant en termes de fèces. Le tronçon GAL 1 est le tronçon le plus abondant en fèces pour la dernière session de prospection (automne 2016). Ce tronçon comporte aussi les crottiers récents les plus abondants (été 2016). Un crottier est un ensemble d'au moins cinq crottes déposées au même point par des individus distincts ou pas.

C'est donc une bonne indication d'une concentration de plusieurs individus ou alors d'un seul individu actif vis à vis du marquage.

Les tronçons GAL 1 et GAL 2 se situent sur la rivière de Nohèdes, sous le point de restitution de l'eau à la centrale hydroélectrique (Durand, 2017a).

La cartographie du cours d'eau allant du tronçon GAL 1 au tronçon GAL 2 a permis de mettre en évidence les zones favorables à un gîte de Desman des Pyrénées. Les 29 zones identifiées sur les deux rives du cours d'eau présentaient des souches immergées, des anfractuosités ou encore des murets en pierre sèche. A ces données s'ajoutent des observations visuelles collectées dans la vallée (Goudédranche et Durand). Un Desman des Pyrénées avait déjà été observé en 2012 (obs. : Marie-Odile Durand) sur l'un de ces deux tronçons. Le 7 avril 2018, des habitants de Nohèdes ont aperçu un Desman des Pyrénées affaibli au niveau de la partie la plus en amont du tronçon GAL 2 (obs. : Petra et Robert Weilbächer). Puis le 11 avril, un autre habitant a observé un Desman des Pyrénées sur le chemin longeant la rivière (obs. : Bart Raymaekers). Le Desman des Pyrénées a regagné le cours d'eau pour rejoindre un second Desman des Pyrénées (Annexe 3) et atteindre le point signalé par une étoile sur la cartographie de la Figure 3. Ces observations directes de desmans sont particulièrement pertinentes pour cibler les points de la zone d'étude où orienter le travail de terrain.

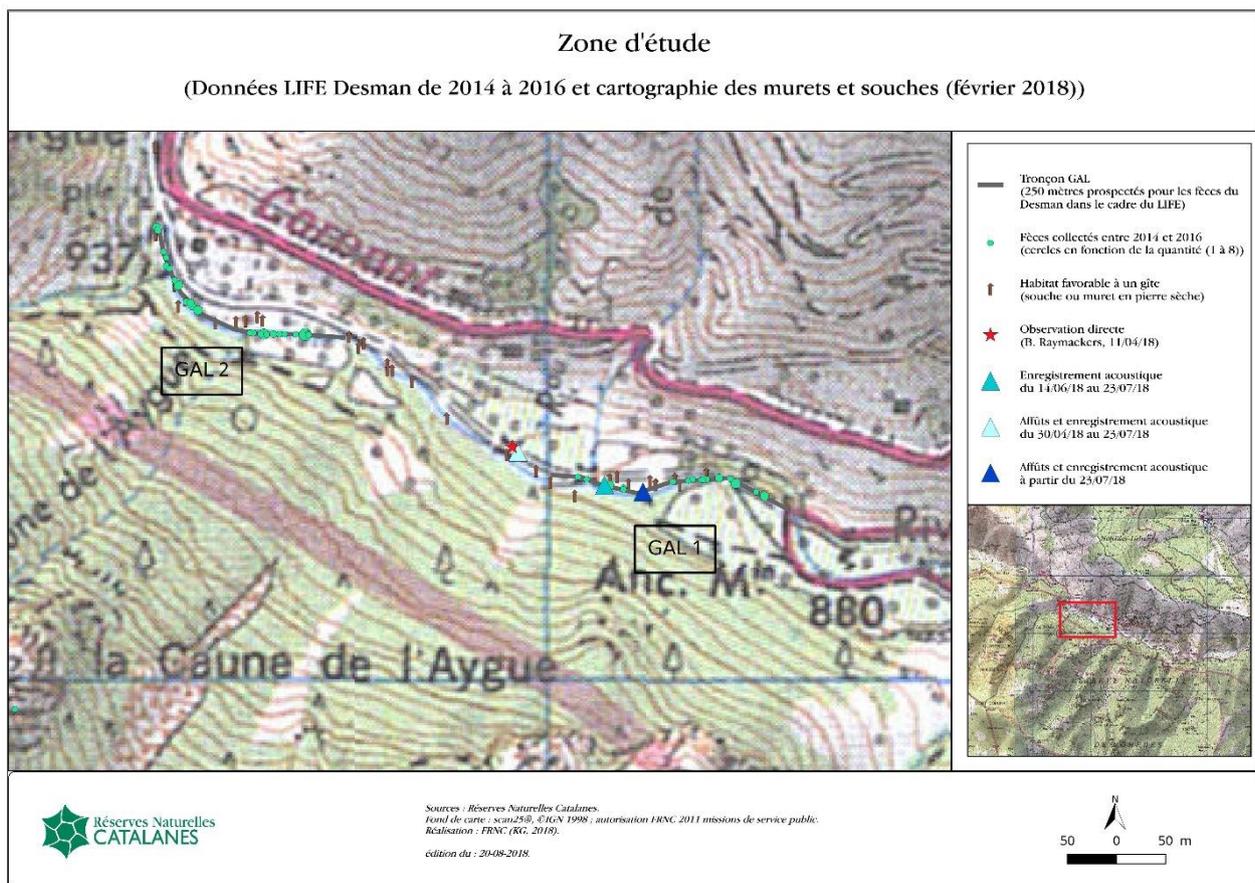


Figure 3 : Cartographie de la zone d'étude

3.2. Travail de terrain

Les premières phases de terrain se sont déroulées en alternant affûts sur les localisations retenues et aussi pose pendant plusieurs jours (3 à 5 jours) en utilisant les pièges à encre et en enregistrant à l'aide d'un ou deux SM4. Cette première période du 14 avril au 1 mai n'a pas permis de détecter l'espèce et celle-ci n'a pas pu être observée. Les enregistrements n'ont pas permis d'identifier d'autres espèces que les chiroptères et aucune empreinte n'a été recueillies par les pièges à encre. L'absence d'empreintes pour les premières phases de terrain est certainement due au caractère récent du dispositif et à la nécessité que la faune à proximité s'y habitue, afin d'envisager une exploration de celui-ci.

Le 2 mai alors que le dispositif était en place depuis trois jours, une empreinte a été relevée sur la feuille révélatrice. Celle-ci semble correspondre à un mulot ou alors à un petit campagnol (Annexe 4).

Parmi les sons enregistrés, deux sons (Figure 4) semblent en adéquation avec les données de la littérature pour le Desman des Pyrénées ou alors pour une musaraigne (Annexe 10). Sans indice de présence cela n'est qu'une supposition mais en tout cas la fréquence du fondamental autour de 8 kHz pourrait appartenir au Desman des Pyrénées.

A partir du 5 juin, le dispositif mis en place était composé de deux enregistreurs SM4. L'un était posé sur un petit îlot au milieu de la rivière, à proximité d'une zone favorable à la présence de gîte. Cet îlot présente des pierres émergées et

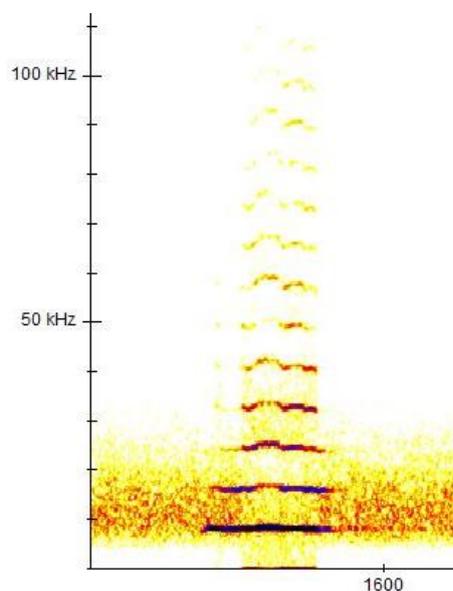


Figure 4 : spectrogramme possible de Desman des Pyrénées

abritées du courant donc potentiellement des lieux de dépôt de fèces pour le Desman des Pyrénées. A côté de ce possible endroit de marquage, un piège à encre est installé et caché sous des branchages pour se fondre dans le milieu. Le deuxième enregistreur était posé sur la berge où deux desmans avaient été observés le 11 avril dernier. Son microphone était placé au-dessus de la rivière en passant à l'intérieur d'une perche de deux mètres et en ressortant à son extrémité. Ce microphone donnait donc juste au-dessus d'une pierre émergée où des fèces ont été relevées au début du mois de juin.

