L'Union des associations naturalistes d'Occitanie organise les

RENCONTRES NATURALISTES D'OCCITANIE

2ème édition

LES 15 - 16 - 17 MARS 2024

Palais des Congrès de Gruissan (Aude)

COLLOQUE NATURALISTE

FORUM DES ASSOCIATIONS
AVEC ANIMATIONS ET ATELIERS PRATIQUES

PROJECTION DE FILM

SORTIES NATURE

GRUISSAN L'ESPRIT DU SUD

PRÉFET DE LA RÉGION OCCITANIE

Occitanie

OFB OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ

OcNat ocnat.fr

C.Grousset

OUVERTURE OFFICIELLE DES RENCONTRES NATURALISTES D'OCCITANIE

État de la biodiversité en Occitanie ; de la valorisation des connaissances au passage à l'action

OUTILS ET TECHNIQUES

Contributions de l'ADN environnemental à la conservation de la biodiversité

La flore protégée sous l'œil du drone : objectifs, résultats et perspectives

Évaluation de la biodiversité des haies gersoises et développement d'outils de diagnostic et de planification à destination des collectivités et des agriculteurs pour une gestion durable

Biodiv'Occitanie

GESTION CONSERVATOIRE

Efficacité des mesures compensatoires de grands projets d'infrastructures *

La circulation de l'eau et le fonctionnement hydrologique des zones humides forestières. Exemple du bassin versant de l'Aude

La réouverture de landes montagnardes par écobuage et broyage : influence sur la flore et les papillons de jour *

Comment va la Marsilée pubescente ? Bilan de plus de vingt ans de gestion conservatoire d'une espèce à enjeu majeur

Préservation d'une population d'Écrevisse à pattes blanches dans un ruisseau du département du Lot

Conservation du Damier de Godart (Euphydryas desfontainii) en France

PROGRAMMES D'AMÉLIORATION DES CONNAISSANCES

Valorisation de l'inventaire du patrimoine géologique d'Occitanie

Programme national d'étude des espèces cryptiques de petits Mammifères : état des lieux et déploiement en Occitanie

Papillons de jour et Libellules méconnus ou rares en Occitanie : état des connaissances, conseils pour la détermination et les prospections *

Le programme HétérOccitanie : les naturalistes d'Occitanie sont-ils prêts à s'intéresser aux punaises en dehors de leurs lits ?

Vigie-Chiro, du suivi acoustique des chauves-souris à l'ensemble de la faune nocturne

FLORE ET HABITATS

Flore aquatique des lacs d'altitude, 2013-2023 : de la connaissance à la protection

Résultats des études génétiques sur le Pin de Salzmann et perspectives de gestion sur le site Natura 2000 de la vallée du Gardon de Mialet

Il était une fois les vieilles prairies mésophiles

Quel avenir pour les roselières littorales d'Occitanie ?

HABITATS D'ESPÈCES

Étude de la sélection des habitats par le Desman des Pyrénées (Galemys pyrenaicus) et de leur sensibilité aux variations de débit en vue de l'élaboration de recommandations pour la conservation de l'espèce

L'Arcyptère languedocienne : optimisation de la détection et précisions écologiques sur un criquet menacé

Arthropodes méconnus du sol et du sous-sol : isopodes et myriapodes de l'Ariège et ses environs *

FOCUS SUR UNE ESPÈCE

La Tortue caouanne (Caretta caretta) : un nouvel enjeu en Méditerranée française *

Le Molosse de Cestoni, amélioration des connaissances sur l'espèce

Répartition du Chat forestier en Occitanie et connectivités forestières *

ÉVALUER LA BIODIVERSITÉ

Évolution des oiseaux communs en Occitanie : Analyses des données STOC-EPS

Évaluation du déclin des serpents au cours des quarante dernières années en Occitanie

* Uniquement sous forme de diaporama (voir sur le site internet d'OCnat)

Etat de la biodiversité en Occitanie
De la connaissance au passage à l'action

Meslier Violaine[1]

[1]*Agence régionale de la biodiversité Occitanie, 201 avenue de la Pompignane 34064 Montpellier. Email : violaine.meslier@arb-occitanie.fr*

Mots clés : suivi de la biodiversité, indicateurs, faune, milieux naturels, données

Résumé :

Quel est l'état de la biodiversité en Occitanie ? Quelles sont les tendances observées ? Comment évoluent les pressions issues des activités humaines sur cette biodiversité ? Est-ce que les actions engagées collectivement en région permettent d'agir contre l'érosion de la biodiversité ? C'est à toutes ces questions que l'observatoire régional de la biodiversité Occitanie (ORB) cherche à répondre par le biais d'indicateurs. Grâce aux données disponibles, des indicateurs de connaissance dressent le portrait de la biodiversité en région mais également les responsabilités de préservation face aux nombreuses menaces. L'évaluation des tendances des populations d'espèces se heurte souvent à des données lacunaires ou inexistantes, néanmoins quelques éclairages sur des populations d'oiseaux semblent appuyer la thèse d'un déclin en région. Pour y faire face, l'Occitanie s'est dotée d'une Stratégie régionale de la Biodiversité pour laquelle l'ORB apporte son concours en évaluant la trajectoire collective en faveur de la biodiversité. Quelques exemples d'indicateurs illustrent des actions engagées sur le territoire.

1. Introduction

L'érosion de la biodiversité est un phénomène observé à l'échelle mondiale dont l'ampleur a été constatée par la Plateforme intergouvernementale sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) et publiée en 2019. Dans ce contexte, un suivi de la biodiversité à travers des indicateurs est nécessaire. Au niveau régional, l'Observatoire régional de la biodiversité (ORB) a pour rôle d'évaluer l'état de la biodiversité au regard des différents facteurs qui influencent son évolution. Il participe également à l'évaluation des politiques publiques en matière de biodiversité et particulièrement de la Stratégie régionale de la Biodiversité. Pour cela, l'ORB utilise les données à disposition et identifie les indicateurs à élaborer de manière à apporter des informations claires et synthétiques sur la biodiversité en région. Cet outil piloté par l'Agence régionale de la biodiversité Occitanie est destiné à la fois aux élus et décideurs mais également au grand public. L'ensemble des résultats présentés est issu d'un travail collectif dans lequel de nombreux partenaires contribuent et apportent leur expertise.

2. Etat de la connaissance

2.1. La diversité spécifique

Grâce aux données naturalistes disponibles au sein du Système d'Information de l'Inventaire du patrimoine naturel Occitanie (SINP), la diversité spécifique en région a été établie sur la base des principaux groupes taxonomiques connus (figure 1). Il s'agit d'une photographie à un instant "t", puisque les chiffres sont voués à évaluer en fonction des connaissances et des prospections. De nombreux autres groupes sont manquants : à titre d'exemples les insectes ne sont principalement représentés que par trois ordres (lépidoptères rhopalocères et zygènes, odonates et orthoptères) alors qu'il en existe environ une trentaine… Le nombre d'espèces végétales total est également lacunaire puisque seuls les taxons de la flore vasculaire sont présentés.

Au total, ce sont 1 126 espèces de faune recensées en Occitanie et 4 445 espèces de flore. En transposant cette diversité spécifique en proportion d'espèces présentes en région par rapport à la France métropolitaine, on ne peut que souligner l'exceptionnelle richesse (figure 2). En effet, sur les 10 groupes taxonomiques les plus connus, 8 présentent un nombre d'espèces tel que plus de 70% des espèces de France métropolitaine sont recensées en Occitanie. C'est le cas pour les chiroptères (90%), les papillons de jours (Rhopalocères et zygènes) (81%), les odonates (80%), les oiseaux (77%), les reptiles (76%), les mammifères terrestres non volants (76%), les orthoptères (71%) et la flore vasculaire (71%). Cela confère une responsabilité particulière en matière de préservation pour la Région Occitanie.

Bien que relativement bien connus, ces groupes taxonomiques souffrent d'un effort de prospection hétérogène sur le territoire. Ainsi le pourtour méditerranéen, l'agglomération toulousaine ou encore les secteurs des Pyrénées et des Cévennes, disposent de nombreuses données alors que d'autres territoires en région tels que la partie ouest de l'Aveyron ou encore le Gers offrent un nombre de données plus restreint. Selon les groupes, cela dépend d'une part de la présence des naturalistes et de l'attrait pour la zone à prospecter.

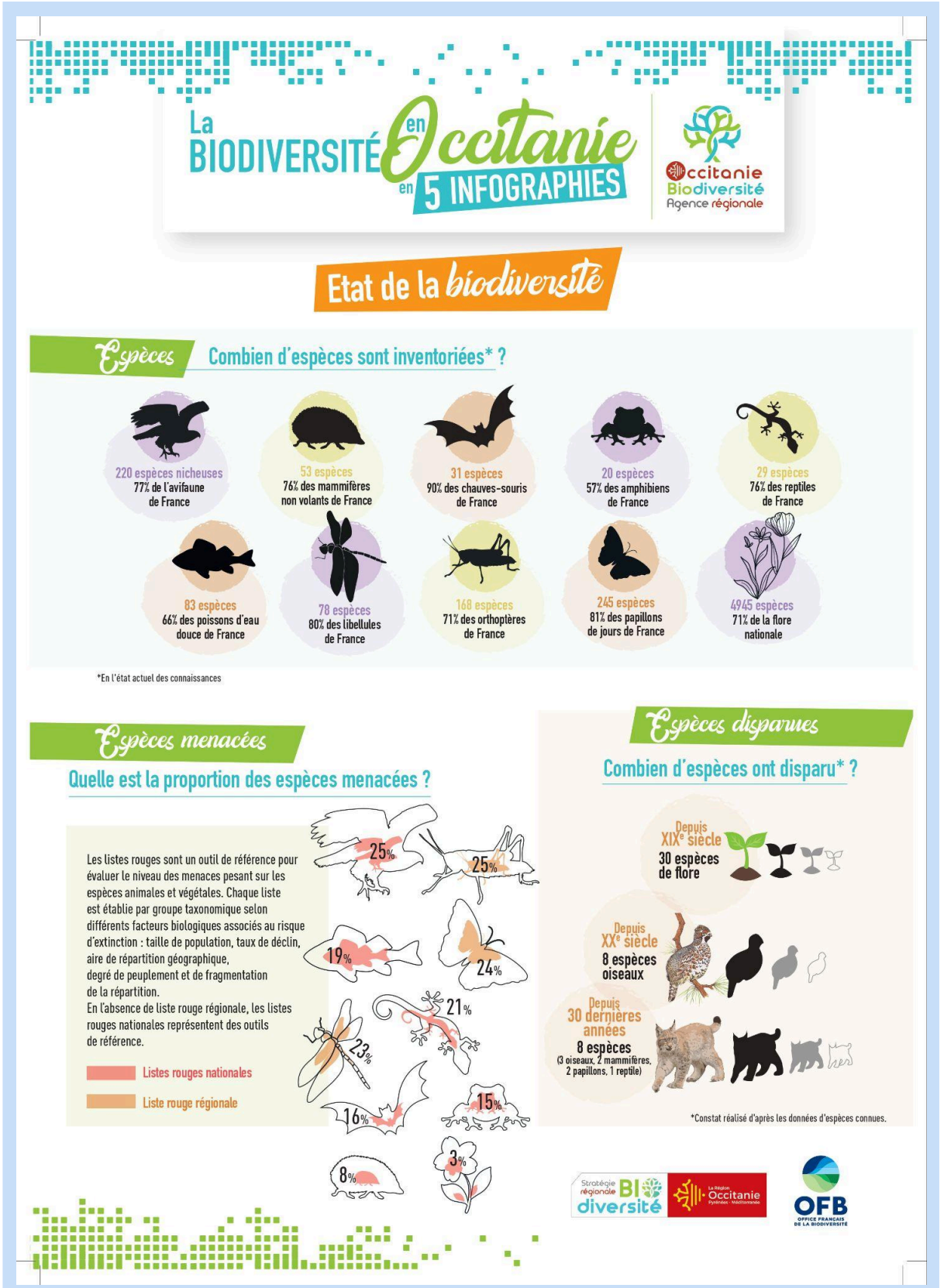


Figure 1 : Diversité spécifique en Occitanie - 2023

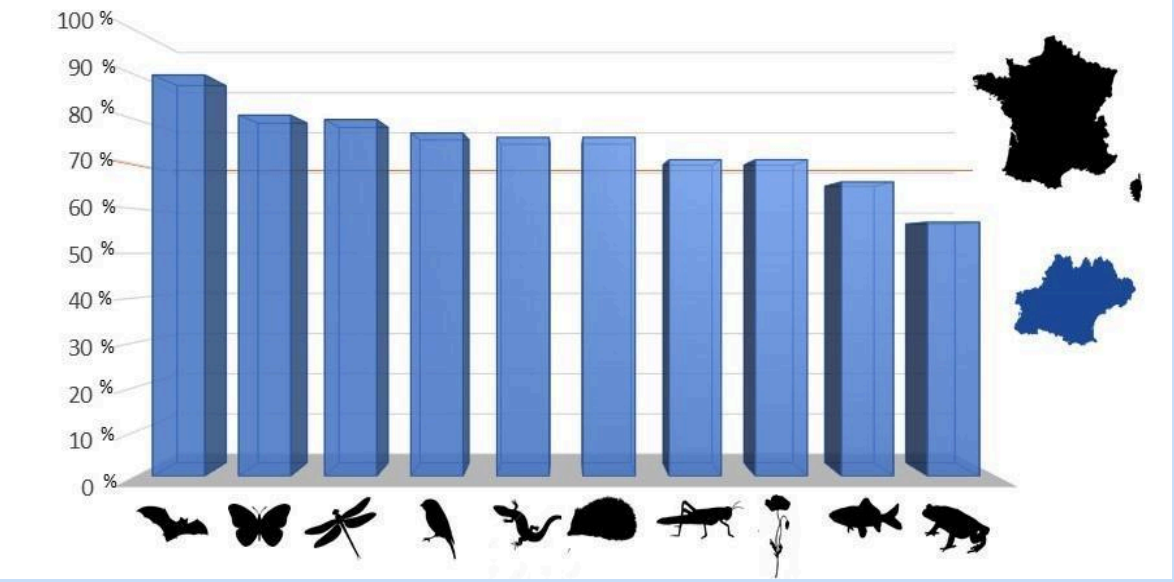


Figure 2 : Proportion des espèces présentes en région par rapport à la France métropolitaine.

2.2. Les espèces menacées

Parmi les indicateurs d'état de la biodiversité, la proportion d'espèces menacées au sein de chaque groupe taxonomique est révélatrice de l'urgence à agir (figure 3). Malheureusement le niveau de connaissance est également très hétérogène selon les groupes considérés. En mars 2024, seules 3 listes rouges régionales sont validées en Occitanie : les lépidoptères rhopalocères et zygènes, les odonates et les orthoptères. Pour les autres groupes, à défaut d'informations, les listes rouges nationales sont utilisées. L'absence de liste référentielle au niveau régional est très souvent source de sous estimations d'espèces menacées. L'émergence progressive des listes rouges régionales permettra à l'avenir d'affiner ces résultats.

Sur la base des listes rouges régionales existantes en Occitanie, il apparaît que près d'une espèce d'insectes sur 4 est menacée de disparition (lépidoptères rhopalocères et zygènes, odonates et orthoptères). Le constat est le même pour les oiseaux, même si la future liste rouge régionale à paraître viendra préciser ces observations.

Ces informations sont capitales et permettent d'identifier les espèces pour lesquelles une attention particulière est demandée avant qu'il ne soit trop tard.

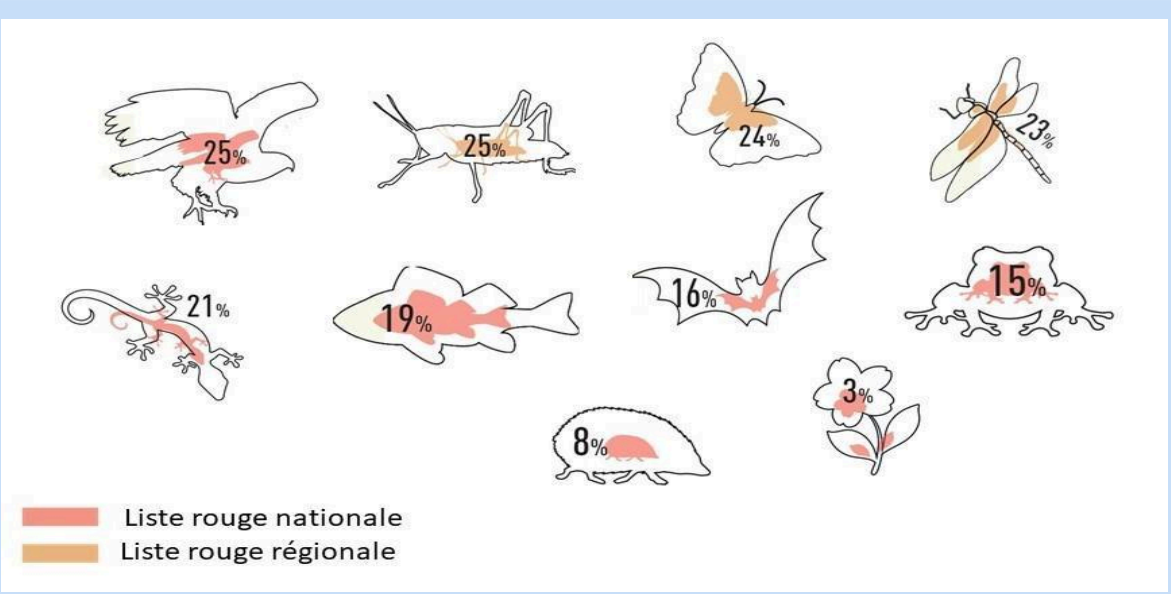


Figure 3 : Proportion d'espèces menacées en région

2.3. Les espèces disparues

Sur la base des connaissances actuelles, la région déplore la disparition de plusieurs espèces. Des disparitions récentes avec l'extinction à l'état sauvage de 8 espèces depuis les années 90 : Vison d'Europe (*Mustela lutreola*), Lynx boréal (*Lynx lynx*), le traquet rieur (*Oenanthe leucura*), la Pie grièche à poitrine rose (*Lanius minor*), le Pluvier guignard (*Eudromias morinellus*), le Faux-cuivré smaragdin (*Tomares ballus*), la Vanesse des pariétaires (*Polygonia egea*), la Tortue hermann (*Testudo hermanni*).

En remontant dans le temps, depuis les années 1990, ce sont également 8 espèces d'oiseaux qui avaient déjà disparu de la région. Les espèces animales ne sont pas les seules à disparaître, plus d'une trentaine d'espèces végétales ont été identifiées comme éteintes depuis 1800. Ces chiffres sont loin d'être exhaustifs mais apportent quelques éléments de la dynamique d'érosion de la biodiversité qui se joue en région.

3. Quelle évolution ? quelles tendances ?

Suivre la biodiversité en région et déterminer des tendances supposent de disposer de données historiques, recueillies dans des conditions identiques pour être agrégées et en nombre suffisant pour être statistiquement robuste et représentatif. Il ne s'agit donc pas de données dites « opportunistes » mais bien de données issues de protocoles standardisés destinés à répondre à une question précise. Malheureusement, très peu de données en région répondent à tous ces critères.

3.1. Les tendances pour quelques espèces d'oiseaux

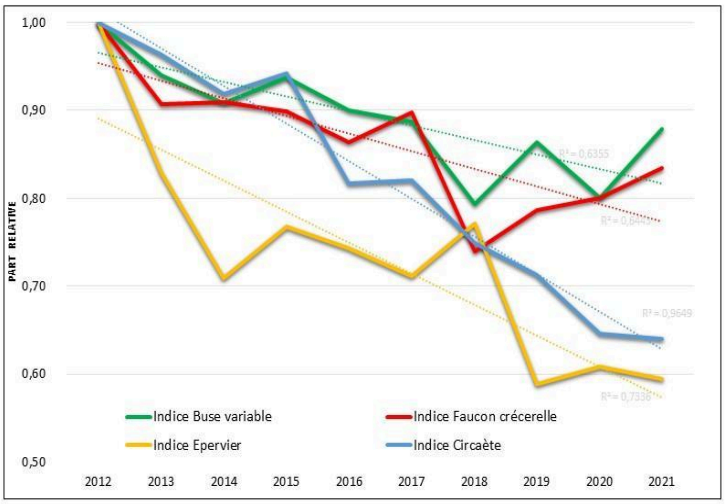
Les oiseaux correspondent au groupe pour lequel nous disposons le plus de

connaissances mais également de recul vis-à-vis de la collecte des données. Ainsi plusieurs indicateurs ont pu être élaborés.

Le premier exemple concerne les rapaces menacés pour lesquels des plans nationaux d'actions sont mis en œuvre. Pour les 5 espèces que sont l'Aigle de Bonelli, le Gypaète barbu, le Vautour percnoptère, le Vautour moine ou encore le Faucon crécerellette, le nombre de couples nicheurs en région est à la hausse depuis la fin des années 90 (figure 4). Malgré tout, il est important de garder à l'esprit que les effectifs restent fragiles notamment pour l'Aigle de Bonelli. Ces résultats encourageants doivent être observés sur un pas de temps suffisamment long pour lisser les éventuelles variations interannuelles. Parmi les hypothèses les plus probables expliquant ces tendances positives, sont les moyens mis en œuvre pour préserver ces espèces.

Figure 4 : Evolution des rapaces à forte valeur patrimoniale en Occitanie (Source : Indicateur rapaces menacés, GOR, ARB Occitanie 2023).

Cette hypothèse est d'autant plus crédible lorsqu'on confronte ces résultats, aux tendances observées pour les rapaces communs : Buse variable, Epervier d'Europe, Faucon crécerelle, Circaète Jean-le -blanc (figure 5). Pour les 4 espèces concernées, toutes indiquent une tendance négative sur la base de la méthode de la part relative. Il s'agit d'une première tentative pour rendre compte de la situation des rapaces communs et mérite d'être affinée, mais cela doit permettre d'avoir une vigilance particulière pour ces espèces. Seules les espèces disposant suffisamment de données ont pu être analysées.



Source : Indicateur Rapaces communs, GOR, ARB Occitanie 2023

Figure 5 : Tendance de la part relative concernant quatre espèces de rapaces communs (Source : Indicateur Rapaces communs, GOR, ARB Occitanie 2023).

Un autre exemple d'indicateur provient des données issues du suivi Wetlands international, destiné à suivre les populations hivernantes d'oiseaux d'eau. Là encore, seules les espèces pour lesquelles nous disposons suffisamment de données ont fait l'objet d'une analyse. La situation est très variée d'une espèce à l'autre : si certaines espèces comme la Grande aigrette montre une tendance à la hausse depuis 30 ans, en revanche d'autres comme le Canard pilet connaît le phénomène inverse.

Enfin, un dernier exemple de tendance illustre le cas des Pies-grièches et plus précisément celui de la Pie-grièche méridionale dont l'évolution de l'abondance et de l'occurrence moyenne semblent indiquer une légère baisse, laissant présager une situation peu favorable pour l'espèce (figure 6). La répartition de l'espèce souligne un mitage de son aire de présence et une disparition des sites les plus périphériques.

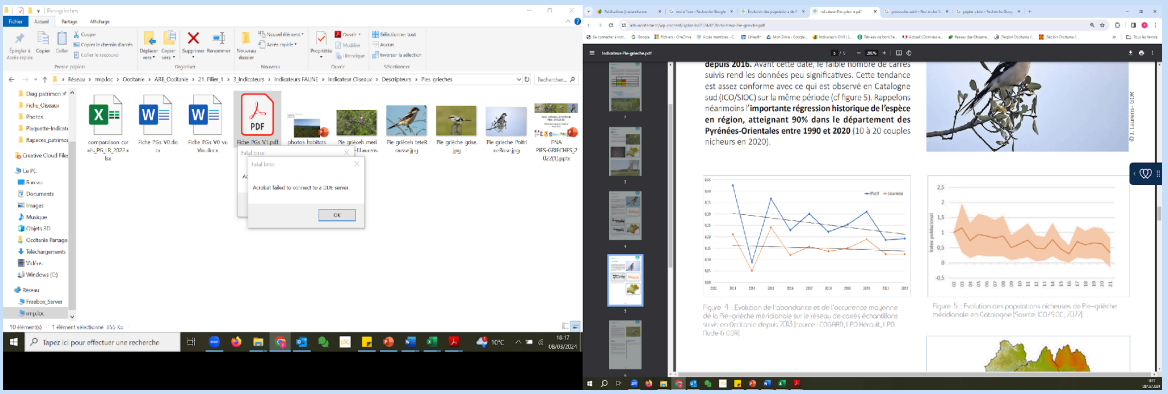


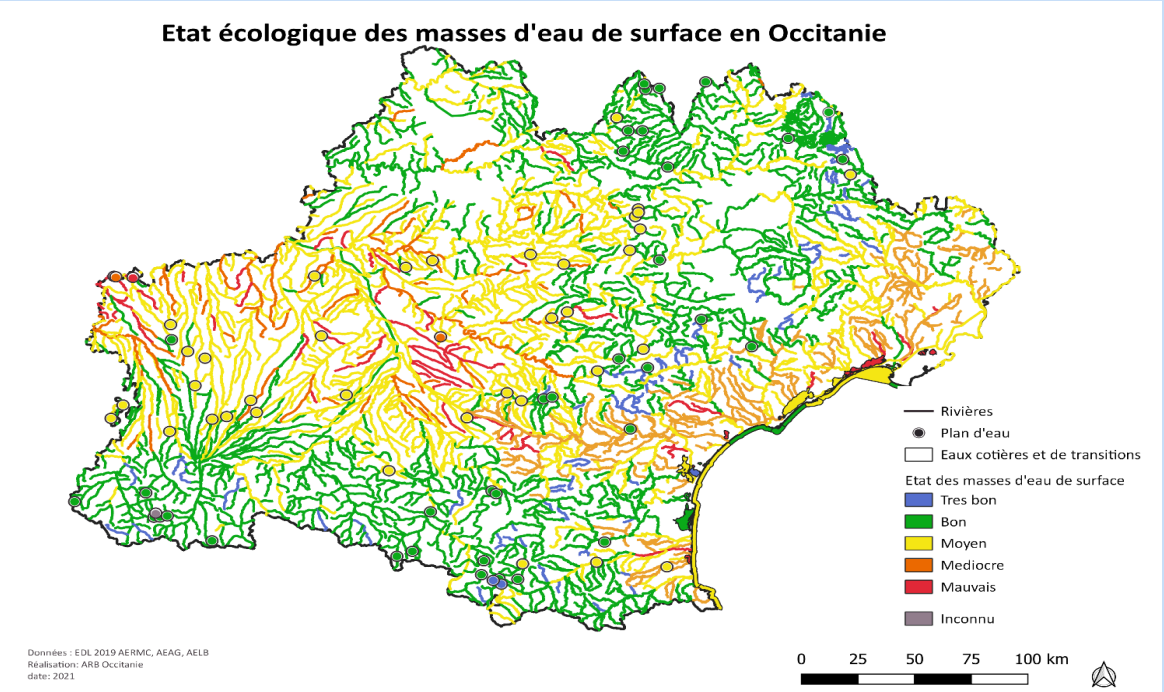
Figure 6 : Evolution de l'abondance et de l'occurrence moyenne des populations de Pie-grièche méridionale en Occitanie. (Source : COGARD, LPO 34, LPO11, GOR, 2020).

3.2. Les milieux naturels

En ce qui concerne les milieux naturels, peu d'indicateurs sont disponibles pour le moment à l'échelle de l'Occitanie.

L'indicateur sur les forêts d'Occitanie apporte des éléments d'informations sur l'évolution de la surface couverte en forêt, la composition ou encore la structuration des peuplements mais n'aborde pas l'état de conservation des écosystèmes forestiers. Un focus est réalisé sur les vieilles forêts qui représentent un enjeu de préservation régional. Ainsi la surface de vieilles forêts représente 0,5% de la surface forestière des Pyrénées et de la plaine.

Les milieux aquatiques font partie des milieux bien suivis notamment vis-à-vis de la Directive Cadre sur l'Eau. Ainsi l'état écologique des masses d'eau de surface a pu être établi et révèle que la moitié des cours d'eau est en bon état écologique (carte 1).



Carte 1 : Etat écologique des masses d'eau de surface en Occitanie 2019.

4. Les menaces

Évaluer l'état de la biodiversité nécessite d'analyser et suivre les facteurs d'influence et plus particulièrement des pressions issues des activités humaines. Cinq pressions ont été identifiées à l'échelle mondiale et sont les mêmes au niveau national ou régional. Il s'agit de la fragmentation et la dégradation des milieux naturels, des pollutions, du changement climatique, de la surexploitation des ressources et de la présence des espèces exotiques envahissantes.

En Occitanie, la dégradation des milieux naturels est marquée par l'artificialisation en forte augmentation puisqu'entre 1990 et 2018, ce sont +52% de surfaces qui ont été artificialisées.

Concernant la fragmentation, cette dernière a été quantifiée par exemple sur les cours d'eau avec la présence en moyenne d'un obstacle tous les 1,9 km,autant d'obstacles qui empêchent la libre circulation des espèces aquatiques.

Parmi les pollutions, la pollution lumineuse fait l'objet d'un indicateur et révèle que 91% du territoire d'Occitanie est exposé à des niveaux élevés de lumière artificielle.

Les effets du changement climatique sont d'ores et déjà observables en région. Outre les sécheresses, le risque incendie sera de plus en plus fort dans les années à venir. En 2019, les données ont été analysées et indiquent que 11% des communes d'Occitanie ont été touchées par un incendie.

La surexploitation des ressources a été analysée sur la base des stocks de poissons évalués en Méditerranée. Les évaluations indiquent que sur les neuf

stocks de poissons pêchés à des fins commerciales, 4 sont surpêchés. De nombreuses lacunes de connaissance empêchent d'avoir une vision plus large sur les stocks de poissons.

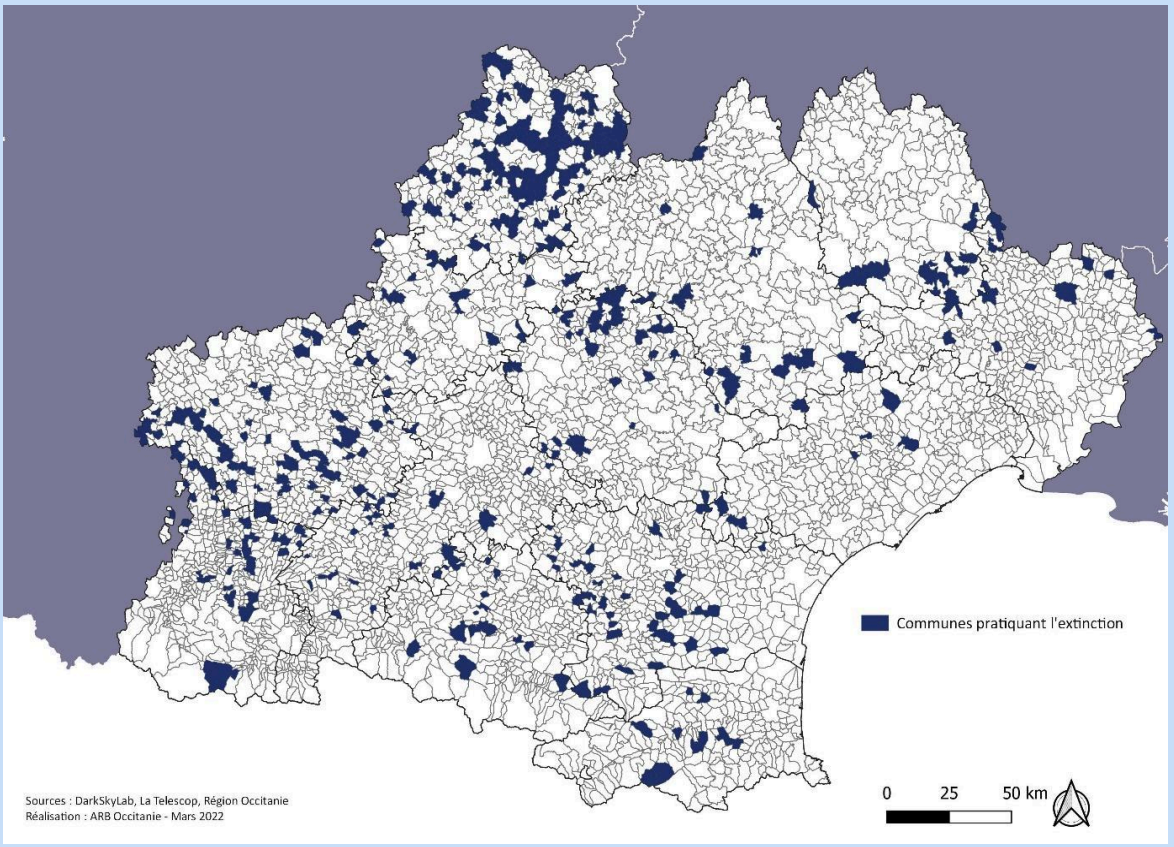
Enfin des indicateurs sur l'état des lieux des espèces animales exotiques envahissantes et plantes envahissantes ont été élaborés en région permettant d'affirmer que le nombre d'espèces exotiques envahissantes a été multiplié par trois en 40 ans. Une dynamique suivie de près par le Conservatoire d'espaces naturels Occitanie et des deux Conservatoires botaniques nationaux (Méditerranéen et Pyrénéens et Midi Pyrénées).

5. L'action en région

Face à ces constats, il convient d'agir sur des leviers entraînant un changement de pratique. Pour cela, une feuille de route commune a été élaborée ; il s'agit de la Stratégie régionale Biodiversité (SrB). Cinq défis permettent d'organiser les actions et définissent la trajectoire à suivre.

L'ORB constitue un outil opérationnel pour le suivi-évaluation de la SrB. Aussi plusieurs indicateurs ont été choisis pour suivre l'évolution des pratiques à l'échelle régionale.

Parmi les changements de pratiques suivis : l'extinction de l'éclairage public. Sur la base des données satellitaires et du nombre d'habitants par commune, une modélisation de l'extinction totale probable de l'éclairage a été réalisée. Ainsi, d'après la méthode utilisée, 9.9% des communes d'Occitanie pratiquent une extinction totale probable en 2019 (carte 2).



Carte 2 : Estimation des communes réalisant une extinction totale en 2019.

Un second exemple d'indicateur concerne le réseau d'aires protégées en Occitanie. Ici il s'agit d'évaluer la prise en compte des enjeux biodiversité par les politiques publiques. Si 36.5% du territoire régional est couvert par au moins une aire protégée en revanche, seulement 2.4% est sous protection pérenne au travers de la protection réglementaire. Les aires de protection réglementaire nécessitent de longues démarches et concernent souvent des surfaces réduites, aussi l'évolution de la part des surfaces sous protection réglementaire est faible.

Enfin, l'évaluation de l'état de la biodiversité dépend des connaissances et des données à disposition. L'amélioration des connaissances passe donc par les données accessibles via le SINP (plus de 10 millions de données en 2024) ou encore une multiplication des secteurs de prospection. Le déploiement des Atlas de la Biodiversité communale (ABC) en région peut en effet pallier un manque de données sur un secteur et renforcer la connaissance au niveau régionale. En 2023, 5,8% des communes d'Occitanie étaient concernées par un ABC.

6. Conclusion

L'état de la biodiversité est dépendant de la connaissance et des données disponibles. S'il est à présent possible d'avoir un état initial des connaissances sur les espèces, cela représente peu de

groupes taxonomiques et il est encore très difficile d'obtenir des tendances de populations à l'échelle régionale. Par ailleurs, le travail débute à peine en ce qui concerne les milieux naturels. Néanmoins des signaux nous alertent déjà sur la situation en région, il convient donc de poursuivre ces travaux et rendre compte régulièrement.

Les projets en cours et à venir (développement des listes rouges régionales, diagnostic territorial dans le cadre de la Stratégie Aires protégées, Occupation du sol régional) permettront de renforcer la connaissance et d'orienter les choix d'actions.

7. Remerciements

Un grand merci à tous les contributeurs de l'ORB au sein des différents groupes de travail, aux membres du bureau ainsi qu'aux experts scientifiques, sans qui, l'élaboration d'indicateurs ne serait possible.

Contributions de l'ADN environnemental à la conservation de la biodiversité.

De la capacité des biofilms aquatiques à capter l'ADN environnemental pour détecter l'Écrevisse à pattes blanches : résultats préliminaires.

Lang Iris[1,2], Marc Daniel[1,3] et Michaux Johan[4]

[1] *Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie, 26 Allée de Mycènes, 34000 Montpellier, France. Emails : iris.lang@cen-occitanie.org / daniel.marc@cen-occitanie.org*

[2] *École d'Ingénieurs de Purpan, 75 Voie du TOEC, BP 57611, 31076 Toulouse Cedex 3, France.*

[3] *Université Jean Jaurès GEODE UMR5602, 5 allée Antonio Machado, Toulouse, France.*

[4] *GECOLAB, Université de Liège, Chemin de la Vallée, 4, Institut de Botanique (Bât. 22), 4000 Liège, Belgique. Email : johan.michaux@uliege.be*

Mots clefs : biofilms aquatiques ; metabarcoding ; ADNe ; *Austropotamobius pallipes*

Résumé :

Parmi les différentes techniques utilisées pour l'étude de la biodiversité en vue de sa conservation, l'ADN environnemental (ADNe) est souvent présenté comme un outil facilitant les opérations de terrain et simplifiant les prospections. Les prélèvements et analyses sont réalisés sur diverses matrices comme l'eau, le terreau ou les fèces. L'usage de l'ADNe est apprécié pour son caractère non invasif et rapide à mettre en œuvre. Son utilisation se démocratise et tend à se systématiser en complément des techniques plus traditionnelles. Nous faisons ici un bilan des opérations que nous avons menées, avec présentation des résultats obtenus et leur traduction en actions de gestion. Ces exemples concernent notamment le Desman des Pyrénées, la Loutre d'Europe, des espèces exotiques envahissantes (Écrevisse américaine et Grenouille taureau), les Naïades (*Margaritifera* spp.) et des coléoptères (bousiers et Taupin violacé). Nous présentons aussi une étude en cours sur la diversité de la fonge et de la faune des sols forestiers. Enfin, nous rendons compte de résultats inédits sur l'analyse moléculaire d'une matrice moins connue : les biofilms aquatiques. Ces derniers, constitués par des communautés de micro-organismes tels que les bactéries, les virus, les micro-algues et les protozoaires, se développent naturellement sur les surfaces immergées auxquelles ils sont fixés par des exopolysaccharides qu'ils produisent. La capacité des biofilms à capter l'ADNe de macro-invertébrés benthiques et de poissons du milieu prélevés a été démontrée. C'est la première fois que cela est testé pour la détection et le suivi des Écrevisses à pattes blanches en cours d'eau.

Abstract :

Among the various techniques used to study biodiversity with a view to its conservation, environmental DNA (eDNA) is often presented as a tool that facilitates field operations and simplifies surveys. Samples and analyses are taken from various matrices such as

water, soil or faeces. eDNA is appreciated for being non-invasive and quick to use. Its use is becoming more widespread and more systematic as a complement to more traditional techniques. Here we present an overview of the operations we have carried out, with a presentation of the results obtained and their translation into management actions. Examples include the Pyrenean Desman, the European Otter, invasive alien species (American Crayfish and Bullfrog), Naiads (*Margaritifera* spp.) and beetles (dung beetles and the Violet click beetle). We also present an ongoing study on the diversity of fungi and fauna in forest soils. Finally, we report unpublished results on the molecular analysis of a lesser-known matrix: aquatic biofilms. Finally, we report unpublished results on the molecular analysis of a lesser-known matrix: aquatic biofilms. Biofilms, made up of communities of microorganisms such as bacteria, viruses, microalgae and protozoa, develop naturally on the submerged surfaces to which they are attached thanks to the exopolysaccharides they produce. The ability of biofilms to capture eDNA from benthic macro-invertebrates and fish in the environment sampled has been demonstrated. This is the first time that this has been tested for the detection and monitoring of white-clawed crayfish in rivers.

1. Introduction

La connaissance, comme point de départ pour la conservation de la biodiversité, est une étape incontournable que les conservatoires d'espaces naturels ont intégré dans leur ligne de conduite Connaître, Protéger, Gérer, Valoriser, Accompagner (CPGVA). Le Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie (CEN Occitanie) œuvre depuis plus de 30 ans en faveur du patrimoine naturel et mène de nombreuses études sur la biodiversité afin d'assurer une meilleure action conservatoire et un meilleur accompagnement des politiques publiques. Pour mener ces études, de nombreux outils sont disponibles, plus ou moins invasifs et destructeurs pour la biodiversité, et plus ou moins chronophage et coûteux : la détermination morphologique impliquant ou non la capture ou le piégeage d'individus. Les méthodes de prospection permettant de détecter des espèces, même lorsqu'elles sont présentes en faible abondance, ont longtemps été invasives voire destructrices, y compris pour les espèces ciblées (Ranius & Jansson, 2002). D'autres méthodes, s'appuyant sur la bio-écoacoustique ou la recherche d'indices de présence (ex : poils, fèces, empreintes), ont permis de limiter l'impact sur les populations étudiées (Andersen et al., 2021; Arguel et al., 2022; Mosconi et al., 2017; Poncet et al., 2021). Les méthodes basées sur l'ADN environnemental (ADNe) apportent une meilleure réponse à ce problème, en permettant la détection d'organismes ciblés sans les capturer, et en réduisant les perturbations sur l'écosystème avec des campagnes de terrain moins chronophages (Barnes & Turner, 2016; Poulet & Basilico, 2019; Encart 1).

Encart 1. L'ADN environnemental

L'ADNe est de l'ADN contenu dans une cellule ou sous forme de fragment libre que l'on retrouve dans l'environnement (Figure 1). Il n'est donc pas forcément collecté directement sur l'individu, mais à travers différentes matrices environnementales telles que l'eau, le sol, les fèces, les sédiments ou les biofilms (Poulet & Basilico, 2019).

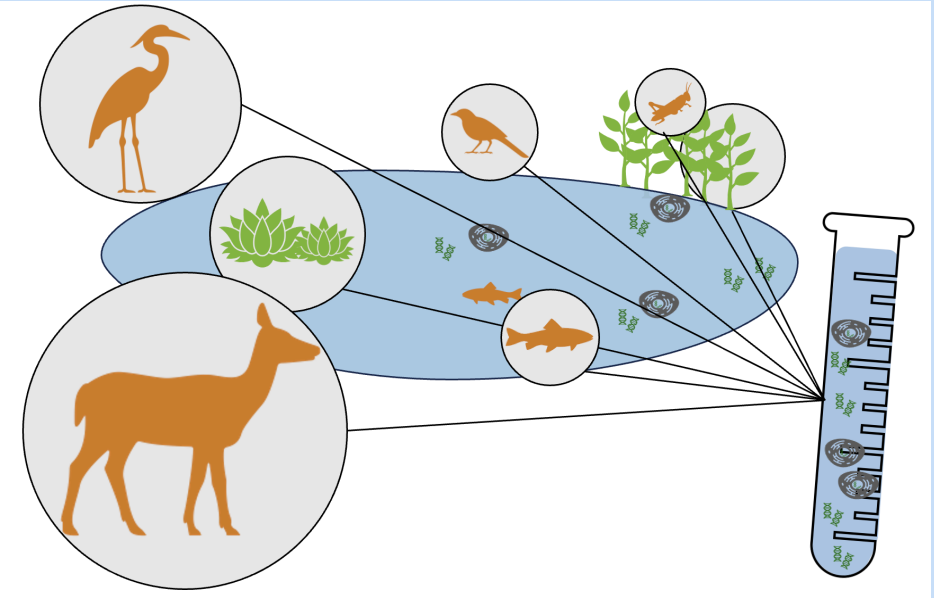


Figure 1 : Représentation schématique de molécules d'ADN environnemental contenues dans des cellules ou sous forme de fragments libres, prélevées dans un milieu aquatique.

L'ADN contenu dans ces matrices est ensuite extrait en laboratoire dans une salle dédiée, où un protocole de stérilisation aux rayons UV est appliqué afin d'éviter tout risque de contamination. L'extraction se fait suivant un protocole défini par le laboratoire, la plupart du temps en utilisant un kit commercial.

Deux approches complémentaires peuvent alors être utilisées :

- Une approche permettant la recherche d'une espèce cible bien définie (*barcoding*) à partir d'ADNe. Pour atteindre cet objectif, un gène d'intérêt est amplifié grâce à des amorces spécifiques à l'espèce cible (en général par PCR quantitative en temps réel – qPCR ou PCR digitales – ddPCR) par un thermocylceur spécifique. Ces analyses sont effectuées dans des conditions optimales de température.
- Une approche permettant un screening plus global de groupes d'organismes présents dans le milieu étudié (*metabarcoding*). Pour atteindre cet objectif, la technique de séquençage à haut débit (next-generation sequencing – NGS) permet l'acquisition simultanée de données relatives à des millions de fragments d'ADN, qui sont ensuite comparés aux séquences de bases de données de

référence avec des seuils de similarité. Le traitement bioinformatique des résultats permet alors de caractériser la biodiversité par obtention d'une liste de taxa (richesse spécifique, estimation d'abondance, analyse de régime alimentaire…).

En résumé, selon l'objectif de l'étude, plusieurs approches peuvent être envisagées : le *barcoding* permet de rechercher la présence (ou l'absence) d'une espèce (Arias et al., 2016; Gillet et al., 2016), voire de caractériser la variabilité intraspécifique, tandis que le *metabarcoding* fait office d'inventaire en caractérisant la biodiversité au niveau spécifique (Biffi et al., 2017).

Ces approches sont particulièrement intéressantes pour les études de présence/absence lorsqu'il s'agit d'espèces fragiles et menacées. En ce qui concerne les organismes aquatiques, le *barcoding* de l'ADNe ou le *metabarcoding* sont généralement effectués à partir de sédiments ou d'échantillons d'eau filtrée (Poulet & Basilico, 2019; Encart 2)

Encart 2. Exemples de contributions et travaux du CEN Occitanie par type de matrices environnementales

1.1. Matrice eau

Le CEN Occitanie a contribué à des études de l'application des méthodes ADNe pour la détection de mammifères semi-aquatiques en participant notamment à la récolte d'échantillons sur le terrain (Steinmetz et al., 2018). Usuellement, la recherche d'indices de présence (e.g. les restes de repas, les fèces ou d'autres traces) est privilégiée pour le suivi de ces taxons, dont la détection est très variable du fait d'un fort biais dû à l'observateur (détection et détermination). Pourtant, la connaissance et le suivi de leur répartition sont essentiels, d'autant que plusieurs de ces espèces font l'objet de plans nationaux d'actions (PNA), telles que la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*), le Vison d'Europe (*Musteola lutreola*) et le Desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*). Le *metabarcoding* réalisé avec un couple d'amorces universel pour les mammifères permet d'avoir une information de présence-absence pour chaque taxon. Cette étude montre que la méthode ADNe fonctionnait surtout pour les espèces présentes en forte densité dans le milieu ou laissant de nombreux indices de présence facilement identifiables (e.g. Ragondin). La pertinence de son utilisation pour les mammifères est donc limitée. La détection des espèces plus discrètes reste très faible avec ces approches de *metabarcoding*, notamment pour le Desman des Pyrénées, pour lequel le CEN Occitanie poursuit les études pour améliorer la technique dans le cadre d'une thèse CIFRE. D'autres approches basées sur la technologie des PCR digitales donnent maintenant des résultats très prometteurs.

L'utilisation de l'ADNe s'est montrée particulièrement efficace pour la recherche de populations d'espèces patrimoniales de bivalves dulçaquicoles. Ainsi, des populations de Grande Mulette (*Margartifera auricularia*) ont été découvertes dans l'Arros (32) puis confirmées par des observations plongée, ce qui a notamment interrompu des travaux prévus en rivière et de classer le site de découverte en espace naturel sensible (ENS) (Prié, 2019; Prié & Néri, 2016). La Mulette perlière (*Margatifera margatifera*) a également fait l'objet de recherche par ADNe, ce qui a validé la disparition d'une population historique dans l'Agout (81) (Prié, 2020).

La détection précoce d'espèces exotiques envahissantes (EEE) est une application pertinente de l'ADNe, qui est notamment mobilisée par le CEN Occitanie dans le cadre de la Stratégie régionale relative aux EEE Faune d'Occitanie (Gilliot & Lang, 2021). Le CEN Occitanie a récemment réalisé des prélèvements d'eau au nord de Toulouse dans le cadre dans une démarche préventive suite à une alerte donnée par un bureau d'études. L'espèce cible du *barcoding* était la Grenouille taureau (*Lithobates catesbeianus*), reconnue au niveau mondial comme l'une des 100 espèces exotiques envahissantes les plus néfastes au monde. Les résultats des analyses ADNe, combinées à des prospections classiques ont confirmé l'absence de l'espèce, jusque-là inconnue dans la région. L'ADNe est amené à être utilisé à nouveau dans le cadre des actions de prévention menées par le CEN Occitanie sur le Xénope lisse (*Xenopus laevis*) notamment.

1.2. Matrice sol

À travers le projet InsylBioS dont la deuxième partie est en cours, le CEN Occitanie contribue, par *metabarcoding*, à la caractérisation de la diversité de la fonge et de la faune du sol dans des contextes de peuplements forestiers avec des historiques de gestion contrastés (Emberger et al., 2023). Ces travaux pourront notamment déboucher sur la création d'indices permettant de caractériser le fonctionnement du sol et en particulier la productivité, et de créer un outil de diagnostic de sensibilité de la biodiversité des sols. Ici, l'utilisation de l'ADNe contribue à l'amélioration de la compréhension des liens entre gestion forestière et biodiversité des sols, pour une meilleure prise en compte de la vie des sols par les forestiers.

1.3. Matrice fèces

Comme évoqué précédemment, il est des taxa tels que la Loutre d'Europe, pour lesquels l'ADNe n'est pas nécessaire en soi pour conclure à la présence-absence de l'espèce, celle-ci étant aisément identifiable par les épreintes laissées par les individus. Cependant, les prélèvements de fèces et leur analyse génétique permet d'en savoir plus sur les dynamiques de populations des espèces, tout en les impactant plus faiblement que par des prélèvements directs sur les individus. Dans le cas de la Loutre d'Europe, les études auxquelles le CEN Occitanie a contribué, ont mis en évidence un

brassage génétique entre populations, et d'identifier les causes du déclin de l'espèce telles que l'agriculture intensive – et donc la pollution et la perte de qualité d'habitat – plutôt que le manque de continuités écologiques (Pigneur et al., 2018, 2019). Ces travaux ont justifié des changements de priorités dans les actions menées dans le PNA Loutre.

L'étude de l'ADNe contenu dans les fèces du Desman des Pyrénées a amélioré les connaissances sur la répartition de l'espèce, sur l'utilisation de l'espace par les individus, sur le régime alimentaire et sur la structuration génétique des populations en France (Biffi et al., 2016, 2017; Charbonnel et al., 2016; Gillet et al., 2016, 2017; Lim et al., 2021 – Liste non exhaustive de travaux auxquels le CEN Occitanie est affilié). En conséquence, l'action publique est désormais adaptée dans chaque zone hydrologique des Pyrénées, dans le cadre d'une gestion cohérente de l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce. Des livrets techniques de recommandations pour la prise en compte concrète du Desman des Pyrénées ont été rédigés par le CEN Occitanie. Le suivi génétique des populations associé aux prospections de terrain ont mené à inscrire l'espèce comme Vulnérable (VU) dans la liste rouge des mammifères de France métropolitaine à partir de 2017.

L'ADNe est de plus en plus utilisé par les gestionnaires d'espaces naturels depuis les deux dernières décennies. Au CEN Occitanie, les travaux concernent une diversité de groupes taxonomiques (coléoptères, mammifères semi-aquatiques, bivalves d'eau douce, fonge et faune des sols…), avec pour certains des techniques dont l'efficacité n'est plus à prouver, et d'autres méthodes améliorables (Tableau 1).

Tableau 1 : Synthèse des techniques fonctionnelles (case verte) ou non (case rouge) par groupe taxonomique (fonge, bivalves, mammifères semi-aquatiques, coléoptères) et par type de matrice environnementale (sol, eau, fèces) mises en œuvre dans les travaux du CEN Occitanie

	Eau	Fèces	Sol
Fonge et faune du sol	NA	NA	
Bivalves		-	-
Mammifères semi-aquatiques	Que pour les mammifères présents en forte densité, ou avec des techniques en cours de développement (ddPCR)		-
Coléoptères	-		

L'Écrevisse à pattes blanches *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858), originaire du sud-ouest de l'Europe, est aujourd'hui une espèce menacée. Le déclin récent des populations dans son aire de répartition d'origine est principalement dû aux épidémies de peste de l'écrevisse, à la pollution, à l'évolution des conditions environnementales et à la perte d'habitat dans le cadre du changement global (Haddaway et al., 2015; Jussila et al., 2021). La perte des populations indigènes s'accompagne de l'expansion d'espèces exotiques envahissantes, en particulier l'Écrevisse signal, *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) (Grandjean et al., 2017). En conséquence, l'Écrevisse à pattes blanches ne persiste qu'en tête de bassins versants (Trouilhé et al., 2007). Le dernier inventaire coordonné au niveau national d'*A. pallipes* en France date de 2014 (Collas et al., 2015). La connaissance de la répartition de l'espèce en France est mise à jour par des inventaires locaux chronophages, qui ne sont pas coordonnés à grande échelle. Globalement, le déclin de son aire de répartition est estimé de 50 à 80 % (Poupelin et al., 2019). Cependant, de nouvelles populations insoupçonnées sont également découvertes lors des inventaires. Une évaluation de la répartition de l'espèce est nécessaire pour pouvoir mettre en œuvre des mesures de gestion et de conservation appropriées.

Cependant, les nombreuses tentatives de développement de méthodes de détection des écrevisses *in situ* se sont révélées peu concluantes, notamment pour *A. pallipes* (Manfrin et al., 2022) (mais voir les développements récents dans l'eau et les sédiments, Dawkins et al., 2024; Troth et al., 2020; Trujillo-Gonzalez et al., 2021). Les volumes d'eau à filtrer nécessaires pour détecter l'espèce sont souvent importants (500 ml à plus de 14 L ; Agersnap et al., 2017; Baudry et al., 2023) ou s'ils sont plus faibles (i.e. 15 à 40 ml ; Tréguier et al., 2014), des réplicats sont alors nécessaires, allongeant le temps passé sur le terrain (en général au moins 30 minutes par répétition). La carapace chitineuse des écrevisses pourrait expliquer un faible relargage d'ADN libre dans l'eau à l'inverse d'espèces produisant beaucoup de mucus (mollusques, amphibiens, poissons) ou de cellules épithéliales (Mammifères). Cela peut également être renforcé par les mœurs nocturnes de l'espèce. Si *A. pallipes* est prospectée de nuit lors des inventaires naturalistes, les prélèvements d'eau sont plus souvent réalisés de jour. La saison semble également être déterminante avec des détections plus fréquentes à la fin du printemps et en période estivale, quand l'espèce est plus active (Baudry et al., 2023). Il a été démontré que d'autres matrices agissent comme des capteurs naturels d'ADNe : c'est le cas des biofilms aquatiques, qui se développent à l'interface entre les sédiments et l'eau (Akbari et al., 2016) et, à notre connaissance, l'ADNe d'écrevisses n'a pas encore été recherché dans ce type de matrice.

Les biofilms aquatiques sont formés de communautés de micro-organismes tels que des bactéries, des virus, des micro-algues et des protozoaires qui se développent naturellement sur des surfaces immergées. Les biofilms sont attachés à leur substrat par les exopolysaccharides (EPS) qu'ils produisent (Wolfaardt et al., 1998). Les communautés qui composent les biofilms sont directement influencées par les caractéristiques du lieu où le biofilm se forme et répondent rapidement aux conditions environnementales (pH, température, nutriments, oxygène, polluants, etc. ; Battin et al., 2004). C'est pourquoi les biofilms sont des bio-indicateurs pertinents de l'état de santé des milieux aquatiques et de leur bon fonctionnement (Akbari et al., 2016). La capacité des biofilms à capter l'ADNe a été récemment démontrée, permettant d'analyser la structure et la composition des communautés de diatomées, de macro-invertébrés et de poissons dans l'environnement sans avoir recours aux inventaires traditionnels (détermination par approche morphologique), plus longs et plus coûteux (Rivera et al., 2020). Cette méthode est également plus rapide que la collecte d'ADNe par filtration de l'eau. L'analyse moléculaire des biofilms est donc un outil efficace à développer pour le suivi du fonctionnement et de l'état de santé des cours d'eau, notamment dans le cas de projets de restauration écologique. Les écrevisses indigènes, avec leurs fortes exigences écologiques, sont également de bons indicateurs de la qualité des cours d'eau (Reynolds & Souty-Grosset, 2011).

Nous avons saisi l'opportunité d'un suivi réalisé dans le cadre d'un projet de restauration de cours d'eau avec restauration de biotope d'*A. pallipes*, pour tester une nouvelle méthode d'échantillonnage pour la détection de l'Écrevisse à pattes blanches (on soupçonne une plus longue conservation de l'ADNe et une plus grande concentration dans ce type de matrice ; Harrison et al., 2019). Nous avons donc supposé que l'ADNe de l'Écrevisse à pattes blanches était capturé par les biofilms et ce, même pour de faibles densités de populations. Cette étude pourrait conduire au développement d'une méthode de détection de la présence d'Écrevisses à pattes blanches qui permettrait de gagner du temps sur le terrain et d'économiser de l'argent. Cette méthode serait notamment utile pour cibler des sites en vue d'une prospection ultérieure ou pour une utilisation dans le cadre d'applications de la Loi sur l'eau.

2. Matériels et méthodes

2.1. Modèle et système d'étude

Depuis plusieurs décennies, les populations d'écrevisses indigènes connaissent un fort déclin en France, en raison de la dégradation de l'habitat et de la présence croissante d'espèces exotiques envahissantes (EEE). En particulier, les écrevisses envahissantes telles que l'Écrevisse de Louisiane

(*Procambarus clarkii*) et l'Écrevisse signal (*Pacifastacus leniusculus*) sont des porteurs sains de la peste de l'écrevisse (*Aphanomyces astaci*), qui décime les populations indigènes (Grandjean et al., 2017; Jussila et al., 2021). La problématique de l'Écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*) est sous-estimée dans les bassins versants de la Justale et du Louch-Rieumajou (affluents de l'Arbas, Haute-Garonne, Occitanie, France). Les menaces environnementales liées au piétinement des berges et des cours d'eau par les troupeaux de bovins, ou à la coupe rase de la végétation riveraine sont pourtant avérés. Le colmatage du lit mineur, l'érosion des berges, la dégradation de la qualité de l'eau (contamination bactériologique, eutrophisation), la disparition des systèmes racinaires et l'augmentation de la température de l'eau due à la disparition de la végétation rivulaire sont autant de conséquences fatales pour ce crustacé protégé. Dans le cadre du plan de relance « France Relance », un programme de restauration de cours d'eau à Écrevisse à pattes blanches a donc été engagé par le CEN Occitanie et le Syndicat de rivières Salat-Volp (SSV). Étaient prévues la mise en exclos d'une partie des cours d'eau et la mise en place de systèmes d'arrosage adaptés à chaque contexte, la rédaction de cahiers des charges par le CEN Occitanie et le SSV, et l'implication des agriculteurs.

Le Rieumajou (coordonnées géographiques de la source : N 43.0481°, E 0.8409°, à environ 415 m d'altitude) est un ruisseau long de 8.8 km, affluent de la Justale, qui traverse 6 communes de la Haute-Garonne. L'altitude (moyenne ± écart-type) des points échantillonnés sur le Rieumajou étaient de 335 ± 11 m. De la même manière, la largeur du lit mineur (moyenne ± écart-type) aux points d'échantillonnage était de 3.4 ± 0.6 m, la largeur du lit mouillé était de 2.2 ± 0.8 m et la hauteur d'eau était de 0.25 ± 0.2 m. La Justale (coordonnées géographiques de la source : N 43.0466°, E 0.8848° à environ 406 m d'altitude) est un ruisseau de 9.1 km, affluent de la rivière l'Arbas, qui traverse 5 communes du même département. L'altitude (moyenne ± écart-type) des points échantillonnés sur la Justale étaient de 336 ± 3 m. De la même manière, la largeur du lit mineur (moyenne ± écart-type) aux points d'échantillonnage était de 3.1 ± 1 m, la largeur du lit mouillé était de 2.4 ± 0.8 m et la hauteur d'eau était de 0.23 ± 0.15 m. Les deux ruisseaux comportent une grande variété de substrats (litières, vases, galets…) et de types de faciès d'écoulement (radier, plat lentique, plat courant, mouille de concavité…voir Malavoi & Souchon, 2002).

L'Écrevisse à pattes blanches est historiquement connue dans le secteur, et sa présence est toujours avérée sur la Justale et la partie amont du Rieumajou. La Justale, globalement en bon état en amont de la confluence avec le Rieumajou, comporte le tronçon de référence pour cette étude (Figure 2). Le tronçon A du Rieumajou était extrêmement dégradé en amont des

actions de restauration menées ou encadrées par le CEN Occitanie (Figure 2), et constitue une zone potentielle de recolonisation par l'Écrevisse à pattes blanches, depuis la Justale ou depuis l'amont du Rieumajou (tronçon B) où une population subsiste (Figure 2).

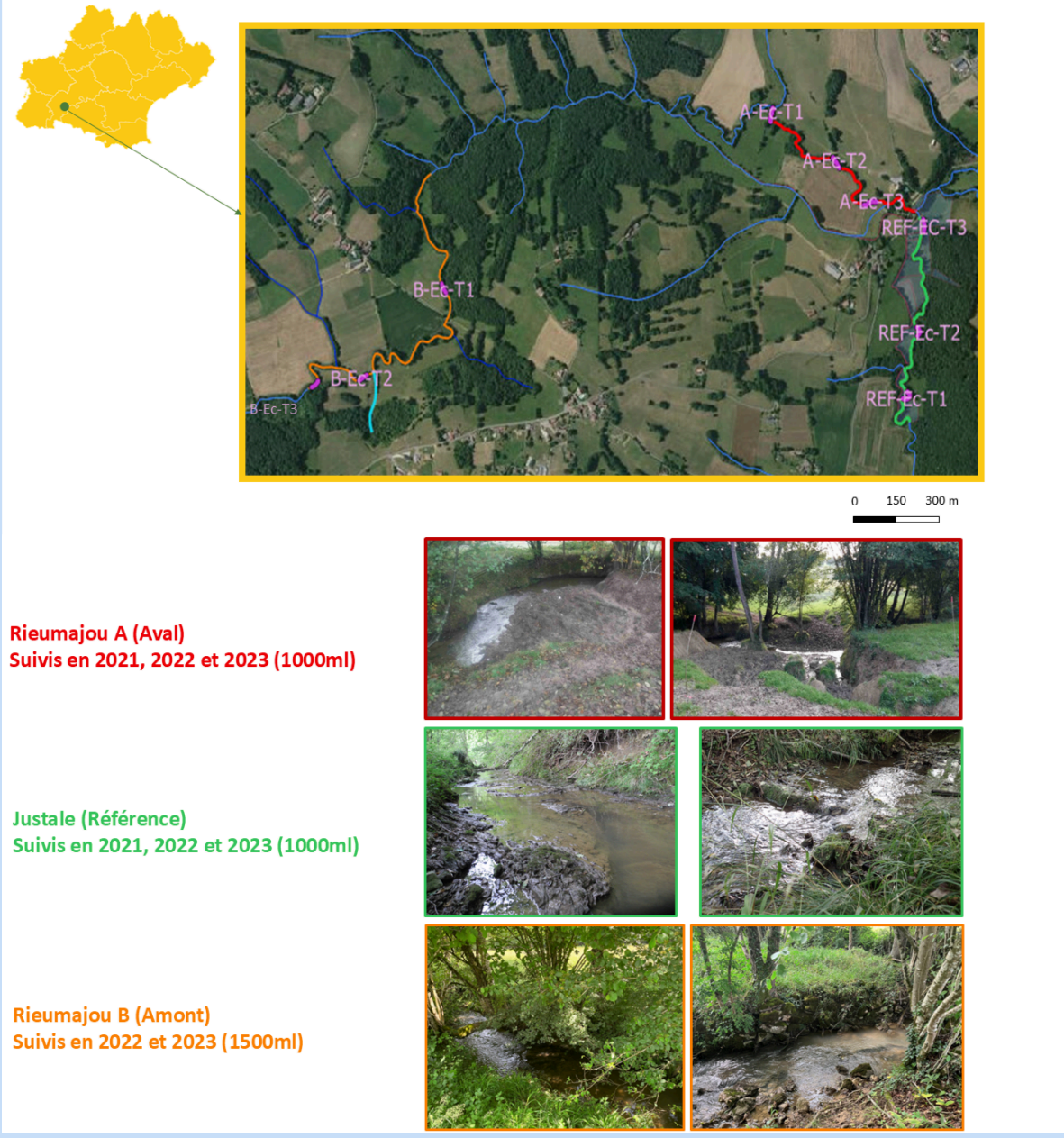


Figure 2 : Localisation des trois tronçons de ruisseau prospectés pour la recherche d'Écrevisses à pattes blanches (en rouge, 'Rieumajou A' ; en orange, 'Rieumajou B' ; en vert, la Justale, tronçon référence) et en rose localisation des points de prélèvements de biofilms par tronçon pour les analyses ADNe.

2.2. Prospections et échantillonnages

La Justale et le 'Rieumajou A' ont fait l'objet de suivis d'Écrevisses à pattes blanches et d'échantillonnages de biofilms en 2021, 2022 et 2023, et le 'Rieumajou B' en 2022 et 2023. Les tronçons étaient de 1000 mètres linéaires (ml) pour la Justale et le 'Rieumajou A', et de 1500 ml pour le 'Rieumajou B' (Figure 2). Les points d'échantillonnages ont été sélectionnés de manière à diversifier les types de faciès d'écoulement et les substrats.

Les prospections pédestres nocturnes étaient réalisées par 2 opérateurs, sur 3 segments de 30 mètres linéaires pour chaque tronçon de ruisseau. Les suivis étaient réalisés à l'aide d'une frontale, au maximum depuis les berges. Les individus étaient dénombrés par classe de taille. Une prospection par campagne de terrain était également réalisée sur l'entièreté de chaque tronçon afin d'identifier les limites de populations.

Un prélèvement de biofilm était réalisé sur chaque segment de 30 ml prospecté par ailleurs, de façon à diversifier les faciès d'écoulement et ce, 2 ou 3 fois par campagne de terrain selon les années, les réplicas étant réalisés dans une période d'un mois maximum. Les biofilms ont été collectés en grattant la surface supérieure de pierres avec une brosse à dents propre : cinq pierres ont été prélevées à chacun des 12 points de prélèvement, soit un total de 60 pierres par site (Figure 3). Les échantillons de biofilms étaient conservés dans des tubes Falcon® stériles de 50 mL, fixés dans de l'éthanol (70 %), conformément à la norme européenne EN 13946 (AFNOR, 2014). Tous les échantillons étaient placés dans la glace sur site et pendant le transport (environ 1 heure) afin d'éviter la dégradation de l'ADNe, puis stockés au laboratoire à 4° C pour les biofilms jusqu'à extraction. En 2021, les prélèvements étaient réalisés de jour. À partir de 2022, afin de maximiser la détection de l'Écrevisse à pattes blanches, plus active la nuit, les prélèvements étaient réalisés en soirée et début de nuit.

Chaque point a également fait l'objet d'une caractérisation de l'habitat et un prélèvement de macro-invertébrés était réalisé au filet Surber (surface d'échantillonnage 0.05 m^2, maille de 500 µm), selon le protocole européen standardisé (norme XP T 90-333 ;AFNOR, 2010) pour caractériser les ressources trophiques disponibles pour les Écrevisses et la qualité du cours d'eau. Les macro-invertébrés ont été conservés dans des flacons hermétiques contenant de l'alcool à 95°. Les spécimens ont ensuite été triés, comptés et identifiés au niveau du genre, ou à la famille et sous-famille par un expert sur la base de leurs caractères morphologiques. Les résultats ne seront pas présentés ici (analyses en cours).

Figure 3 : Prélèvements de biofilms sur pierres récoltées dans le ruisseau

2.3. Analyses génétiques

Pour des raisons budgétaires, les réplicas des prélèvements de biofilms réalisés sur un même point au cours d'une campagne de terrain ont été regroupés pour faire l'objet d'une unique analyse génétique (Figure 4).

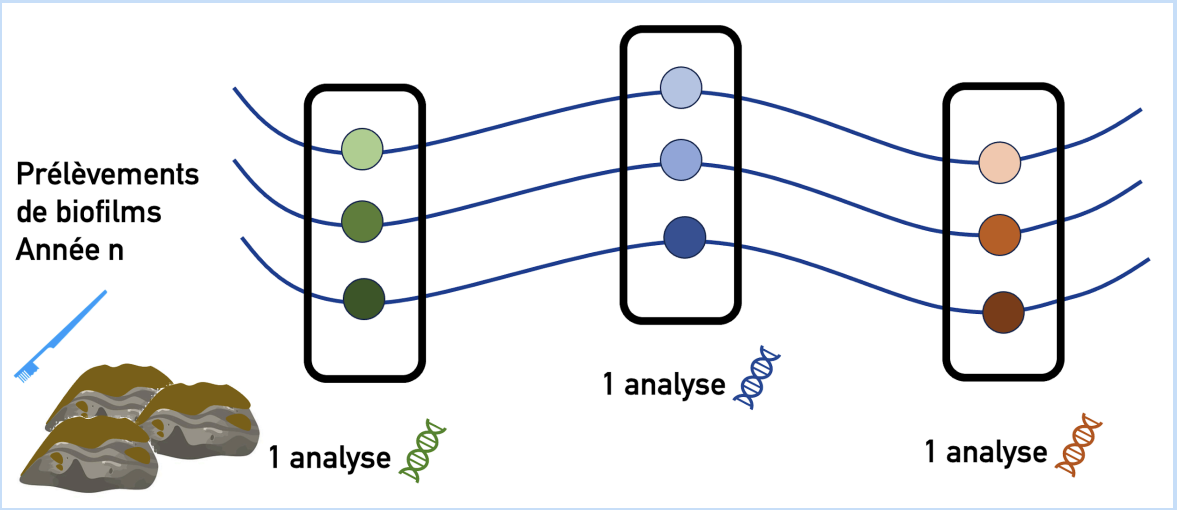


Figure 4 : Schématisation du regroupement des échantillons pour les analyses génétiques dans le cas où 3 réplicas étaient réalisés lors d'une campagne de terrain.

L'ADN inclus dans les tubes Falcon® de 50 mL concentrant les particules organiques présentes dans le biofilm aquatique des sites étudiés a été extrait à l'aide du kit d'extraction « mini kit » de la société Qiagen selon un protocole adapté par Gecolab à partir du protocole du fabricant. L'ADN extrait a ensuite été amplifié par réactions PCR, via plusieurs couples d'amorces

s'hybridant sur différentes portions de gènes propres aux crustacés (gènes mitochondriaux 12S et COI).

Une seconde PCR permettant l'ajout de tags spécifiques à la technique de séquençage nouvelle génération a ensuite été réalisée. Ces produits PCR ont subi une étape de purification puis ont été séquencés sur un séquenceur nouvelle génération de la marque Illumina (modèle Novaseq). Les millions de séquences brutes obtenues ont été traitées par un script bio-informatique mis au point au sein du laboratoire Gecolab afin de ne garder que les séquences d'intérêt (élimination de séquences provenant d'artéfacts). Enfin, les séquences traitées ont été attribuées à chaque taxon en les comparant à plusieurs bases de données publiques (e.g. GenBank et BOLD) et privée (base de données de Gecolab) de séquences génétiques de crustacés décapodes mais aussi des invertébrés européens.

Afin de garantir la fiabilité des données obtenues par analyse ADNe, seules les identifications obtenues avec un nombre de séquences (reads) supérieur à 20 et une correspondance de plus 98 %, c'est-à-dire un bon pourcentage d'identification des séquences obtenues avec les séquences de références provenant des bases de données, sont retenues.

3. Résultats préliminaires et discussion

En 2021, les prospections visuelles n'ont pas permis de détecter l'Écrevisse à pattes blanches dans le tronçon 'Rieumajou A'. En revanche, des individus ont été détectés dans la Justale, avec une densité croissante selon la distance à la confluence (Annexe 1). Les analyses ADNe n'ont pas permis, non plus, de détecter la présence de l'Écrevisse à pattes blanches dans le 'Rieumajou A' avec certitude, bien que quelques séquences (moins de 20) aient été détectées au niveau des 2 points les plus proches de la confluence. Sur la Justale, l'ADNe a permis de détecter l'Écrevisse à pattes blanches en WP13, où la densité de population était plus importante. Quelques séquences d'Écrevisses à pattes blanches (moins de 20) ont également été détectées à proximité de la confluence où seuls 3 individus ont été observés lors des prospections classiques, mais pas en WP12 (Figure 5).

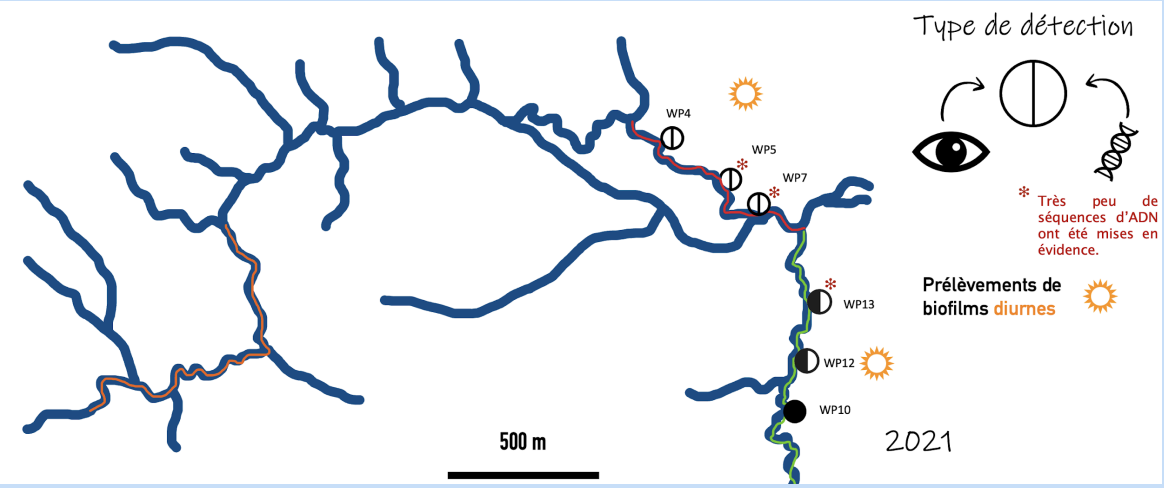


Figure 5 : Comparaison de la détection visuelle de l'Écrevisse à pattes blanches et de la détection par l'ADNe sur le Rieumajou A (en rouge) et sur la Justale (en vert) en 2021.

En 2022, les assecs ont été très importants en raison de la sécheresse estivale extrême. Les prospections visuelles ont permis de détecter l'Écrevisse à pattes blanches sur la Justale, avec une densité croissante avec la distance à la confluence à l'instar de 2021. Cependant, les quantités d'individus observées étaient beaucoup plus faibles que l'année précédente. Encore une fois, aucune Écrevisse à pattes blanches n'a été observée sur le 'Rieumajou A', qui était en assec à l'exception de quelques trous d'eau. Sur le 'Rieumajou B', les seules Écrevisses observées étaient concentrées au niveau du WP49, en eau au moment des prospections. Les points prospectés par ailleurs étaient également en eau, mais espacés par des zones en assec. L'ADNe a permis de détecter l'Écrevisse à pattes blanches sur la Justale, excepté au niveau du WP13 où 9 individus avaient été observés par ailleurs en prospections classiques. Sur le 'Rieumajou A' et le 'Rieumajou B' les résultats ADNe concordaient parfaitement avec ceux des prospections classiques (Figure 6).

En 2023, l'Écrevisse à pattes blanches a été détectée sur la Justale à l'aide des prospections visuelles et de l'ADNe. Sur le 'Rieumajou A' aucun individu n'a été détecté visuellement et de très petites quantités de séquences (moins de 20 par point) ont été détectées sur les 3 points du tronçon. Enfin, sur le 'Rieumajou B', les prospections classiques ont permis de détecter des individus d'Écrevisses à pattes blanches en WP49 uniquement, tandis que l'ADNe a permis de confirmer la présence de l'Écrevisse à pattes blanches en WP49 et WP50, et quelques séquences (moins de 20) ont également été mises en évidence en WP51 (Figure 7).

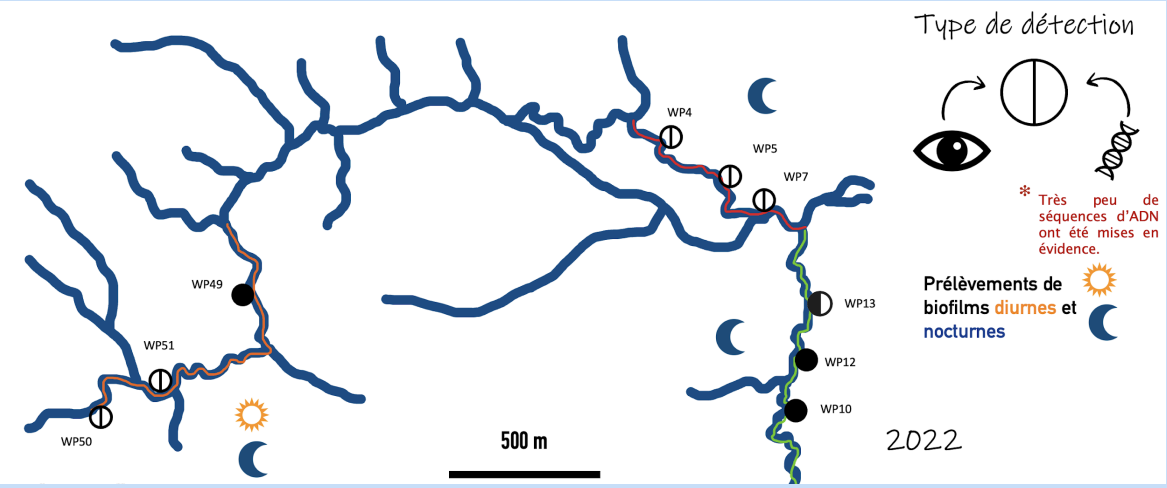


Figure 6 : Comparaison de la détection visuelle de l'Écrevisse à pattes blanches et de la détection par l'ADNe sur le Rieumajou A (en rouge), le Rieumajou B (en orange) et sur la Justale (en vert) en 2022.

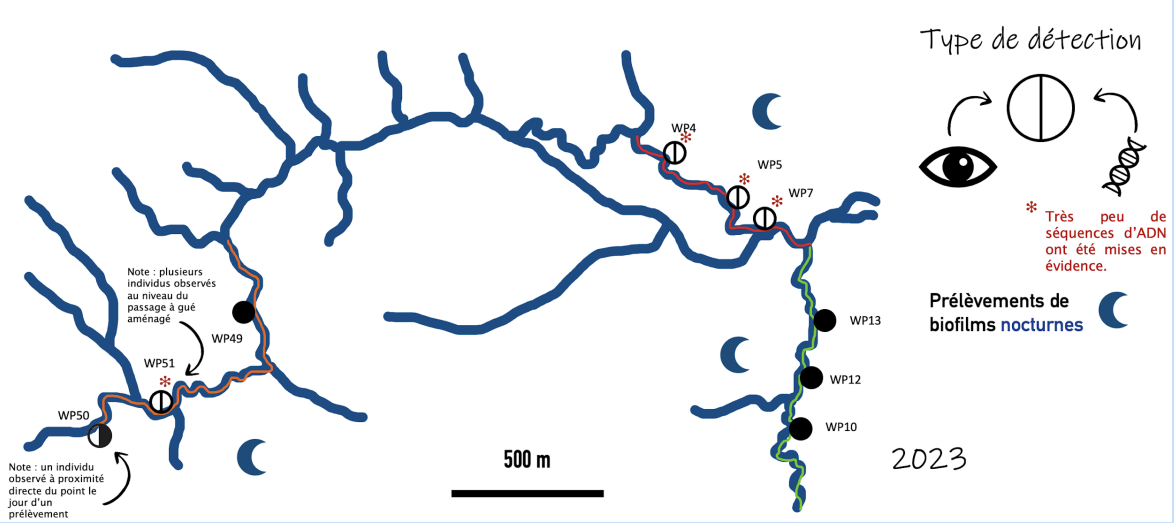


Figure 7 : Comparaison de la détection visuelle de l'Écrevisse à pattes blanches et de la détection par l'ADNe sur le Rieumajou A (en rouge), le Rieumajou B (en orange) et sur la Justale (en vert) en 2023.