Du 19 au 25 juin, la présence d'appâts a été testée en capturant puis broyant un trichoptère, une mouche, un ver de terre, un moucheron et une larve de hanneton. Ce broyat fut mis dans un pilulier en plastique (\varnothing 5 cm) avec un couvercle percé afin de stimuler les capacités olfactives du Desman des Pyrénées. Le pilulier fut maintenu sous l'eau avec une pierre, en dessous du microphone, afin de disséminer les sucs dans le milieu (Annexe 5). D'après Richard (1986), le Desman des Pyrénées possède une olfaction fine grâce à l'organe de Jacobson et à la muqueuse olfactive.

Il peut ainsi capter les sucs odorants que dégagent les proies broyées. La détection chimique est d'ailleurs bien plus utilisée par le Desman des Pyrénées que la détection visuelle (Richard, 1981).

A partir de la fin du mois de juin, le débit de la rivière étant redevenu plus calme après les épisodes de fonte des neiges et d'intempéries, les deux dispositifs d'enregistrements étaient posés quasiment en continu en alternance avec des sessions à l'affût pour essayer d'avoir une observation directe. Le 19 juillet, des empreintes de mulot ont été mises en évidence par le piège à encre.

Le 23 juillet, deux crotties distants de trois mètres ont été identifiés sur des pierres du cours d'eau. Sur l'une des pierres on pouvait observer les empreintes mouillées laissées par un Desman des Pyrénées, ce qui induit un marquage très récent du Desman des Pyrénées. Les fèces présentes sur ce crottier étaient de nature différente d'un état sec à un état très frais (Annexe 6). Cela indique qu'un ou plusieurs desmans sont venus déposer leurs crottes à des moments différents. Ce crottier est donc particulièrement intéressant car il est susceptible d'être visité à plusieurs reprises. Un enregistreur fut donc posé à proximité de ce crottier (Annexe 7).

Le 23 juillet avec la Fédération Aude Claire et Frédéric Salgues, une session a été organisée afin d'essayer de détecter le Desman des Pyrénées grâce à des pièges photographiques RECONYX (Ultrafire WR6 et HP2W HyperFire 2), une caméra thermique PULSAR HELION XQ28F et deux SM4 (Annexe 8). Cette session a eu lieu sur le cours d'eau de l'Aiguette à Counozouls, car c'est une rivière suivie depuis longtemps par la Fédération Aude Claire dans le cadre de l'étude du Desman des Pyrénées. En effet, avant de poser les différents dispositifs, une prospection de la rivière a été effectuée, permettant de trouver une crotte de Desman des Pyrénées fraîche, qui est donc un indice de présence. Le dispositif était actif de 15 heures à 23 heures. La caméra thermique a permis de détecter les murins de Daubenton chassant au fil de l'eau à trois ou quatre mètres de là et un micromammifère de type mulot se déplaçant sur la berge opposée, à dix mètres de là. Aucun Desman des Pyrénées n'a pu être détecté ce soir-là. Les pièges photographiques n'ont quant à eux pas déclenché et les SM4 n'ont enregistré que les ultrasons des chiroptères. Une prochaine session de test est prévue pour le 29 août avec la Fédération Aude Claire.

Du 23 juillet au 2 août, les SM4 ont été posés au niveau des deux crotties découverts le 23 juillet. Les orages du 2 août au 7 août n'ont pas permis de laisser le dispositif sur place, pour éviter de l'abimer. A partir du 7 août des crottes vont être régulièrement relevées sur la pierre émergée visible en Annexe 6. Le dispositif va donc être concentré sur cette zone qui semble être visitée par un desman tous les deux ou trois jours, voire quotidiennement (Annexe 9).

Malgré les différents dispositifs mis en place durant quatre mois de terrain et d'analyse, le protocole n'a pour l'instant pas permis de mettre en évidence la présence du Desman des Pyrénées dans le cours d'eau. Cette présence est néanmoins avérée par la présence de fèces et les observations directes du Desman des Pyrénées.

La Figure 5 récapitule le travail de terrain mis en œuvre tout au long du stage.

A noter que ce planning n'était pas déterminé en amont de l'étude mais qu'au contraire, il a évolué au fur et à mesure de l'avancement de l'étude.

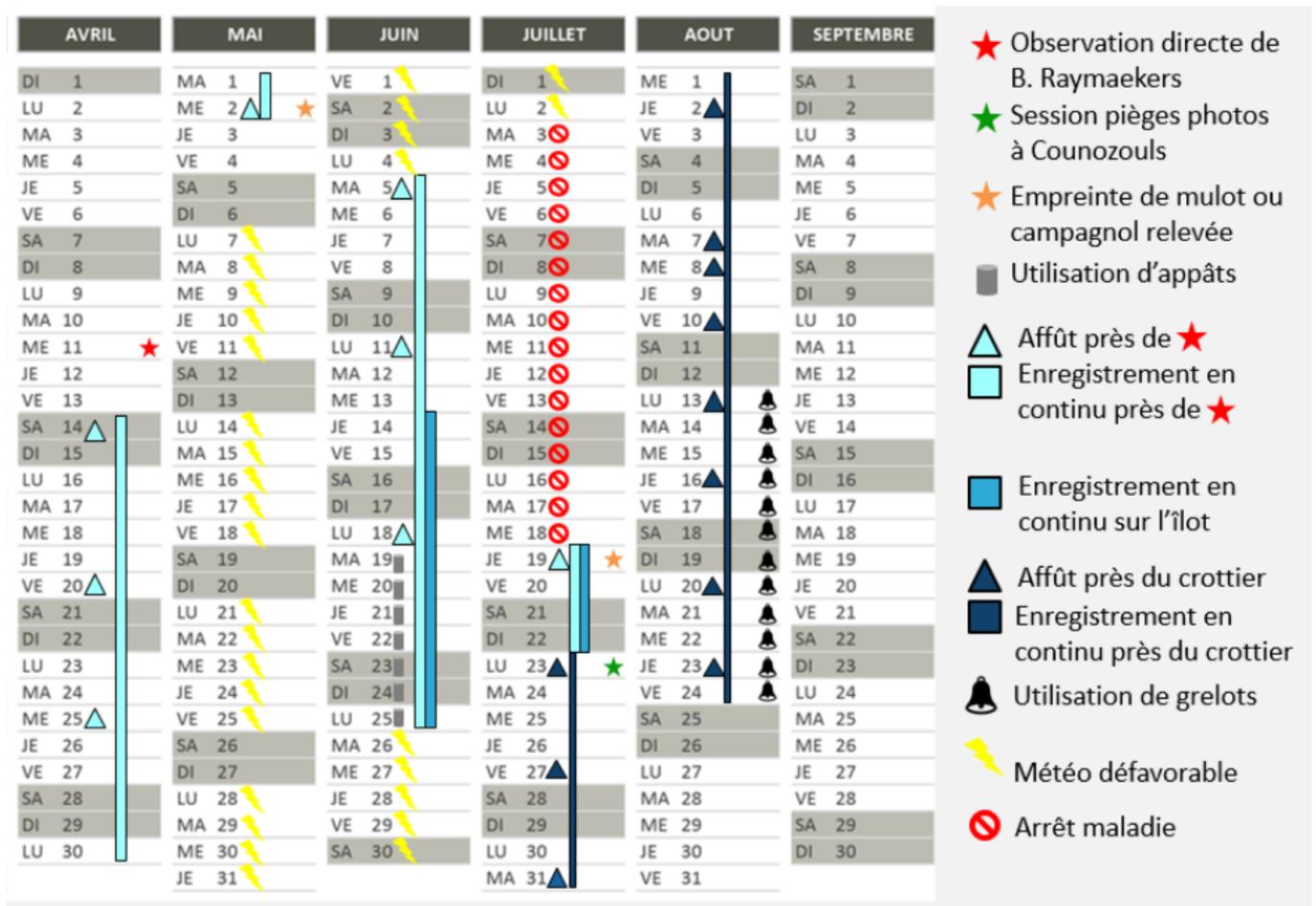


Figure 5 : récapitulatif du travail de terrain

4. Discussion

4.1. Écologie acoustique du Desman des Pyrénées

L'audition ultrasonore devrait être possible chez les mammifères insectivores avec des têtes de petite taille. Aussi, les mammifères écholocateurs sont souvent capables de produire des ultrasons, soit dans une série de balayages modulés en fréquence (Fm), soit dans un train d'impulsions. La production d'ultrasons n'est pas pour autant une preuve d'écholocation. L'écholocation est caractérisée par des ultrasons courts qui servent au déplacement (Thomas & Jalili, 2004).