Les inventaires classiques ont permis de détecter l'Écrevisse à pattes blanches sur 46 % des tronçons. La détectabilité de l'Écrevisse à pattes blanches est plus importante avec l'ADNe, méthode pour laquelle 66 % des tronçons sont positifs. Au total, 58 % des résultats sont parfaitement concordants entre les deux méthodes.

Sept résultats sur 24 sont négatifs en prospections classiques mais positifs à l'ADNe, parmi lesquels :

- 5 détections faibles (moins de 20 séquences) peuvent s'expliquer

par une population à l'amont du point d'échantillonnage ('Rieumajou A' en 2021 et 2023 ; Figures 5 et 7)

- 2 sont vérifiées par des observations hors protocole (WP50 et WP51 en 2023 ; Figure 7)

Il y a également un cas de détection en prospection classique et de faible détection par l'ADNe (WP13 en 2021). Ceci peut s'expliquer par la faible densité d'individus observée lors des prospections classiques (Annexe 1). Il ressort que 33 % des résultats, qui ne sont pas parfaitement concordants, sont donc explicables facilement.

En revanche, il reste 2 cas sur 24 de faux négatifs via l'ADNe, malgré des détections visuelles lors des prospections classiques (sur le Justale en 2021 et en 2022). A noter que la première année, les prélèvements ont tous été réalisés en plein jour, alors que les Écrevisses sont moins actives.

4. Conclusion et perspectives

La présente étude apporte une nouvelle méthode de détection de l'Écrevisse à pattes blanches. À l'instar de nombreuses autres études, ce travail montre que l'ADNe et les inventaires classiques sont complémentaires. En particulier, l'ADNe démontre une meilleure efficacité de détection de l'espèce tandis que les inventaires classiques sont indispensables pour estimer les abondances et suivre l'état des populations. Il ressort de ces premiers résultats que l'ADNe est un outil pertinent à utiliser pour la mise à jour des connaissances sur la répartition de l'Écrevisse à pattes blanches en amont d'un programme de conservation de l'espèce sur un bassin-versant par exemple, pour prioriser les tronçons à prospecter. Il serait utile de comparer la détection de l'Écrevisse à pattes blanches dans les biofilms prélevés de jour et de nuit pour conclure sur la plus-value du protocole nocturne, et de comparer la détection dans les matrices biofilm et eau. Enfin, il serait utile de tester la capacité des biofilms pour d'autres groupes taxonomiques pour lesquels les résultats sont peu concluants jusqu'à maintenant dans la matrice eau, comme les mammifères semi-aquatiques.

5. Remerciements

Nous remercions André Bervillé pour sa relecture avisée. Un immense merci à l'équipe des *Gratteurs de Cailloux*, en particulier à Justine Nicolas, Lucie Pascarel, Emile Poncet, Baptiste Charlot, Marc Enjalbal, Frédéric Blanc, et Mathilde Cassé pour leur aide et leur bonne humeur lors du travail de terrain nocturne. Mention spéciale pour Marc, Chloé, Scapin, Patte-folle et Tripou qui nous ont fait l'honneur de nous accueillir chaleureusement ! Nous remercions également Adrien André, Lise-Marie Pigneur et Alix Attaque pour leur aide précieuse au laboratoire. Ce travail a été soutenu par l'État et l'Agence de l'eau Adour-Garonne via le plan France Relance et le Fonds Vert, et n'aurait pas pu voir le jour sans la volonté et la mobilisation de Marc Enjalbal pour

monter le projet sur lequel s'est appuyé ce travail (*Plan de restauration "France Relance" "Restauration du réservoir biologique des cours d'eau et zones humides des bassins versants de la Justale et du Louch Rieumajou, dans le cadre d'une démarche locale concertée*"). Enfin, merci au Syndicat de Rivière Salat-Volp ainsi qu'aux agriculteurs qui se sont impliqués dans ce projet.

6. Références

- AFNOR. (2010). *Qualité de l'eau – Guide d'application de la norme expérimentale XP T 90-333 : 2009 (Prélèvement des macro-invertébrés aquatiques en rivières peu profondes): Vol. GA T90-733* (AFNOR, Ed.).

- AFNOR. (2014). *Qualité de l'eau - Guide pour l'échantillonnage en routine et le prétraitement des diatomées benthiques de rivières et de plans d'eau: Vol. NF EN 13946* (AFNOR, Ed.).

- Agersnap, S., Larsen, W. B., Knudsen, S. W., Strand, D., Thomsen, P. F., Hesselsøe, M., Mortensen, P. B., Vrålstad, T., & Møller, P. R. (2017). Monitoring of noble, signal and narrow-clawed crayfish using environmental DNA from freshwater samples. *PLoS ONE*, *12*(6). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179261

- Akbari, F., Andrade, N., Artigas, J., Aulenta, F., Balaguer, M. D., Barral-Fraga, L., Bernet, N., Besemer, K., Bonet, B., Bonnineau, C., Canals, O., Carmona-Martínez, A., Carvajal-Arroyo, J. - M., Coma, M., Corcoll, N., Courtens, E., Dobretsov, S., Foulquier, A., Freixa, A., … Yuan, Z. (2016). *Aquatic Biofilms : Ecology, Water Quality and Wasterwater Treatment* (A. M. Romaní, H. Guasch, & M. D. Balaguer, Eds.). Caister Academic Press. https://doi.org/10.21775/9781910190173.11

- Andersen, L. W., Schousgaard, H. S., Kahlert, J., Linnet, A., Jensen, O. H., Thomsen, E. A., Sørensen, F., Baagøe, H. J., Frikke, J., Jacobsen, H., Håkansson, B., Loeschcke, V., & Madsen, A. B. (2021). Assessing the current feces identification method of the European otter Lutra lutra. In *Wildlife Biology* (Vol. 2021, Issue 1). Nordic Council for Wildlife Research. https://doi.org/10.2981/wlb.00764

- Arguel, L., Denis, A. S., Danflous, S., Gouix, N., Santoul, F., Buisson, L., & Pelozuelo, L. (2022). Detection and Monitoring of Riverine Dragonfly of Community Interest (Insecta: Odonata): Proposal for a Standardised Protocol Based on Exuviae Collection. *Diversity*, *14*(9). https://doi.org/10.3390/d14090728

- Arias, M. C., Aulagnier, S., Baerwald, E. F., Barclay, R. M. R., Batista, J. S., Beasley, R. R., Bezerra, R. A., Blanc, F., Bridge, E. S., Cabria, M. T., Caputo, L. I., Chen, J., Chen, J.-H., Chen, Z., Chen, C.-H., Chu, P., Contina, A., da Silva Carmo, F. M., de Carvalho, L. C., … Zou, S. (2016). Microsatellite records for volume 8, issue 1. *Conservation Genetics Resources*, *8*(1), 43–81. https://doi.org/10.1007/s12686-016-0522-2

- Barnes, M. A., & Turner, C. R. (2016). The ecology of environmental DNA and implications for conservation genetics. In *Conservation Genetics* (Vol. 17, Issue 1, pp. 1–17). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/s10592-015-0775-4

- Battin, T. J., Wille, A., Psenner, R., & Richter, A. (2004). Large-scale environmental controls on microbial biofilms in high-alpine streams. *Biogeosciences*, *1*(2), 159–171. https://doi.org/10.5194/bg-1-159-2004

- Baudry, T., Laffitte, M., Noizat, C., Delaunay, C., Ricou, G., Vasselon, V., & Grandjean, F. (2023). Influence of distance from source population and seasonality in eDNA detection of white-clawed crayfish, through qPCR and ddPCR assays. *Environmental DNA*, *5*(4), 733–749. https://doi.org/10.1002/edn3.435

- Biffi, M., Charbonnel, A., Buisson, L., Blanc, F., Némoz, M., & Laffaille, P. (2016). Spatial differences across the French Pyrenees in the use of local habitat by the endangered semi-aquatic Pyrenean desman (Galemys pyrenaicus). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *26*(4), 761–774. https://doi.org/10.1002/aqc.2612

- Biffi, M., Gillet, F., Laffaille, P., Colas, F., Aulagnier, S., Blanc, F., Galan, M., Tiouchichine, M. L., Némoz, M., Buisson, L., & Michaux, J. R. (2017). Novel insights into the diet of the Pyrenean desman (Galemys pyrenaicus) using next-generation sequencing molecular analyses. *Journal of Mammalogy*, *98*(5), 1497–1507.

- Charbonnel, A., Laffaille, P., Biffi, M., Blanc, F., Maire, A., Némoz, M., Sanchez-Perez, J. M., Sauvage, S., & Buisson, L. (2016). Can recent global changes explain the dramatic range contraction of an endangered semi-aquatic mammal species in the French pyrenees? *PLoS ONE*, *11*(7), 1–21. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159941

- Collas, M., Burgun, V., Poulet, N., & Grandjean, F. (2015). *La situation des écrevisses en France - Résultats de l'enquête nationale 2014*.

- Dawkins, K. L., Nevill, P., Chambers, B., Herbert, S., & Burnham, Q. F. (2024). Testing multiple environmental DNA substrates for detection of the cryptic and Critically Endangered burrowing freshwater crayfish Engaewa pseudoreducta. *Environmental DNA*, *6*(4). https://doi.org/10.1002/edn3.594

- Emberger, C., Molines, L., Dumas, Y., Gosselin, M., Gosselin, F., Aubert, M., Moulin, V., Vincenot, L., & Chauvin, C. (2023). *Rapport final du projet InSylBioS - Mieux comprendre et INtégrer dans les pratiques SYLvicoles le rôle de la BIOdiversité des Sols dans le fonctionnement des forêts du sud du Massif central*.

- Gillet, F., Cabria Garrido, M. T., Blanc, F., Fournier-Chambrillon, C., Némoz, M., Sourp, E., Vial-Novella, C., Zardoya, R., Aulagnier, S., & Michaux, J. R. (2017). Evidence of fine-scale genetic structure for the endangered Pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) in the French

Pyrenees. *Journal of Mammalogy*, *98*(2), 523–532. https://doi.org/10.1093/jmammal/gyx002

- Gillet, F., Roux, B. Le, Blanc, F., Bodo, A., Fournier-Chambrillon, C., Fournier, P., Jacob, F., Lacaze, V., Némoz, M., Aulagnier, S., & Michaux, J. R. (2016). Genetic monitoring of the endangered pyrenean desman (*Galemys pyrenaicus*) in the Aude River, France. *Belgian Journal of Zoology*, *146*(1), 44–52. https://doi.org/10.26496/bjz.2016.38

- Gilliot, C., & Lang, I. (2021). Stratégie régionale relative aux espèces exotiques envahissantes Faune (EEE Faune) d'Occitanie 2021-2030. *CEN Occitanie*, 91 p + Annexes. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28811.50722

- Grandjean, F., Roques, J., Delaunay, C., Petrusek, A., Becking, T., & Collas, M. (2017). Status of *Pacifastacus leniusculus* and its role in recent crayfish plague outbreaks in France: Improving distribution and crayfish plague infection patterns. *Aquatic Invasions*, *12*(4), 541–549. https://doi.org/10.3391/ai.2017.12.4.10

- Haddaway, N. R., Mortimer, R. J. G., Christmas, M., & Dunn, A. M. (2015). Water chemistry and endangered white-clawed crayfish: A literature review and field study of water chemistry association in Austropotamobius pallipes. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, *416*. https://doi.org/10.1051/kmae/2014037

- Harrison, J. B., Sunday, J. M., & Rogers, S. M. (2019). Predicting the fate of eDNA in the environment and implications for studying biodiversity. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 286, Issue 1915). Royal Society Publishing. https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1409

- Jussila, J., Edsman, L., Maguire, I., Diéguez-Uribeondo, J., & Theissinger, K. (2021). Money Kills Native Ecosystems: European Crayfish as an Example. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *9*. https://doi.org/10.3389/fevo.2021.648495

- Lim, M., Blanc, F., Michaux, J., Pigneur, L.-M., Gillet, F., Marc, D., Poncet, É., & Némoz, M. (2021). Étude comparative de la densité et du déplacement des Desmans des Pyrénées Galemys pyrenaicus (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811) par une méthode non invasive. *Naturae*, *17*, 233–242. https://doi.org/10.5852/naturae2021a17

- Malavoi, J. R., & Souchon, Y. (2002). Standardized description of streams and rivers channel geomorphic units: Qualitative description key and physical measurements. *BFPP - Bulletin Français de La Pêche et de La Protection Des Milieux Aquatiques*, *365–366*, 357–372. https://doi.org/10.1051/kmae:2002040

- Manfrin, C., Zanetti, M., Stanković, D., Fattori, U., Bertucci-Maresca, V., Giulianini, P. G., & Pallavicini, A. (2022). Detection of the Endangered Stone Crayfish Austropotamobius torrentium (Schrank, 1803) and Its Congeneric A. pallipes in Its Last Italian Biotope by

eDNA Analysis. *Diversity*, *14*(3). https://doi.org/10.3390/d14030205

- Mosconi, F., Campanaro, A., Carpaneto, G. M., Chiari, S., Hardersen, S., Mancini, E., Maurizi, E., Sabatelli, S., Zauli, A., Mason, F., & Audisio, P. (2017). Training of a dog for the monitoring of Osmoderma eremita. *Nature Conservation*, *20*, 237–264. https://doi.org/10.3897/natureconservation.20.12688

- Pigneur, L.-M., Caublot, G., Fournier-Chambrillon, C., Fournier, P., Giralda-Carrera, G., Grémillet, X., Le Roux, B., Marc, D., Simonnet, F., Smitz, N., Sourp, E., Steinmetz, J., Urra-Maya, F., & Michaux, J. R. (2019). Current genetic admixture between relictual populations might enhance the recovery of an elusive carnivore. *Conservation Genetics*, *20*(5), 1133–1148. https://doi.org/10.1007/s10592-019-01199-9

- Pigneur, L.-M., Michaux, J., Caublot, G., Fournier, P., Marc, D., Simonnet, F., & Jacob, G. (2018). Apport de la génétique pour l'étude de la dynamique des populations de Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) en France. *Naturae*, *6*(6), 63–71.

- Poncet, É., Blanc, F., Lim, M., Marc, D., & Némoz, M. (2021). Pyrenean Desman (*Galemys pyrenaicus* É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811) 2011-2018, assessment and feedback on eight years of trapping in the French Pyrenees. *Naturae*, *2021*, 35–47. https://doi.org/10.5852/naturae2021a3

- Poulet, N., & Basilico, L. (2019). *L'ADN environnemental pour l'étude de la biodiversité - Etat de l'art et perspectives pour la gestion*. Collection Rencontres-Synthèse. https://professionnels.afbiodiversite.fr/node/103

- Poupelin, M., Pustoc'h, P., Pasco, P.-Y., & Capoulade, M. (2019). *L'écrevisse à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*) en Bretagne*.

- Prié, V. (2019). *Recherche de la Grande Mulette* Margaritifera auricularia *par analyse de l'ADN environnemental*.

- Prié, V. (2020). *La Mulette perlière* Margaritifera margaritifera *dans l'Agout - Recherche par analyse de l'ADN environnemental*.

- Prié, V., & Néri, F. (2016). *Recherche de la Grande Mulette* Margaritifera auricularia *sur l'Arros (Gers)*.

- Ranius, T., & Jansson, N. (2002). A comparison of three methods to survey saproxylic beetles in hollow oaks. *Biodiversity and Conservation*, *11*(10), 1759–1771. https://doi.org/10.1023/A:1020343030085

- Reynolds, J., & Souty-Grosset, C. (2011). Monitoring in conservation and management of indigenous crayfish populations. In *Management of Freshwater Biodiversity* (pp. 169–194). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139031790.011

- Rivera, S. F., Vasselon, V., Mary, N., Monnier, O., Rimet, F., & Bouchez, A. (2020). Exploring the capacity of aquatic

biofilms to act as environmental DNA samplers: Test on macroinvertebrate communities in rivers. *Science of the Total Environment*, *763*, 144208. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144208

- Steinmetz, J., Ruette, S., Ruys, T., Jean, P., & Dejean, T. (2018). Vers une nouvelle méthode de détection des espèces de mammifères semi-aquatiques : étude pilote et approche « Metabarcoding ADNe ». *Faune Sauvage, Connaissance & Gestion Des Espèces*, *319* (2e trimestre), 11–17.

- Tréguier, A., Paillisson, J. M., Dejean, T., Valentini, A., Schlaepfer, M. A., & Roussel, J. M. (2014). Environmental DNA surveillance for invertebrate species: Advantages and technical limitations to detect invasive crayfish *Procambarus clarkii* in freshwater ponds. *Journal of Applied Ecology*, *51*(4), 871–879. https://doi.org/10.1111/1365-2664.12262

- Troth, C. R., Burian, A., Mauvisseau, Q., Bulling, M., Nightingale, J., Mauvisseau, C., & Sweet, M. J. (2020). Development and application of eDNA-based tools for the conservation of white-clawed crayfish. *Science of the Total Environment*, *748*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141394

- Trouilhé, M. C., Souty-Grosset, C., Grandjean, F., & Parinet, B. (2007). Physical and chemical water requirements of the white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*) in western France. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *17*(5), 520–538. https://doi.org/10.1002/aqc.793

- Trujillo-Gonzalez, A., Hinlo, R., Godwin, S., Barmuta, L. A., Watson, A., Turner, P., Koch, A., & Gleeson, D. (2021). Environmental DNA detection of the giant freshwater crayfish (*Astacopsis gouldi*). *Environmental DNA*, *3*(5), 950–958. https://doi.org/10.1002/edn3.204

- Wolfaardt, G. M., Lawrence, J. R., Robarts, R. D., & Caldwell, D. E. (1998). In situ Characterization of Biofilm Exopolymers Involved in the Accumulation of Chlorinated Organics. *Microbial Ecology, 35*, 213–223. https://doi.org/10.1007/s002489900077

Annexe 1 : Comparaison de la détection visuelle et de la détection ADNe de l'Écrevisse à pattes blanches dans échantillon de biofilm

Site	Point d'échantillonnage	Année	*A. pallipes* détectée visuellement (nombre d'individus captés sur le tronçon correspondant prospection pédestre nocturne)	*A. pallipes* détectée par ADNe	Remarques prélèvement
Rieumajou A	A-EC-T1 (WP4A)	2021	Non	Non	Prélèvements de jour
Rieumajou A	A-EC-T1 (WP4B)	2022	Non	Non	Prélèvements de nuit
Rieumajou A	A-EC-T1 (WP4C)	2023	Non	Non*	Prélèvements de nuit
Rieumajou A	A-EC-T2 (WP5A)	2021	Non	Non*	Prélèvements de jour
Rieumajou A	A-EC-T2 (WP5B)	2022	Non	Non	Prélèvements de nuit
Rieumajou A	A-EC-T2 (WP5C)	2023	Non	Non*	Prélèvements de nuit
Rieumajou A	A-EC-T3 (WP7A)	2021	Non	Non*	Prélèvements de jour
Rieumajou A	A-EC-T3 (WP7B)	2022	Non	Non	Prélèvements de nuit
Rieumajou A	A-EC-T3 (WP7C)	2023	Non	Non*	Prélèvements de nuit
Justale Reference	REF-EC-T1 (WP10A)	2021	Oui (35)	Oui	Prélèvements de jour
Justale Reference	REF-EC-T1 (WP10B)	2022	Oui (28)	Oui	Prélèvements de nuit

Justale Reference	REF-EC-T1 (WP10C)	2023	Oui (87)	Oui	Prélèvements de nuit
Justale Reference	REF-EC-T2 (WP12A)	2021	Oui (46)	Non	Prélèvements de jour
Justale Reference	REF-EC-T2 (WP12B)	2022	Oui (15)	Oui	Prélèvements de nuit
Justale Reference	REF-EC-T2 (WP12C)	2023	Oui (29)	Oui	Prélèvements de nuit
Justale Reference	REF-EC-T3 (WP13A)	2021	Oui *(3)*	Non*	Prélèvements de jour
Justale Reference	REF-EC-T3 (WP13B)	2022	Oui *(9)*	Non	Prélèvements de nuit
Justale Reference	REF-EC-T3 (WP13C)	2023	Oui *(7)*	Oui	Prélèvements de nuit
Rieumajou B	B-EC-T1 (WP49A)	2022	Oui (20)	Oui	Prélèvements de nuit ET de jour
Rieumajou B	B-EC-T1 (WP49B)	2023	Oui (11)	Oui	Prélèvements de nuit
Rieumajou B	B-EC-T2 (WP51A)	2022	Non	Non	Prélèvements de nuit ET de jour
Rieumajou B	B-EC-T2 (WP51B)	2023	Non[1]	Non*	Prélèvements de nuit [1]*plusieurs individus observés au niveau du passage à gué aménagé à proximité directe du prélèvement*

Rieumajou B	B-EC-T3 (WP50A)	2022	Non	Non	Prélèvements de nuit ET de jour
Rieumajou B	B-EC-T3 (WP50B)	2023	Non[2]	Oui	Prélèvements de nuit [2]*Un individu entre 2 et 5 cm a été observé le 05/09/2023 lors du prélèvement* *Hypothèse : Population réfugiée à l'amont ?*

* Très peu de séquences d'ADN (moins de 20) d'*A. pallipes* ont été mises en évidence. La présence de l'espèce est ainsi probable mais devrait être confirmée par des observations visuelles, des données historiques ou un nouvel échantillonnage.

La flore protégée sous l'œil du drone : objectifs, résultats et perspectives

Garcia Jérôme [1], Hamdi Anouar [2] et Cambecèdes Jocelyne [3]

[1] CBNPMP, 24 - avenue du 8 mai 1945 - 82160 Caylus. Email : jerome.garcia@cbnpmp.fr
[2] CBNPMP, Vallon de Salut - BP 70315 - 65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex. Email : anouar.hamdi@cbnpmp.fr
[3] CBNPMP, Vallon de Salut - BP 70315 - 65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex. Email : jocelyne.cambecedes@cbnpmp.fr

Mots clés : drone, survol, image, suivi, Jacinthe de Rome, télédétection, traitement, UrbaFlore

Résumé :

Le suivi floristique améliore nos connaissances et notre compréhension de la biologie et de l'évolution des populations de plantes. Réalisé au moyen de transects ou de quadrats, il s'appuie sur des protocoles de comptage d'individus ou d'estimation de leur recouvrement. Les nouvelles technologies ouvrent la voie vers de nouvelles perspectives d'évaluation. Dès 2021, un axe du programme UrbaFlore a porté sur l'étude de populations de sept plantes protégées au moyen d'un drone. La capacité de cette technologie à détecter et à discriminer l'espèce cible dans son habitat, à cartographier sa répartition spatiale, à évaluer ses effectifs, à étudier sa dynamique d'occupation de l'espace et de densité ont été étudiées. Le drone est ainsi envisagé comme complément de la collecte d'informations. La démarche suivie est présentée, les objectifs et résultats obtenus sont discutés pour porter un regard critique sur les perspectives d'utilisation du drone dans le cadre de suivis de flore.

1. Contexte et objectifs

1.1. Présentation

Depuis 2015, le programme UrbaFlore cherche à mobiliser tous les publics et à renforcer les réseaux de bénévoles d'associations naturalistes qui assurent une veille sur la flore remarquable des grandes aires urbaines de la Région ex Midi-Pyrénées. Les objectifs de cette veille sont notamment de cartographier leurs aires de présence, d'estimer l'évolution de leurs effectifs et d'apporter des éléments de connaissance sur leur capacité de résilience dans des contextes de perturbation.

L'évaluation de la biodiversité et de son évolution dans le temps est une préoccupation récurrente dans les axes du programme, qu'elle soit envisagée à une échelle très locale (parcelle, station d'espèce) ou plus large, par exemple à l'échelle d'un site. La situation n'est cependant pas toujours propice à une évaluation précise sur le terrain, que ce soit en raison du contexte environnemental, de nécessités de circulation ou d'accès, ou de conditions liées aux populations d'espèces. Différents cas de figures peuvent ainsi limiter la qualité des données relevées et l'analyse qui en découle. Dans la recherche d'une solution pour améliorer et consolider les données récoltées sur

le terrain, les apports de la télédétection par drone pour du suivi d'espèces, en complément de relevés exhaustifs et d'échantillonnages par transects et quadrats, sont explorés depuis 2021.

1.2. Objectifs visés

Pour le programme UrbaFlore, les attentes vis-à-vis de la télédétection par drone portent sur la cartographie de la répartition spatiale des individus d'une espèce cible, l'estimation des effectifs et des densités et le suivi dans le temps d'une même population. Les expérimentations conduites doivent permettre de cerner les gains en termes de résultats techniques et de temps apportés par l'utilisation d'images prises par drone, mais également de préciser les limites de cette technologie dans le cas des problématiques abordées.

L'évaluation des apports du drone s'est fondée sur les objectifs suivants :

1. Détecter l'espèce cible dans son habitat ;
2. Discriminer cette espèce des autres et de celles morphologiquement proches ;
3. Distinguer chaque élément fleuri de l'espèce cible ;
4. Evaluer les effectifs et/ou la surface occupée par l'espèce cible ;
5. Cartographier précisément sa répartition ;
6. Etudier sa dynamique d'occupation dans l'espace et le temps ;
7. Améliorer des protocoles d'échantillonnage.

Atteindre ces objectifs nécessite de pouvoir bien identifier les espèces cibles d'où la réalisation de survols au moment de l'optimum de floraison.

Il va de soi que si l'objectif 1 (puis 2, puis 3) n'est pas atteint, les objectifs suivants ne peuvent l'être. Il faut alors identifier les causes d'un premier échec et formuler des pistes d'amélioration pour aller plus loin.

2. Matériel et méthode

2.1. Choix des taxons et des sites d'étude

Avec 161 taxons et plus de 3900 populations à surveiller dans UrbaFlore, une sélection est nécessaire. Elle est établie selon les critères suivants pour les taxons : milieux ouverts, individus bien visibles (taille, couleur), en effectif important sur la station et ayant un caractère emblématique local ; pour les sites, il s'agira de retenir ceux qui présentent une facilité d'accès et de prise de contact avec les propriétaires et une problématique particulière de suivi (ex : étude de la capacité de résilience après dégradation, adaptation d'une population à un changement de gestion de l'habitat).

2.2. Présentation et utilisation du dispositif drone

Le drone utilisé est à rotors de type DJI M210 RTK v2 avec quatre hélices (Photo A). Il décolle et atterrit à la verticale. Pour acquérir les images, il est piloté par

l'intermédiaire d'un planificateur de vol. L'autonomie de vol est de 25 min en moyenne, en l'absence de brouillard, de précipitation et avec un vent à moins de 35 km/h. Une nacelle permet d'y accrocher un capteur d'acquisition d'images « RVB » (rouge, vert, bleu) de type Zenmuse x7 de résolution 24 millions de pixels, permettant d'obtenir une orthophoto de 2,2 mm de résolution à une hauteur de vol de 20 m au-dessus du sol. Le délai de capture entre deux images est de 2 secondes.

Photo A : Télépilote, console de vol et drone sur le terrain.

2.3. Organisation du vol

La réalisation d'un vol nécessite de vérifier auparavant si le secteur de vol se trouve dans une zone de restriction : zones urbaines, aérodromes, secteurs d'entraînement militaire… Comme pour UrbaFlore la majorité des sites se trouvent dans ce type de zone, des autorisations administratives sont nécessaires. Elles ont été obtenues en amont du vol auprès de la préfecture, des propriétaires des parcelles et des gestionnaires des espaces aériens. Ces démarches sont chronophages et, dans certains cas, des contraintes sont imposées par les gestionnaires des espaces aériens. En l'air, le drone ne doit ni survoler des personnes, ni enregistrer des données personnelles. Pour identifier les limites physiques du vol (bâtiments, pylônes, voies rapides…), une étude des cartes topographiques de l'IGN est utile.

Plusieurs étapes se succèdent de la préparation du vol au géotraitement des images (Figure 1). Des tests sur le terrain permettent d'obtenir les paramètres de planification du vol, en particulier la hauteur de vol. La superficie de la zone à survoler peut être réajustée. Dès lors, le planificateur donne une estimation de la durée du vol et donc du nombre de batteries nécessaires. Selon l'autonomie, la superficie de la zone à survoler peut être réajustée.

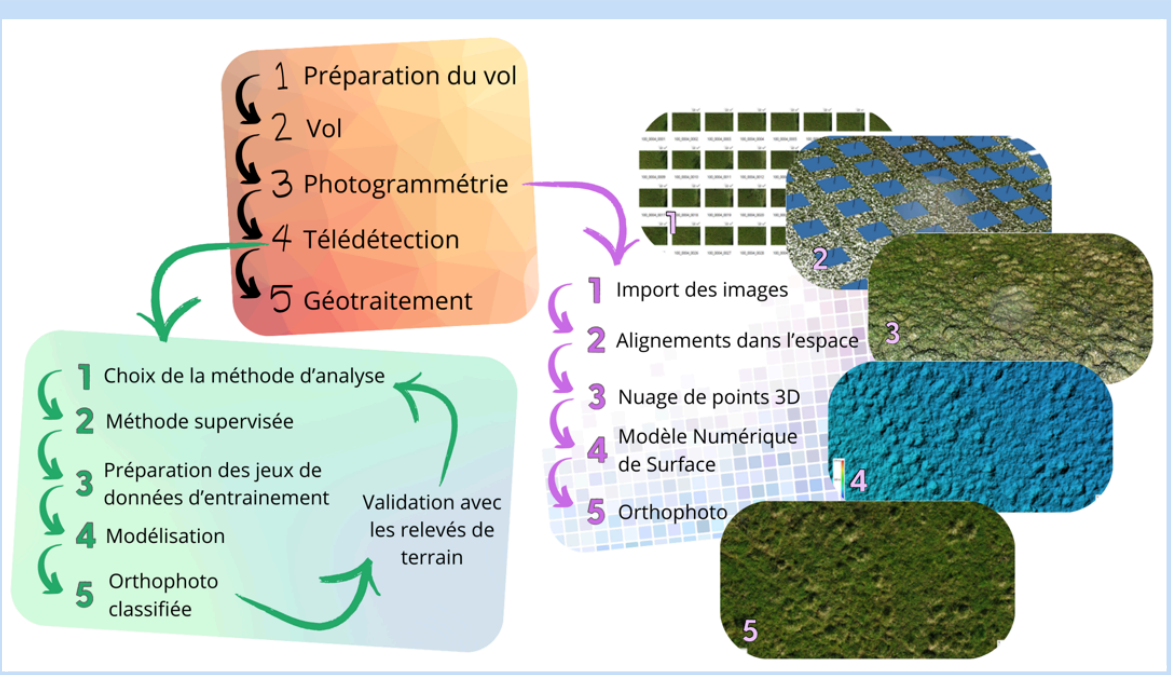


Figure 1 : Synthèse des étapes de prise, de traitement et d'analyse des images.

2.4. Traitement des images

Les images acquises au cours du vol sont traitées par **photogrammétrie**, pour obtenir une orthophoto. L'utilisation d'un logiciel dédié se fait alors par étapes : alignement des photos, création des nuages de points denses, création du maillage et de la texture, création d'un modèle numérique de surface et création d'une orthophoto qui peut être analysée par télédétection pour repérer les espèces cibles. L'analyse par **télédétection** s'appuie sur une méthode de classification supervisée et orientée « pixel » qui se déroule en deux temps : apprentissage et classification.

Les données d'apprentissage nécessaires pour les analyses par télédétection représentent des unités de végétations et/ou des espèces observées sur une orthophoto. Elles doivent être exhaustives et bien réparties sur l'image. Pour constituer les données d'apprentissage, différentes sources d'information sont utilisées telles que l'interprétation à l'œil nu de l'orthophoto produite pendant la phase de photogrammétrie et les observations faites sur le terrain le jour du vol pouvant avoir un apport important si l'interprétation à l'œil nu de l'orthophoto ne permet pas de reconnaître les espèces et les unités de végétations (à cause de sa résolution insuffisante). Elles permettent de créer et de valider l'algorithme de classification et de valider le résultat de la classification avec une matrice de confusion. Les images classées présentent de nombreuses zones éparpillées et de petite taille. Ces zones sont constituées de pixels incorrectement classés. Pour remédier à ce problème, deux outils de

généralisation de raster sont utilisés pour lisser les bords des zones d'un raster. Une fois le nettoyage jugé satisfaisant, la phase de production d'indicateurs peut commencer.

Des **relevés de terrain** effectués le jour du vol permettent de valider les indicateurs résultant des géotraitements et de juger ainsi de la robustesse de la classification de l'image. Les protocoles de relevé terrain ont notamment consisté à poser 3 quadrats de 1x1m, divisés en mailles de 10x10cm, et une bande de 20x2 m (Photo B). Les éléments fleuris sont repérés, comptés et leur état phénologique, précisé. La zone survolée inclut ces dispositifs.

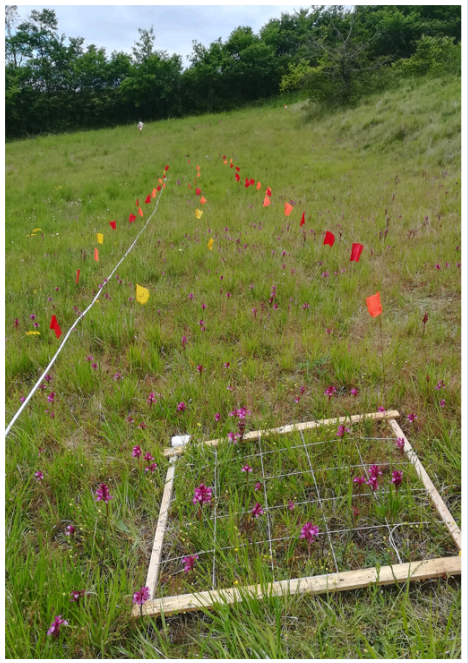


Photo B : Quadrat d'1 m² et bande de relevé installé sur un site à Orchis papillon.

3. Résultats

3.1. Taxons et sites à survoler sélectionnés

Sept espèces protégées (Figure 2) et 14 sites ont permis de répondre aux critères établis :

- *Anacamptis papilionacea* – Orchis papillon : 1 site
- *Bellevalia romana* – Jacinthe de Rome : 3 sites
- *Fritillaria meleagris* – Fritillaire pintade : 2 sites
- *Neotinea lactea* – Orchis lacté : 2 sites
- *Ranunculus ophioglossifolius* – Renoncule à feuilles d'Ophioglosse : 2 sites
- *Rosa gallica* – Rose de France : 2 sites
- *Serapias cordigera* – Sérapias en cœur : 2 sites

Ces taxons font partie des 12 les plus représentés en nombre de stations à surveiller. Ils sont également les plus concernés par des impacts liés à un changement d'usage des sols (embroussaillement, mise en culture, travaux de bord de voirie, urbanisation, *etc.*).

Si l'ensemble des sites a fait l'objet d'un survol et d'une analyse, le cas de la Jacinthe de Rome a permis non seulement d'identifier l'espèce et de distinguer ses éléments fleuris, mais aussi de poursuivre les analyses pour disposer de données sur les effectifs et la répartition de l'espèce. Ce taxon est ainsi le fil conducteur de l'étude présentée.

Orchis lacté

Orchis papillon

Sérapias en cœur

Renoncule à feuilles d'Ophioglosse

Fritillaire pintade

Jacinthe de Rome

Rose de France

Figure 2 : Vue de dessus des taxons sélectionnés pour une étude avec le drone.

3.2. Résultats du vol et du traitement des images

Les tests effectués sur le terrain ont permis de fixer le vol à 20 m de hauteur pour les capteurs. Elle correspond au meilleur compromis entre la surface couverte et la résolution des photos pour identifier les taxons sur les prises de vue et les orthophotos. La résolution est ainsi de 2,2 mm pour le capteur « RVB ».

Le traitement par **photogrammétrie** a permis d'obtenir des orthophotos de qualités variables d'un site à l'autre et d'un vol à un autre qui s'expliquent par des conditions climatiques, phénologiques et techniques diverses. Pour la Jacinthe de Rome, la photogrammétrie a permis d'atteindre l'objectif de détection du taxon dans son habitat (Figure 3).

Les analyses par **télédétection**, étape chronophage, ont été satisfaisantes uniquement sur les sites à Jacinthe de Rome et Orchis papillon pour lesquels les orthophotos ont été jugées de bonne qualité. Les images de télédétection (Figure 4a) permettent de répondre aux objectifs de cartographie de la répartition spatiale et de l'évaluation des effectifs et/ou de la surface occupée par le taxon ciblé.

Figure 3 : Image de résolution 2,2 mm, obtenue par photogrammétrie permettant de détecter les inflorescences (masses de couleur crème) de Jacinthe de Rome.

Les images obtenues par **géotraitement** permettent de répondre aux objectifs d'étude de la dynamique d'occupation spatio-temporelle du taxon et d'amélioration des protocoles d'échantillonnage. En effet, à partir des résultats du géotraitement (Figure 4b & 4c), des protocoles d'échantillonnage aléatoire simple ou régulier, faisant varier le nombre de quadrats de suivi d'1 m^2 et le nombre de répétitions, ont été testés. Sur le site ciblé, le choix d'un échantillonnage efficace (nombre de quadrats minimum et marge d'erreur faible) a permis d'identifier que 9 quadrats d'1 m^2 espacés de 12 m les uns des autres étaient suffisants. Des productions spécifiques ultérieures viendront compléter ce point. Ces premiers résultats encourageants ouvrent des pistes d'analyse équivalente pour l'Orchis papillon.

L'analyse des images prises par drone a été réalisée pour l'ensemble des taxons ciblés. La synthèse des résultats, en l'état d'avancement de nos études, est indiquée Figure 5.