À noter que la gamme de fréquence des ultrasons se situe entre 16 kHz et 10 000 kHz et que le domaine des fréquences sonores perceptibles se situe entre 16 Hz (son grave) et 16 000 Hz (son aigu) (Chouard, 2009).

Les impulsions de communication et d'écholocation sont complexes à distinguer (Thomas & Jalili, 2004). Aussi, de nombreuses études ont essayé de mettre en évidence les émissions sonores du Desman des Pyrénées, tout comme sa capacité à écholocaliser.

Les vocalisations du Desman des Pyrénées sont visiblement rares et peu variées, contrairement à celles des chauves-souris et des musaraignes. Cette affirmation est vérifiée dans un contexte de captivité mais dans le milieu naturel, le bruit de la rivière peut empêcher d'entendre distinctement des sons pouvant être émis par le Desman des Pyrénées. Durant les campagnes de capture menées par le CEN MP en 2017, Cathie Boléat a essayé d'enregistrer les sons du Desman des Pyrénées à l'aide d'un détecteur Pettersson D240X (Cathie Boléat, communication personnelle, 13 août 2018). Cette tentative s'est révélée infructueuse mais il faut nuancer cela par le fait que c'est un détecteur qui détecte en direct et uniquement sur la fréquence sélectionnée. Il faut donc être sur la même fréquence que celle sur laquelle le Desman des Pyrénées émet et au moment précis où celui-ci émet.

Les espèces solitaires émettent moins de vocalisations que les espèces sociales. Celles-ci se limitent souvent à des situations d'accouplement, de défense territoriale, de détresse et d'agonie qui sont liées à leurs interactions sociales (Begall *et al.*, 2007).

Le Desman des Pyrénées étant un animal probablement solitaire, les contacts intraspécifiques sont peu nombreux. Pour Richard (1986), sa communication sonore serait donc visiblement plus orientée vers le moyen de tenir à distance les autres individus et de revendiquer sa présence au sein de son domaine vital.

Lorsqu'il est manipulé ou qu'il entre en contact avec un autre individu, le Desman des Pyrénées pousserait comme un « cri d'effroi » et serait capable d'émettre des cris plus ou moins aigus pour se reconnaître entre individus (Richard, 1986).

Pour ce qui est des émissions sonores du Desman des Pyrénées, il produit un long cri strident et non modulé afin de dissuader les autres individus ou les petits prédateurs.

Lorsqu'il s'active à des tâches plaisantes comme l'entretien de la fourrure, l'alimentation ou l'émission d'excréments, il vocalise un babil ou léger gazouillis voire un cri de niveau plus élevé, ressemblant « au bruit d'un doigt passé sur une vitre mouillée ». Lorsqu'il semble énervé (après avoir été tiré de son sommeil, par exemple), il pousse un cri répété et rythmé sous la forme de « tjé, tjé, tjé ».

Lorsqu'il est en plein effort ou se contorsionne, il émet un son ressemblant à un éternuement très aigu, à la limite de l'audible, une sorte de « tchi-i-i » (Richard, 1986). S'il est blessé, il pousse un cri strident qui est audible par l'homme (Bruno Le Roux, communication personnelle, 23 juillet 2018).

Pendant son sommeil profond, un très léger bruit suivant le rythme respiratoire, est émis par le clapet de fermeture des narines. Cela laisse à penser que la position passive du clapet est passive et que l'ouverture est donc active, ce qui est le cas chez les grands mammifères aquatiques comme la baleine et le phoque (Richard, 1986).

Dans la littérature, les recherches sur la production d'ultrasons par le Desman des Pyrénées sont pour l'instant négatives si ce n'est une publication de Niethammer en 1970 qui relate un son de Desman des Pyrénées entre 0,5 et 8 kHz.

Cela est à nuancer par le fait que la majorité des tentatives d'enregistrement de Desman des Pyrénées ont été faites en captivité, ce qui est une source de biais, surtout avec une espèce supportant mal la captivité (Alain Bertrand, communication personnelle, 20 mars 2018).

La captivité peut en effet modifier le comportement du Desman des Pyrénées. C'est par exemple le cas lorsqu'on s'intéresse à la vie sociale de l'espèce. La littérature rapporte une agressivité quasi permanente entre individus mais il faut prendre en compte le fait que la majorité des observations ont eu lieu en captivité ou pendant des captures. Ces observations ne représentent donc pas forcément le comportement réel des individus. En effet même si les desmans ne semblent pas avoir un lien social fort, des observations récentes (11 avril 2018 à Nohèdes) prouvent que les individus peuvent tout du moins se tolérer comme le mentionne Melero en 2014. La coexistence est également possible avec d'autres espèces aquatiques très cosmopolites du genre des *Arvicola* et des *Neomys* (Peyre, 1956).

Afin de localiser les objets aux alentours, le Desman des Pyrénées pratique le « tambourinage » en battant la surface de l'eau avec ses pattes antérieures, qui sont normalement inactives et repliées sur la poitrine pendant ses déplacements. L'écho du bruit produit pourrait lui permettre de se repérer dans l'espace (Richard, 1973a). Niethammer (1970) attribuait le « tambourinage » à un rituel de nettoyage des pattes avant après un repas mais le Desman des Pyrénées le pratique à bien d'autres occasions (Brown, 1976). Plus récemment, une étude fut réalisée sur des desmans en captivité dans un milieu très neutre (laboratoire) et donc sans repérage sonore. Le premier repérage d'un desman (au bout de quelques jours) fut le « tambourinage » avec les pattes antérieures tout en longeant les parois de l'aquarium (Thomas & Jalili, 2004).

Il est probable que le Desman des Pyrénées utilise et/ou provoque des sons d'assez basse fréquence pour localiser les objets en surface (Richard, 1981). A noter que l'appellation basse fréquence ou BF est utilisée en acoustique pour désigner les signaux de fréquence entre 20 Hz et 20 kHz.

D'un point de vue ostéologique, Giraud-Sauveur (1969) ne pense pas que le Desman des Pyrénées puisse pratiquer l'écholocation et ce en partie à cause de l'absence de pavillon auriculaire et d'une oreille peu spécialisée (Brown 1976).

Pour ce qui est du milieu aquatique, le Desman des Pyrénées ne semble pas utiliser l'écholocation acoustique pour ses déplacements ou la localisation des objets, mais plutôt la détection des vibrations et des variations de pression grâce aux vibrisses et à l'organe d'Eimer (Brown, 1976).

L'écholocation étant très répandue chez les petits mammifères nocturnes et complétée par l'olfaction à l'air libre, son utilisation par le Desman des Pyrénées n'est pas encore tranchée (Richard, 1986).

4.2. Traitement des résultats

Même s'il n'y a pas eu de résultats sur le Desman des Pyrénées au cours de cette étude, on peut tout de même présenter la façon dont des possibles résultats auraient été traités.

L'acquisition d'un son de Desman des Pyrénées aurait pu être attestée de plusieurs façons. Premièrement, par une observation directe pendant les affûts, avec un son enregistré simultanément par le SM4. Ou bien avec un son enregistré à plusieurs reprises qui coïncident toutes avec l'obtention des empreintes du Desman des Pyrénées sur la feuille révélatrice du piège à encre. Néanmoins, la réalisation d'une de ces deux conditions n'ayant pas pu être possible pour l'instant, on peut supposer grâce aux sons du Desman des Pyrénées décrits dans la bibliographie, que ceux-ci avoisinent une fréquence entre 1 et 8 kHz et durent moins d'une demi-seconde (Niethammer, 1970). L'enregistrement idéal du son émis par le Desman des Pyrénées ne comporterait pas de bruit parasite comme c'est souvent le cas à cause du débit de la rivière. Ce son parasite prend la forme d'un nuage de points sans réelle forme et balaye une gamme de fréquence entre 0 kHz et 100 kHz (Annexe 10).