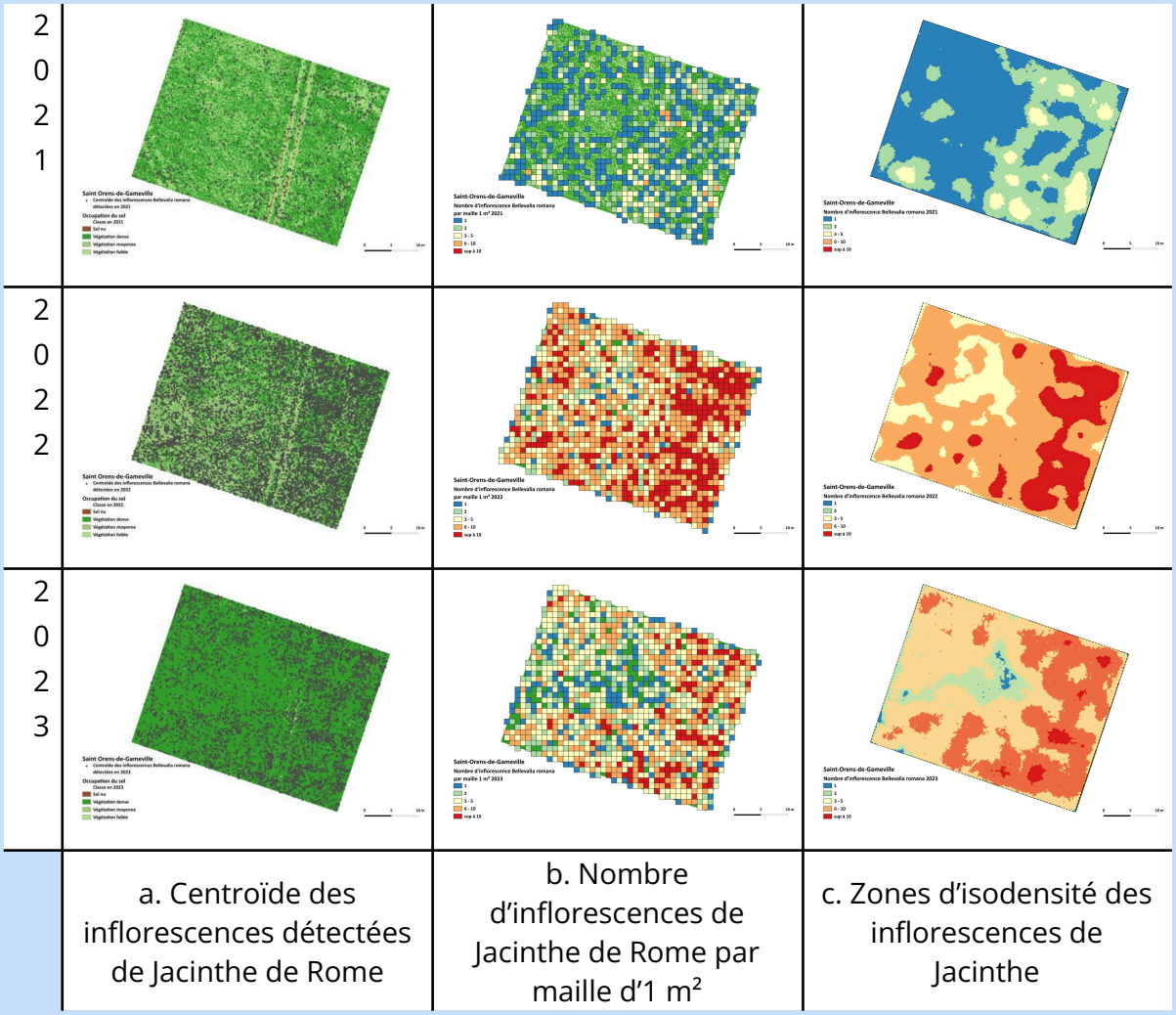


Figure 4 : Images obtenues par photogrammétrie (a) et géotraitement (b et c) ciblant les inflorescences de Jacinthe de Rome en 2021, 2022 et 2023.

4. Discussion et perspectives

Le drone est expérimenté dans la perspective de compléter, vérifier ou remplacer la perception visuelle d'un observateur qui doit parcourir une surface donnée et de retranscrire une réalité de terrain (état du milieu, du cortège d'espèces ou d'individus). Cet outil permet l'exhaustivité, la fiabilité, la reproductibilité et l'exploitabilité des données acquises efficacement dans l'espace (occupation) et le temps (dynamique).

Si les résultats restent encore mitigés pour certains taxons ou nécessitent un approfondissement des études, ces premières années d'expérimentation ouvrent des perspectives intéressantes d'exploitation des images prises par le drone.

Sont d'ores et déjà identifiées certaines pistes d'amélioration (Figure 6) qui ne cessent de perfectionner la méthode et l'expérience de l'utilisation de l'outil drone et du traitement d'images qui en découle.

Taxon ciblé	Objectifs			Suggestions d'amélioration
	• Détecter le taxon dans son habitat • Distinguer chaque élément fleuri • Cartographier la répartition spatiale du taxon • Evaluer l'effectif et/ou la surface occupée par le taxon • Cartographier précisément la répartition du taxon	Discriminer le taxon des autres et de ceux morphologique-ment proches	Etudier la dynamique d'occupation du taxon dans l'espace et le temps	
Anacamptis papilionacea	Résultats concluants	Sans objet	Sans objet	
Bellevalia romana	Résultats concluants	Sans objet	Résultats concluants	Plusieurs survols à prévoir en période de floraison
Fritillaria meleagris	Résultats moyens	Sans objet	Sans objet	Vol à renouveler à l'optimum de floraison
Neotinea lactea	Résultats non concluants, taxon peu dense et peu identifiable dans la végétation haute	Sans objet	Résultats non concluants	Vol à renouveler à l'optimum de floraison et avec un effectif plus important
Ranunculus ophioglossifolius	Résultats moyens		Sans objet	Complément d'étude terrain nécessaire
Rosa gallica	Résultats moyens : non concluants pour identifier le feuillage mais concluants pour les fleurs		Sans objet	Plusieurs survols à prévoir selon l'état phénologique (jeunes feuilles, floraison, feuillage automnal)
Serapias cordigera	Souci de réglage du triangle d'exposition du capteur RVB pour capter la couleur de l'inflorescence par rapport à son environnement		Sans objet	Analyses par télédétection non abouties car intensité lumineuse trop importante sur l'orthophoto

Figure 5 : Synthèse des résultats de télédétection pour les taxons étudiés.

Paramètres	Facteurs à considérer pour la photogrammétrie
Météo	Voler avec une luminosité stable pour limiter des variations de couleurs qui complexifient la phase de télédétection. Avec le vent, les végétaux bougent produisant des images floues et des artefacts diminuant la qualité de l'orthophoto et de la télédétection. Réaliser des tests de paramétrage du triangle d'exposition du capteur RVB permet de mieux prendre en compte les conditions climatiques (vent, humidité) et luminosité, la couleur des fleurs du taxon cible (surtout si elle est blanche) et son environnement
Horaire	Un vol entre 10h et 15h évite les ombres portées et les vents thermiques associés à la taille de l'espèce cible et à la végétation proche. Cet horaire varie cependant selon les saisons et l'habitat.
Environnement	Les lignes électriques, les arbres ou les routes peuvent limiter la surface couverte de vol et/ou la résolution souhaitée. L'incursion de randonneurs ou d'aéronefs à proximité de la zone de vol peut contraindre le vol.
Réglementation espace aérien	La proximité d'aérodromes ou d'aéroports, les espaces urbanisés et le dépassement de plafond aérien nécessitent respectivement l'autorisation du gestionnaire, une déclaration préalable et une autorisation à la préfecture du département.
Type de capteur	Le type de capteur choisi, qui peut jouer un rôle clé dans la réussite du vol, notamment en fonction de sa résolution spatiale et spectrale, ainsi que le temps de prise d'image qui permet de couvrir de grande surface. Le type de drone utilisé et son autonomie ont également leur importance.
Données de terrain	L'acquisition de données de terrain est indispensable pour disposer de données d'apprentissage et de validation de qualité pour les étapes de télédétection. Elle peut s'appuyer sur des dispositifs de suivi installés *in situ* et visibles sur les images, et sur lesquels sera notamment notée la position des pieds de l'espèce cible.
Biologie et habitat	Plus l'espèce cible est de couleur ou d'aspect distinct de son environnement, plus il sera facile de l'observer. Une floraison optimale et des inflorescences denses permettent de mieux observer l'espèce. Sa phénologie est à prendre en compte selon la saison. L'espèce cible dépassant rarement 5 à 15 cm de haut, une résolution très fine (1 pixel = 0,22 cm à 0,6 cm) est nécessaire à une hauteur de vol de 20 à 30 m avec les capteurs actuels. Une végétation qui dépasse la hauteur de l'espèce cible et la présence de fleurs aux couleurs proches de cette espèce peuvent rendre difficile sa détection.

Figure 6 : Bilan des résultats des expérimentations réalisées avec le drone.

Évaluation de la biodiversité des haies gersoises et développement d'outils de diagnostic et de planification à destination des agriculteurs et des collectivités pour une gestion durable

Gonnet Gladys[1], Orth Mathieu[2]

[1] *Fédération Départementale des Chasseurs du Gers, 530 Rte de Toulouse, 32000 Auch. Email : gonnet.gladys@gmail.com*

[2] *LPO Occitanie Délégation Gers, Lieudit Le Calibre 32500 FLEURANCE. Email : mathieu.orth@lpo.fr*

Mots clés : Haies, Oiseaux, Diagnostic, Grain bocager, Plan de Gestion Durable des Haies, Gers

Résumé :

En partenariat avec l'INRAe de Rennes, l'UMR BAGAP, et en collaboration avec le Groupe Ornithologique Gersois, l'OFB et l'AROMP, la FDC 32 a déployé un modèle cartographique qui évalue la fonctionnalité écologique des haies, le « Grain bocager ». Il peut être calculé à plusieurs échelles, de la parcelle à un territoire de plusieurs communes. En faisant un lien avec des relevés de terrain portant sur les oiseaux réalisés sur 300 haies gersoises, le grain bocager a pu être validé comme indicateur prédictif de biodiversité. Les relevés ont également été mis en perspective d'un diagnostic de l'état des haies.

Ces deux facteurs complémentaires, grain bocager et diagnostic, peuvent être utilisés pour la définition d'un Plan de Gestion Durable des Haies par les gestionnaires, pour mieux connaître leur capital haies, améliorer leur gestion et les valoriser durablement. Ce document peut servir à l'obtention du Label Haie pour les agriculteurs. Ces outils permettent également d'accompagner des démarches communales ou intercommunales, des agriculteurs ou groupements d'agriculteurs.

1. Introduction

Les haies présentent de nombreux intérêts indéniables pour l'Homme et l'environnement (agronomiques, écologiques et paysagers). À la croisée des enjeux d'adaptations au changement climatique, de perte de biodiversité, de lutte contre l'érosion des sols, ou encore de protection de la ressource en eau, les haies sont reconnues comme un levier incontestable de la transition écologique. En outre, elles représentent un support paysager essentiel à la conservation et la fonctionnalité des continuités écologiques pour de nombreuses espèces, menacées par certaines pratiques agricoles.

Cependant, en dépit de ses nombreux services rendus, des investissements et des efforts à la plantation, notamment encouragés par le programme national de relance « Plantons des haies », la trame arborée ne cesse de régresser. À l'échelle nationale, plus de 20 000 km de haies sont perdus chaque année, une

tendance ayant doublé ces dernières années (CGAAER, 2023). Dans le Gers, une double problématique fait surface : pratiques de gestion inadaptées accélérant le processus de vieillissement des haies et coupes à blancs dans le cadre de prélèvement bois-énergie, faute de filières encadrées sur le territoire.

Les politiques territoriales actuelles accordent un intérêt grandissant à l'amélioration des connaissances et à la reconstruction d'un maillage fonctionnel. En ce sens, des travaux ont été initiés en Bretagne en 2015 dans le cadre du projet « Connaissance de la Biodiversité liée au complexe bocager et applications pratiques sur le bassin versant du Léguer » associant Lannion Trégor Communauté, la Fédération Départementale des Chasseurs des Côtes d'Armor et l'Institut National de Recherche Agronomique de Rennes (UMR BAGAP). Des outils de diagnostic et de planification, l'indicateur Grain bocager et le module biodiversité du Plan de Gestion Durable des Haies, ont ainsi été évalués et validés par des relevés directs de biodiversité sur deux groupes taxonomiques bio-indicateurs de la qualité des milieux : les carabes, auxiliaires de culture, et la flore. Ces outils méritaient d'être testés dans un nouveau territoire national et sur un nouveau taxon de sorte à être confortés.

Dans ce cadre, la Fédération Départementale des Chasseurs du Gers (FDC), en collaboration avec le Groupe Ornithologique Gersois (GOG - nouvellement Ligue de Protection des Oiseaux Occitanie Délégation Gers), l'Office Français de la Biodiversité (OFB) et l'Association Régionale d'Ornithologie du Midi et des Pyrénées (AROMP), s'est rapprochée de ces acteurs pour travailler en synergie sur cette thématique, en mettant en perspective ces outils par rapport à la richesse avifaunistique des haies. Une fois validés, ces outils novateurs pourront être déployés de manière à sensibiliser et accompagner les acteurs à l'échelle de territoires, pour collectivement préserver, gérer et valoriser les haies.

L'étude présentée ici propose d'évaluer l'influence de la gestion des haies sur la répartition des oiseaux au travers de l'indicateur Grain bocager et du module biodiversité du Plan de Gestion Durable des Haies. Complémentaires à la flore et aux carabes étudiés en Bretagne par l'INRAE, les oiseaux ont été retenus comme modèle d'étude pour leur rôle bio-indicateur, intégrant de nombreuses facettes de l'environnement et répondant aux changements de leurs habitats, leur facilité d'inventaire, ainsi que leur intérêt comme auxiliaires de cultures. L'étude souligne également les perspectives données par ces outils et leurs applications concrètes initiées dans le Gers.

2. Présentation des outils de diagnostic et de planification : l'indicateur Grain bocager et le module biodiversité du PDGH

2.1. L'indicateur Grain bocager

L'influence microclimatique des haies est richement documentée, comme l'effet brise vent, la limitation de l'évapotranspiration, le maintien de l'eau dans les sols, la réduction des risques de verse des cultures, la protection du bétail, etc. Il est ainsi connu que l'effet brise vent est ressenti en moyenne jusqu'à dix fois la hauteur d'une haie (cf. Figure 1).

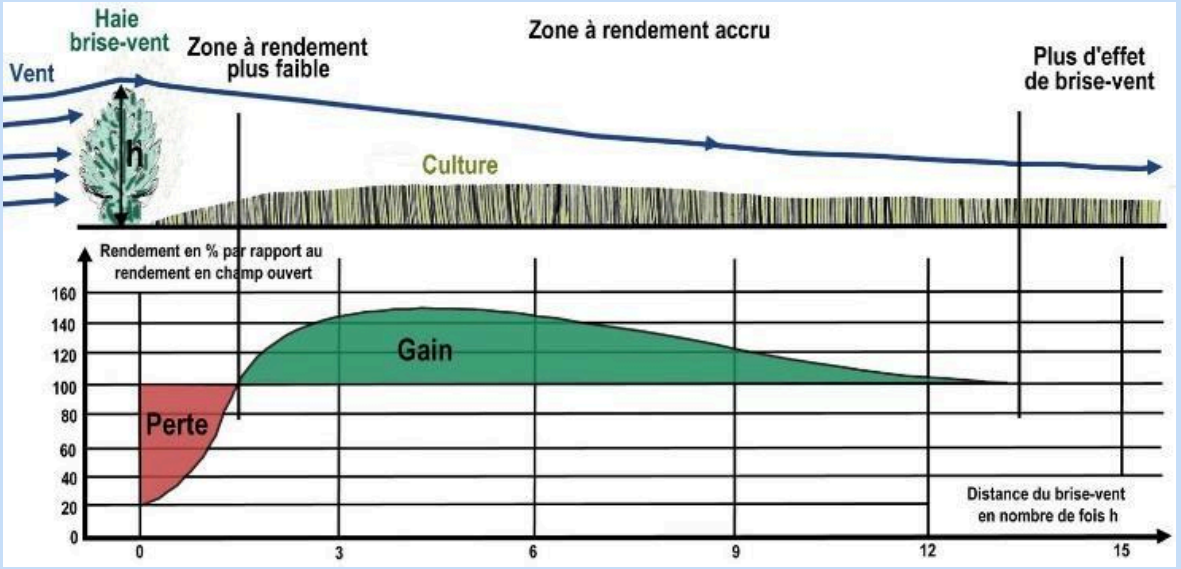


Figure 1 : Schéma de l'effet brise vent d'une haie bien positionnée sur une culture (d'après D.Soltner, 'L'arbre et la haie », édition des Sciences et Techniques Agricoles)

Sur cette base scientifique, partant de la distance aux haies et prenant en compte la forme des parcelles, la structure 3D des éléments arborés et leur « densité », l'indicateur Grain bocager permet de traduire l'influence micro-climatique des haies sur les parcelles avoisinantes. L'INRAe de Rennes, UMR BAGAP, a développé un logiciel de traitement cartographique, le logiciel CHLOÉ Métriques Paysagères, permettant de formaliser cet indicateur sous forme de cartographie, attribuant des valeurs 0 à 1 aux parcelles (cf. Figure 2). La valeur 0 indique des milieux boisés ou des haies très rapprochées les unes des autres et des parcelles plutôt rectangulaires, tandis que la valeur 1 des milieux très ouverts, des parcelles étendues de forme plutôt carrée. Le bocage est considéré à grain fin (valeurs proches de 0) lorsque les haies influencent une part importante de la surface des parcelles et un grain grossier (valeurs proches de 1) dans le cas contraire (Mercier, 2016 in Rolland, 2020). Cet outil permet de travailler à de nombreuses échelles avec une grande précision.

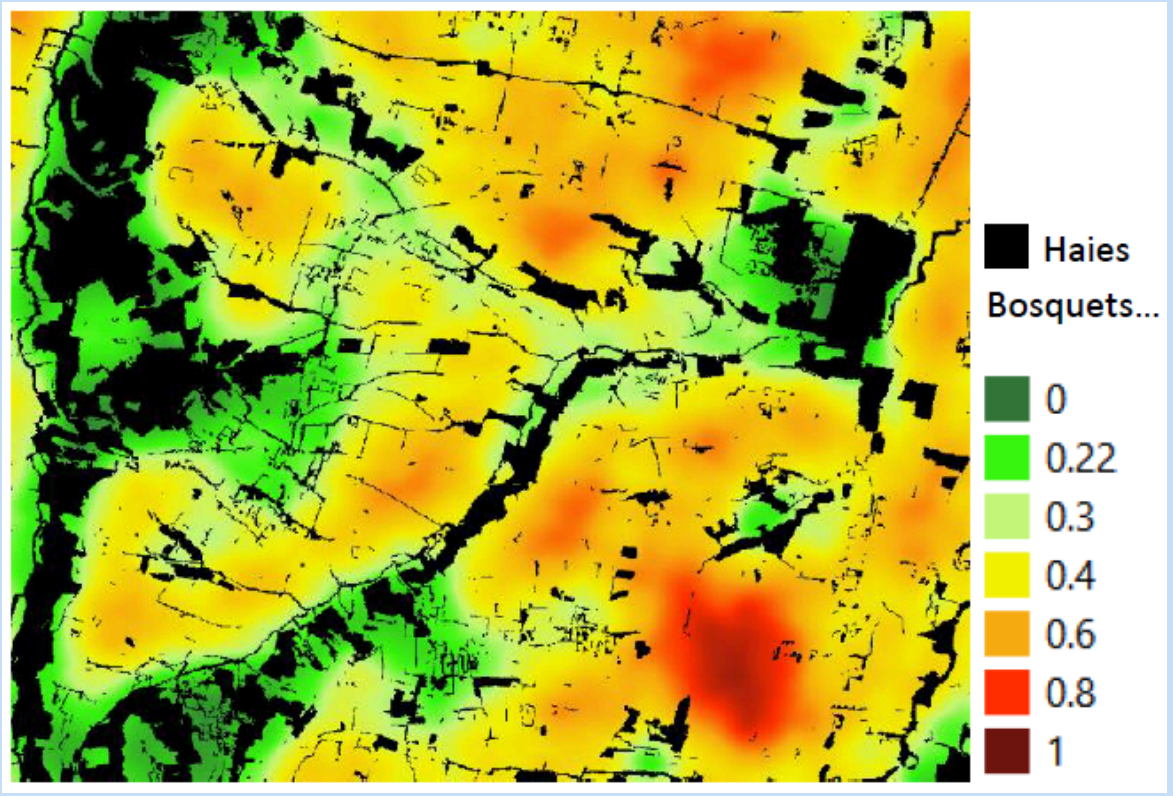
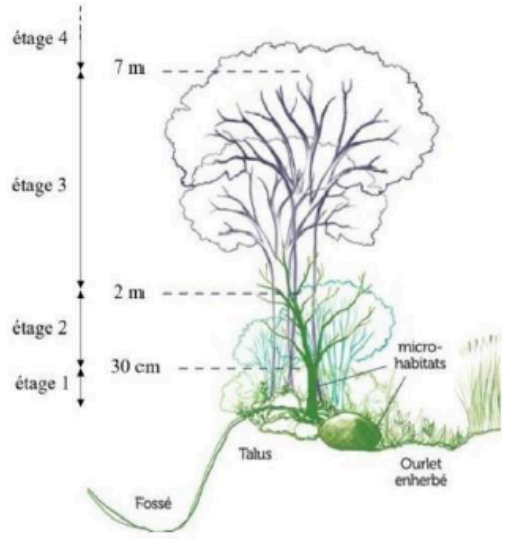


Figure 2 : Exemple de cartographie du grain bocager (zone 6 km par 5 km) ;
secteur Astarac communes concernées : Ste-Dode / Sadeillan / Sarraguzan / Mont-de-Marrast)
Analyse en fenêtre glissante de 250m de rayon, tous les 5m)

2.2. Module biodiversité du Plan de Gestion Durable des Haies (PGDH)

Le Plan de Gestion Durable des Haies (PGDH – AFAC Agroforesterie) est un outil de planification et de gestion durable ayant pour but d'aider l'agriculteur ou le gestionnaire à connaître son patrimoine bocager et à le gérer de façon pérenne et viable économiquement. Le document produit permet de planifier et de prioriser les interventions et est un référentiel initial qui sera nécessaire pour de nombreuses démarches autour des haies, comme la labellisation « Label Haie ».

Un module biodiversité fait partie intégrante de ce document cadre de gestion (cf. Figure 3). Il permet l'évaluation de la capacité d'accueil d'une haie, sans passer par des inventaires systématiques de biodiversité. Cette approche consiste à centrer le diagnostic sur des attributs « clés/facteurs » de la haie reconnu dans la bibliographie comme ayant un impact sur la répartition des espèces en leur attribuant une pondération (Baudry et Jouin *et al*., 2003). Un exemple est donné ici pour le critère largeur de la canopée (cf. Tableau 1).



IMPLANTION DE LA HAIE	45 Points
Implantation de la haie	15 Points
Largeur de l'ourlet enherbé	15 Points
Présence de lianes (étages 1 et 2)	15 Points
STRUCTURE DE LA HAIE	**45 Points**
Présence et continuité étage 2	10 Points
Présence et continuité étages 3 et 4	10 Points
Largeur de la canopé	9 Points
Bonus continuité générale >70%	6 Points
Diversité des essences	5 Points
Configuration de la haie (bord de cours d'eau, route, culture, prairie...)	5 Points
MICRO-HABITATS	**10 Points**
TOTAL	**100 Points**

Figure 3 : Grille d'évaluation du module biodiversité du Plan Durable de Gestion des Haies

Tableau 1 : Exemple de pondération attribuée pour le critère largeur de la canopée dans le module biodiversité du Plan de Gestion Durable des Haies

Classes de largeur (m)	Pondération attribuée
0 à 4	0
4 à 10	4
> 10	9

3. Validation des outils à partir du modèle oiseaux

3.1. Méthode

3.1.1. Echantillonnage

Deux zones d'étude ont été retenues pour leurs différences paysagères et pouvant traduire différents gradients de densités de haies.

Une première se trouve dans les « Coteaux et plaines de Baïses » (sous-entité géographique proposée en 2002 par le CAUE du Gers) au sud du département (au sud de Mirande) dans l'entité paysagère de l'Astarac. Cette zone proche des Pyrénées est caractérisée par un relief marqué et une alternance entre des vallons en pente douce et des coteaux raides boisés. Cette structure paysagère a influencé historiquement les systèmes agricoles qui se sont plutôt tournés vers des exploitations en polyculture-élevage. Le bocage a été conservé dans certains espaces et l'ambiance forestière est toujours présente dans les coteaux.

À l'inverse, une seconde zone d'étude est située dans le Pays de Gaure, au nord du Gers (autour de Fleurance), sous-entité décrite par de larges plaines bordées de collines et vallons étirés. Les espaces sont très largement cultivés

avec un système principal en grandes cultures céréalières. Sur ces espaces à faible relief, le remembrement rural a eu un impact important.

Au final, en 2021 et 2022, 150 haies-échantillons ont été retenues dans la première zone d'étude et 150 échantillons autres dans la seconde zone d'étude, soit un total de 300 haies décrites par le biais du Grain bocager et du module biodiversité du PGDH.

3.1.2. Recensement des oiseaux

La méthode utilisée consiste à la réalisation de points d'écoute, inspirés de la méthode des EPS (Echantillonnage Ponctuel Simple), (Spitz, 1974), en un seul passage en période de reproduction des oiseaux entre le 15 mai et le 30 juin, sur chaque haie-échantillon (soit 300 points sur les 300 haies décrites) et d'une durée de vingt minutes chacun, avec identification du nombre de mâles chanteurs et de l'espèce. Cette méthode a été retenue pour sa facilité de mise en œuvre et la possibilité de travailler en fréquence et en indice d'abondance (échantillonnage semi-quantitatif).

Les relevés ont été menés en 2021 et 2022. Sept observateurs de quatre structures ont participé à cet inventaire : OFB (service départemental du Gers, AROMP, FDC et GOG).

3.1.3 Limites de la méthode

Seuls les oiseaux ont été pris en compte dans cette étude. Les résultats seraient sans doute différents pour d'autres groupes taxonomiques influencés par l'état et la densité des haies, comme les reptiles et les amphibiens. Ces derniers sont, en effet, plus « dépendants » de micro-habitats, comme les talus, et moins aux étages arborés et à la présence de lianes. La validation du grain bocager et du PDGH comme outils prédictifs de répartition pour ces groupes mériterait des investigations complémentaires qui restent à mener.

3.2. Principaux résultats

3.2.1. Bilan des inventaires ornithologiques

Sur les 300 points d'écoute, 6 886 individus de 81 espèces ont été inventoriés dans et autour des haies-échantillons.

Parmi les espèces observées, pour la suite des analyses, 48 ont été considérées comme fréquentant régulièrement les haies et éléments arborés/arbustifs du maillage bocager : Accenteur mouchet, Alouette lulu, Bruant jaune, Bruant proyer, Bruant zizi, Bouscarle de Cetti, Chardonneret élégant, Corneille noire, Coucou gris, Etourneau sansonnet, Fauvette à tête noire, Fauvette grisette, Geai des chênes, Grimpereau des jardins, Grive draine, Grive musicienne, Grosbec casse-noyaux, Gobemouche gris, Huppe fasciée, Hypolaïs polyglotte, Linotte mélodieuse, Loriot d'Europe, Merle noir, Mésange à longue queue, Mésange bleue, Mésange charbonnière, Mésange nonnette, Perdrix rouge, Pic épeiche, Pic noir, Pic vert, Pie bavarde, Pie-grièche écorcheur, Pigeon ramier, Pinson des arbres, Pouillot véloce, Pouillot de

Bonelli, Pipit des arbres, Pic épeichette, Roitelet à triple bandeau, Rossignol philomèle, Rougegorge familier, Sittelle torchepot, Tarier pâtre, Torcol fourmilier, Tourterelle des bois, Troglodyte mignon, Verdier d'Europe.

Par ailleurs, 11 ont été considérées comme d'affinité plus forestière : Grimpereau des jardins, Grive draine, Grive musicienne, Pic épeiche, Pic épeichette, Pic noir, Pouillot véloce, Roitelet à triple bandeau, Rougegorge familier, Sittelle torchepot, Troglodyte mignon.

Par souci de simplification, ces espèces seront nommées « espèces affiliées aux haies » et « espèces forestières ».

3.2.2. Influence du Grain bocager sur le peuplement aviaire

La richesse, l'abondance et l'équitabilité (Indice de Shannon) en oiseaux sont corrélées au Grain bocager d'après le test de Spearman effectué sous le logiciel R Studio (cf. Tableau 2 et Figure 4), que ce soit pour les données de toutes les espèces et pour les données seulement des espèces affiliées aux haies (p-value<0,05). Le test est significatif quel que soit le critère, montrant un peuplement plus riche, abondant et diversifié avec un Grain fin (haies denses). La corrélation est de plus faible intensité pour l'abondance (Rho^2 = 0,0917 ou 0,0439), mais non négligeable pour les autres critères. Le constat est similaire dans l'étude menée en Bretagne par l'INRAE sur les carabes (Rolland, 2020). En faisant un lien avec ces relevés oiseaux et ceux d'insectes auxiliaires de culture (famille des Carabidae) réalisés en parallèle sur les 300 haies-échantillons dans le Gers (Gonnet G., non publié), le Grain bocager a pu être validé localement comme un indicateur prédictif de biodiversité (Baudry *et al*, 2022).

Tableau 2 : Résultats du Test de Spearman
sur l'influence du Grain bocager sur le peuplement aviaire

	Espèces affiliées aux haies	Toutes espèces
Richesse spécifique	p-value = 3,157e-16 Rho2 = 0,2009	p-value = 2,65e-08 Rho2 = 0,0988
Abondance	p-value = 8.818e-08 Rho2 = 0,0917	p-value = 0,0003 Rho2 = 0,0439
Indice de Shannon	p-value < 2.2e-16 Rho2 = 0,2115	p-value = 4.246e-09 Rho2 = 0,1096

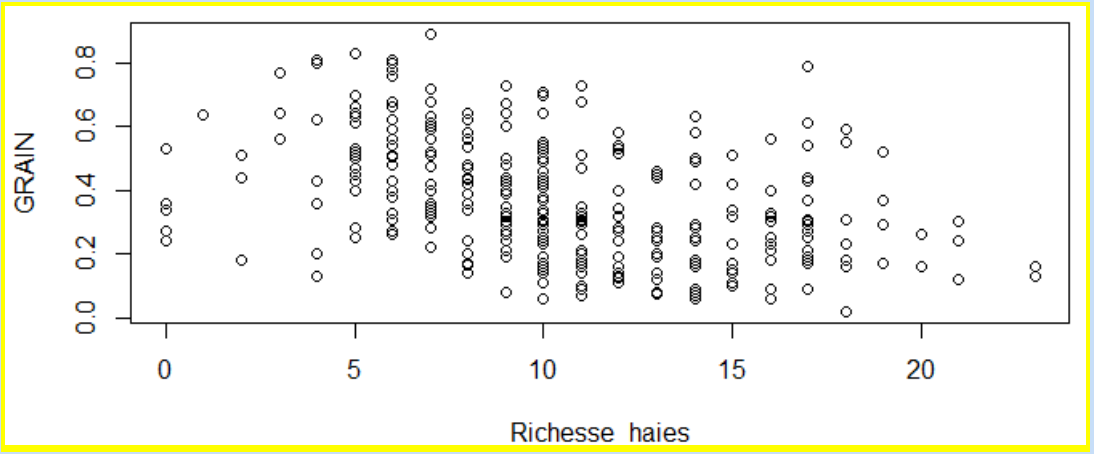


Figure 4 : Influence du Grain bocager sur la richesse spécifique en oiseaux

En étudiant plus spécifiquement les espèces forestières, l'étude montre que le Grain influence l'abondance et surtout met en évidence l'existence d'un seuil (cf. Figure 5). Au-dessus d'un Grain de 0.3, correspondant à un degré d'ouverture du paysage, la biodiversité liée à la présence d'une strate arborée chute drastiquement.

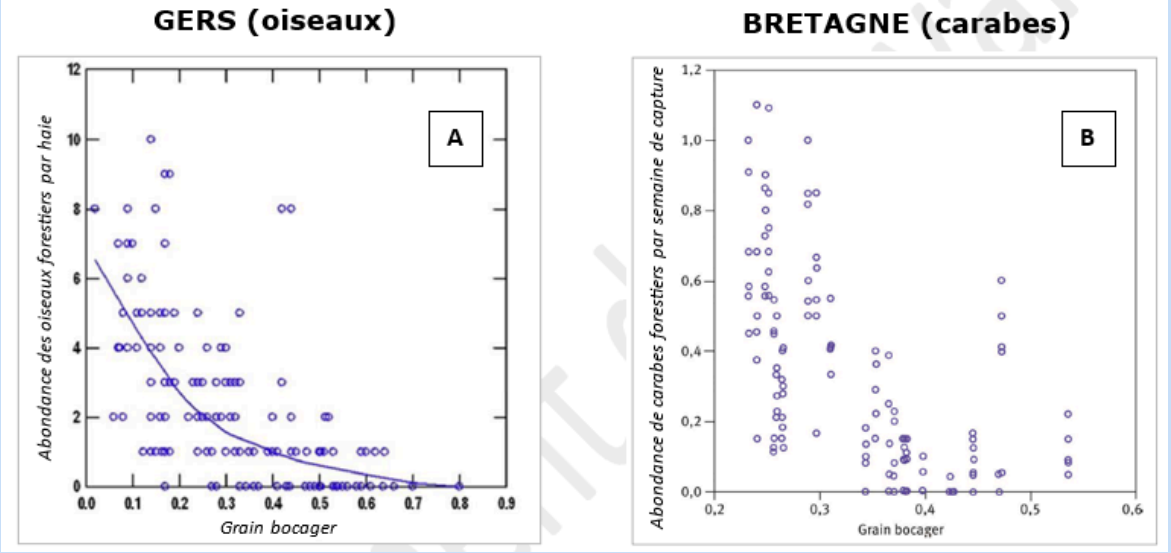


Figure 5 : Influence du Grain bocager sur l'abondance des oiseaux forestiers dans le Gers (A) et les carabes forestiers en Bretagne (B)

Pour les espèces forestières, l'analyse montre également que certaines haies sont riches et diversifiées, même dans un Grain grossier, et inversement. Comme nous pouvions nous en douter, le Grain n'explique pas l'entièreté de la biodiversité des haies. D'autres paramètres entrent sans doute en compte, comme les pratiques agricoles, l'éco-paysage, l'état des continuités écologiques… et les caractéristiques intrinsèques des haies, ce que nous

avons voulu étudier ici au travers du module biodiversité du PGDH.

Comme explicité par Baudry *et al.*, 2022, les valeurs seuil ont un sens statistique, mais il ne faut pas les considérer comme intangibles. Bien d'autres facteurs participent à déterminer la présence d'espèces dans une haie. La biodiversité peut être absente dans un Grain favorable, par exemple à la suite d'une utilisation intensive de pesticides. Ils peuvent aussi être présents dans un Grain grossier. Des populations peuvent ainsi subsister des décennies alors que les conditions de leur installation sont défavorables. Cette capacité de résistance et de résilience leur permet de répondre aux perturbations (gestion défavorable, arasements). Ces seuils sont donc des indications, des repères, pour engager des discussions et prendre des décisions d'aménagement. Le PGDH est explicitement un outil pour faire évoluer les pratiques de gestion durable sur plusieurs années.

3.2.3. Influence du module biodiversité du PGDH sur le peuplement aviaire

D'après notre étude, la richesse des haies est en partie expliquée par les paramètres relevés dans le module biodiversité PGDH. En effet, leur analyse pris un à un, par le biais des tests statistiques de Kruskall-Wallis et Wilcoxon réalisés sous le logiciel R Studio, montre que certains de ces paramètres expliquent la richesse et la diversité en oiseaux affiliés aux haies, mais pas l'abondance (cf. Tableau 3). Les effets sont significatifs (p-value<0,05) et positifs pour les paramètres suivants : largeur de haie supérieure à 4 mètres, continuité des étages arbustifs et arborés des haies supérieure à 50%, la présence d'un double rang et d'au moins deux micro-habitats. En Bretagne, les peuplements carabiques sont influencés par la présence de talus, d'un ourlet herbeux de plus de 1 mètre de largeur et une largeur de haie de plus de 10 mètres. Pour le cortège des carabes forestiers, un ourlet herbeux de plus de 50 cm et une largeur de haie de plus de 10 mètres ont des effets encore plus significatifs sur la richesse et l'abondance en carabes (Rolland D., 2020).

Une autre approche a également été menée pour évaluer l'influence des paramètres du PGDH sur la répartition des espèces d'oiseaux en fonction de leurs traits biologiques, par le biais d'une Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sous le logiciel R Studio (Cf. Figure 6). Ainsi, les espèces d'affinité plus forestière comme le Rougegorge familier, le Loriot d'Europe ou le Pouillot véloce préfèrent les haies larges, bien fournies, alors que d'autres comme le Rossignol philomène et le Bruant zizi préfèrent les haies étroites, buissonnantes ou les alignements d'arbres. Certaines espèces « fuient » les haies étroites, comme la Sittelle torchepot ou la Grive draine, tandis que d'autres sont moins abondantes dans les haies larges comme le Bruant proyer, la Pie bavarde ou le Chardonneret élégant.

Tableau 3 : Résultats du Test de Kruskal-Wallis sur l'influence des paramètres du PGDH sur le peuplement aviaire (espèces affiliées aux haies)

p-value	Richesse spécifique	Abondance	Diversité de Shannon
Largeur de la haie	0,08864	0,9763	0,01369
Entretien	0,5071	0,5775	0,6351
Continuité étages arbustif et arboré	0,02182	0,1043	0,03259
Continuité étage buissonnant	0,2786	0,1249	0,319
Présence double rang	0,02749	0,1911	0,0127
Micro-habitat	0,01709	0,1976	0,02845
Largeur ourlet herbeux	0,1867	0,5795	0,05928
Nombre d'essences	0,2038	0,3088	0,2436
Présence de lianes	0,9677	0,9238	0,9264

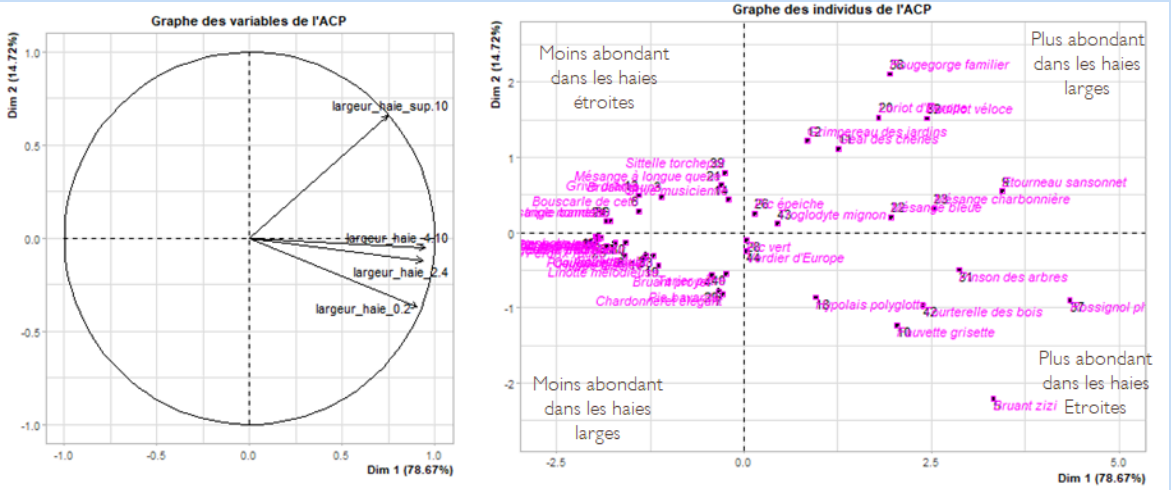


Figure 6 : Résultats de l'ACP (exemple pour les espèces affiliées aux haies et la largeur des haies)

Nous avons aussi voulu étudier l'influence de la combinaison des paramètres du PGDH, à l'aide de modélisation de type GLM (modèle linéaire généralisé) effectuée sous le logiciel R Studio (cf. Tableau 4). Les résultats de la modélisation montrent que la répartition des espèces peut s'expliquer partiellement (Dispersion = 2,052677, AIC = 1898) par une combinaison de certains paramètres (p-value<0,05) dont : continuité arbustive et arborée, présence de micro-habitats et de lianes, nombre d'essences.

D'autres auteurs ont montré l'influence de paramètres intrinsèques des haies

sur leur utilisation par les espèces associées. Pour exemple, Baudry & Jouin, 2003 indiquent que la largeur de la haie contribue à l'existence de conditions micro-environnementales qui seront proches de celles des milieux forestiers. Baudry 1988) a ainsi montré que le nombre d'espèces herbacées forestières augmentait avec la largeur des haies. Autre exemple, chez les oiseaux, les haies étroites seraient défavorables à cause d'une combinaison du manque de ressources, d'exposition aux intempéries et à la prédation (Hinsley & Bellamy, 2000).

Tableau 4 : Résultats de la modélisation GLM sur l'influence des paramètres du PGDH sur le peuplement aviaire (espèces affiliées aux haies)

Paramètres du PGDH	p-value
Continuité arbustive et arborée 50-75%	0.04897
Continuité arbustive et arborée <25%	0.19633
Continuité arbustive et arborée >75%	0.30902
Présence double rang	0.06392
1-2 micro-habitats	0.45082
Aucun micro-habitat	0.02665
> 2 micro-habitats	0.76491
1-4 essences	0,03642
5-9 essences	0.03186
> 9 essences	0.07611
Absence de liane	0.02013
Liane <25%	0.00146
Liane >50 %	0.85289

Le PGDH permet également d'attribuer une note globale sur l'état des haies, à partir d'une grille de notation en fonction des paramètres relevés. D'après le test de Spearman réalisé sous le logiciel R Studio, ce « score » montre une corrélation significative seulement pour les espèces d'oiseaux affiliées aux haies, sur la richesse (p-value = 0,0295) et l'Indice de Shannon (p-value=0,0151), mais de faible intensité (respectivement, Rho^2 = 0,0158 et 0,0197). En Bretagne, les résultats sont plus significatifs, l'étude montrant que le « score » du PGDH pourrait prédire l'abondance en carabes forestiers et la richesse spécifique en flore (Rolland, 2020).

Les paramètres du PGDH seraient donc susceptibles d'être des indicateurs de répartition des espèces en fonction de

leurs affinités connues. L'étude menée en Bretagne relève le même constat avec un enseignement complémentaire sur la possibilité des paramètres du PGDH de renseigner l'affinité paysage ouvert/paysage fermé des carabes (espèces agricoles/espèces forestières). Par ailleurs, il ressort des analyses qu'il serait possible de varier tel ou tel paramètre ou combinaison de paramètres du PGDH pour favoriser telle ou telle espèce ou groupe d'espèces.

L'état des haies a donc, comme on pouvait s'en douter, des effets différents sur les espèces ou groupes d'espèces. L'examen de ces différences peut permettre d'orienter le gestionnaire pour la conservation, voire la réhabilitation des fonctionnalités des haies pour les oiseaux (et la biodiversité de manière générale).

3.2.4. Effets combinés du PGDH et du Grain bocager

L'analyse combinée du Grain bocager (=indice de la qualité des maillages) et du score PGDH (=indice de la qualité des haies) a permis de mettre en lumière une approche prédictive de biodiversité, en particulier pour les espèces forestières pour qui l'abondance résulte des effets combinés de la qualité des haies (et donc de leur gestion) et du paysage (cf. Figure 7). Dans un grain grossier (compris entre 0.3 et 1), la qualité des haies ne jouerait pas significativement. Elle est néanmoins essentielle dans un grain fin (< 0.3) pour maximiser la biodiversité (score PGDH > 50). Ce constat est similaire sur les carabes en Bretagne.

Ce résultat met en évidence la notion de corridors forestiers et de trame verte sur les territoires fortement agricoles comme ceux des zones d'étude gersoises.

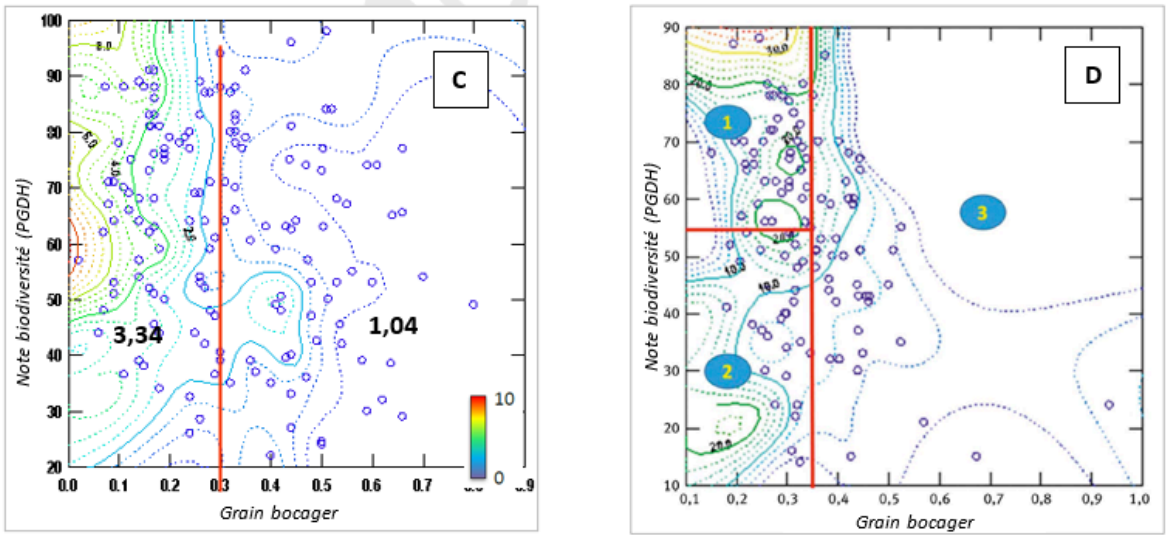


Figure 7 : Effets combinés du grain bocager et du PGDH sur l'abondance des oiseaux forestiers dans le Gers (C) et sur les carabes en Bretagne (D)

4. Perspectives

Les travaux menés ici permettent aujourd'hui de travailler à différentes échelles, comme à l'échelle départementale pour un programme de diagnostic de l'état de santé des haies gersoises au service d'un dialogue territorial porté par la Fédération des chasseurs du Gers.

En parallèle, des programmes territoriaux opérationnels ont été engagés. Depuis novembre 2023, la Fédération Départementale des Chasseurs du Gers porte le programme triennal Trame verte en Pays d'Armagnac en co-pilotage avec le PETR du Pays d'Armagnac. Ce projet vise à préserver et rétablir le réseau de haies grâce à la coopération des acteurs départementaux concernés. Le premier volet du programme consiste à établir un diagnostic fin du réseau de haies et à évaluer ses fonctionnalités écologiques en mobilisant l'outil « Grain bocager ». Il vise également à analyser les retours d'expériences sur le développement de la régénération naturelle assistée. Le deuxième volet cherchera à préconiser des actions concrètes auprès des gestionnaires publics et privés pour mieux prendre en compte les haies :

- Prendre en compte la multifonctionnalité des haies dans les documents d'urbanisme : contribuer à la réglementation de la préservation des haies en l'accompagnant d'une animation locale multi-acteurs,
- Accompagnement des pratiques de gestion durables : mobiliser et accompagner techniquement les gestionnaires, notamment à travers l'élaboration de Plan de Gestion Durable des Haies (PGDH),
- Faire émerger des solutions de valorisation des produits issus de l'entretien : évaluer la ressource et structurer des micro-filières locales ou opportunités de valorisation locales

Ces initiatives sont également déployées à travers d'autres programmes et partenaires : Communauté des communes de la Lomagne Gersoise, Association pour la création du Parc Naturel Régional Astarac, GIEE AgroHAIEcologie (association Karbonoa). Elles ont vocation à compléter les actions engagées de plantation par Arbre et Paysage 32.

5. Conclusion

L'étude menée ici a (re)démontré que la densité du réseau et l'état de conservation des haies influencent leur richesse et leur abondance en oiseaux, constat similaire relevé dans une étude menée par l'INRAE en Bretagne sur les carabes et la flore.

Les outils testés dans l'étude que sont le « Grain bocager », plus intégratif qu'un indicateur de densité des maillages d'un territoire, et le « module biodiversité » du Plan de Gestion Durable des Haies, qui évalue l'état intrinsèque des haies, permettent une analyse à deux échelles du réseau bocager d'un territoire et sont

de bons indicateurs de la biodiversité associée. L'étude tend ainsi à montrer que le peuplement aviaire est plus riche, abondant et diversifié avec un Grain bocager fin (maillage bocager dense) et que les paramètres du PGDH et leur combinaison peuvent apporter une indication sur la biodiversité des haies et sur la répartition des espèces en fonction de leurs exigences biologiques.

L'étude a également mis en avant un seuil de degré d'ouverture du paysage, via le Grain bocager, à partir duquel la biodiversité liée à la présence de l'arbre est fortement diminuée. Ce seuil est important à prendre en compte dans l'optique de restaurer des trames vertes au sein des paysages agricoles.

Au final, ce projet a permis de définir une méthodologie reposant sur des outils de diagnostic et de planification, en vue d'intégrer la biodiversité dans les politiques d'aménagement, d'identifier les continuités écologiques à plusieurs échelles (bassin versant, intercommunalité, commune, exploitation agricole, parcelle agricole) et d'associer les gestionnaires de haies. Ces outils peuvent permettre d'orienter les gestionnaires pour la conservation, voire la réhabilitation des continuités et des fonctionnalités des haies. Des initiatives ont d'ores et déjà été engagées grâce à ces outils pour déployer des programmes et des actions opérationnelles en faveur des haies sur le département du Gers.

6. Références bibliographiques

- Baudry 1988. Structure et fonctionnement écologique des paysages : cas des bocages. Bull.écol., n°19: 523-530.

- Baudry J. & Jouin A. (Coord) 2003 - De la haie au bocage. Organisation, dynamique et gestion. Paris, Éditions de l'INRA (Coll. « Espaces ruraux »). 435 p. (ISBN 2-7380-1050-4)

- Baudry J., Rolland D., Biet M., Bonneville R., Boussard H., Defourneaux M., Scherer T. 2022 - Les infrastructures bocagères pour la biodiversité. Sciences Eaux & Territoires, n°40. 6 p. (https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2022.40.7083)

- CGAAER, 2023 - La haie levier de la planification écologique. Rapport n° 22114. Etabli par Catherine de MENTHIÈRE, Patrick FALCONE, Vincent PIVETEAU et Xavier ORY

- Hinsley, S.A. and Bellamy, P.E. 2000 - The influence of hedge structure management and landscape context on the value of hedgerows to birds: A review, Journal of Environmental Management, n°60. p.33-49 (doi.10.1006/jema.2000.0360)

- Rolland D. 2020 - Evaluation de la biodiversité des paysages bocagers et validation d'outils de diagnostic. Biodiversité et Ecologie. 147 p. (Hal-02478579)

Biodiv'Occitanie : l'Atlas de la faune et de la flore en Occitanie

Les évolutions depuis 2019

Jaulin Stéphane [1] et Maruéjouls Jérôme [2]

[1] *Opie, 755 avenue du Campus Agropolis - CS 30019 - F34988 Montferrier / Lez cedex*
[2] *Union des associations naturalistes d'Occitanie (OC'nat), 14 rue de Tivoli - F31000 Toulouse*

Mots clés : atlas, faune, flore, biodiversité, Occitanie, collaboration, partage, valorisation, associations, base de données naturalistes, portail web, GeoNature.

Résumé :

La valorisation des données naturalistes est essentielle pour la conservation de la biodiversité car elle permet une meilleure compréhension, suivi et protection des écosystèmes et des espèces. Depuis 2017, l'Union des associations naturalistes d'Occitanie (OC'nat) a initié un projet visant à structurer et partager ces données. Cela a conduit à la création du portail Biodiv'Occitanie, lancé en 2019, qui centralise ces informations dans un espace numérique accessible à tous et qui repose sur GeoNature, une plateforme open source. Le portail regroupe les données des associations ainsi que celles d'autres structures partenaires et permet aux utilisateurs de saisir les données via plusieurs outils. Il s'intègre dans le Système d'Information du Patrimoine Naturel Biodiv'Occitanie offre également des fonctionnalités de visualisation, permettant d'accéder à des fiches détaillées sur les espèces et les communes de la région. Ces cinq dernières années, des modifications ont été apportées pour affiner la représentation des données, passant d'une échelle plus large à une présentation au niveau du point précis. Des conventions d'utilisation ont également été mises en place pour encadrer la participation des structures à la valorisation de leurs données.

1. Introduction

1.1. Contexte

La gestion des données naturalistes joue un rôle crucial dans la conservation de la biodiversité, car elle permet de mieux comprendre, surveiller et protéger les écosystèmes et les espèces (IPBES, 2019). Cependant, cette gestion s'accompagne de nombreux défis liés à la collecte, à la centralisation et au partage de ces données (GBIF, 2024).

En Occitanie, comme dans de nombreuses autres régions, les données d'observations naturalistes jouent un rôle central dans les activités des associations de protection de la nature et représentent une part essentielle des connaissances sur la faune et la flore (BAGHI *et al*., 2019).

Depuis 2017, **l'Union des associations naturalistes d'Occitanie (OC'nat)** s'est engagée dans une démarche visant à structurer et partager les compétences afin d'améliorer la collaboration au sein de la région et de renforcer la visibilité des actions de ses associations membres. Cette volonté d'unir les efforts a abouti à la création d'outils

dédiés à la connaissance et à la communication sur la faune et la flore régionales. Dans cette dynamique de mutualisation, le portail **Biodiv'Occitanie** a été conçu, permettant de centraliser les données naturalistes dans un espace web accessible à tous (BAGHI *et al*., 2019). Le portail a été présenté une première fois lors des Rencontres Naturalistes d'Occitanie en 2019 (Figure 1) par une équipe de géomaticiens salariés des associations membres d'OC'nat (Photo 1).

Photo 1 : Géomaticiens présentant Biodiv'Occitanie lors des Rencontres naturalistes d'Occitanie en 2019.

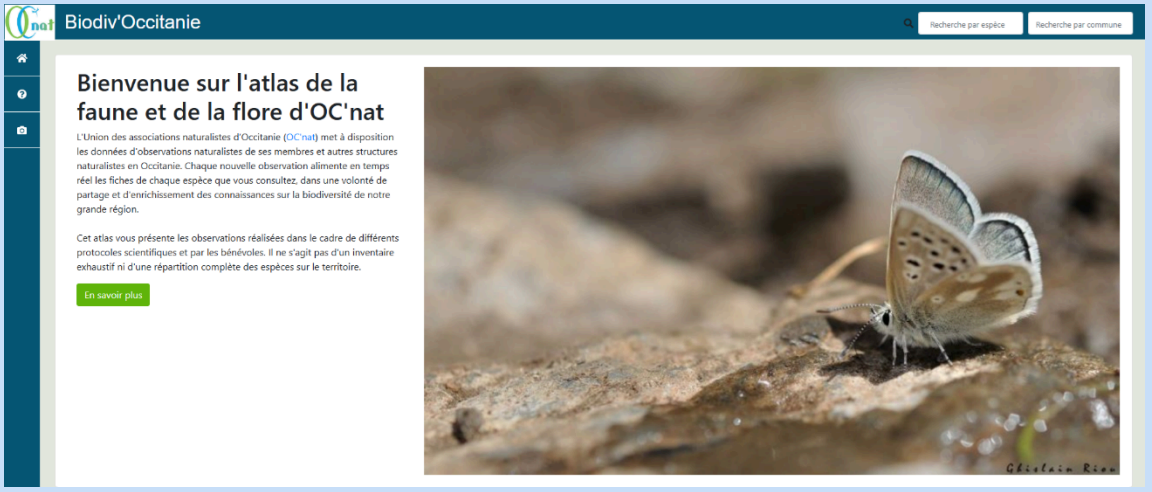


Figure 1 : Page index du portail Biodiv'Occitanie en 2025

Figure 1 : Page index du portail Biodiv'Occitanie en 2019

1.2. Biodiv'Occitanie : un outil GeoNature de gestion des données naturalistes

Biodiv'Occitanie représente ainsi le portail régional d'OC'nat, conçu pour la gestion, la centralisation et la valorisation des données naturalistes en Occitanie. Ce portail repose sur **GeoNature**, un système d'information en « open source » dédié à la biodiversité, développé par un collectif d'acteurs du secteur. Initialement conçu par les parcs nationaux de France, ce système a évolué et est désormais soutenu par une communauté plus large d'experts, offrant un ensemble d'outils pour la gestion de la biodiversité.

En France, l'adoption croissante de GeoNature par de nombreuses structures reflète l'évolution des besoins et des attentes des acteurs impliqués dans la conservation et la gestion de la biodiversité. Cet outil est devenu essentiel pour répondre aux défis de gestion des données naturalistes, de plus en plus diversifiées et volumineuses, grâce à ses fonctionnalités adaptées aux enjeux actuels de la conservation.

Lors de son Conseil d'Administration du 16 juin 2018 (OC'nat, 2018), OC'nat a décidé de poursuivre le travail initié autour de GeoNature et de l'adopter comme portail de restitution des données naturalistes.

Fin 2018, OC'nat a lancé son portail, Biodiv'Occitanie (https://biodiv-occitanie.fr/). Ce portail intègre des modules conçus pour couvrir toutes les étapes de la gestion des données naturalistes, depuis la collecte sur le terrain jusqu'à leur valorisation. Il propose un outil de saisie adapté aux structures qui souhaitent l'utiliser, ainsi qu'une interface de consultation permettant de visualiser l'état des connaissances sur la faune et la flore en Occitanie. Cette interface valorise non seulement les données des associations membres, mais aussi celles d'autres structures qui en font la demande.

1.3. Biodiv'Occitanie dans l'écosystème du SINP

Le Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) est un dispositif national français conçu pour organiser, partager et valoriser les données relatives à la biodiversité et aux paysages (figure 2). Mis en place pour répondre aux besoins de gestion, de planification et de conservation de la nature en France, il vise à structurer les connaissances sur la biodiversité (incluant les espèces de la faune, de la flore, de la fonge, ainsi que les habitats naturels et semi-naturels) et sur la géodiversité. L'objectif est de rendre ces connaissances accessibles à tous sur l'ensemble du territoire national (INPN, 2024).

Figure 2 : Logo du SINP.

Ces données, partagées sous une forme structurée, jouent un rôle essentiel dans l'élaboration et le suivi des politiques publiques, dans la prise de décision éclairée dans un cadre démocratique, ainsi que dans les rapportages européens concernant l'état des populations et des écosystèmes (INPN, 2024). Le SINP s'appuie sur un réseau d'acteurs qui partagent les informations naturalistes qu'ils collectent, en respectant des méthodes et des règles communes.

Biodiv'Occitanie est principalement un outil de valorisation des données naturalistes, et dans certains cas, de saisie. Toutefois, la diffusion des

données reste assurée par le SINP Occitanie (DREAL Occitanie, 2024). Toutes les données collectées via Biodiv'Occitanie alimentent le SINP : directement, pour les données saisies sur la plateforme et indirectement, pour les données issues de structures qui transmettent déjà leurs flux au SINP en amont.

Bien entendu, les données de Biodiv'Occitanie sont conformes aux standards du SINP (par exemple, via l'utilisation des référentiels comme TAXREF) et peuvent donc être diffusées auprès des différents pôles du SINP.

2. Biodiv'Occitanie : une valorisation collaborative et évolutive des données naturalistes

2.1. Rôle du Conseil d'Administration d'OC'nat dans le développement de Biodiv'Occitanie

Depuis la présentation de Biodiv'Occitanie lors des Rencontres naturalistes d'Occitanie en 2019, l'outil a bénéficié de plusieurs développements majeurs. Les associations membres, chacune représentée par un·e administrateur·rice, ont en effet exprimé le souhait de faire évoluer plusieurs modules.

En janvier 2022 (OC'nat, 2022a), le Conseil d'Administration a adopté la transition d'une représentation des données à la maille vers une représentation au point précis (figure 3).

En avril 2022, les membres du Bureau d'OC'nat ont élaboré une convention d'utilisation de Biodiv'Occitanie (OC'nat, 2022b). Alors que deux signatures avaient été recueillies en avril 2022, une douzaine de structures supplémentaires ont depuis signé cette convention, facilitant ainsi la valorisation de leurs données.

En mars 2023, l'intégration des listes de sensibilité, avec le floutage des données sensibles (telles que la maille, la commune, le département, etc.), a été validée et ajustée pour être compatible avec la représentation des données sur le portail.

2.2. Convention d'utilisation de Biodiv'Occitanie : principes et éléments clés

Cette convention établit les droits et engagements d'une structure qui transmet des données naturalistes valorisées sur le portail Biodiv'Occitanie et/ou saisit des données dans l'application (OC'NAT, 2022b). Elle définit également les règles régissant la consultation, la diffusion et l'utilisation des observations naturalistes enregistrées par les différents contributeurs au sein de la structure, sur la plateforme Biodiv'Occitanie.

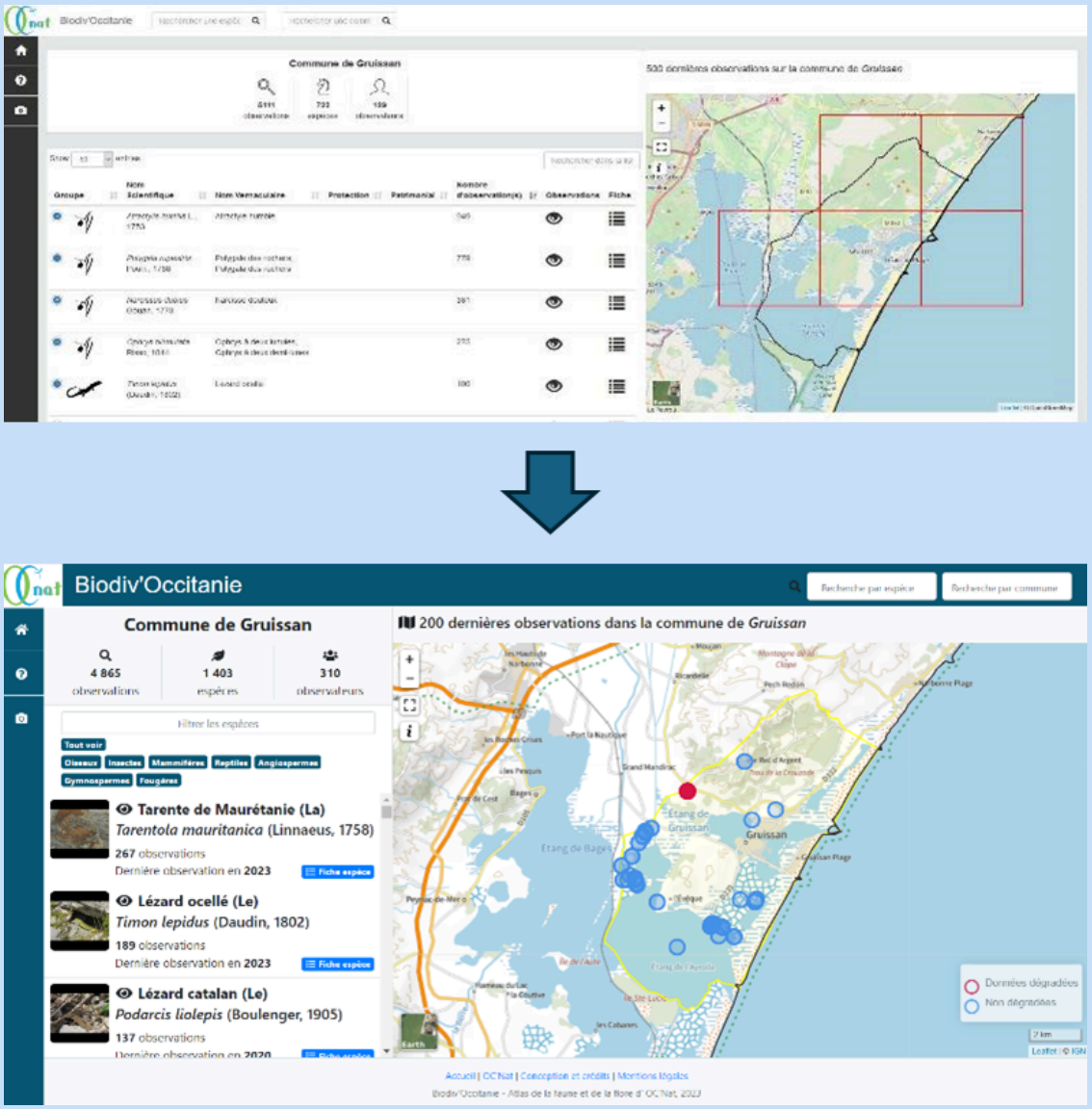


Figure 3 : Evolution de la transition d'une représentation des données à la maille vers une représentation au point précis sur le portail Biodiv'Occitanie.

La convention d'utilisation de Biodiv'Occitanie repose sur plusieurs principes essentiels, organisés de manière à clarifier les attentes et les responsabilités. Voici un résumé des principaux éléments abordés :

- **Rappel des définitions** : Il est crucial de définir clairement les termes utilisés (par exemple, "données sensibles", "utilisateurs", "administrateurs") afin que chacun puisse comprendre et utiliser le même vocabulaire.
- **Droits et engagements** : Les rôles et responsabilités de chaque utilisateur sont bien définis, en précisant qui est habilité à accomplir quelles actions.
- **Visualisation des données** : Les données doivent être consultables de manière détaillée, sauf celles

qualifiées de sensibles, qui font l'objet de restrictions.

- **Intégration des données** : La saisie ou l'importation des données doit être réalisée avec une précision maximale, pour garantir leur qualité.
- **Consultation et diffusion des données** : Toutes les données doivent être accessibles à tous les utilisateurs, et leur diffusion est assurée par le SINP, garantissant leur mise à jour et leur diffusion adéquate.
- **Validation des données** : La validation des données peut se faire au sein de l'outil, mais elle reste sous la responsabilité finale des pôles SINP, qui assurent la qualité et la conformité des données.
- **Règles d'utilisation des données** : Lors de l'utilisation des données, il est obligatoire de citer les sources afin de respecter les droits d'auteur et garantir la transparence.
- **Conditions financières** : Les aspects financiers liés à l'utilisation des données sont clairement définis, incluant les modalités de financement et d'accès.

Chaque principe vise à garantir une utilisation harmonieuse, claire et responsable des données au sein de Biodiv'Occitanie.

3. Anatomie et fonctionnement du portail Biodiv'Occitanie

Biodiv'Occitanie est une application web intégrant une base de données dédiée à la valorisation des informations naturalistes. Cette base utilise le référentiel taxonomique national **TaxRef** et intègre ses évolutions. Elle offre des fonctionnalités permettant l'importation, la saisie, la validation, ainsi que la visualisation et la valorisation des données, tout en s'appuyant sur des outils partagés (figure 4). Toutes les données d'observation sont régulièrement transmises afin d'être **mises à disposition dans le cadre du SINP**.

3.1. Intégration des données

Concernant la saisie des données, trois options sont disponibles :

- **Occtax,** une application pour la saisie des données via le web (figure 4).
- **Occtax Mobile**, une application dédiée à la saisie sur mobile (figure 5).
- **Modules Monitoring**, un outil pour la saisie des données protocolées sur le web (figure 6).

Il est également possible d'importer des données provenant de bases existantes.

Dans les **Modules Monitoring**, plusieurs protocoles nationaux sont déjà disponibles (figure 7). La saisie des données protocolées peut être structurée en sites (ou groupes de sites), en visites et en observations. Les modules sont également personnalisables pour permettre la création de nouveaux protocoles.

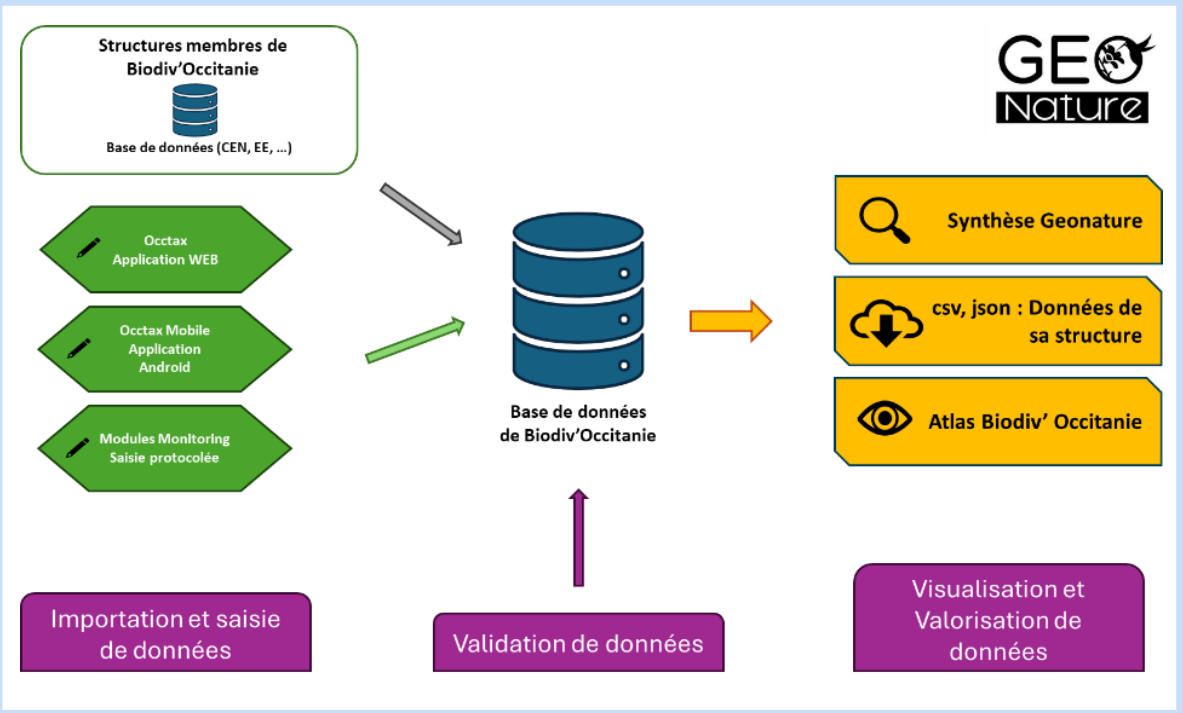


Figure 4 : Schéma présentant l'architecture de Biodiv'Occitanie.

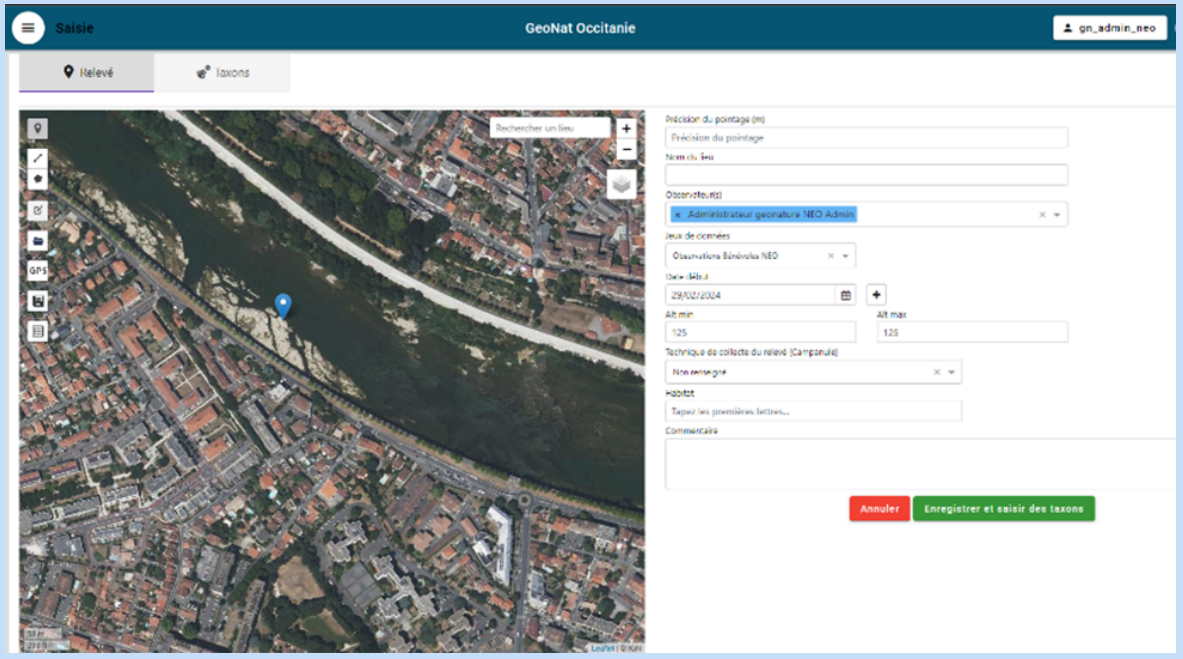


Figure 4 : Exemple de fenêtre de saisie sur le web dans Biodiv'Occitanie.

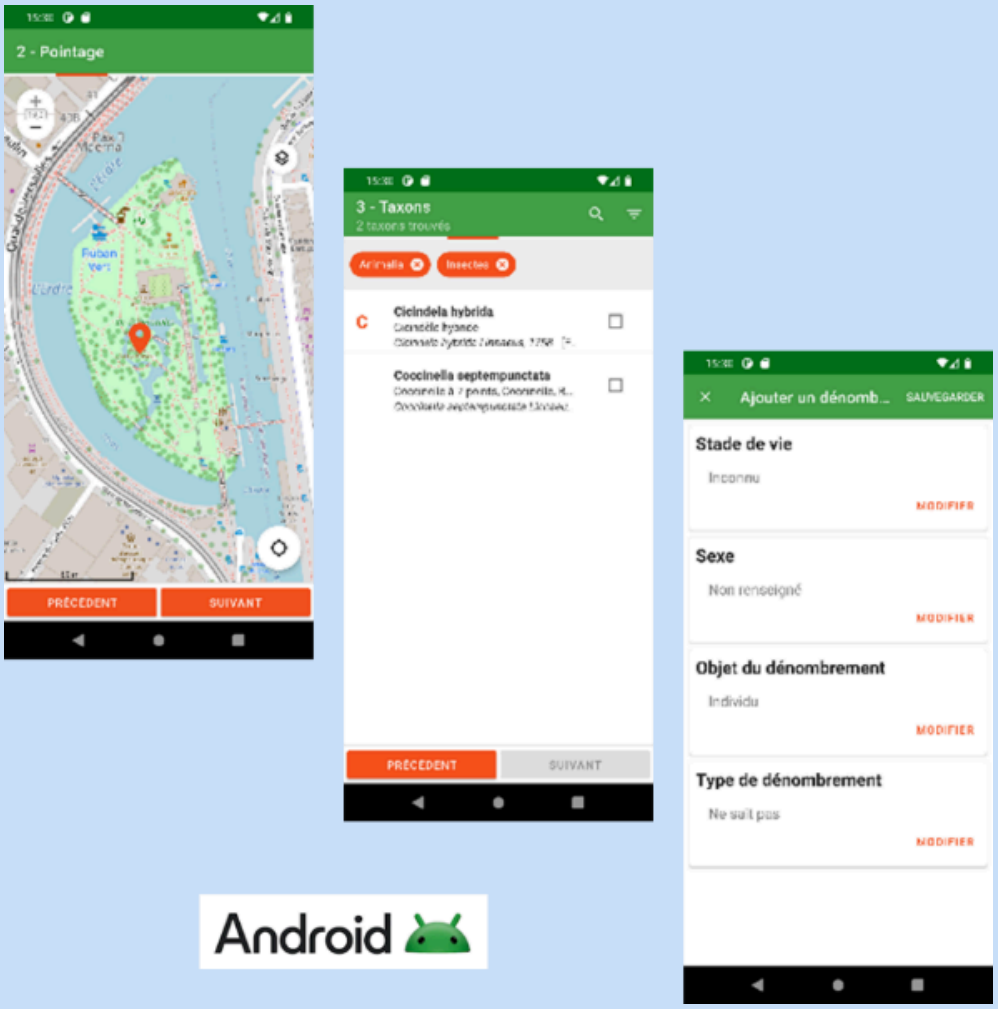


Figure 5 : Exemples d'écrans de saisie sur un téléphone mobile dans Biodiv'Occitanie sous Android

Figure 6 : Exemple de fenêtre de saisie de données protocolées sur le web dans Biodiv'Occitanie.

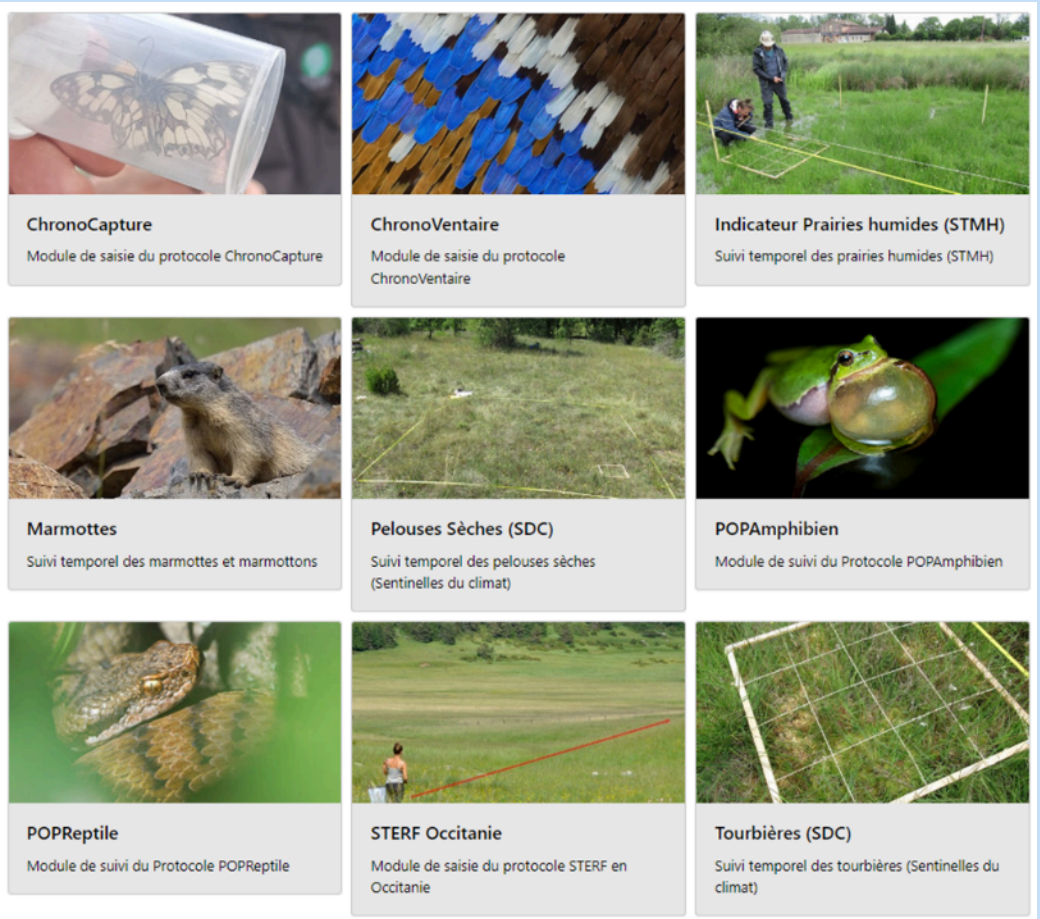


Figure 7 : Exemples de protocoles avec outils de saisie sur Biodv'Occitanie.

3.2. Valorisation des données à travers l'Atlas Biodiv'Occitanie

Enfin, pour la visualisation et la valorisation des données, plusieurs fonctionnalités sont offertes : **une synthèse Geonature**, **l'exportation des données** propres à une structure, et **un atlas accessible à tous** pour visualiser l'ensemble des données.

Le portail Biodiv'Occitanie, accessible à tous via https://biodiv-occitanie.fr/, a pour objectif **de mutualiser les observations des différentes structures au sein d'un atlas commun**. Celui-ci propose des fiches détaillées sur les espèces ainsi que sur les communes (figure 8).

Le portail offre des descriptions et des analyses spécifiques à la région Occitanie, permettant une meilleure compréhension de la biodiversité régionale.

Il est structuré en **plusieurs modules**, notamment :

- Chiffres clés, présentant des données synthétiques.

- Fiches espèces, détaillant les caractéristiques des espèces observées (figures 9, 10, 11 et 12).
- Fiches communales, offrant un aperçu par territoire (figure 13).
- Dernières observations, regroupant les données les plus récentes.
- Photothèque, permettant de visualiser les images associées aux observations et illustrant la biodiversité régionale au travers d'une galerie photographique (figure 14).