On peut également essayer de différencier les sons émis par le Desman des Pyrénées des sons émis par d'autres micromammifères en s'appuyant sur la littérature scientifique des espèces proches (Annexe 11). La seule espèce du même genre que le Desman des Pyrénées est le Desman russe. Celui-ci a un répertoire sonore particulièrement riche. Les enregistrements des signaux acoustiques ont été corrélés avec des comportements simultanés pour faciliter l'interprétation. Le Desman russe possède un large spectre de possibilités de communication acoustique comme de vocalisations intraspécifiques. Son comportement social est orienté par le complexe sensoriel olfactif-chimique et le sens acoustique. La communication responsoriale entre deux desmans russes démontre un centre de fréquence entre 300 et 600 Hz avec une fréquence limite supérieure d'environ 5000 Hz. Sur l'Annexe 12, le spectrogramme de Desman russe montre une fréquence fondamentale autour de 2 kHz. Le taux de répétition des impulsions individuelles est de 58 ms (pour le desman proche du microphone) et de 61,5 ms (pour le desman éloigné du microphone). À la fin des chaînes d'impulsion individuelles, la régularité diminue. Ces signaux sont multifonctions : domination démonstrative (signal fort) ou soumission opposée (signal plus silencieux). Le volume et la durée des séquences de signaux dépendent de l'intensité d'excitation respective et/ou de la distance individuelle variable. L'excitation est donc faible et le signal sonore atténué lorsque s'exprime la familiarité avec le partenaire social. C'est aussi le cas lorsque qu'un nouvel individu est rajouté à un système avec des individus qui se connaissent déjà.

Le Desman russe produit également un signal d'apaisement ou d'humilité qui est un son harmonieux avec une concentration d'énergie sur la fréquence fondamentale : la progression du pitch/fréquence est souvent en forme de U, la largeur de la variation est entre 0,75 et 1,1 kHz et la moyenne à 0,9 kHz. Le signal de contact direct positif n'est ni agressif ni sonore, ne déclenche pas de réaction visible ou audible avec le partenaire, et exprime probablement confort et sécurité dans l'association sociale respective. Ce signal a une sous-structure harmonique partielle.

Sa fréquence de sortie est d'environ 0,3 kHz, sa fréquence terminale est d'environ 1,1 kHz avec une augmentation presque linéaire dans les dernières 30-40 ms de l'appel.

Le signal de défense ou de menace est un signal sonore très criard émis en cas de contact direct brusque entre deux desmans russes. Il est d'autant plus fort en cas de combat et les sons sont éjectés la bouche ouverte et/ou en montrant les dents, avec un mouvement de grattage réalisé par les pattes avant. Cette émission a lieu quand les individus sont à 1,5 mètre l'un de l'autre. Le but de ce signal est le respect de la distance individuelle mais aussi le déclenchement d'une réponse d'évasion spontanée d'un des deux desmans.

Dans le cas des desmans russes, les femelles sont plus agressives que les mâles et ce, surtout envers les femelles. Le Desman russe a une grande capacité à moduler et combiner les signaux sonores.

Et l'aspect multifonction des signaux les rend difficiles à catégoriser en termes de comportement. Ils peuvent être le reflet de la hiérarchie sociale ou tout simplement d'humeurs (Romanow *et al.*, 1996).

L'écologie acoustique est actuellement largement développée dans l'étude non-invasive de groupes faunistiques comme les chiroptères et permet l'identification d'espèces grâce à l'étude des sons qu'elles produisent (Wiley & Richards, 1978). Il est avéré que les micromammifères produisent également des sons mais l'écologie acoustique n'est pas aussi avancée pour ce groupe et la détermination à l'espèce reste encore complexe (Thomas & Jalili, 2004).

Récemment, une étude sur les musaraignes a permis une ébauche de l'identification spécifique de six musaraignes d'Europe centrale (Zsebők *et al.*, 2015). Il y a un grand potentiel de recherche dans ce domaine et il apparaît évident que de plus en plus de travaux similaires à celui-ci vont s'inscrire dans cette démarche, qu'ils soient menés par des acteurs du milieu professionnel comme de celui de la recherche. D'ailleurs, le Groupe Mammalogique Breton (GMB) commence lui-même à expérimenter l'identification spécifique par l'enregistrement des ultrasons dans le cadre de la mise en place de futurs suivis. Leurs premiers essais mettent en évidence le problème du recouvrement des fréquences entre différentes espèces de musaraigne. L'identification est donc complexe et l'idée d'utiliser ces ultrasons comme indicateurs de l'activité semble plus appropriée pour le moment, qu'une réelle différenciation spécifique (GMB, 2017a). Aussi, les musaraignes ont visiblement tendance à n'émettre des sons que lorsqu'elles rencontrent un individu. Leurs émissions sont donc ponctuelles (GMB, 2017b).

La mise en place et le développement de l'écologie acoustique d'une espèce ou d'un groupe d'espèces est un processus qui demande beaucoup de temps pour plusieurs raisons. Tout d'abord, ce type de processus nécessite de pouvoir enregistrer les individus pendant les émissions de sons. Si cela est faisable en expérimentant en captivité avec les individus, c'est toutefois beaucoup plus compliqué lorsqu'on est en présence d'une espèce supportant mal la captivité. C'est le cas du Desman des Pyrénées et c'est ce qui complique la possibilité d'avoir des enregistrements, dans son milieu naturel.

4.3. Limites

Cette étude met en lumière certaines limites. Tout d'abord, le Desman des Pyrénées est une espèce difficile à étudier étant donné sa discrétion et le peu d'information concernant sa biologie ou encore l'utilisation qu'il fait de son habitat. Une grande partie des spécialistes de cet animal a eu la chance de l'apercevoir seulement une ou deux fois en plusieurs décennies d'étude. L'éventualité de contacter l'espèce étant beaucoup plus aléatoire que pour d'autres espèces, il faut envisager que le temps nécessaire à obtenir des résultats soit également plus long. Cette méthode expérimentale n'en étant qu'à ses prémices, il faudrait donc poursuivre la méthodologie afin d'améliorer le protocole et de maximiser les opportunités de contacter acoustiquement un Desman des Pyrénées.

De plus, le manque de son de référence du Desman des Pyrénées complexifie le traitement des enregistrements car on n'est pas certain de la forme que peut prendre le son de cet animal.

Il faut ajouter à cela que le contexte météorologique de l'étude n'était pas des plus favorables en 2018 : en effet, cette année s'est avérée assez inadaptée pour faire un travail de terrain en bord de rivière (la pluviométrie et la fonte importante des neiges ayant pour conséquence un débit très élevé du cours d'eau et une hauteur d'eau très importante). Cela a induit des difficultés en termes de qualité d'écoute sur les enregistrements (bruit parasite du torrent) mais également des difficultés à installer un dispositif d'écoute avec le SM4 pérenne, avec les variations du niveau de l'eau dans la rivière. Il a donc fallu régulièrement adapter les lieux d'enregistrement et de pose du matériel avec parfois assez peu d'options satisfaisantes en voulant concilier pertinence de la localisation du matériel et protection de celui-ci par rapport au courant. Le dispositif présentait plusieurs contraintes. Tout d'abord, il faut que le piège à encre se fonde totalement dans le milieu pour être susceptible d'être emprunté par le Desman des Pyrénées. Il doit être à la même hauteur qu'un endroit de passage suspecté pour faciliter un possible franchissement. La localisation du piège à encre est complexe à choisir car les précédentes sessions de capture du CEN MP ont montré que certaines nasses étaient empruntées par le Desman des Pyrénées et d'autres ne l'étaient pas du tout alors qu'elles se trouvaient à seulement 30 cm d'écart (Bruno Le Roux, communication personnelle, 23 juillet 2018). La localisation du piège doit donc être déterminée avec précision en expérimentant différentes configurations de pose, jusqu'à trouver la bonne (Richard, 1973b). Ensuite, la logistique du protocole est un peu fastidieuse car il faut être extrêmement attentif aux prévisions météorologiques et ce de manière quotidienne voire même plusieurs fois par jour. Il faut veiller à ce que le matériel soit protégé des intempéries en adaptant la localisation de pose, voire en ne posant pas le dispositif. Les coups d'eau imprévisibles peuvent passer sur le piège à encre et rendre le dispositif inefficace, une fois que l'eau traverse la feuille révélatrice, ce qui rend les empreintes inexploitable. Le matériel doit également être camouflé rigoureusement pour deux raisons.

Premièrement, il ne doit pas être trop voyant et perturbant pour le Desman des Pyrénées et la faune environnante, pour éviter de les faire fuir ou du moins ne pas les attirer. Le but est de ne pas avoir d'impact sur leur comportement habituel. Aussi pour éviter la dégradation ou le vol, il faut éviter d'attirer l'attention des promeneurs. Le piège à encre et les enregistreurs doivent être étiqueter comme du matériel de suivi scientifique de la FRNC.