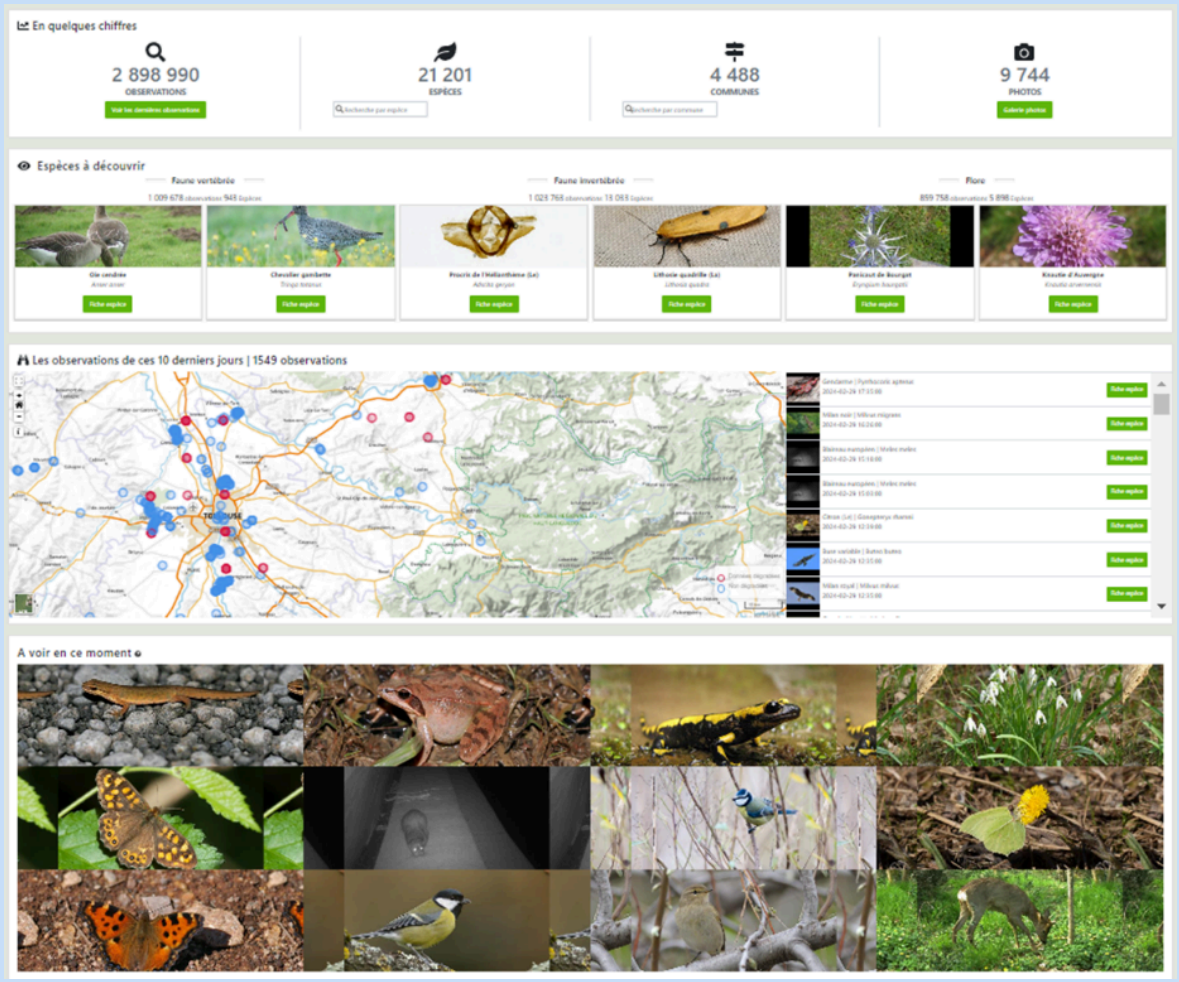


Figure 8 : Exemples de visualisation des différents modules.

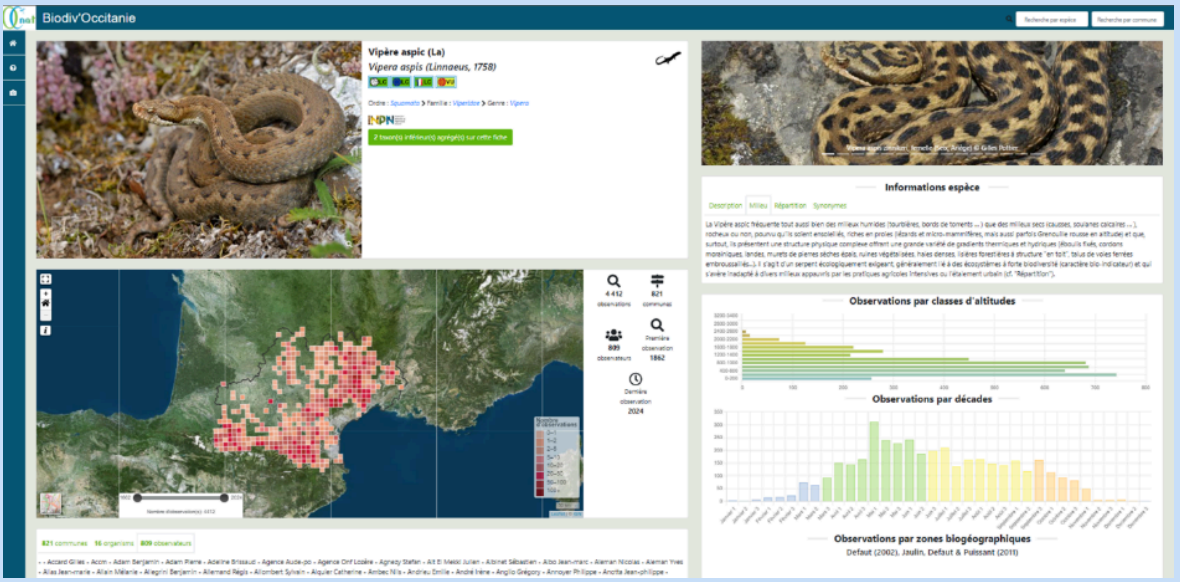


Figure 9 : Exemple de visualisation d'une fiche espèce.

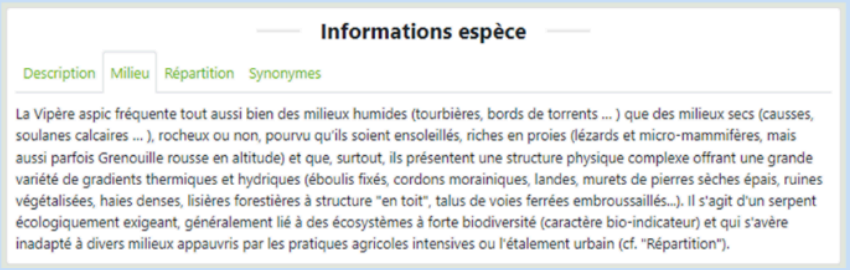


Figure 10 : Détails d'une fiche « espèce » comprenant une photographie, la nomenclature de l'espèce et ses différents statuts, et d'autres informations (Description, Milieu, Répartition et synonymes).

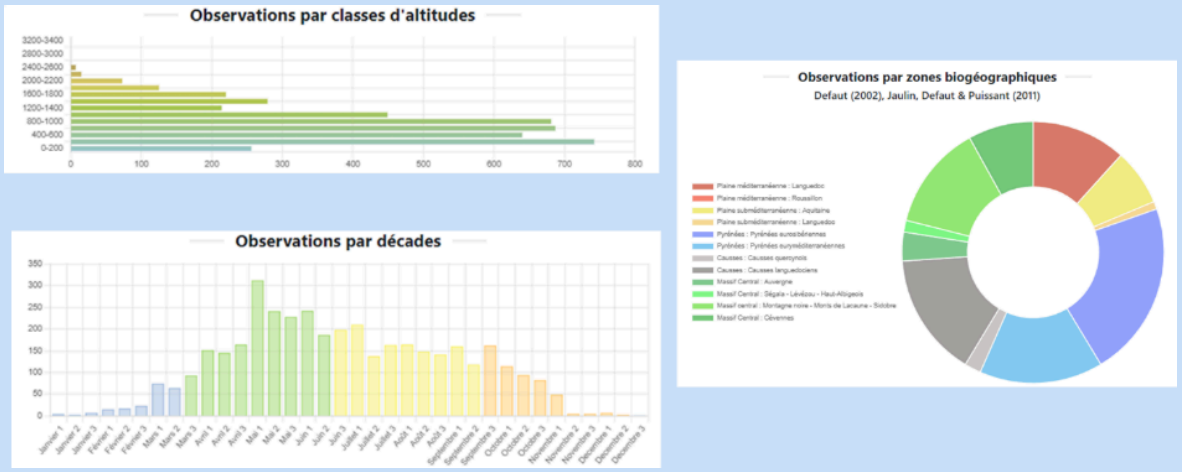


Figure 11 : Détails d'une fiche « espèce » comprenant différents graphiques (observations par classes d'altitude, par décades et par zone biogéographiques).

Nom vernaculaire	Nom binomial	LRM	LRE	LRN	LRR	Observations	Fiche
Milan royal	Milvus milvus	LC	NT	VU	EN	5 658	
Milan noir	Milvus migrans	LC	LC	LC	LC	7 805	

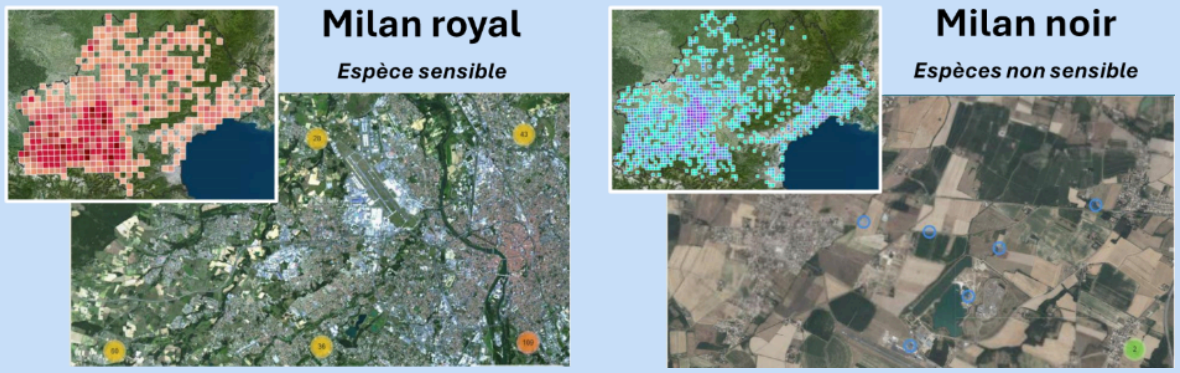


Figure 12 : Détails de deux fiches « espèces » comprenant leurs statuts et différentes visualisations en fonction de leur sensibilité (floutage ou non des données).

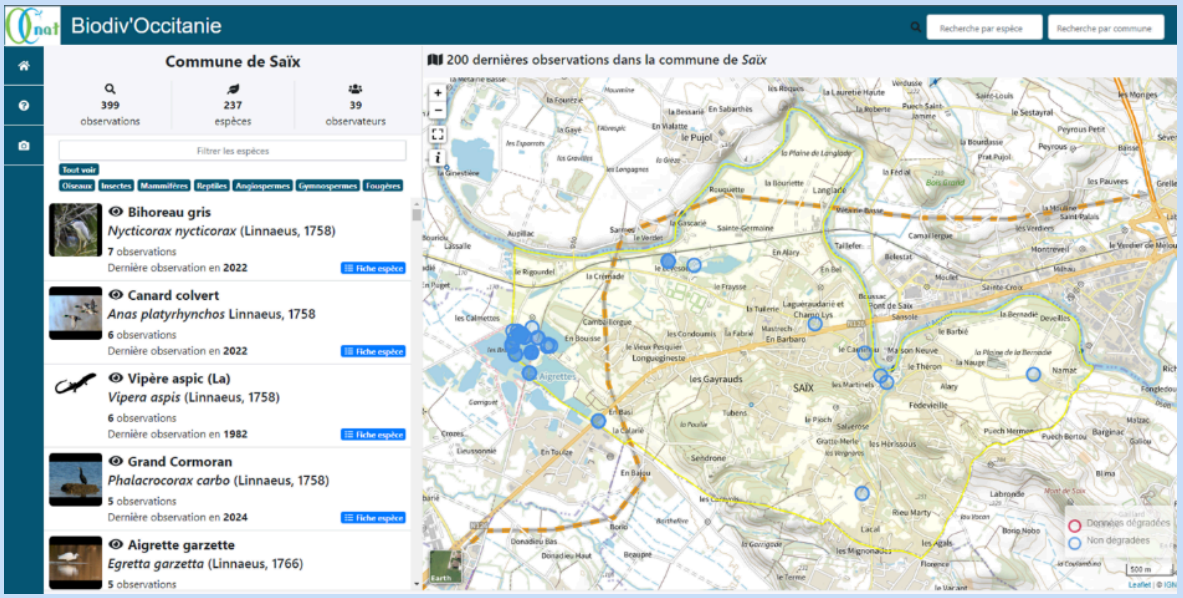


Figure 13 : Exemple de visualisation d'une fiche communale.

Figure 13 : Exemple de visualisation d'une fiche « communale ».

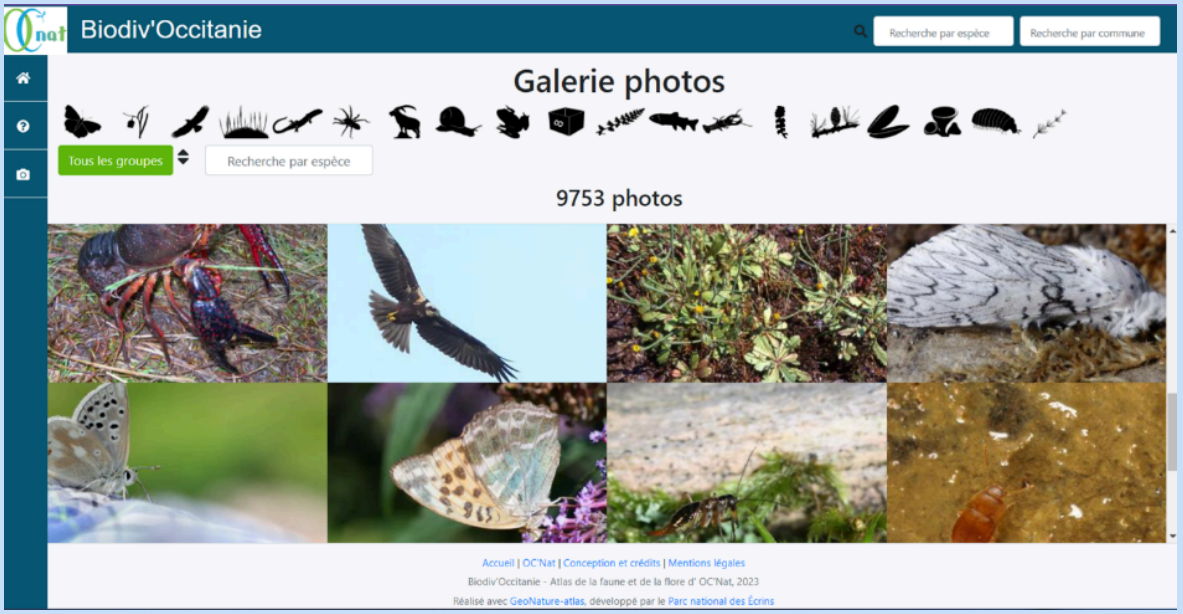


Figure 14 : Exemple de visualisation de la Galerie photos.

3.2.1. Quelques chiffres significatifs

Les données chiffrées montrent une augmentation significative au fil des années :

- En 2019 :
  - o 960 000 données sur la faune,
  - o 650 000 données sur la flore,
  - o 14 720 espèces recensées,
  - o 7 349 photos.
- En 2024 :
  - o 2 035 000 données sur la faune,
  - o 860 376 données sur la flore,
  - o 21 202 espèces recensées,
  - o 9 753 photos.

Ces chiffres témoignent d'une progression importante dans la collecte et la documentation des données naturalistes.

Enfin, la proportion des différents groupes taxonomiques varie considérablement en fonction du nombre d'observateurs et de leurs compétences (figure 15).

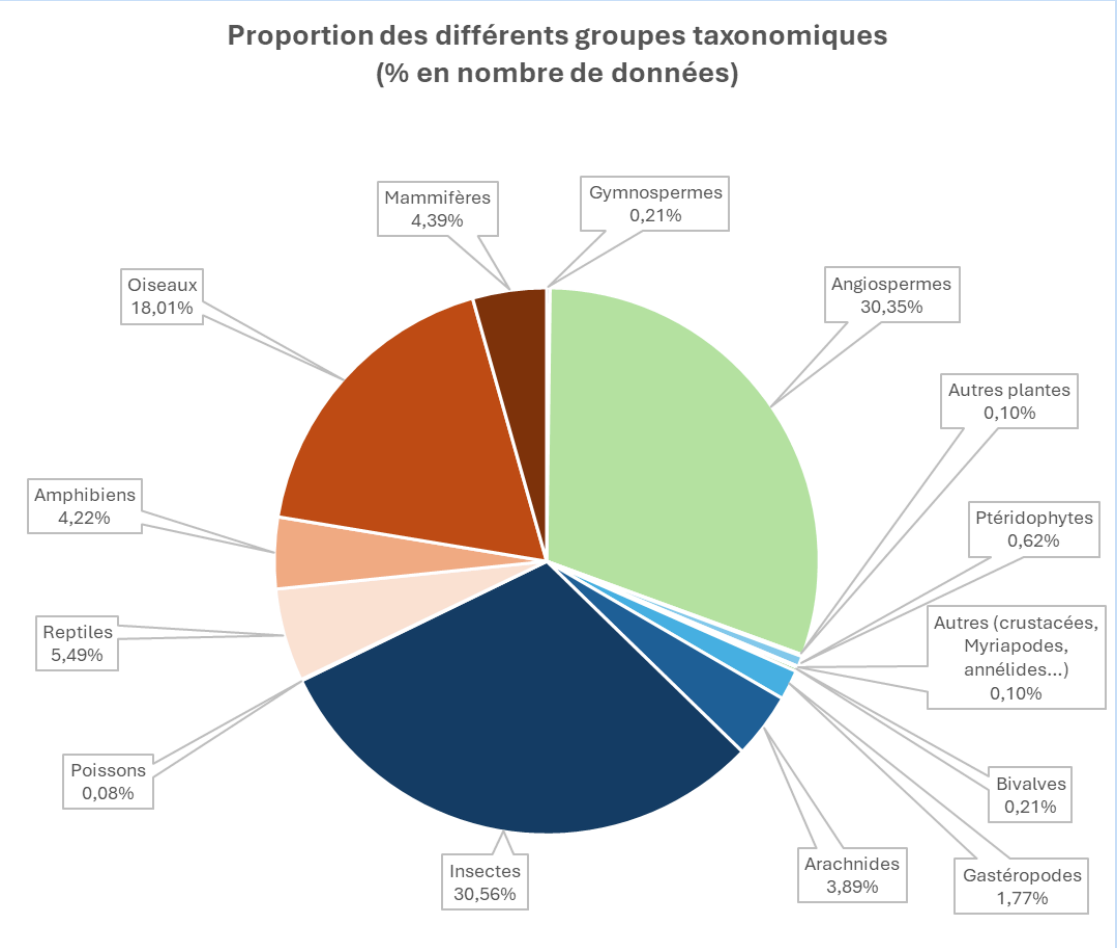


Figure 15 : Proportion du nombre de données des différents groupes taxonomiques valorisés dans Biodiv'Occitanie.

4. Exemple de modules évolutifs issus de collaborations

Biodiv'Occitanie qui est un portail GeoNature constitue une application modulaire et flexible conçue pour gérer les données naturalistes, et son interopérabilité avec d'autres outils renforce son efficacité.

GeoNature peut intégrer des données issues d'outils comme OpenDataKit (ODK) :

- **Collecte des données :** GeoNature peut importer des données collectées avec ODK, notamment grâce à des formats d'échange standardisés (comme CSV, GeoJSON ou XML). Les utilisateurs d'ODK peuvent ainsi transmettre des données directement dans GeoNature pour enrichir ses bases.
- **Adaptation aux protocoles :** ODK permet de créer des formulaires personnalisés adaptés aux protocoles naturalistes. Ces formulaires facilitent la saisie sur le terrain, et les données collectées peuvent être intégrées dans GeoNature pour un suivi et une analyse approfondie.

Il peut être interopérable avec Citizen, une plateforme dédiée aux sciences participatives, souvent utilisée pour recueillir des observations faites par le grand public ou des bénévoles :

- **Partage de données :** GeoNature peut recevoir des observations collectées via Citizen pour les intégrer dans ses bases. Cela permet de combiner les données participatives avec celles des professionnels, augmentant ainsi la richesse et la diversité des informations disponibles.
- **Visualisation et analyse :** Les données issues de Citizen, une fois intégrées dans GeoNature, bénéficient des outils avancés de visualisation, de cartographie et de synthèse proposés par la plateforme.
- **Retour d'information :** GeoNature peut également transmettre des informations ou des résultats d'analyse à Citizen, permettant aux participants d'avoir un retour sur leurs contributions.

Cette interopérabilité s'inscrit dans une vision d'écosystème ouvert, permettant à GeoNature de s'adapter aux besoins variés des utilisateurs tout en exploitant les forces d'autres outils.

5. Conclusion

Biodiv'Occitanie est une plateforme en ligne dédiée à la biodiversité de la région Occitanie, couvrant à la fois la faune et la flore (figure 16). Elle est proposée par l'Union des associations naturalistes d'Occitanie (OC'nat) et regroupe les données d'observations naturalistes provenant de ses membres ainsi que d'autres organisations régionales.

Ce projet est avant tout le fruit d'un consensus entre les membres d'OC'nat, visant à promouvoir la connaissance naturaliste.

Biodiv'Occitanie, avec ses fonctionnalités en constante amélioration, constitue un outil dynamique, accessible à un plus grand nombre de structures par le biais d'une convention, et participe activement à l'alimentation du Système d'Information du Patrimoine Naturel (SINP) en Occitanie.

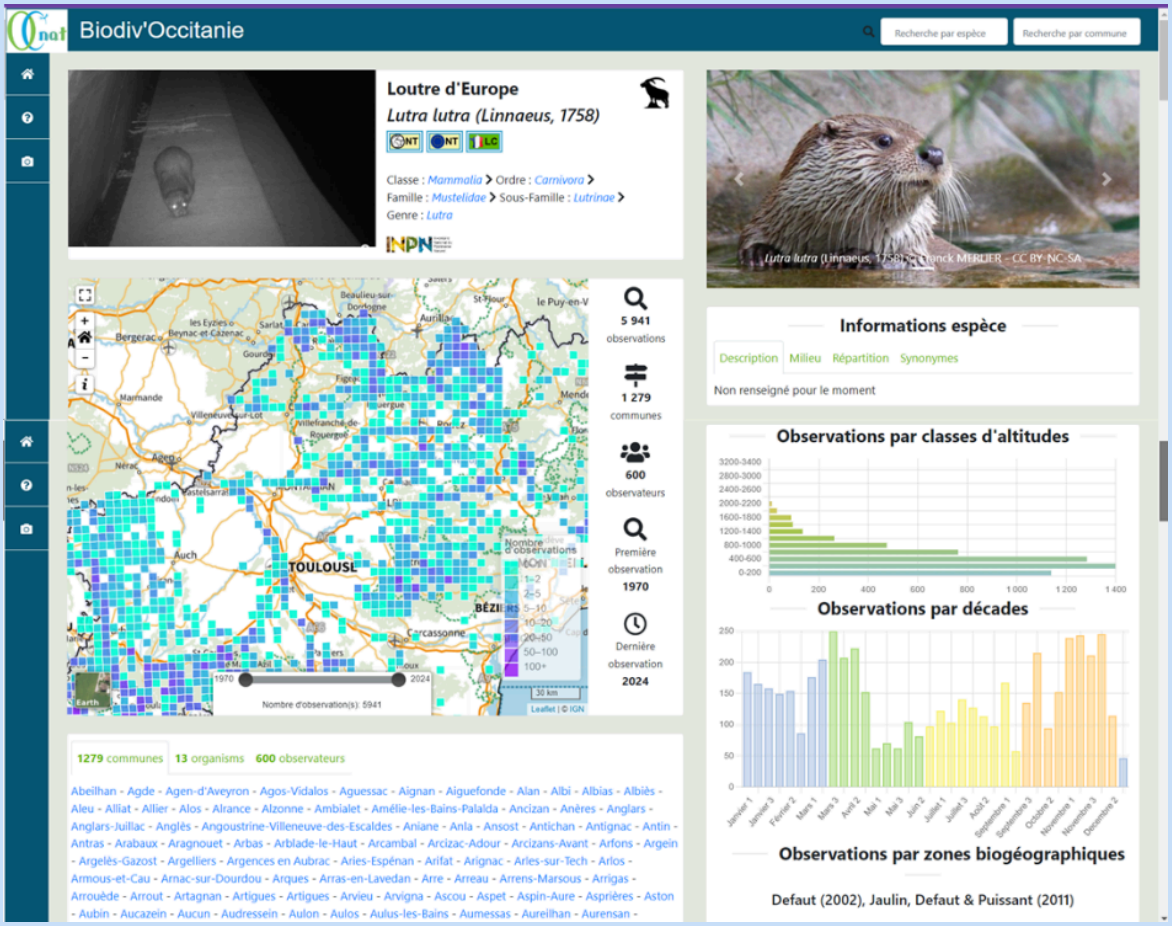


Figure 16 : Exemple de fenêtre de visualisation des données sur la Loutre d'Europe en Occitanie

Références bibliographiques

- BAGHI Romain, BOSSAERT Mathieu, PONTCHARRAUD Laurent, VOTÉ Yann et BARTHE Laurent, 2019. - Biodiv'Occitanie, un outil de valorisation des données naturalistes. Actes des Rencontres naturalistes d'Occitanie : 2.

- DREAL Occitanie, 2024. – Le SINP : Dispositif régional : contribuer et accéder aux données.

https://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/dispositif-regional-contribuer-et-acceder-aux-r9135.html page web consultée le 02/11/2024.

- GBIF, 2024. – Les défis liés à la collecte, à la centralisation et au partage des données. https://www.gbif.org/fr/ page web consultée le 02/11/2024.

- INPN, 2024. - le SINP, système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel. https://inpn.mnhn.fr/informations/sinp/presentation page web consultée le 02/11/2024.

- IPBES., 2019. – Le rapport de l'évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques. : 56.

- OC'NAT, 2018. – Conseil d'administration du 16 juin 2018. Compte-rendu d'OC'nat : 6 p.

- OC'NAT, 2022a. . – Conseil d'administration du 15janvier 2018. Compte-rendu d'OC'nat : 7 p.

- OC'NAT, 2022b. . – Convention d'utilisation de Biodiv'Occitanie. Version 4 validée au conseil d'administration du 15/01/2022 : 9 p.

Fonctionnement hydrologique des zones humides de tête de bassin versant de l'Aude.

Rôle dans le soutien d'étiage et l'amortissement des crues : interprétations sur la sensibilité des habitats naturels.

Larroque Benoît[1], Paran Frédéric[2], Parmain Vincent [3], Turlesque Caroline[4], Artigue Guillaume[5]

[1] *Office national des forêts, 505 rue de la Croix Verte - CS 74208 - 34094 Montpellier cedex 5. Email : benoit.larroque@onf.fr*

[2] *Mines St Etienne, 29 Rue Pierre et Dominique Ponchardier 42100 Saint-Etienne. Email : paran@emse.fr*

[3] *Office national des forêts, 8 place des Variétés 66000 Perpignan. Email : vincent.parmain@onf.fr*

[4] *Office national des forêts, 8 place des Variétés 66000 Perpignan. Email : caroline.turlesque@onf.fr*

[5] *IMT Mines Alès, 6 av Clavières 30100 Alès. Email : guillaume.artigue@mines-ales.fr*

Mots clés : zones humides, hydrologie, Aude, étiage, crues

Résumé :

Face à une situation de forte tension sur la ressource, les zones humides forestières de la haute vallée de l'Aude ont fait l'objet d'un suivi hydrologique pluriannuel, mené à l'échelle de sous-bassins, visant à estimer leur rôle dans le soutien d'étiage et l'amortissement des crues.

Les résultats montrent que ces zones humides ne contribuent pas significativement à soutenir les faibles débits mais que leur rôle tampon sur le signal de pluie est réel, lorsqu'elles sont en situation de vidange partielle. Les bilans hydrologiques témoignent aussi de la part d'évapotranspiration pouvant être affecté aux zones humides, ceci permettant d'émettre l'hypothèse d'un effet positif sur la génération d'humidité atmosphérique et d'orages bénéfiques aux cours d'eau.

Le suivi piézométrique a également été mis en relation avec les communautés végétales observées et permis de dégager des hypothèses sur les tendances d'évolution des habitats naturels tourbeux.

1. Introduction

L'étude du fonctionnement hydrologique des zones humides de tête de bassin versant de l'Aude (2017-2022) s'est inscrite dans le cadre du XII^{ème} programme « Sauvons l'eau » (2019-2024) de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC), qui vise une meilleure gestion de l'eau face aux évolutions climatiques. Elle a bénéficié d'un soutien de l'AERMC, du Conseil départemental de l'Aude, de la Région Occitanie et de l'Office national des forêts (ONF).

L'opération a également permis de mettre en relation ces phénomènes avec la composition végétale de complexes tourbeux reconnus pour leur valeur patrimoniale.

Le bassin versant de l'Aude subit un déficit hydrique conséquent. Il présente

de forts contrastes au niveau des apports et des besoins en eau entre, d'une part l'amont (montagnard, fortement boisé et riche en zones humides) et d'autre part, les zones médiane (urbanisée) et aval (agricole) connaissant une forte tension sur la ressource. La tête de bassin versant de l'Aude occupe ainsi une position stratégique vis-à-vis de l'alimentation des populations audoises. Des zones humides y sont présentes au sein d'espaces naturels forestiers et constituent une composante importante de l'hydrosystème.

Le projet s'est ainsi donné comme objectif d'estimer la fonction de régulation hydrologique des zones humides à travers deux aspects : 1) le **rôle de soutien d'étiage**[1] et 2) leur **rôle de régulation des crues**[2]**.**

Face à la complexité des phénomènes à appréhender, une équipe pluridisciplinaire regroupant les compétences de l'ONF, de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne et d'IMT Mines Alès a été constituée, permettant la mise en œuvre d'une méthodologie et l'interprétation des résultats à différentes échelles.

Le projet en haute vallée de l'Aude s'est déroulé conjointement et en lien avec le programme ZABR[3]/AERMC mené sur les Zones Humides de Têtes de Bassins (ZHTB) entre 2016 et 2022 et piloté par Mines Saint-Etienne. Une telle étude visait à évaluer la part contributive des tourbières de Frasne (Doubs) et du Luitel (Isère) dans l'alimentation des cours d'eau (ZABR, 2023).

Au sein de la haute vallée de l'Aude, le secteur du Madres (figure 1) a été choisi pour déployer l'expérimentation, considérant sa richesse en zones humides et une variabilité naturelle rendant aisée la mise en place d'un dispositif de comparaison : l'objectif étant de tester l'hypothèse d'une amélioration des réponses hydrologiques dans des bassins versants denses en zones humides, à comparer à des bassins versants dits « témoins » qui en sont dépourvus.

---

[1] Capacité des zones humides étudiées à retenir l'eau collectée en amont et à la restituer vers l'aval pendant la période d'étiage des rivières. L'étiage correspondant au plus bas niveau des eaux d'un cours d'eau.
[2] Capacité des zones humides étudiées à diminuer ou non les vitesses d'écoulement de l'eau lors des épisodes pluvieux intenses (effet écrêteur de crues).
[3] Zone Atelier Bassin du Rhône.

2. Instrumentation déployée

Deux secteurs (Pountarrou et Pinata – figure 2) ont été équipés par un dispositif permettant d'effectuer des bilans hydrologiques selon deux échelles spatiales :

- **A l'échelle du bassin versant (BV)** en comparant, dans chaque secteur, un sous-BV instrumenté riche en zones humides à un sous-BV sans zone humide.
  Quatre stations de jaugeage de type H-Flume (débitmètres), équipées chacune d'une sonde, ont été installées aux exutoires de chacun des 4 sous-bassins, pour enregistrer en continu les hauteurs d'eau afin de quantifier les écoulements.

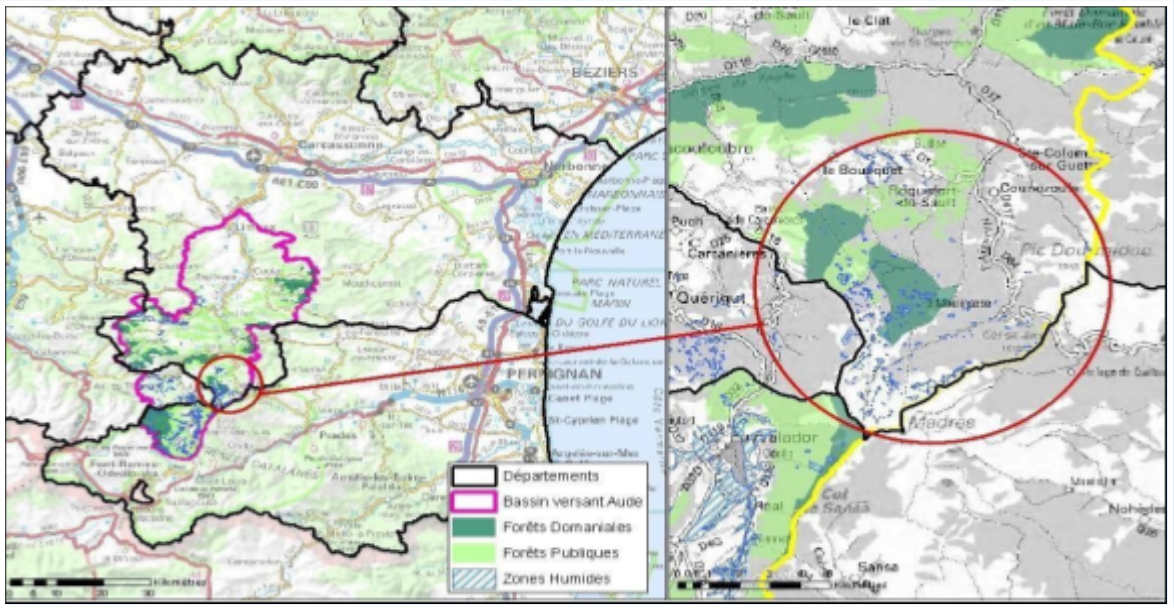
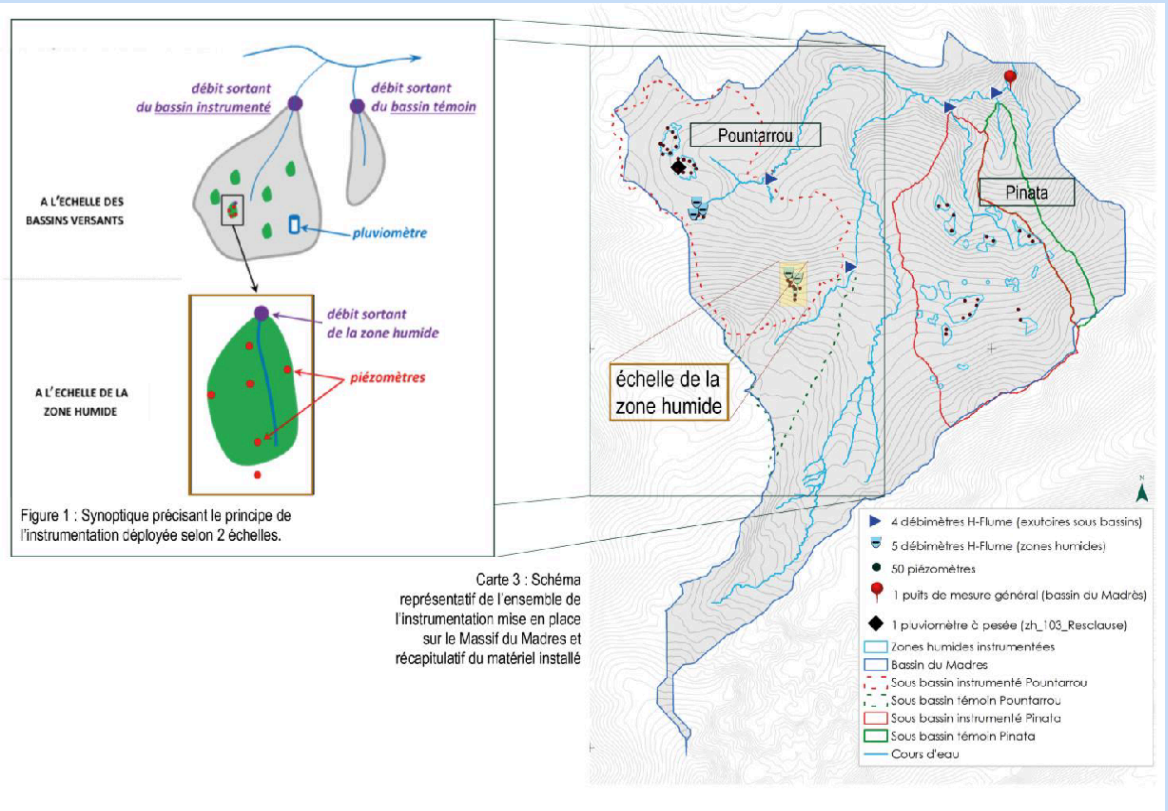


Figure 1 : Localisation de la partie amont du bassin versant de l'Aude (en mauve) et de la zone d'étude (en rouge)



Carte 3 : Schéma représentatif de l'ensemble de l'instrumentation mise en place sur le Massif du Madres et récapitulatif du matériel installé

Figure 2 : Résumé de l'instrumentation mise en place

- **A l'échelle de la zone humide élémentaire**, à partir d'une sélection de quatre sites sur le secteur du Pountarrou, équipés de piézomètres avec sondes enregistreuses et de stations de mesures de débit de sortie (H-Flume) auxquels se rajoutent 18 piézomètres installées selon un gradient altitudinal dans le secteur du Pinata (les ZH y occupant de vastes plages au sein de la matrice forestière).

Au total, 60 sondes ont été mises en place :

- 50 sondes piézométriques qui mesurent les variations du niveau de la nappe d'eau des zones humides (photo A),
- 9 sondes relevant les débits au niveau des stations de jaugeage de type H-Flume (photo B),
- 1 sonde barométrique + 1 pluviomètre à pesée (station météo – photo C).

3. Résultats et interprétation

3.1. Fonctionnalités hydrologiques

Des bilans hydrologiques ont été réalisés sur trois cycles annuels en comparant les flux d'entrée (pluie, neige) aux flux de sortie (débit des cours d'eau, ETP). La synthèse des travaux (ONF, 2022) a permis de dégager différents éléments permettant une meilleure compréhension du fonctionnement hydrologique des bassins versants et des zones humides étudiées.

Photo A : Exemple de sonde intégrée au tube piézométrique

Photo B : Station de jaugeage H-Flume à l'exutoire d'une zone humide

Photo C : Station météo et pluviomètre à pesée

À l'échelle du bassin versant, l'analyse statistique des données hydrologiques et météorologiques acquises sur les couples de sous-bassins du Pountarrou et Pinata, ainsi que les essais de modélisation à base physique[1], ont permis de mettre en avant les éléments suivants :

- sur la série de données étudiées, on ne constate pas de différence de fonctionnement hydrologique majeure entre les différents bassins versants (riches en ZH *versus* pauvres en ZH). Les zones humides ne génèrent pas un soutien d'étiage significatif,
- les bassins versants présentant une forte densité de zones humides semblent soumis à une évapotranspiration potentielle (ETP) plus importante mais ils ne soutiennent pas plus les étiages que les bassins témoins. La plus forte densité de zones humides favoriserait donc l'ETP,
- pour certaines crues en période estivale, on constate un phénomène d'écrêtement assez net dans les bassins présentant une plus forte densité de zones humides (figure 3). Cela suggère que l'évapotranspiration a été supérieure et a conduit le bassin à absorber d'abord le déficit de l'évapotranspiration avant de contribuer aux écoulements.

Ces premières analyses nécessitent d'être complétées à l'avenir, en travaillant sur des chroniques plus longues. En conséquence, la portée des conclusions est limitée car : 1) les données acquises ne couvrent pas encore la variabilité climatique locale ; 2) la calibration du modèle reste médiocre et amputée d'une période de validation, ce qui limite fortement la portée de toute conclusion. Pour obtenir des résultats plus solides, il serait nécessaire de travailler a minima sur 5 cycles hydrologiques.