Autant que possible, on limite le dérangement du milieu. Sur la berge, on réduit le piétinement au maximum pour diminuer le phénomène de tassement qui peut abîmer les berges. Lors des déplacements dans la rivière, on évite de piétiner le fond du cours d'eau et on déplace au minimum les pierres. Le piétinement dans le cours d'eau est une menace pour le Desman des Pyrénées car le déplacement des sédiments nuit aux insectes dont il se nourrit. De plus, on sait que le Desman des Pyrénées se déplace dans la rivière grâce à sa capacité à mémoriser des itinéraires et des obstacles donc il vaut mieux éviter de modifier la configuration du lit du cours d'eau (Richard, 1973a). Il convient donc d'anticiper et de réduire les allers-retours inutiles. Même si cela peut sembler anecdotique, si le protocole était démultiplié et intensifié, l'impact serait d'autant plus grand. On essaye donc de diminuer la pression sur le milieu car c'est en cohérence avec la volonté de ce protocole de détection non invasive.

4.4. Améliorations

Parmi les améliorations possibles, l'utilisation d'appâts de manière systématique pourrait être envisagée. Il faudrait trouver un revendeur qui puisse fournir les insectes faisant partie du régime alimentaire du Desman des Pyrénées. Bruno Le Roux préconisait les vers de farine ou les asticots, par exemple (communication personnelle, 16 avril 2018). Par la suite, il pourrait être intéressant d'étudier le lien entre l'hydrologie et la météorologie et le Desman des Pyrénées. Il se pourrait que dès que le niveau d'eau baisse dans la rivière après une élévation significative, le Desman des Pyrénées remarque son territoire car l'eau a lessivé les précédentes marques laissées sur les pierres émergentes ou tout simplement qu'il soit contraint de sortir d'un gîte ennoyé. Aussi, comme ce fut le cas lors de l'observation du 11 avril 2018, il se pourrait que le Desman des Pyrénées sorte de l'eau pour s'aventurer dans le milieu terrestre si celui-ci est perturbé par de forts orages (Bart Raymaekers, communication personnelle, 26 juillet 2018). Cela pourrait aiguiller les périodes propices à une observation du Desman des Pyrénées.

Étant donné que l'actuel protocole n'a pas donné de résultats positifs pour le Desman des Pyrénées, il me semble nécessaire de réfléchir à sa remise en question. Le dispositif pourrait être démultiplié afin de maximiser la probabilité de contacter un Desman des Pyrénées. On pourrait ainsi couvrir plus densément une zone, ce qui est un enjeu majeur avec une espèce aussi discrète. On pourrait également réfléchir à construire des pièges à encre de formes différentes pour tester des dispositifs plus attractifs

pour le Desman des Pyrénées. Une présence accrue lors de session d'affûts pourrait également faire la différence. Le choix du site d'étude ne me semble pas à remettre en cause car il est sûrement l'un des plus favorables à l'étude de cette espèce dans les Pyrénées-Orientales (Marie-Odile Durand, communication personnelle, 18 avril 2018). L'intensification du dispositif me semble être l'une des clés de la réussite de cette étude, autant en termes de moyens techniques que de moyens humains. On pourrait également cibler les enregistrements dans l'audible car visiblement c'est dans cette gamme que le Desman des Pyrénées émet, selon la littérature. Un enregistreur SM4 et son filtre passe-haut pourrait être plus pertinent qu'un SM4-BAT, pour cibler des sons à fréquence très basse comme cela semble être le cas du Desman des Pyrénées.

4.5. Perspectives

La méthodologie mise en place n'a pas permis d'aboutir à la conclusion que le Desman des Pyrénées émet un son lorsqu'il dépose ses fèces. Cela est néanmoins une information intéressante car les données enregistrées et le déploiement du dispositif peuvent déjà trancher le fait que le Desman des Pyrénées ne semble pas produire de sons, lors de l'excrétion des fèces, ce qui n'avait pas encore été prouvé dans la littérature et encore moins en milieu naturel. Aussi, en partant de l'hypothèse que le Desman des Pyrénées ne produit pas de sons lors de l'excrétion des fèces, on peut imaginer différents procédés pour stimuler l'animal et le pousser à produire des sons. Plusieurs contextes pourraient avoir un effet sur la production de sons, comme par exemple le fait de confronter le Desman des Pyrénées : à sa nourriture (trichoptères morts), à l'odeur d'un congénère (poils recueillis sur un Desman des Pyrénées mort), à la présence de crottes appartenant a priori à un autre individu... Ces éléments pourraient être disposés sur la pierre où il fait ses crottes pour susciter chez lui une réaction et donc peut-être un son.

A partir du 13 août, on dispose 4 grelots suspendus par des fils de pêche au-dessus des trajectoires possibles du Desman des Pyrénées, pour rejoindre la pierre sur laquelle il vient marquer très régulièrement depuis un mois (Figure 6). Le principe étant que le Desman des Pyrénées a de fortes chances de toucher un grelot en rejoignant la pierre.



Figure 6 : dispositif accompagné des grelots

Le son du grelot va être enregistré par le SM4 comme référence qui permettra de repérer quand le grelot est secoué et ce possiblement par un Desman des Pyrénées. La confrontation frontale avec un grelot pourrait provoquer une réaction du Desman des Pyrénées, voir un son. Ce stratagème pourrait donc permettre de repérer parmi les différents sons enregistrés, ceux qui ont été émis par le Desman des Pyrénées. Le son du grelot pourrait faciliter l'analyse et la recherche de son sur AnalookW en ciblant les moments où le son du grelot est enregistré. Cette idée d'utiliser un bruit artificiel pour repérer le passage du Desman des Pyrénées avait aussi été envisagée avec l'utilisation de papier aluminium froissé, disposé sur la pierre. Cette possibilité a été écartée à cause du dérangement possible pour le Desman des Pyrénées, en changeant le revêtement de sa pierre. Il faut tout de même ajouter que le Desman ne semble pas désorienter par la modification de configuration qu'a entraîné le déploiement du dispositif (SM4 avec les microphones à proximité, pièges à encre, camouflage et protection du dispositif créant une zone ombragée là où le Desman des Pyrénées dépose ses fèces) car il continue de fréquenter cette pierre régulièrement depuis plus d'un mois.

Idéalement, si l'enregistrement de sons produits par le Desman des Pyrénées pouvait être réalisé, il faudrait réussir à enregistrer des sons dans différents contextes. Par exemple lors de l'excrétion de fèces, de la rencontre avec un autre individu, durant son sommeil, dans le cas d'une mère avec ses petits ou encore dans un événement de compétition. Cela permettrait de pouvoir faire une distinction comportementale des émissions car il est fort possible qu'il existe une variation de la palette sonore en fonction de la situation.

Par la suite, les enregistreurs vont être posés pendant les sessions de capture de Desman des Pyrénées, mises en place par le CEN MP au début du mois de septembre prochain. Cela pourrait aboutir sur l'enregistrement de sons de Desman des Pyrénées en simultané avec une observation directe.

Si l'étude aboutissait à l'obtention de sons de référence, il serait très intéressant de pouvoir créer une sonothèque pour élargir les champs de l'identification spécifique à la dimension acoustique, que ce soit pour le Desman des Pyrénées comme pour d'autres espèces. Il faudrait pour cela qu'un son soit suffisamment spécifique pour qu'on puisse le différencier d'autres sons. Cette étude n'en est qu'à ses prémices mais on peut imaginer qu'elle pourrait prendre de l'ampleur dès lors que des sons de référence pourront être distingués.

Ainsi, la mise en place d'une sonothèque pourrait être une base intéressante pour la détection du Desman des Pyrénées de manière non-invasive. On peut donc imaginer un futur protocole où l'on pourrait poser des enregistreurs le long d'un cours d'eau suspecté d'abriter des desmans. Au bout d'une semaine de pose, le dépouillement des sons pourrait être un indicateur de la présence de l'espèce mais aussi de l'activité des individus s'il y en a.

5. Conclusion

L'identification acoustique du Desman des Pyrénées serait une grande avancée dans l'étude de cette espèce. En plus de pouvoir localiser l'animal grâce aux sons qu'il émet, cela pourrait permettre de le suivre lors de ses déplacements et d'améliorer l'état des connaissances quant aux mœurs mal connues du Desman des Pyrénées. Par la suite, et en recoupant les informations fournies par plusieurs enregistreurs, la localisation des gîtes du Desman des Pyrénées pourrait être possible. Les informations concernant la localisation des gîtes, leur configuration spatiale et leur utilisation par le Desman des Pyrénées sont pour l'instant assez peu documentées. En effet, le gîte est un élément clé de la survie du Desman des Pyrénées et il est donc primordial de disposer du maximum d'information afin de pouvoir prendre en compte ses gîtes et les protéger au maximum en y appliquant les mesures de gestion les plus adaptées.