A l'échelle de la zone humide des essais de modélisation hydrologique à base physique ont été mis en œuvre. Ceux-ci n'ont pas permis d'établir une relation pluie/débit solide. Toutefois, les premiers résultats suggèrent que :

- la vidange des tourbières de pente génère des débits à l'échelle locale en limite de zone humide mais également à l'échelle du bassin versant. En l'état, ceux-ci ne constituent pas un soutien d'étiage à proprement parler,
- l'effet potentiellement « écrêteur de crues » de la zone humide semble envisageable en été lorsque les niveaux d'eau dans les piézomètres sont faibles. À saturation, lorsque les piézomètres sont pleins, cet effet est faible ou nul.

En cela, les résultats issus de cette approche corroborent les bilans

[1] Un modèle à base physique cherche à représenter un fonctionnement hydrologique à partir de variables d'entrées issues de mesures terrain (pluie, neige, température,...).

hydrologiques réalisés à l'échelle des sous-bassins.

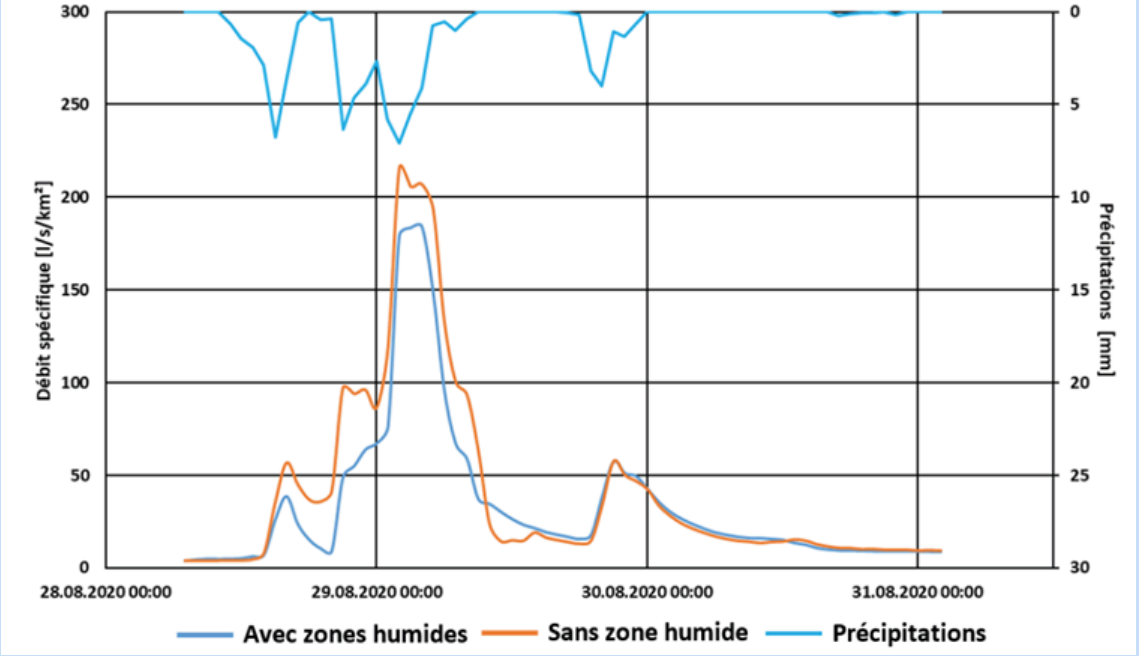


Figure 3 : Comparaison de la réponse en débit spécifique au signal de pluie entre bassins versants avec (trait bleu) et sans zones humides (trait orange).

Enfin, l'étude des données météorologiques permet de faire l'hypothèse que l'humidité de l'air entretenue par les zones humides en tête de bassin (flux d'eau verte), n'est certainement pas étrangère à la fréquence des orages qui frappent le massif montagneux en saison estivale, contribuant ainsi à une composante courte du cycle de l'eau sur la zone. Les orages alimentent le système par endroits, concourant au soutien d'étage plus bas dans la vallée et à la baisse des températures.

Les zones humides joueraient ainsi un rôle de soutien d'étiage « indirect » à travers des apports aux cours d'eau sous forme d'averses. (figure 4). Toutefois, cela reste supposé mais difficilement quantifiable actuellement compte tenu du manque de données à cette échelle.

3.2. Hydrologie et développement des habitats naturels

Les zones humides du Madres sont rattachées à l'ensemble des Tourbières hautes actives. Cet habitat complexe regroupe une grande diversité de formations végétales élémentaires dans une multitude de déclinaisons selon les régions biogéographiques. D'après la nomenclature des Cahiers d'Habitats les tourbières du secteur oriental pyrénéen sont intégrées au groupe des communautés continentales et boréales et donc ici plutôt situées en limite

méridionale d'aire. Ceci leur confère un niveau supérieur de patrimonialité mais aussi une fragilité certaine face aux évolutions du climat.

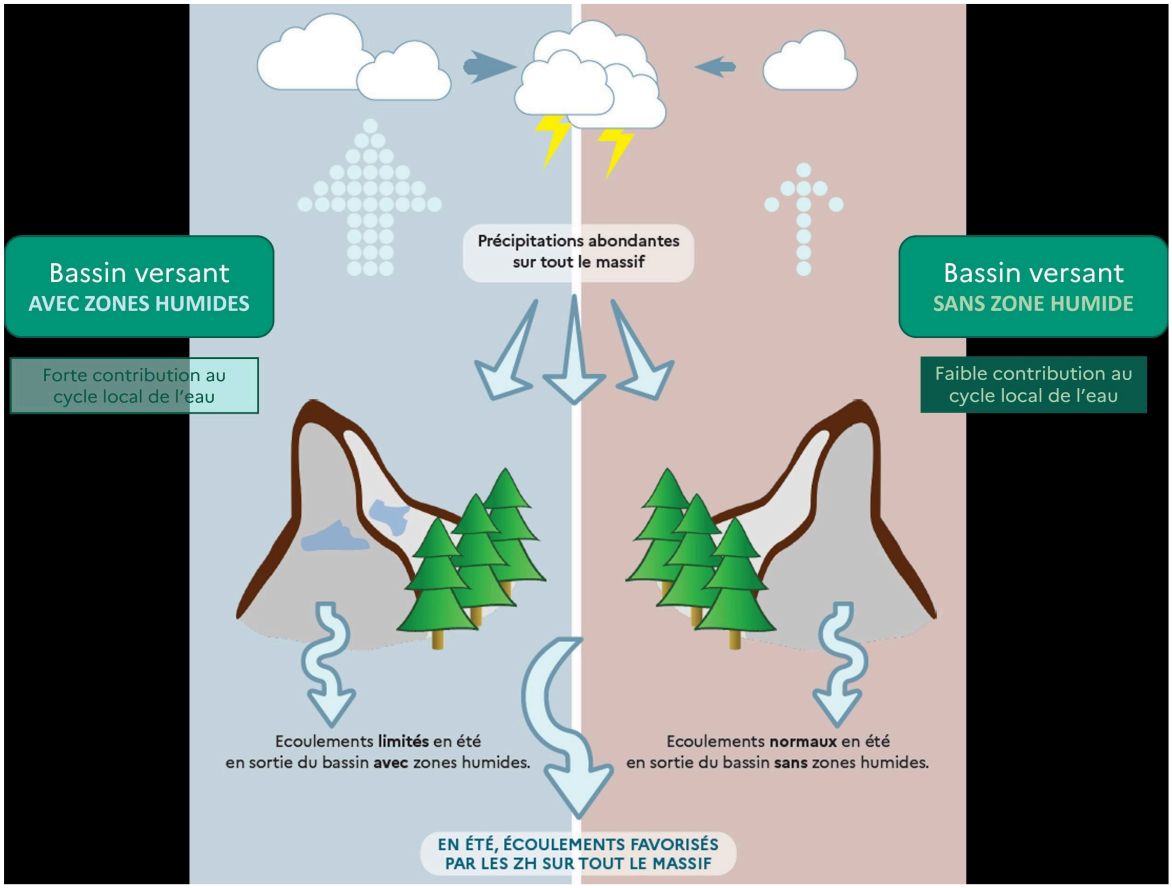


Figure 4 : schéma synoptique des interprétations

3.3. Hydrologie et développement des habitats naturels

Les zones humides du Madres sont rattachées à l'ensemble des Tourbières hautes actives. Cet habitat complexe regroupe une grande diversité de formations végétales élémentaires dans une multitude de déclinaisons selon les régions biogéographiques. D'après la nomenclature des Cahiers d'Habitats les tourbières du secteur oriental pyrénéen sont intégrées au groupe des communautés continentales et boréales et donc ici plutôt situées en limite méridionale d'aire. Ceci leur confère un niveau supérieur de patrimonialité mais aussi une fragilité certaine face aux évolutions du climat.

Outre le caractère mosaïque des tourbières, la littérature considère que dans la plupart des cas c'est la forme dite fragmentaire (surface < 4 ha) qui s'observe avec des parties tourbeuses réparties au sein d'un ensemble plus vaste de groupements végétaux plus ou moins hygrophiles de zones humides.

Cette définition correspond à la physionomie des tourbières observées,

tendant vers ce qu'il est d'usage de considérer comme une forme caractéristique de ces tourbières de pente.

Au-delà des approches hydrologiques développées ci-dessus, le suivi piézométrique couplé à l'observation des communautés végétales est riche d'enseignements et permet de dégager des hypothèses sur l'évolution des habitats naturels.

Deux exemples contrastés sont illustrés ici, sachant qu'il est important de préciser que les mouvements piézométriques sont très variables au sein d'une zone humide, ceci suggérant l'existence de différentes masses d'eau plus ou moins indépendantes au sein d'une même entité.

Zone humide secteur du Pinata (altitude 2 100 m – Forêt domaniale du Madre

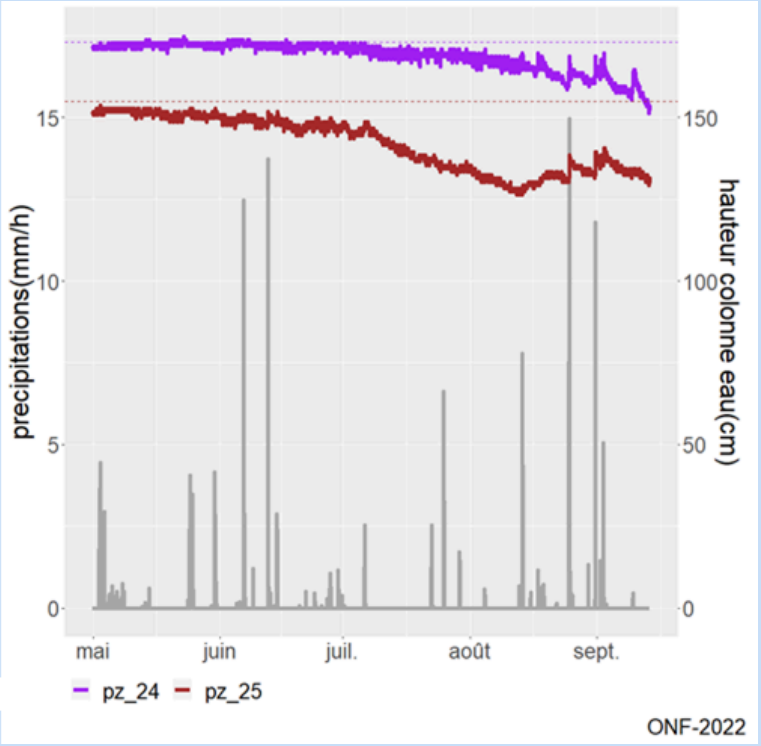


Figure 5 : Variation des niveaux de nappes dans les piézomètres 24 et 25 (mai à septembre 2022)

Figure 5 - Cette tourbière montre un engorgement jusqu'en surface quasi permanent tout au long de l'année (tarissement quasi nul). La recharge par la pluie paraît limitée et détectable uniquement pour les épisodes les plus importants avec des apports souterrains sans doute prédominants.

On est ici en présence d'un système en bon état fonctionnel pour sa composante habitats naturels. Le

potentiel offert pour l'amortissement des crues semble en revanche faible du fait de la saturation permanente du milieu en eau.

Zone humide secteur du Bac Pégulier (altitude 1700 m - propriété du Conseil départemental de l'Aude)

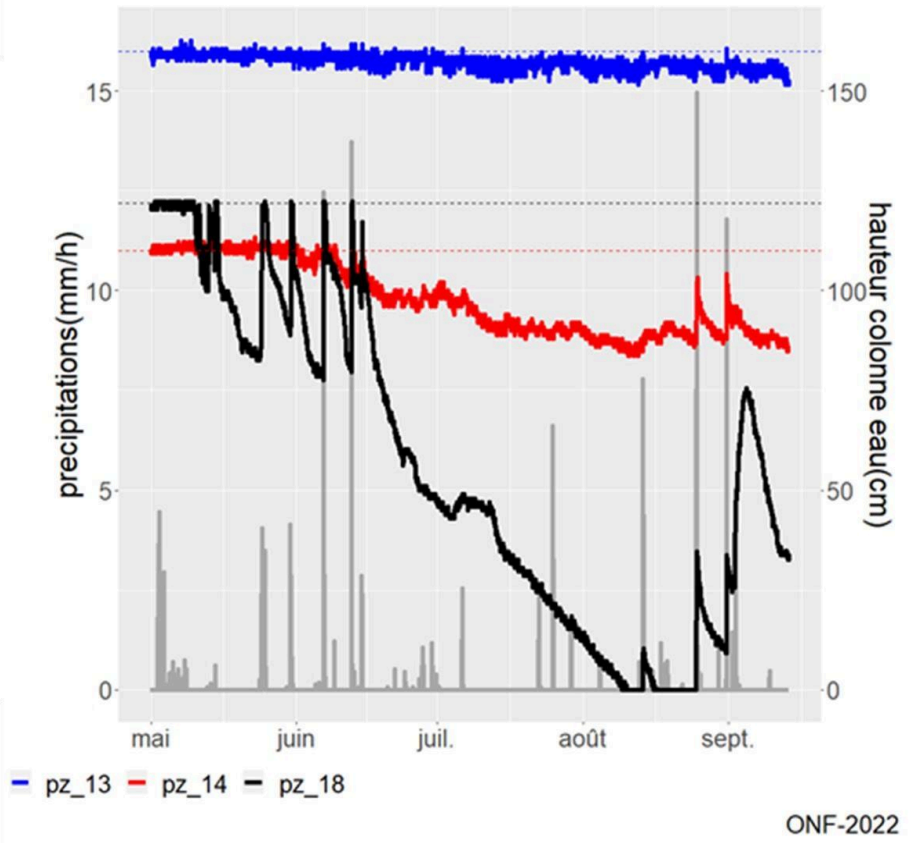


Figure 6 : Variation des niveaux de nappes dans les piézomètres 13,14 et 18 (mai à septembre 2022)

Figure 6 - À l'instar de la zone humide précédente, le piézomètre n°13 (en bleu) signale une présence d'eau constante dans cette partie de la tourbière. À contrario, le piézomètre n°18 (en noir), montre une sensibilité à l'assèchement estival à partir de la mi-juillet, traduisant une vulnérabilité de la tourbière et une dégradation probable en cas d'assecs répétés. Le piézomètre 14 (en rouge) montre aussi une tendance à l'assèchement estival, mais ici les épisodes de pluie d'intensité modérée permettent une recharge rapide.

Cette tourbière illustre l'interrelation entre fonctionnalité des habitats et processus hydrologiques, et pose la question du potentiel de régulation des débits vis-à-vis de l'état du milieu : la

désaturation hydrologique offre une capacité supérieure de stockage d'eau mais hypothèque aussi significativement la pérennité des habitats en les soumettant à un stress hydrique conséquent.

4. Conclusion : réflexion sur les tendances d'évolution et l'action de gestion

L'évolution des tourbières avec assèchement progressif du substrat peut être considérée comme un processus naturel lié à la génération de tourbe. Le gestionnaire ne peut méconnaître ce phénomène écologique de succession vers des formations végétales dominées par les dryades[2].

Il doit donc s'efforcer de faire la part entre : 1) des systèmes où les mécanismes naturels sont bien en place et permettent au milieu d'assurer son propre développement et 2) des systèmes plus altérés où les latitudes offertes par la gestion doivent être utilisées pour améliorer l'expression des processus morphogènes et ainsi les fonctionnalités.

L'alimentation des zones humides du Madres, issue à la fois des apports pluie/neige (ombrotrophe) et des apports souterrains (minérotrophe) limite la possibilité de jouer sur l'approvisionnement pour garantir un niveau suffisant d'eau aux entités souffrant manifestement d'assecs croissants. Ceci, associé à la tendance générale au réchauffement et à des pluviométries plus aléatoires, permet de poser le constat d'une forte fragilité de ces formations tourbeuses sur le moyen terme.

Face à cette vulnérabilité, la place laissée à l'action du gestionnaire est étroite mais elle n'est cependant pas nulle.

Le maintien de l'intégrité stricte des zones humides est indispensable. Afin de contenir les phénomènes d'évapotranspiration, il est nécessaire d'agir favorablement sur leur confinement (gestion des lisières, maintien de bouquets d'arbres…) dans un continuum de gestion avec la matrice forestière. L'amélioration des conditions hydrauliques, par interventions exclusives de génie écologique peut s'envisager ponctuellement (ex : suppression de drains ou de fossés…) mais doit être réfléchie au cas par cas à l'aune de l'appréciation à dire d'expert entre bénéfice espéré et risque d'altération supplémentaire.

En définitive, le gestionnaire doit se placer dans une posture de contrôle souple, guidé par l'idée d'un accompagnement des processus naturels, partiellement inéluctables, en y apportant les inflexions positives offertes par des interventions ciblées. Ces dernières n'ont pas vocation à changer radicalement l'état et le devenir de ces zones humides, mais peuvent concourir à l'expression de leurs différentes fonctionnalités.

En facilitant le maintien d'une mosaïque d'habitats humides – avec une part la

[2] Espèces de fin de succession écologique (s'oppose à la notion de pionnière).

plus substantielle possible d'activité turfigène - on participe du bon état écologique et par-là même à la contribution des zones humides au cycle de l'eau.

Pour plus d'information sur les résultats de ce projet, il est possible de se référer aux fiches techniques de synthèse (ONF 2022).

Références bibliographiques

- ONF 2022 - Étude du fonctionnement hydrologique des zones humides de tête de bassin versant de l'Aude. Phase 3 – Artigue G., Graillot D., Cocula C, Ebrard E., Larroque B., Nouguier L., Paran F., Thomassin K., Turlesque C. Agence de l'eau RMC, Conseil départemental de l'Aude, Région Occitanie. Rapport du projet. 167 p.

- ONF 2022 - Fiches techniques issues du programme d'étude du fonctionnement hydrologique des zones humides de tête de bassin versant de l'Aude - Disponibles sur www.onf.fr.

Comment va la Marsilée pubescente ? Bilan de plus de vingt ans de gestion conservatoire d'une espèce à enjeu majeur

Klesczewski Mario[1], Bouteloup Romain[2]

[1]*Conservatoire d'Espaces Naturels Occitanie, 26 allée de Mycènes, immeuble le Thèbes, 34000 Montpellier. Email : mario.klesczewski@cen-occitanie.org*

[2]*Conservatoire d'Espaces Naturels Occitanie, 26 allée de Mycènes, immeuble le Thèbes, 34000 Montpellier.*

Résumé :

La marsilée pubescente (Marsilea strigosa Willd.) est une fougère aquatique protégée en France au niveau national et inscrite aux annexes 2 et 4 de la Directive européenne « Habitats-Faune-Flore » (92/43/CEE). Les listes rouges des espèces menacées la classent respectivement en « vulnérable » à l'échelle de l'Europe voire « en danger » pour la France. Sur le territoire national, son état de conservation est actuellement considéré comme « défavorable mauvais ». Depuis le programme européen LIFE « Mares temporaires » qui s'est déroulé entre 1999 et 2004, diverses actions de connaissance, de gestion conservatoire et de suivi scientifique ont été mises en œuvre par le Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie, et en partenariat avec différents partenaires locaux (agriculteurs, propriétaires fonciers, communes, communautés d'agglomération, départements, région, etc.). Notre communication présente un premier bilan de ces différentes actions menées dans les départements de l'Hérault et des Pyrénées-Orientales. Ce bilan comprend notamment le bilan stationnel (synthèse des stations actuellement connues), la situation foncière des parcelles, un retour d'expériences sur les modalités de gestion conservatoire mise en œuvre, et une analyse succincte des résultats des suivis scientifiques mis en place à différentes échelles. En conclusion, l'ensemble des résultats présentés permet de proposer une évaluation actualisée de l'état de conservation des populations gérées sur les sites du CEN Occitanie. "

Préservation d'une population d'écrevisses à pattes blanches dans un ruisseau du département du Lot par une action de lutte contre l'Écrevisse de Californie

Villate Damien[1], Ferreira Martinez Lola[2], Fridrick Laurent[3], Duperray Théo[4]

[1] *Département du Lot, hôtel du Département du Lot, Avenue de l'Europe – Regourd, BP 291 46005 Cahors cedex 9. Email : damien.villate@lot.fr*

[2] *Syndicat Mixte des Bassins Versants du Céou et de la Germaine, 14 rue de la perception 46310 Saint Germain du Bel Air. Email : l.ferreira-martinez@ceougermaine.fr*

[3] *Fédération du Lot pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (FDPPMA 46) 280 Quai Albert Cappus 46000 Cahors. Email : laurent.fd@wanadoo.fr*

[4] *Saules et Eaux, 3039 route de Mars 07310 Saint Julien d'Intres. Email : theo.duperray@sauleseteaux.fr*

Mots clés : Ecrevisse à pattes blanches, Ecrevisse de Californie, Aménagement, Sauvegarde, *Austropotamobius pallipes* (APP), *Pacifastacus leniusculus* (PFL), Espèce Exotique Envahissante (EEE), Aphanomycose, Seuils bloquants, Piégeage.

Résumé : Sur la partie amont d'un petit ruisseau de l'ouest du département du Lot, une très belle population d'écrevisses à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*) a été découverte en 2013. Cette population assez étendue (sur environ un km) est fonctionnelle. Or, en juillet 2018, il est constaté en aval la présence d'une population d'écrevisses de Californie (*Pacifastacus leniusculus*). Le cours d'eau n'ayant aucun obstacle à la remontée des écrevisses de Californie, la population d'écrevisses à pattes blanches est condamnée à disparaître, sous l'effet de la pression de prédation des écrevisses de Californie, à plus ou moins long terme. Or il s'agit d'une des deux dernières populations d'écrevisses à pattes blanches du bassin versant du Céou.

De ce fait, le Département du Lot, le Syndicat Mixte des Bassins Versants du Céou et de la Germaine et la Fédération du Lot pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique se sont associés pour sauvegarder cette population d'écrevisses à pattes blanches.

1. Introduction

Dans le contexte de la sixième crise d'extinction de la biodiversité, les invasions biologiques sont considérées comme une des causes principales de cet effondrement. En effet, les espèces exotiques envahissantes constituent un fléau mondial dont la gestion est complexe et l'éradication souvent impossible.

Les écrevisses d'origine américaine, de par leurs fortes capacités de reproduction, de dispersion et de prédation, sont parmi les espèces exotiques envahissantes ayant les impacts les plus forts sur les écosystèmes aquatiques. Elles ont un impact particulièrement dévastateur pour les écrevisses d'origine européenne, en leur transmettant, en tant que porteuses saines, une pathologie létale qu'est la peste de

l'écrevisse (ou aphanomycose) et dont elles sont couramment affectées. L'Ecrevisse de Californie (*Pacifastacus leniusculus*) est l'espèce la plus menaçante pour les écrevisses européennes en raison de sa capacité à coloniser tous types de milieux mais plus particulièrement les têtes de bassins versants qui servent de zones refuges pour des populations déjà fragilisées. Malgré de nombreuses expérimentations, aucune méthode d'éradication des écrevisses exotiques ne semble vraiment efficace à ce jour. Seules des actions de régulation plus ou moins fortes semblent possibles.

Nous présenterons ici une opération de régulation visant à cloisonner un cours d'eau pour contenir la population d'écrevisses de Californie à l'aval et mener des captures intensives sur l'amont en espérant détruire les individus s'étant dispersés dans la population d'écrevisses à pattes blanches.

Le lieu précis de cette expérimentation n'est pas indiqué pour des raisons sanitaires (risque de contamination par la maladie des écrevisses) et de préservation de l'espèce. Toutefois, il est précisé que le site se situe en tête de bassin versant dans un contexte agricole avec des milieux prairiaux et forestiers. Le propriétaire des terrains est fortement investi dans le projet et en totale synergie avec les collectivités territoriales, les services de l'Etat et un bureau d'études.

2. Contexte du site et genèse du projet

Sur la partie amont de ce ruisseau, une importante population d'écrevisses à pattes blanches (*Austropotamobius pallipes*) a été découverte par hasard, en 2013, dans le cadre d'un inventaire botanique sur un Espace Naturel Sensible (ENS) géré par le Département du Lot. Cette population assez étendue (sur environ un km de cours d'eau) est considérée comme fonctionnelle et pérenne. Or, en juillet 2018, il est constaté, en aval, la présence d'une population d'écrevisses de Californie.

Les deux espèces d'écrevisses ont été observées à plusieurs reprises dans les mêmes mouilles (parties de cours d'eau avec une sur-profondeur localisé du lit) aux abords d'un pont routier et en amont (avec absence de mortalité d'écrevisses à pattes blanches). Ceci indique clairement que la population d'écrevisses de Californie n'est pas porteuse saine de la peste de l'écrevisse (maladie mortelle à 100% pour les écrevisses à pattes blanches). Ce point a été confirmé par les résultats d'analyses pathologiques confiées à un laboratoire spécialisé. Le cours d'eau n'ayant aucun obstacle à la remontée des écrevisses de Californie, la population d'écrevisses à pattes blanches est condamnée à disparaître sous l'effet de la pression de prédation des écrevisses de Californie (Duperray, 2016), à plus ou moins long terme. Devant cette situation, le Département du Lot, le Syndicat Mixte des Bassins Versants du Céou et de la Germaine et la Fédération du Lot pour la

Pêche et la Protection du Milieu Aquatique se sont mobilisés pour la préservation de cette population relictuelle d'écrevisses à pattes blanches. Pour ce faire, ils ont pris attache d'un bureau d'études spécialisé « écrevisses » : Saules et Eaux.

Il est à préciser que, d'après les données connues, ce serait une des deux dernières populations d'écrevisses à pattes blanches du bassin versant du Céou.

Les prospections nocturnes, préalables à toute intervention, ont permis de montrer une dispersion de quelques PFL au sein de la population d'APP et ce jusqu'à 300 m en amont du pont routier. Sur les 150 premiers mètres en amont du pont, la population de PFL était bien implantée et toutes les classes de tailles étaient présentes. Plus en amont, il n'a été observé que quelques adultes, traduisant une colonisation récente.

3. Mise en œuvre et phasage temporel du projet

Ainsi, afin de bloquer cette dispersion des PFL et sur proposition de Saules et Eaux, il a été installé quatre seuils capturants (un définitif et trois provisoires) en amont du pont routier (en juin et en octobre 2020) à raison d'un seuil tous les 50 à 100 m. On définit comme seuil capturant un aménagement installé dans le lit du cours d'eau ayant pour objectif de piéger de façon non létale les écrevisses fréquentant cet ouvrage. Leurs travaux ont été réalisés sous maîtrise d'ouvrage du Département du Lot dans le cadre de la politique des Espaces Naturels Sensibles. Sur les cinq tronçons délimités par les seuils, du piégeage permanent (seuils) et temporaire (nasses) a été mis en place avec un suivi précis des captures. Il est bien entendu et évident que lors de toutes les relèves de pièges, il y a destruction systématique des PFL et remise à l'eau des APP. De plus, avant toute intervention dans le cours d'eau, un protocole strict de désinfection du matériel est respecté afin d'éviter la transmission de pathogènes.

Du fait des bons résultats des seuils capturants un nouveau dispositif analogue a été installé en septembre 2023 dans le lit mineur du ruisseau au niveau du pont routier.

Eté 2019 : rencontre des propriétaires, des partenaires et des services de l'Etat ;

Septembre 2019 : réalisation de pêches nocturnes pour identifier le front de colonisation. La co-présence des 2 espèces traduit l'absence de contamination de cette population de PFL par l'aphanomycose (peste de l'écrevisse), cela a été confirmé par l'analyse d'un échantillon de 20 individus au Laboratoire LDA39 ; rédaction des conventions de gestion entre le propriétaire du terrain, les maîtres d'ouvrage et les gestionnaires des aménagements. Le principe de ces conventions est de définir les autorisations d'occupation et les modalités d'entretien des aménagements construits.

Octobre 2019 : mise en place du premier piégeage temporaire ;

Hiver 2019-2020 : conception des seuils capturants, rédaction du dossier loi sur l'eau, concertations multi-partenaires ;

Depuis avril 2020 : nouvelle campagne de piégeage avec 21 nasses (relevées une fois par quinzaine en hiver à deux fois par semaine en été). Opération renouvelée depuis, chaque année ;

Juin 2020 : construction des seuils capturants (un permanent et deux temporaires) ;

Octobre 2020 : construction d'un nouveau seuil capturant temporaire plus en amont ;

Septembre 2023 : construction d'un deuxième seuil capturant permanent plus en aval au niveau du pont routier.

Tout ce travail de terrain a permis au propriétaire, un éleveur de vaches, de prendre conscience de l'importance des zones humides présentes sur ses terrains, de faire disparaître le piétinement des berges occasionné par ses bovins par l'installation d'une clôture le long des berges et d'éviter les déjections animales dans le cours d'eau. Mais également, de faciliter le transfert du troupeau d'une rive à l'autre et d'installer un abreuvoir en dérivation du cours d'eau.

4. Matériels et méthodes

La lutte contre les écrevisses de Californie s'est opérée au moyen de trois méthodes de capture, à savoir le piégeage par nasses, la réalisation de pêches nocturnes à la main et la construction de plusieurs seuils capturants. Chaque méthode est complémentaire afin d'éliminer un maximum de PFL tout en les empêchant de coloniser l'amont du cours d'eau. Toutes les opérations menées sur site et relatées dans cet article ont fait l'objet d'autorisations administratives au titre de la loi sur l'eau (seuils) et de la loi « pêche » (captures).

4.1. Autorisations administratives

Une telle action nécessite, au préalable, l'obtention de l'accord des services de l'Etat (Direction Départementale des Territoires et Office Français de la Biodiversité). Une note descriptive du projet, complétée par divers documents demandés, a permis la délivrance d'un arrêté préfectoral autorisant la capture d'écrevisses à des fins scientifiques ainsi que la réalisation des différents travaux demandés. Un compte-rendu annuel est rédigé et envoyé à ces services, complété, si besoin, par des réunions d'information sur site à chaque étape structurante.

4.2. Description des pièges temporaires

Le piégeage temporaire est mis en place par une équipe de deux personnes, au minimum deux fois par semaine d'avril à octobre, ce qui correspond à la période de forte activité des écrevisses. En mars et novembre les relèves n'ont lieu qu'une fois par semaine. Les nasses utilisées ont été développées par Théo Duperray (gérant de Saules et Eaux) sur le principe d'un guidage olfactif qui,

grâce à des parois pleines et l'utilisation d'appâts, favorise l'attractivité du piège.

Ces nasses se déclinent en deux modèles : les pièges « caisse » (Photo A) et les pièges « tube » (Photo B). Ils ont été déposés à différents points stratégiques du cours d'eau ayant une profondeur minimale de 15 cm. Les lieux de pose des pièges sont les mêmes d'années en années pour pouvoir comparer les résultats.

Les pièges caisse sont plus adaptés pour les secteurs de mouilles à fonds plats. Quant aux pièges tubes, ils ont l'avantage de s'adapter à un substrat plus irrégulier et instable comme par exemple les sous berges.

Ces pièges sont non létaux et non sélectifs, ils permettent de capturer les écrevisses se trouvant entre les seuils capturants et ce, dans divers habitats.

Comme tous les pièges, ils capturent principalement les gros individus.

Photo A : L'intérieur d'un piège caisse

Photo B : Un piège tube en action de pêche

4.3. Les pêches nocturnes

Les écrevisses étant des espèces nocturnes, leur pic d'activité a généralement lieu en début de nuit. L'activité est plus importante à la « belle saison » et il est alors assez aisé de repérer les individus en activité au moyen de lampes puissantes. La prospection nocturne est la méthode la plus utilisée et la plus efficace pour la recherche de populations d'écrevisses. L'activité étant variable d'un soir à l'autre, les effectifs observés peuvent varier de manière importante à quelques jours d'intervalle.

Cette méthode permet l'observation de toutes les classes de tailles sauf lors des pics d'activité des gros sujets où les petits individus sont moins enclins à sortir.

Dans le cas de ce ruisseau, il a été effectué des captures manuelles avec dénombrement et destruction de tous les individus de PFL observés au cours des prospections nocturnes. Ces prospections ont eu lieu de deux à quatre fois par an à partir de 2019. Afin d'évaluer l'effet des captures de PFL et de pouvoir comparer la proportion respective des deux espèces, il a été procédé à un comptage à vue des APP en activité lors de chaque prospection.

4.4. Les seuils capturants

Le principe de ces dispositifs innovants réside dans le fait de constituer un obstacle à la montaison pour les écrevisses tout en leur offrant des caches, desquelles elles ne pourront ressortir, juste au pied de l'obstacle. Cela permet d'éviter le risque de contournement de l'obstacle par la terre ferme par des écrevisses souhaitant remonter le cours d'eau.

Une fois le bornage de la population de PFL réalisé lors des prospections nocturnes et affiné par les résultats de captures au moyen des nasses à guidage olfactif, il a été décidé l'implantation de quatre seuils capturants :

- Un définitif, en amont de la zone où la population de PFL semble implantée. Ce seuil constitue également un passage entre les deux rives pour les vaches. Il est constitué d'un tuyau d'un mètre de diamètre et de trois mètres de long ;
- Trois provisoires répartis en amont du seuil définitif à raison d'un seuil tous les 50 à 100 m selon les possibilités topographiques. Ces derniers sont constitués d'un demi-tuyau d'un mètre de diamètre et de 1,5 m de long.

Dans les deux cas, l'élément « tuyau » est posé en fond de lit du cours d'eau et sa partie aval verse dans une buse ciment d'un mètre de diamètre et de 50 cm de haut placée à la verticale pour constituer une fosse de dissipation dont les bords sont bien délimités. De chaque côté de cette buse, est enterré un bidon plastique de 60 litres constituant une réservation de capture. La communication avec la fosse de dissipation est assurée par des tuyaux PVC de 50 mm de diamètre. La figure 1 illustre le dispositif par une coupe schématique.

Photo C : Illustration d'un seuil capturant

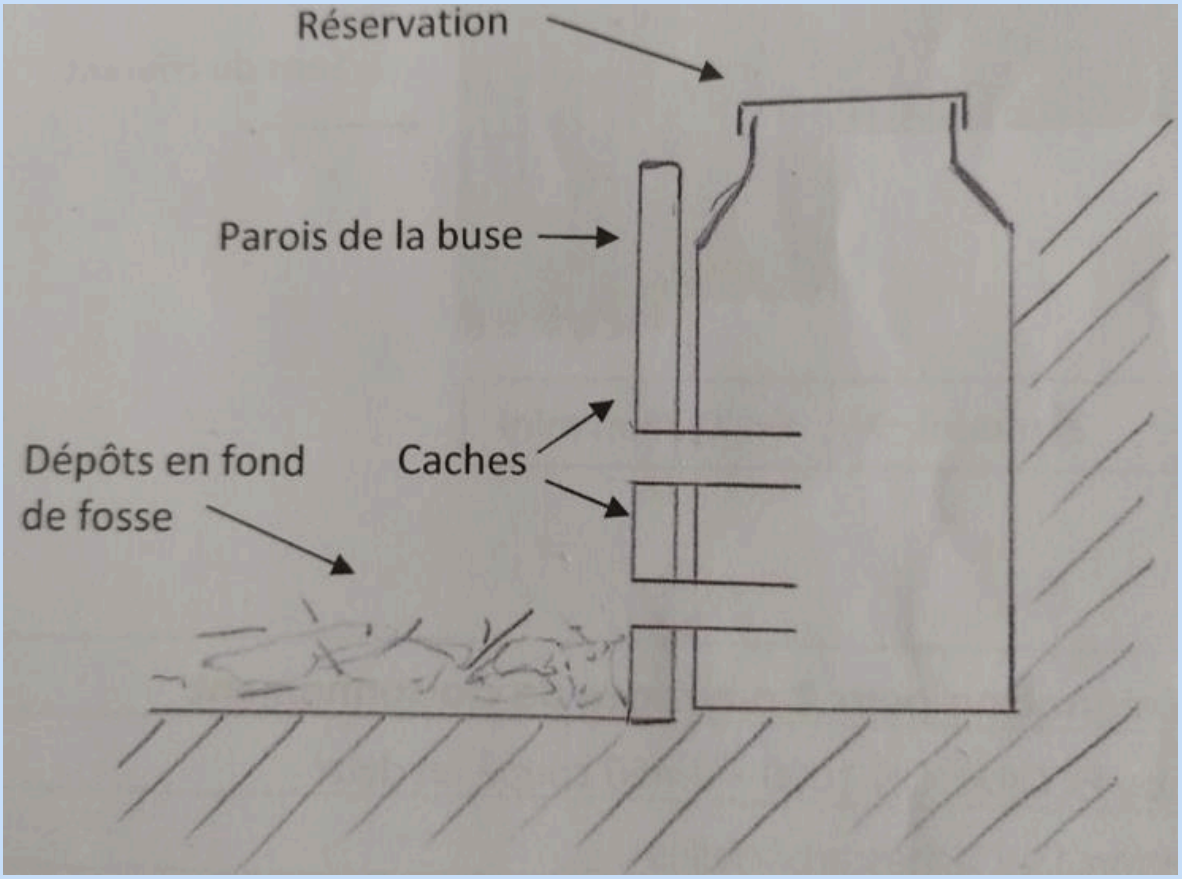


Figure 1 : Vue en coupe du positionnement de la fosse et des réservations de capture

En raison du constat d'efficacité des seuils capturants et de l'important afflux d'individus de PFL migrant de l'aval du pont routier dans la zone entre ce pont et le premier ouvrage, un nouveau seuil capturant et définitif a été installé au niveau du pont routier en septembre 2023. Cet emplacement permet d'assurer une absence de risque de contournement par la terre ferme de par la topographie du lieu. Du fait de l'implantation en appui sur le pont, ce seuil est sensiblement différent des autres : il est réalisé en béton et intégré à la maçonnerie de confortement de l'ouvrage d'art. De plus, les réservations de capture sont en amont des piles de pont. La figure 2 illustre par une coupe schématique la fosse de précapture connectée aux 2 réservations de capture.

Photo D : Illustration du dernier seuil construit au niveau du pont routier

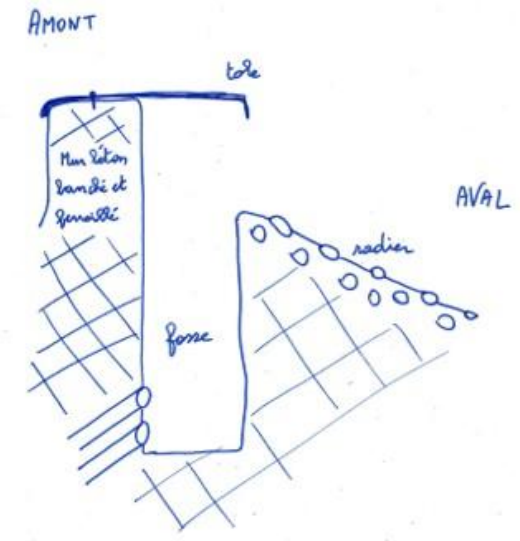


Figure 2 : Vue en coupe de la fosse de précapture de ce dernier seuil bloquant

4.5. Données collectées et utilisation

De par le cloisonnement du ruisseau avec les seuils, nous avons défini six zones d'étude (de Z0 à Z5) permettant de suivre avec précision l'évolution des captures par zone au fil des années. La carte ci-dessous (figure 3), complétée du tableau (tableau 1), présente ces zones avec la répartition des seuils capturants, des pièges temporaires et des deux espèces d'écrevisses au début de cette expérimentation.