L'utilisation de la méthode acoustique pourrait apporter des informations complémentaires à la méthode actuelle de prospection par la recherche de fèces. Celle-ci ne donnant que les localisations ponctuelles du Desman des Pyrénées et pas une vue d'ensemble de son utilisation de l'espace. Les techniques acoustiques ont aussi pour avantage d'être moins impactantes que le radiopistage, qui est la méthode actuellement utilisée pour rechercher les gîtes et les territoires de chasse.

Le radiopistage n'est pas forcément la méthode la plus adaptée au suivi d'une espèce sensible au dérangement et affectée négativement par les manipulations humaines. De plus, les sessions de capture nécessaires à la mise en place de cette technique, mobilisent des équipes sur plusieurs jours et de manière très intense.

Si ce travail aboutissait à l'identification du Desman des Pyrénées par les vocalisations qu'il produit, on pourrait envisager de mettre en place un protocole de suivi non-invasif adapté à une espèce difficile à observer comme celle-ci, en utilisant donc l'écologie acoustique.

6. Bibliographie

- ASCONIT CONSULTANTS (2016) Détection d'espèces en milieu aquatique par l'ADNe.
- BAUCHOT, R., BUISSERET, C., LEROY, Y. & RICHARD, P.B. (1973) L'équipement sensoriel de la trompe du desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*, insectivora, talpidae). *Mammalia*, 37, 17–24.
- BAUCHOT, R. & STEPHAN, H. (1968) Étude des modifications encéphaliques observées chez les insectivores adaptés à la recherche de nourriture en milieu aquatique. *Mammalia*, 32, 228–275.
- BEGALL, S., BURDA, H. & SCHLEICH, C.E. (eds) (2007) Subterranean Rodents: News from Underground. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- BIFFI, M. (2017) Influence des facteurs environnementaux et des interactions biotiques sur la sélection de l'habitat et le régime alimentaire du desman des Pyrénées, *Galemys pyrenaicus*. phdthesis, Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier).
- BROWN, A.M. (1976) Ultrasound and communication in rodents. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 53, 313–317.
- CHARBONNEL, A. (2015) Influence multi-échelle des facteurs environnementaux dans la répartition du Desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*) en France. phdthesis, Université Toulouse III Paul Sabatier.
- CHOUARD, C.-H. (2009) L'oreille musicienne : Les chemins de la musique de l'oreille au cerveau. Folio, Paris.
- CIVADE, R. (2016) L'ADN environnemental, méthode moléculaire d'étude de la biodiversité aquatique Une approche innovante.
- COLES, R.B., GOWER, D.M., BOYD, P.J. & LEWIS, D.B. (1982) Acoustic transmission through the head of the common mole, *Talpa europaea*. *The Journal of Experimental Biology*, 101, 337–341.
- DURAND, M.-O. (2017a) Action A3- étude comparative de la structure de divers noyaux de population de desman des Pyrénées et de l'évolution de leur dynamique par suivi génétique rapport 2016 Site Natura 2000 « Madres-Coronat » (FR9101473) Rapport technique.
- DURAND, M.-O. (2017b) Action C2- neutraliser les “points noirs” susceptibles d'entraîner une mortalité des desmans rapport de suivi de l'action C2 au second semestre 2016. Rapport technique.
- GILLET, F. (2015) Génétique et biologie de la conservation du desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*) en France. Université de Liège, Liège, Belgique.
- GIRAUD-SAUVEUR, D. (1969) Recherches biophysiques sur les osselets des cétacés. *Mammalia*, 33, 285–340.
- GMB (2017a) Contrat Nature « Micromammifères de Bretagne » 2016-2019 – Bilan année 01.
- GMB (2017b) Contrat Nature « Micromammifères de Bretagne » 2016-2019 – Bilan année 02.
- GREGE (2015) Évaluation de la fréquentation des ouvrages de la LGV SEA par les petits mammifères.
- KAHMANN, H. & OSTERMANN, K. (1951) Wahrnehmen und Hervorbringen hoher Töne bei kleinen Säugetieren. *Experientia*, 7, 268–269.
- KAPUSTA, J., SALES, G. & CZUCHNOWSKI, R. (2007) Aggression and vocalization behaviour of three sympatric vole species during conspecific and heterospecific same-sex encounters. *Behaviour*, 144, 283–305.

- MANDELLI, M.-J. & SALES, G. (2004) Ultrasonic Vocalizations of Infant Short-Tailed Field Voles, *Microtus agrestis*. *Journal of Mammalogy*, 85, 282–289.
- MELERO, Y., AYMERICH, P., LUQUE-LARENA, J. & GOSALBEZ, J. (2012) New insights into social and space use behaviour of the endangered Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*). *European Journal of Wildlife Research*, 58, 185–193.
- MELERO, Y., AYMERICH, P., SANTULLI SANZO, G. & GOSÀLBEZ, J. (2014) Activity and space patterns of Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) suggest non-aggressive and non-territorial behaviour. *European Journal of Wildlife Research*, 60, 707–715.
- NEWMAN, J.D. (2010) Evolution of the communication brain in control of mammalian vocalization. In *Handbook of Behavioral Neuroscience* pp. 23–28. Elsevier.
- NIETHAMMER, G. (1970) Beobachtungen am Pyrenäen-Desman. *Bonner Zoologische Beiträge*, 21, 157–183.
- PEYRE, A. (1956) Écologie et biogéographie du desman (*Galemys pyrenaicus* g.) dans les Pyrénées françaises. *Mammalia*, 20, 405–418.
- PUISSEUR, C. (1935) Recherches sur le Desman des Pyrénées. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 67, 163–227.
- RICHARD, P.B. (1986) Le Desman des Pyrénées, un mammifère inconnu à découvrir. Éditions du Rocher, Paris.
- RICHARD, P.B. & VALLETTE VIALARD, A. (1969) Le desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*) premières notes sur sa biologie. *La Terre et la vie*.
- RICHARD, P.B. (1973a) Le desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*). Mode de vie. Univers sensoriel. *Mammalia*, 37, 1–16.
- RICHARD, P.B. (1973b) Capture, transport and husbandry of the Pyrenean desman *Galemys pyrenaicus* 1. *International Zoo Yearbook*, 13, 174–177.
- RICHARD, P.B. (1981) La détection des objets en milieux aquatique et aérien par le Desman des Pyrénées (*Galemys Pyrenaicus*). *Behavioural Processes*, 6, 145–159.
- ROMANOW, P., PODUSCHKA, W. & DEUTSCH, W. (1996) Zur intraspezifischen Lautkommunikation des Russischen Desmans *Desmana moschata* (Linnaeus, 1758) (Insectivora : Talpidae : Desmaninae) nebst einigen Angaben zu seinem Sozialverhalten.
- SALES, G. (1974) *Ultrasonic Communication by Animals*. Springer Netherlands.
- STONE, R.D. (1987) The activity patterns of the Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) (Insectivora: Talpidae), as determined under natural conditions. *Journal of Zoology*, 213, 95–106.
- THOMAS, J. & JALILI, M. (2004) Review of echolocation in insectivores and rodents. In pp. 547–564.
- VAUGHAN, T.A., RYAN, J.M. & CZAPLEWSKI, N.J. (2013) *Mammalogy*. Jones & Bartlett Publishers.
- WILEY, R.H. & RICHARDS, D.G. (1978) Physical Constraints on Acoustic Communication in the Atmosphere: Implications for the Evolution of Animal Vocalizations. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 3, 69–94.
- ZSEBŐK, S., CZABÁN, D., FARKAS, J., SIEMERS, B.M. & VON MERTEN, S. (2015) Acoustic species identification of shrews: Twittering calls for monitoring. *Ecological Informatics*, 27, 1–10.

7. Annexes

Glossaire :

Fibres trigéminales : fibres nerveuses appartenant au nerf trijumeau.

Cellules de Merkel : cellules sensibles au sein de l'épiderme, riches en neuropeptides ce qui leur permet une communication neuronale.

Nerf trijumeau : nerf crânien composé de neurones à fonction motrice et surtout sensitive.

Néocortex : zone du cerveau qui participe aux fonctions cognitives dites supérieures comme les perceptions sensorielles, les commandes motrices volontaires, le raisonnement spatial, la conscience ou encore le langage.

Bulbe rachidien : partie inférieure de tronc cérébral qui régule des fonctions vitales comme le rythme cardiaque, la respiration ou la pression artérielle

Cervelet : participe au contrôle moteur et également à quelques fonctions cognitives comme le langage ou les émotions.

Mésencéphale : région du tronc cérébral qui régule les fonctions élémentaires comme le sommeil ou les mouvements de la tête.

Diencephale : contient les diverses structures qui régulent l'activité du système nerveux.

Epithalamus : région contrôlant le sommeil et les fonctions végétatives mais également l'interface entre le cerveau et le système limbique.

Thalamus : structure faisant le lien entre les afférences sensibles et sensorielles et les efférences motrices.

Subthalamus : structure jouant un rôle majeur dans la perception des sensations.

Hypothalamus : structure faisant le lien entre système nerveux et système endocrinien. A l'origine de processus métabolique comme la sécrétion de neurohormone. Il régule des fonctions endocrines, la reproduction, la thermorégulation, le contrôle du rythme d'activité tout au long de la journée.

Strie médullaire : faisceau de fibre longeant le thalamus, d'où partent toutes les informations sensorielles.

Anosmie fonctionnelle : perte ou une forte diminution de l'odorat à cause du dysfonctionnement du nerf olfactif.

Télencéphale : l'ensemble constitué par les hémisphères cérébraux.

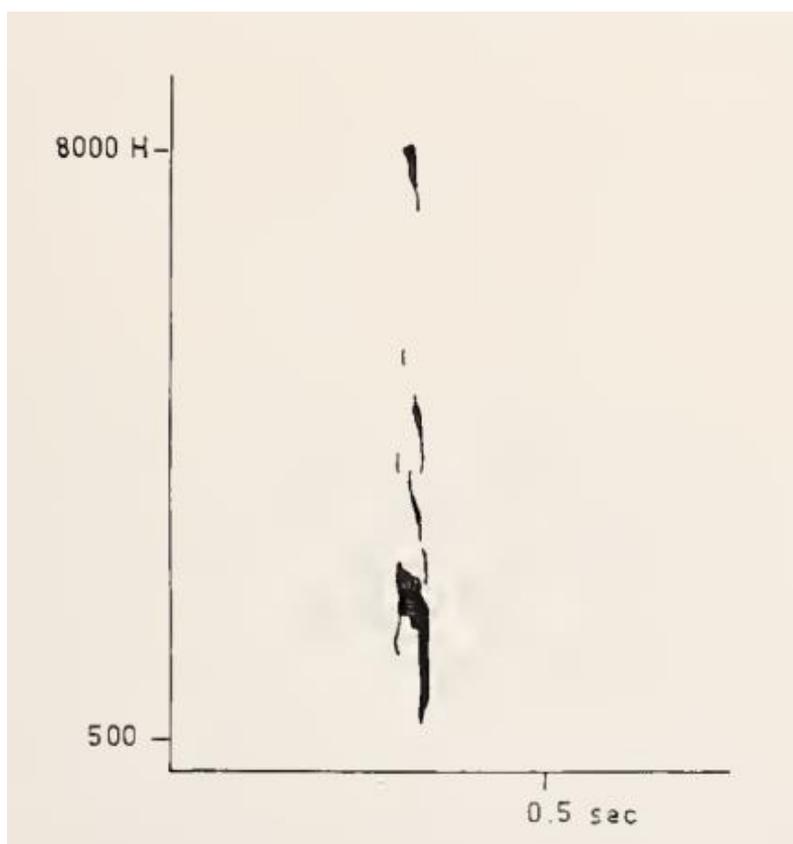
Système nerveux central : reçoit et traite les signaux nerveux, organise les réponses à ces signaux.

Fonction limbique : structure jouant un rôle important dans le comportement et les émotions.

Bourgeon gustatif : responsable de la sensation gustative grâce à leurs cellules gustatives aux longues microvillosités baignant dans la salive ou l'eau extérieure.

Odontocètes : cétacés à dents (bélugas, cachalots, orques, dauphins, marsouins...)

Annexe 1 : sonogramme du Desman des Pyrénées (Niethammer, 1970)



Annexe 2 : synthèse des prospections de recherche de fèces du Desman des Pyrénées, sur le cours moyen de la rivière de Nohèdes (« * » correspond à la présence d'un crottier).

| | <i>GAL 1</i> | <i>GAL 2</i> | <i>GAL 3</i> | <i>GAL 4</i> | <i>GAL 5</i> | <i>GAL 6</i> | <i>Total</i> |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <i>Automne 2014</i> | 4 | 10 | 8 | 0 | 0 | 1 | 23 |
| <i>Printemps 2015</i> | 0 | 3* | 4* | 0 | 1 | 1 | 9 |
| <i>Été 2015</i> | 16* | 27* | 6* | 7 | 14* | 16* | 86 |
| <i>Automne 2015</i> | 0 | 0 | 1 | 5 | 6* | 0 | 12 |
| <i>Printemps 2016</i> | 1 | 9 | 1 | 0 | 11 | 0 | 22 |
| <i>Été 2016</i> | 8* | 11 | 14 | 1 | 0 | 3 | 37 |
| <i>Automne 2016</i> | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| <i>Total 2016</i> | 11* | 20 | 15 | 2 | 11 | 3 | 71 |
| <i>Total</i> | 31 | 60 | 34 | 14 | 32 | 21 | 192 |

*Annexe 3 : observation exceptionnelle et simultanée de deux Desmans des Pyrénées
(Bart Raymaekers (11/04/18))*



Annexe 4 : empreinte de mulot ou de campagnol sur feuille révélatrice



Annexe 5 : broyat d'insectes dans un pilulier (cercle bleu) et microphone (cercle rouge)



Annexe 6 : crottes fraîches détectées le 23/07/18



Annexe 7 : dispositif (microphone en cercle rouge) mis en place à la suite de la découverte des crottes (cercle bleu) le 23/07/18



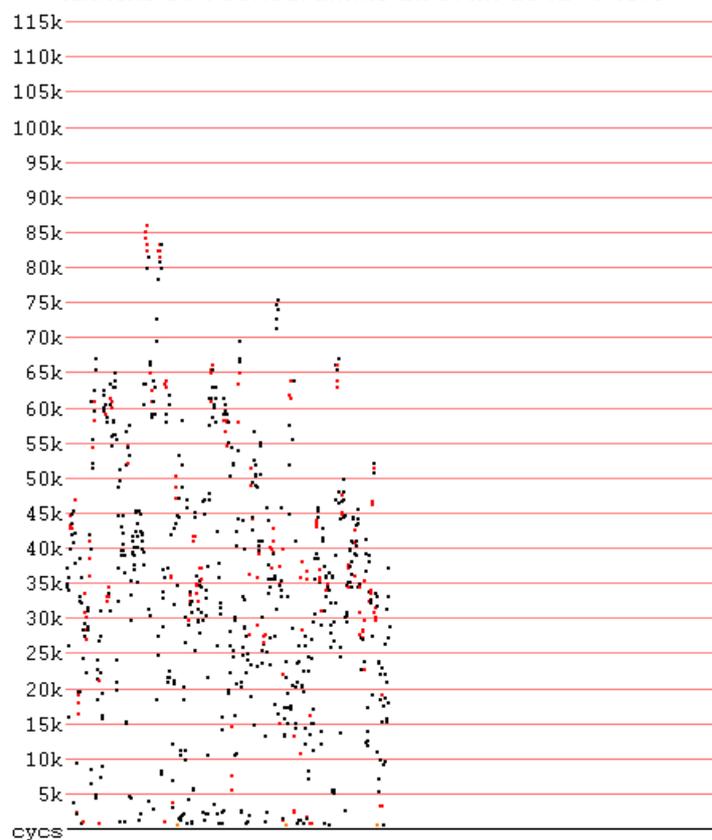
Annexe 8 : test des pièges photographiques (cercles bleus) et des SM4 (cercles rouges)



Annexe 9: dispositif à partir du 23/07/18 (microphone en bleu et crottier en rouge)



Annexe 10 : sonogramme du bruit de la rivière



Annexe 11 : récapitulatif des données sur les espèces ou groupes proches du Desman des Pyrénées

| |
|---|
| <p><u>Rongeurs</u> : production d'ultrasons dans un contexte social et écholocation possible (Kahmann, 1951)</p> |
| <p><u>Chiroptères, certains Soricomorphes et Afrosoricidés, et probablement tous les cétacés</u> : pratique de l'écholocation (Vaughan, 2013 ; Sales et Pye, 1974))</p> |
| <p><u>Myomorphes</u> : production de son jusqu'à 100 kHz, production des ultrasons même sans manipulation (Brown, 1976).</p> |
| <p><u>Rat</u> :</p> <ul style="list-style-type: none">• Agonie/soumission : émission de signaux longs et basse fréquence (25 kHz).• Agression : impulsions courtes et à fréquence élevée (45-70 kHz).• Deux mâles : individu soumis : longue impulsion à 22 kHz et individu agressif : plusieurs impulsions entre 40 et 60 kHz chevauchant la fin de l'impulsion de l'individu soumis.• Mâle pour limiter agressivité des femelles : 70 kHz.• Après éjaculation : 22 kHz.• Ultrasons pour communication mère/petits. <p>→ Le rat étant un animal colonial, cela induit beaucoup de rencontres intraspécifiques. L'organisation sociale pourrait donc avoir un lien avec les émissions sonores (Brown, 1976).</p> |
| <p><u>Souris sylvestre et souris commune</u> :</p> <ul style="list-style-type: none">• Juvénile frigorifié : émission d'une longue impulsion BF avec un fondamental à 24 kHz.• Juvénile manipulé : émission une impulsion haute fréquence passant rapidement de 124 à 62 kHz.• La souris sylvestre et la souris commune réagissent aux sons jusqu'à 100 kHz, voir 115 kHz (Brown, 1976) |
| <p><u>Campagnol</u> : émission d'ultrasons peut être associée à un comportement social non agressif. Il est également probable que les individus aient besoin de se reconnaître entre eux avant d'émettre des vocalisations (Kapusta, 2007).</p> |
| <p><u>Campagnol agreste</u> : émissions sonores entre 35 et 50 kHz, leurs durées varient entre 30 et 50 ms, les séquences peuvent compter jusqu'à 12 impulsions avec 150 à 250 ms entre chaque impulsion. Les séquences sont séparées de 400 à 2 600 ms et il n'y a pas de différence significative entre les sexes ou entre les classes d'âge. Il y a cependant une variation individuelle dans les caractéristiques mesurées (Mandelli, 2004).</p> |
| <p><u>Musaraigne</u> : pour 6 espèces de musaraignes d'Europe Centrale, la fréquence d'émission se situe entre 4,87 et 7,18 kHz (Zsebők <i>et al.</i>, 2015).</p> |

Taupe d'Europe : sensible aux basses fréquences du son et les oreilles peuvent agir comme des récepteurs équilibrés et à différence de pression (Coles, 1982).

La gamme auditive se situe entre 0,2 et 15 kHz et la fréquence de sa meilleure audition est 0,5kHz à 34dB.

→ Cela est conforme à la majorité des rongeurs souterrains. En effet les capacités auditives des mammifères semblent être plus liées à leur habitat (ici souterrain) qu'à la famille dont ils proviennent ou à leur origine géographique. Les possibilités de l'audition semblent donc être le résultat d'une évolution convergente.

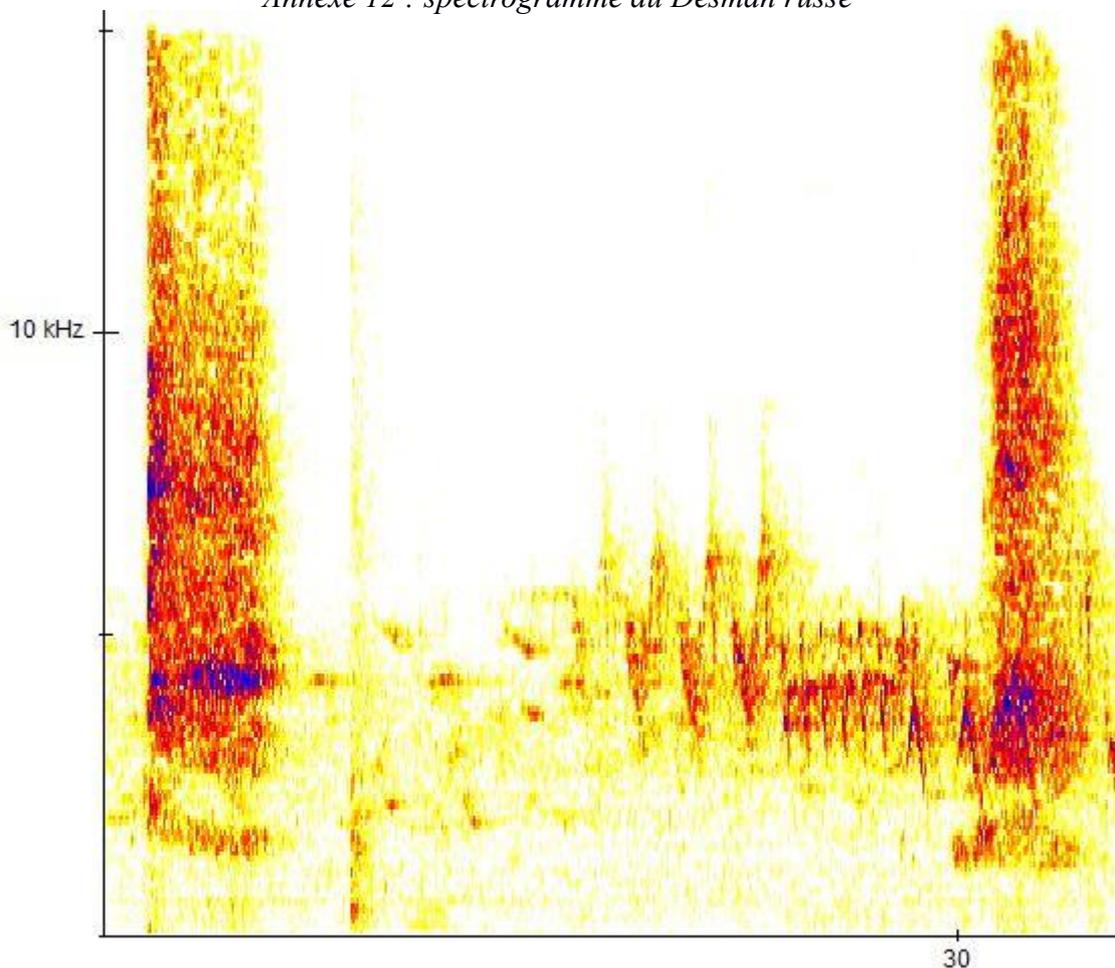
Or, cette convergence peut être une conséquence adaptative ou bien liée à la dégénérescence régressive due au manque de stimulation ou encore à la spécialisation progressive sur la perception des stimuli restreints.

La Taupe d'Europe et le Desman des Pyrénées ont beaucoup d'analogies même s'il y a une dissemblance extérieure.

La Taupe d'Europe tout comme le Desman des Pyrénées a des capacités rudimentaires de discrimination de la luminosité (Begall, 2007).

Cette dissemblance morphologique est due à des modes de vie différents qui ont entraîné le développement de caractères adaptatifs opposés (vie souterraine et vie aquatique) (Puisségur, 1935).

Annexe 12 : spectrogramme du Desman russe



Résumé :

Le Desman des Pyrénées est un petit mammifère semi aquatique endémique du quart nord-ouest de la péninsule ibérique et du massif pyrénéen. C'est une espèce discrète et complexe à observer, ce qui explique que sa biologie et son écologie soient aussi méconnues.

Le Desman des Pyrénées fait l'objet d'un programme LIFE depuis 2014. Le LIFE+ Desman a permis la mise en place de plusieurs techniques dans le but de faciliter la détection de ce talpidé. Dans la continuité de ces expérimentations, cette étude explore de nouvelles méthodes non-invasives de détection du Desman des Pyrénées en utilisant des enregistreurs ultrasonores et des pièges à encre. La capacité du Desman à émettre des sons est encore discutée dans la littérature scientifique. Néanmoins, l'étude de la production sonore des petits mammifères se développe depuis plusieurs années. La perspective d'identification spécifique grâce à l'écologie acoustique, comme c'est déjà le cas pour les chiroptères, est particulièrement prometteuse pour l'étude des micromammifères.

Mots clés : *Galemys pyrenaicus* – Ecologie acoustique – Identification spécifique – Enregistreur bioacoustique – Piège à encre

Abstract :

The Pyrenean Desman is a small semi-aquatic mammal endemic to the northwest quarter of the Iberian Peninsula and the Pyrenean massif. It is a discreet and complex species to observe, which explains why its biology and its ecology are so unknown. The Pyrenean Desman has been the subject of a LIFE program since 2014. The LIFE+ Desman has enabled the implementation of several techniques in order to facilitate the detection of this talpid. In the continuity of these experiments, this study explores new non-invasive methods of detecting the Pyrenean Desman using ultrasonic recorders and ink traps. Desman's ability to emit sounds is still discussed in the scientific literature. Nevertheless, the study of the sound production of small mammals has been developing for several years. The specific identification perspective through acoustic ecology, as is already the case for Chiroptera, is particularly promising for the study of micromammals.

Key words : *Galemys pyrenaicus* – Acoustic ecology – Specific identification – Bioacoustics recorder – Ink trap