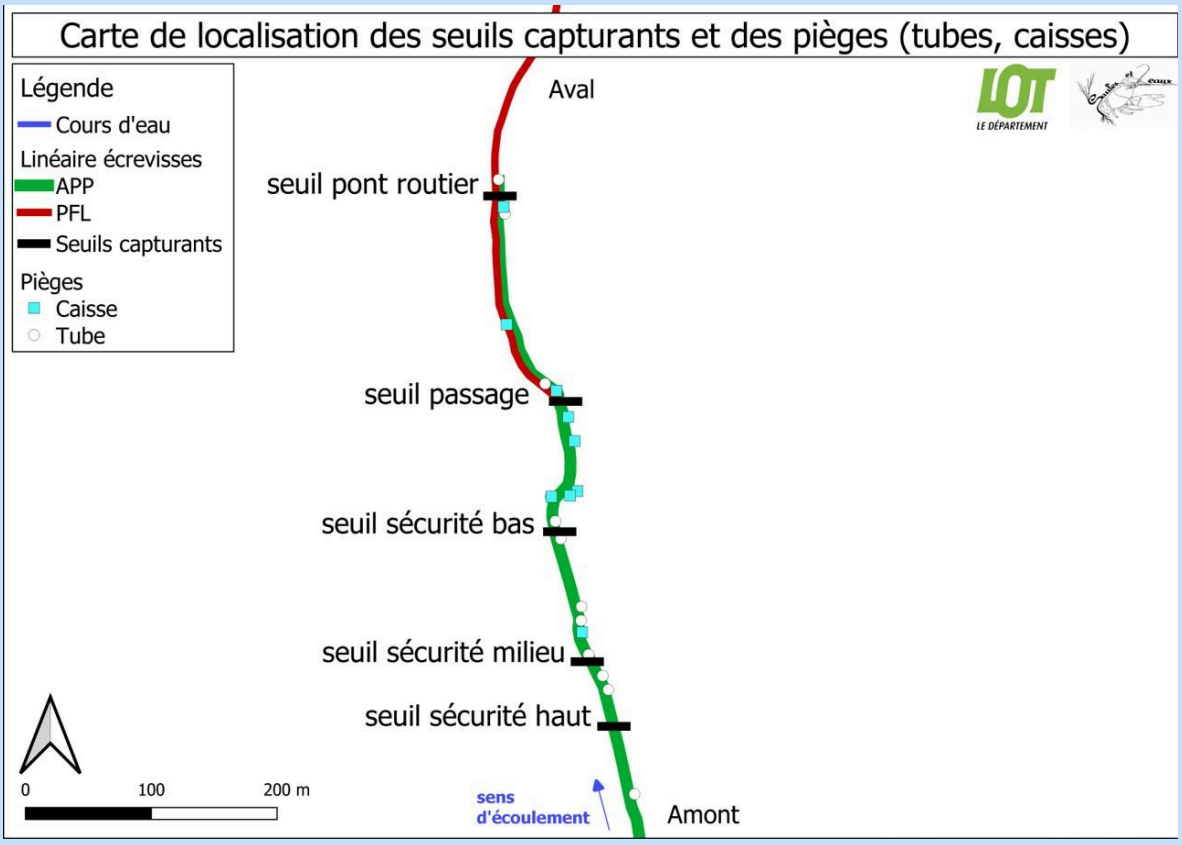


Figure 3 : Localisation des différents seuils construits et détermination des zones de capture

Tableau 1 : Tableau listant les différentes zones de capture

Nom de la zone	Localisation de la zone
Zone 0 (Z0)	Zone située en aval du pont et la zone couverte par le pont routier
Zone 1 (Z1)	Zone située en amont du pont routier jusqu'au seuil passage
Zone 2 (Z2)	Zone située en amont du seuil passage jusqu'au seuil sécurité bas
Zone 3 (Z3)	Zone située en amont du seuil sécurité bas jusqu'au seuil sécurité milieu
Zone 4 (Z4)	Zone située en amont du seuil sécurité milieu jusqu'au seuil sécurité haut
Zone 5 (Z5)	Zone située en amont du seuil sécurité haut

Lors de chaque opération de terrain, sont notés la date et l'heure, la température de l'eau, la zone de capture et les effectifs capturés par piège. Pour les écrevisses de Californie, chaque individu est mesuré et sexé alors que les écrevisses à pattes blanches sont seulement sexées lors des captures et seulement dénombrées lors des prospections nocturnes. Toutes ces données sont saisies dans un tableur Excel paramétré par Théau Brasseur (stagiaire de la FDPPMA 46 en 2021). Ce tableur comporte une multitude d'automatisations pour sortir des graphiques et autres tableaux de résultats. Les données de 2019 et 2020 ne seront pas comparées à celles des années suivantes en raison des importantes modifications de protocoles au cours de ces premières années d'expérimentation : captures seulement sur l'automne en 2019 et installation des seuils capturants en avril et octobre 2020.

5. Résultats

Les prospections nocturnes de 2019 ont permis de montrer une dispersion de quelques PFL au sein de la population d'APP et ce jusqu'à 300 m en amont du pont routier. La position des seuils capturants a été ajustée en fonction de ces résultats.

Les captures de 2021 à 2023 peuvent être synthétisées dans le tableau suivant.

	2021	2022	2023
Nombre de relèves des seuils capturants	60	62	69

Nombre de relèves des nasses à guidage olfactif (12 tubes et 9 caisses)	51	48	54
Nombre de pêches nocturnes	1	2	3
Nombre d'APP capturées et relâchées *(du fait des relâchés certains individus sont capturés de nombreuses fois)*	1908	2213	4499
Nombre de PFL capturées et détruites	166	214	517

Pour évaluer les effets des protocoles mis en place, il est nécessaire de regarder les évolutions des effectifs capturés par zone et les classes de tailles des individus capturés. Comme indiqué plus haut, l'activité des écrevisses est variable d'un soir à l'autre. Les captures réalisées au moyen des pièges ou des seuils capturants sont ainsi lissées par la récurrence des relèves. Il en est tout autre des pêches nocturnes qui ne sont que très ponctuelles et donc particulièrement influencées par l'activité. C'est typiquement le cas en 2023 où l'activité était très importante, conduisant à un important « bond » des effectifs.

La figure 4 illustre les effectifs capturés et observés pour les deux espèces avec tous les modes de captures de 2019 à 2023. Il est à souligner que 2019 est une année incomplète, il ne faut donc regarder que la répartition des captures au sein des zones et non les effectifs capturés. Aussi, la capture en 2023 de 163 PFL en Z0 est un résultat ininterprétable à ce stade car la moitié de celles-ci ont été piégées par le nouveau seuil du pont routier construit en fin de saison (figure 4).

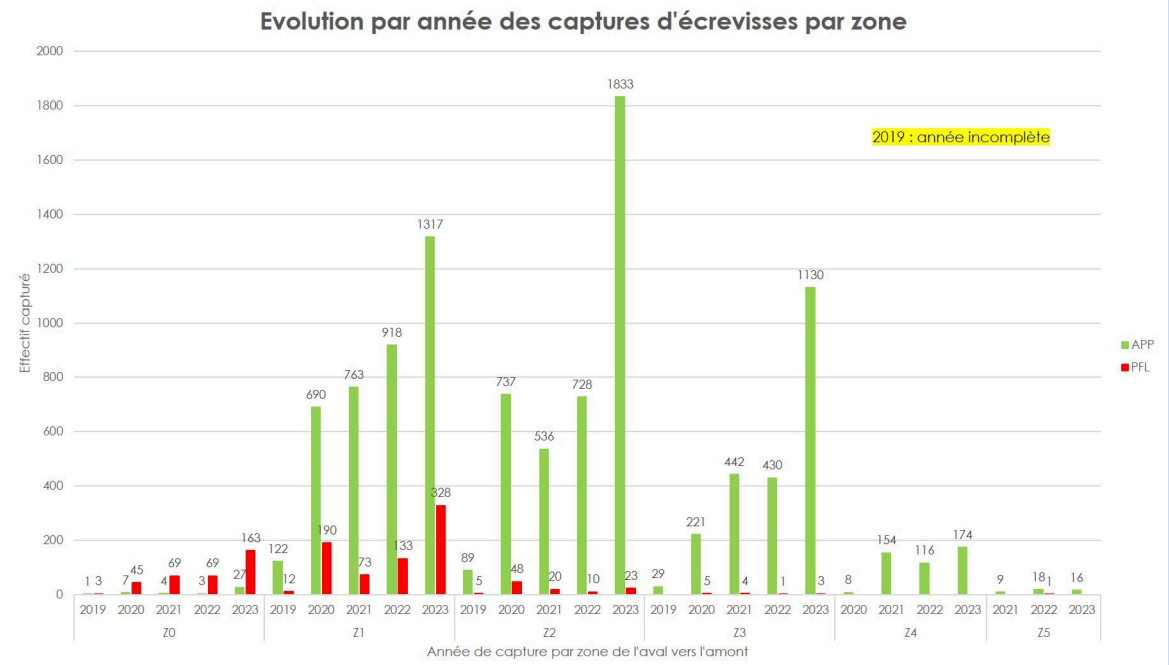


Figure 4 : Evolution par année des captures d'écrevisses par zone

Il est à noter une tendance à l'augmentation des effectifs d'APP sur tout le cours d'eau depuis la mise en place des captures de PFL. La forte augmentation des captures de PFL en Z1 en 2023 est liée à deux facteurs : la très forte activité les soirs de captures nocturnes et l'important flux migratoire provenant de l'aval. Cela est confirmé par les captures importantes de ce seuil (74 individus en seulement trois mois) implanté en septembre 2023.

En Z2, on remarque également plus de capture de PFL mais elles sont plus petites en taille. Les géniteurs ont quasiment disparu mais une femelle a eu le temps de libérer ses larves en 2021. Les juvéniles de l'année étant difficiles à capturer, il est logique que ceux-ci soient capturés les années suivantes (2022 et 2023).

Entre 2021 et 2023, l'évolution des classes de taille des PFL a tendance à indiquer que les individus capturés sont plus petits avec un nombre restreint de géniteurs. En effet, ces individus deviennent fertiles à partir de 2 ans pour une taille supérieure à 70 mm (figures 5 et 6).

Figure 5 : Distribution des classes de taille des PFL capturées en 2021

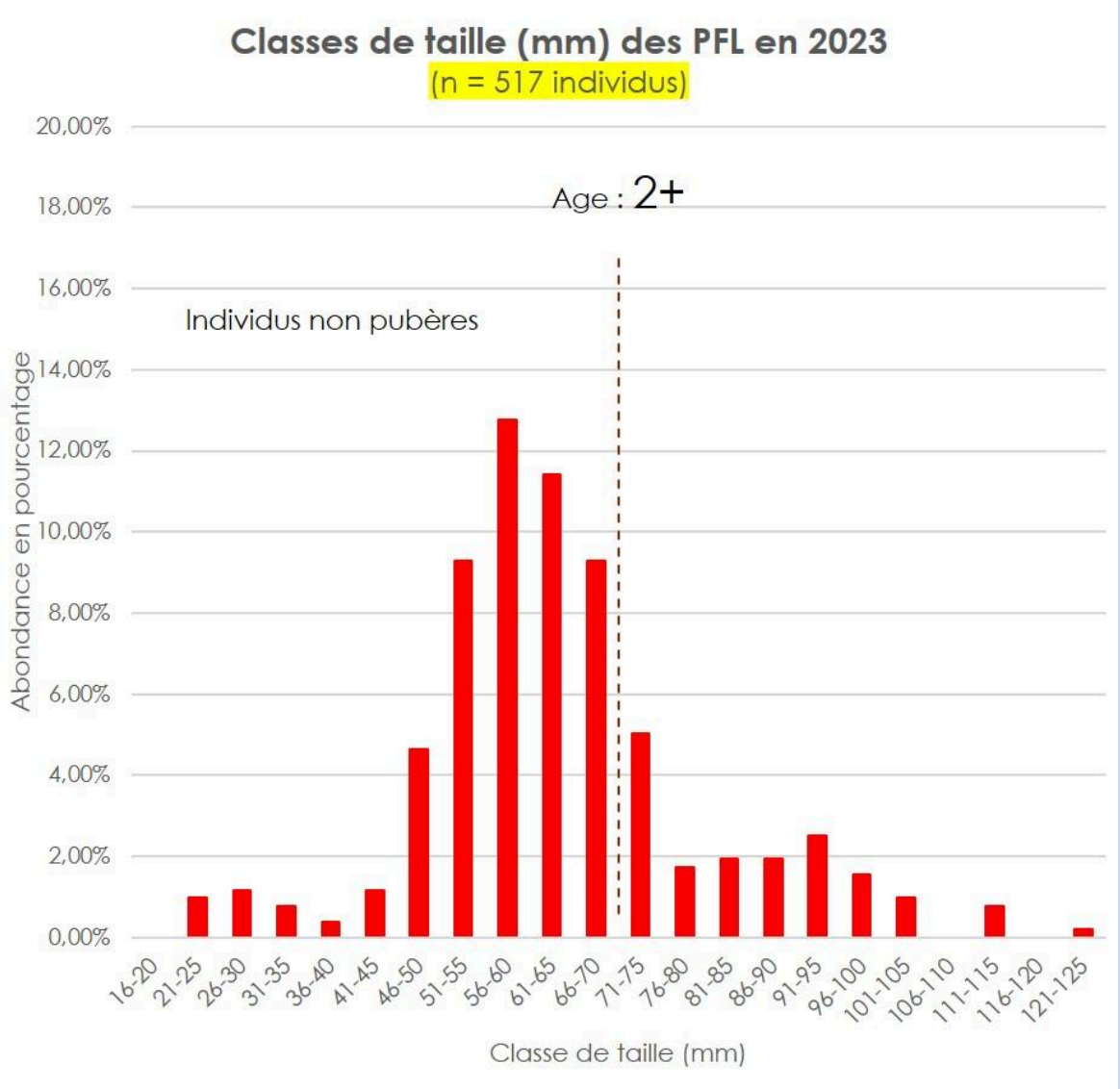


Figure 6 : Distribution des classes de taille des PFL capturées en 2023

Pour l'année 2023, on note que les géniteurs sont très présents en aval sur la zone Z0, en moindre quantité sur Z1 et quasi absents sur Z2 et Z3 (Figure 7). Cette observation confirme une colonisation récente du secteur amont.

Concernant les captures de PFL, le sex ratio reste proche de 1 en moyenne annuelle. Par contre, nous avons observé une tendance très forte à la capture de davantage de femelles larvées dans les seuils capturants et ce, juste avant l'émancipation des larves. Ce phénomène montre clairement un mouvement de montaison des femelles pré-émancipation des jeunes.

Figure 7 : Evolution des classes de taille des PFL capturées en 2023 par zone

6. Conclusion

La réalisation d'un cloisonnement migratoire par l'implantation de seuils capturants dans le lit du ruisseau a montré des résultats très prometteurs. En effet, les effectifs de PFL capturés sur la Z2 faiblissent, ils sont quasi-nul sur Z3 alors que n'apparaissent pas de captures en Z4 et Z5. Le dernier seuil implanté sous le pont routier permet de couper net le flux migratoire en provenance de la population aval, assurant ainsi une meilleure efficacité du piégeage sur la Z1. Il est à souligner la très forte implication dans le temps de tous les acteurs qui est un critère de réussite du projet. Cette action est un travail de longue haleine puisqu'il faut deux à trois ans pour espérer éliminer les individus issus d'une seule femelle ayant libéré ces larves sur une zone.

La mise en place de pièges, de seuils capturants et la réalisation de pêches nocturnes doivent être poursuivies pour garantir la pérennité de la population d'écrevisses à pattes blanches. Ces différents modes de captures sont tous complémentaires et permettent de maximiser les captures de l'espèce exogène comme le montre la figure 8.

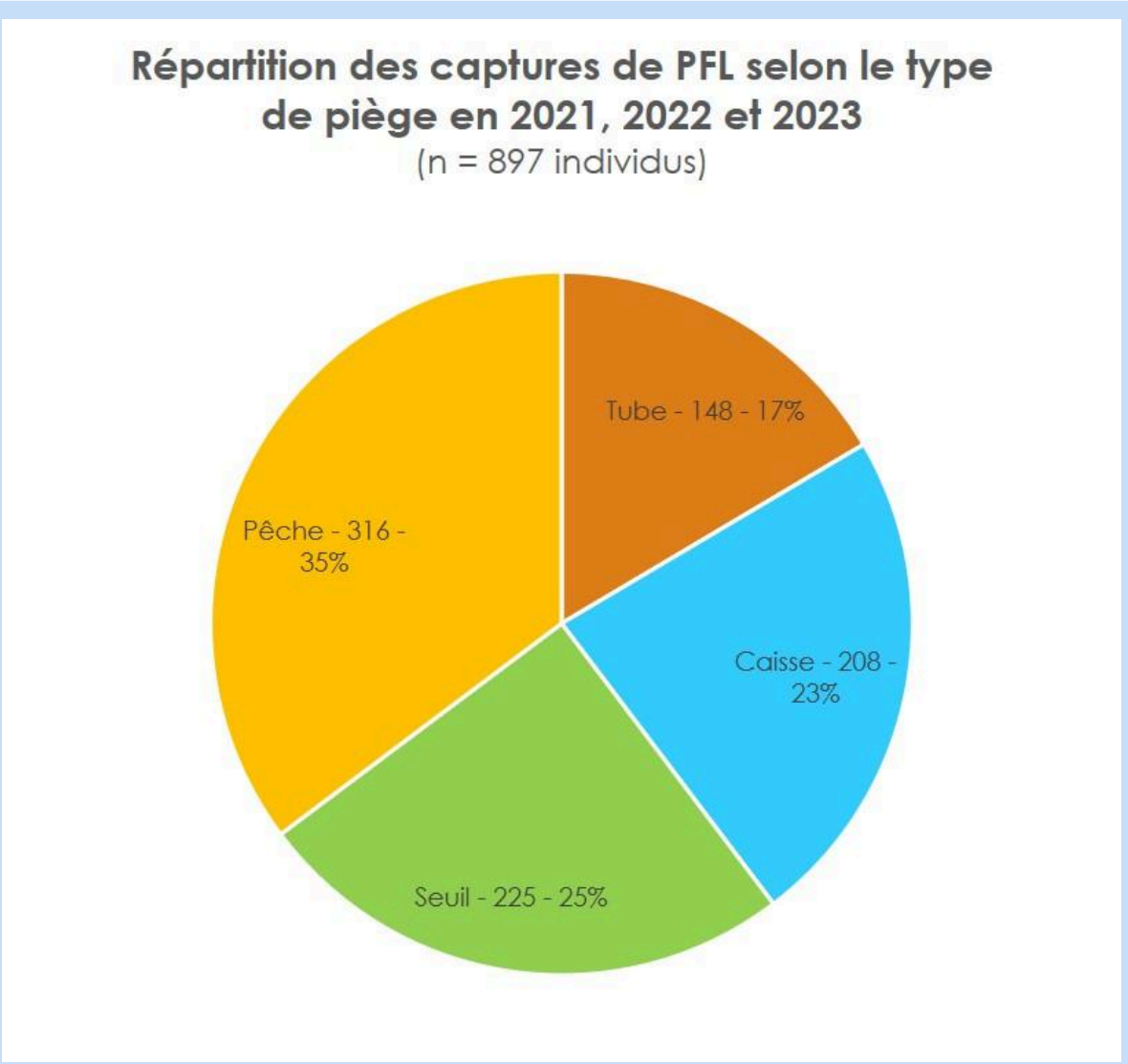


Figure 8 : Répartition des captures de PFL selon le type de piège

Comme autre critère de réussite, il faut au moins trois ans d'absence de capture de PFL par secteur pour envisager de décloisonner le cours d'eau (par suppression des seuils provisoires) en partant de l'amont.

Ce projet est un exemple concret de la manière dont les actions locales peuvent contribuer à la préservation de la biodiversité aquatique.

La réussite de ce travail est liée :

1 - à une étroite collaboration et une forte mobilisation entre un département, un syndicat de bassin versant, une communauté de communes, une commune, un propriétaire, une fédération de pêche et de protection du milieu aquatique et un bureau d'études

2 - à un appui constant des services de l'Etat, notamment pour l'obtention des différentes autorisations nécessaires.

Afin de garantir la pérennité de la population d'écrevisses à pattes blanches, il est impératif de maintenir une surveillance constante et d'adapter les mesures de préservation en fonction des évolutions observées sur le terrain.

Remerciements

Ce travail de lutte contre la PFL s'étend sur plusieurs années et a demandé beaucoup d'investissement. Les auteurs tiennent à remercier les personnes suivantes pour leur participation et aide précieuse à ce projet : Laëtitia AGOSTINHO, Théau BRASSEUR, Lucas LASMEZAS, Elycia RICHARD, Justin MOULENE, Jean-Baptiste VANRAPENBUSCH, … Merci à eux.

Bibliographie

DUPERRAY T. 2016 - Protocole expérimental d'éradication de l'écrevisse de Californie (*Pacifastacus leniusculus*, *Dana, 1852*) par stérilisation des mâles, expérimentations en bassins et in natura. *Diplôme de l'EPHE*, 120 p.

Programme de conservation du Damier de Godart en France

Gaunet Aurélien[1], Montech Cindy[2]

[1] *Groupe Ornithologique du Roussillon (GOR), 4, rue Pierre Jean de Béranger, 66000 Perpignan. Email : aurelien.gaunet@gor66.fr*

[2] *Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie (CEN Occitanie), 2, Immeuble le Thèbes, 26 allées de Mycènes, 34000 Montpellier. Email : cindy.montech@cen-occitanie.org*

Mots clés : *Euphydryas*, Lépidoptère, Conservation, Restauration

Résumé :

Le Damier de Godart *Euphydryas desfontainii* est l'un des papillons de jour parmi les plus rares et menacés de France. Seules trois communes, situées dans les Pyrénées-Orientales et l'Aude, hébergent encore cette espèce sur le territoire national. Grâce au soutien de l'OFB, un important travail d'amélioration des connaissances, de restauration des habitats et de sensibilisation a été mené entre 2021 et 2023 par le GOR et le CEN Occitanie.

Malgré la fragilité de cette population et la disparition récente de l'espèce sur plusieurs stations, la forte implication de la population locale, la meilleure compréhension des exigences écologiques de l'espèce et les résultats prometteurs des premières actions de restauration, apparaissent comme autant d'éléments encourageants qui permettent aujourd'hui d'envisager une conservation durable de cette espèce patrimoniale en France.

Abstract :

The Spanish Fritillary *Euphydryas desfontainii* is one of the rarest and most threatened butterflies in France. Only three municipalities, located in the Pyrénées-Orientales and Aude départements, still host this species at the national level. Thanks to support from the French Biodiversity Agency (OFB), significant work to improve knowledge, restore habitats, and raise awareness was carried out between 2021 and 2023 by GOR and the CEN Occitanie. Despite the fragility of this population and the recent disappearance of the species from several sites, the strong engagement of the local community, the improved understanding of the species' ecological requirements, and the promising results of the first restoration actions are all encouraging signs. They now make it possible to envisage the long-term conservation of this species of high conservation value in France.

1. Introduction

Le Damier de Godart *Euphydryas desfontainii* (photo A) est une espèce de papillon de jour de la famille des Nymphalidés. C'est un endémique Maghro-ibérique dont la limite Nord de répartition se situe dans les Fenouillèdes (région naturelle et culturelle située à cheval entre les

Pyrénées-Orientales et l'Aude). L'espèce y a été découverte en mai 1962 par Marcel Pierron, mais ce n'est qu'en 1964 qu'elle sera identifiée par Yves de Lajonquière. Il considère par ailleurs que cette population isolée du sud de la France doit être traitée comme une sous-espèce à part entière et présente une étude comparative des différentes entités en se basant sur la morphologie alaire et génitale (Lajonquière, 1965 & 1967).

Photo A : Damier de Godart sur Fosse (© A. Gaunet/GOR)

En France, le cycle de vie du Damier de Godart semble intimement lié à la présence et l'abondance locale de deux plantes : la Céphalaire blanche *Cephalaria leucantha* et le Thym commun *Thymus vulgaris*.

La première, à floraison estivale, sert de support à l'oviposition et constitue l'unique plante-hôte des chenilles qui en dévore les feuilles. Les jeunes chenilles sont grégaires et tissent un nid communautaire (photo B) de soie sur le pied de Céphalaire qui les nourrit. Si le pied dépérit, les chenilles se déplacent et entament la construction d'un nouveau nid sur un pied à proximité. Elles passent les périodes défavorables dans un nid plus petit, situé à la base de la plante. Elles ne deviendront solitaires (photo C) qu'après la diapause hivernale juste avant l'arrivée du printemps.

Photo B : Jeunes chenilles de Damier de Godart dans leur nid communautaire (© A. Méric/GOR)

Photo C : Chenille de Damier de Godart au dernier stade (© A. Gaunet/GOR).

En ce qui concerne le Thym, celui-ci fait office de plante nourricière principale des papillons. Leurs émergences sont d'ailleurs étroitement synchronisées avec la floraison printanière du Thym, les imagos passant de longues minutes à en extraire le nectar (Lafranchis, 2012).

En France, le Damier de Godart vole en mai, parfois jusqu'au début du mois de juin. L'espèce n'est jamais abondante et subit de fortes fluctuations interannuelles probablement dues, au moins en partie, aux variations des conditions climatiques.

Depuis sa découverte, *Euphydryas desfontainii* ne semble avoir été observé que sur 6 communes françaises (Fig. 1). L'espèce a récemment disparu de la station historique de Sournia et ne se maintient aujourd'hui plus que sur 3 stations de superficie réduite.

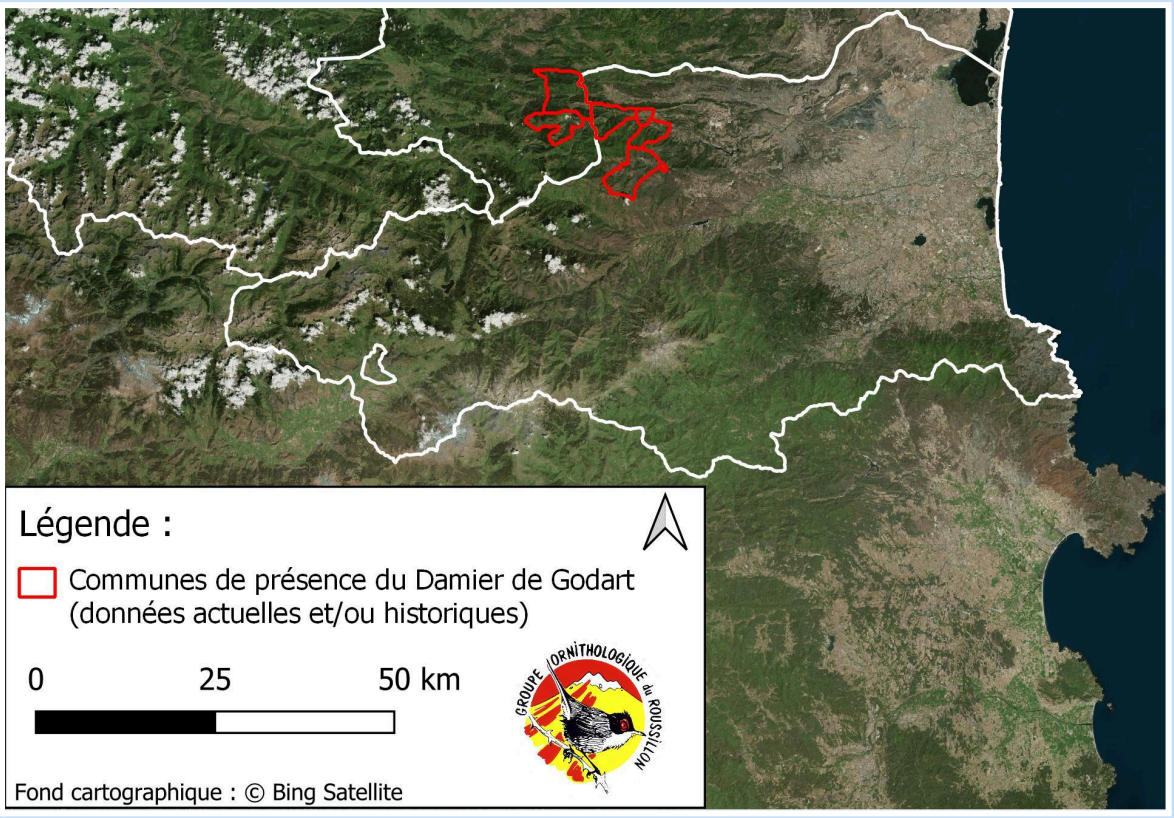


Figure 1 : Localisation des communes de présence du Damier de Godart (données actuelles et/ou historiques).

Les principales menaces identifiées sont liées à la perte, la dégradation et la fragmentation des habitats de l'espèce. La fermeture des milieux, qui a fait suite à la déprise agropastorale importante du secteur, est vraisemblablement l'une des menaces les plus importantes pour la population française.

À cela s'ajoute la taille réduite des stations qui, associée à leur forte exposition au risque incendie, accentue d'autant plus le risque de disparition de l'espèce en France.

L'impact du changement climatique en cours ne paraît pas avoir été encore précisément évalué pour cette espèce, mais il est vraisemblable que celui-ci

puisse fortement impacter *E. desfontainii* à moyen terme.

Par ailleurs, bien que protégée en France, l'espèce subit parfois encore les prélèvements illégaux d'entomologistes et collectionneurs peu scrupuleux. Souvent mise en avant, cette menace apparaît toutefois plus marginale et anecdotique lorsqu'elle cible les imagos. À l'inverse, le prélèvement des chenilles constitue un vrai risque pour le renouvellement des populations.

L'identification de ces menaces a conduit un collège d'experts à classer l'espèce dans la catégorie « en danger critique » lors de son évaluation dans la liste rouge des Papillons de jour et Zygènes d'Occitanie (Louboutin *et al.*, 2019). *Euphydryas desfontainii* a également été intégré au dernier Plan National d'Actions en faveur des Papillons de jour (Houard & Jaulin, 2018).

Conscients des enjeux de conservation et de l'urgence de la situation, le GOR et le CEN Occitanie ont répondu à la deuxième session de l'appel à projets « MobBiodiv'Restauration 2021 » porté par l'Office Français de la Biodiversité (OFB) à travers les financements du plan « France Relance ».

Ce projet se compose d'une série de 9 actions rassemblées au sein de 4 axes principaux : connaissance, maîtrise foncière, gestion des habitats et communication/sensibilisation.

Ce programme a été lauréat de l'appel à projets et a bénéficié d'un financement total de 133 209 €. Il a été mis en œuvre entre janvier 2022 et août 2023.

2. Connaissance

2.1. État initial et suivi de l'impact des actions de restauration

Les principaux objectifs de cette action sont les suivants :

- Délimitation spatiale des stations et recherche d'éventuels nouveaux sites de présence de l'espèce ;
- Cartographie précise de la plante hôte et de la plante nourricière sur chaque station de présence ;
- Évaluation de l'efficacité de la restauration mise en œuvre grâce au suivi de l'indicateur « nombre de nids communautaires ».

La délimitation spatiale des stations du Damier de Godart repose sur les cartographies préalables de la plante-hôte et de la plante nourricière principale. Ces deux espèces de plantes ne présentent pas de risque de confusion et peuvent être aisément repérées et cartographiées, notamment lors de leur pic de floraison (respectivement en juillet et en mai sur les stations connues). Une fois ces cartes obtenues, le parcours exhaustif et minutieux des patchs de la plante-hôte durant le mois de juillet permet la localisation des nids communautaires d'*E. desfontainii* sur laquelle s'appuie la délimitation spatiale de la station.

Ce nombre de nids communautaires (Fig. 2) fait également office d'indicateur de suivi principal et permet d'extrapoler

un nombre d'imagos par station si l'on considère qu'un nid communautaire équivaut à la ponte d'une femelle et que l'on dispose du sexe-ratio de la population étudiée. Cette méthode nous a permis d'estimer la population française à 750 – 1 050 imagos en 2023, ce qui représente un effectif national extrêmement faible pour un lépidoptère.

En parallèle, à partir d'une présélection basée sur une approche de photo-interprétation, il a été possible de définir plus d'une centaine de secteurs potentiellement favorables pour l'espèce (c.-à-d. zones ouvertes bien exposées situées à proximité d'un affleurement karstique) dans un rayon de près de 20 km autour des stations connues. Une première visite de ces sites a permis d'éliminer ceux qui ne pouvaient pas être favorables du fait de l'absence d'une des deux plantes essentielles pour *E. desfontainii*. Les sites restants ont été visités en mai ou en juillet pour y rechercher la présence d'imagos ou de nids communautaires. Aucune nouvelle station n'a pu être découverte au cours de ces prospections ciblées élargies.

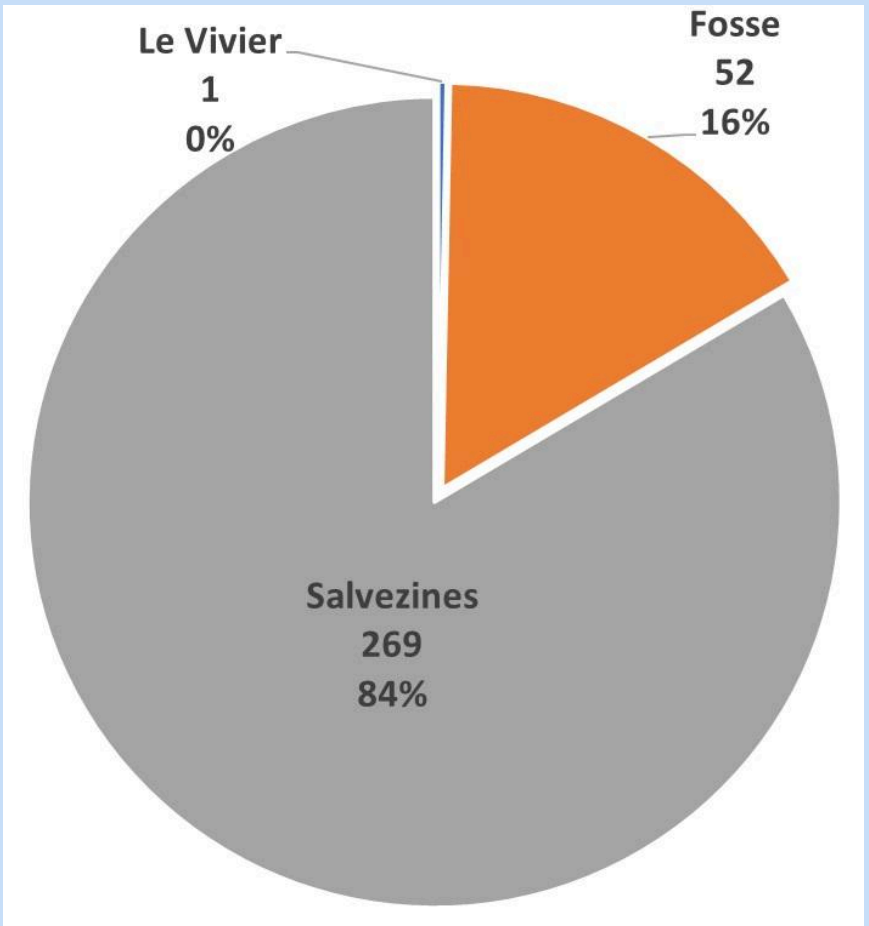


Figure 2 : Nombre de nids communautaires de Damier de Godart par commune en 2023.

2.2. Amélioration des connaissances sur les exigences écologiques de l'espèce

Les deux objectifs principaux de cette action sont :

- L'identification des habitats utilisés localement par les différents stades de l'espèce (notamment nids communautaires) ;
- La recherche des paramètres pouvant influencer le choix des femelles lors de la ponte.

Pour répondre au premier objectif, nous avons réalisé une analyse spatiale en croisant les cartographies d'habitats (Typologie Eunis 2012) des stations avec celles des nids communautaires (Fig. 3). Il en ressort notamment que 2 habitats semblent particulièrement importants pour la reproduction de l'espèce : les « Garrigues franco-ibériques supraméditerranéennes à arbustes nains » (avec une densité de 64 nids/ha pour un habitat qui représente 1,6% de la surface totale des 2 stations) et les « habitats artificiels (pistes) » (avec une densité de 55 nids/ha pour un habitat qui représente 1,5% de la surface totale des 2 stations).

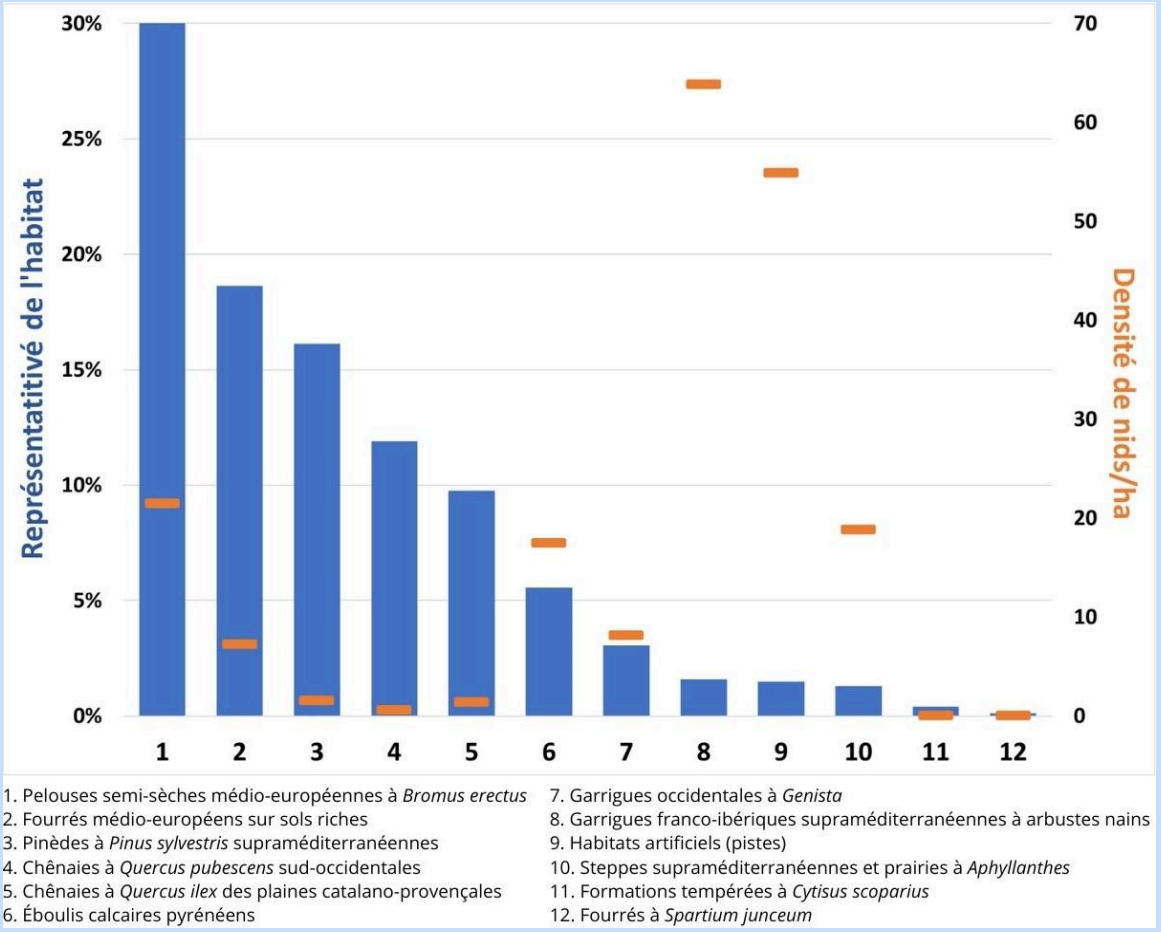


Figure 3 : Densité de nids communautaires de Damier de Godart par habitat en 2023.

On pourra également citer l'importance non négligeable des « Pelouses semi-sèches médio-européennes à *Bromus erectus* » qui sont très largement représentées sur les deux stations (représentativité de 30% pour une densité de 21,5 nids/ha), mais aussi des « Éboulis calcaires pyrénéens » (représentativité de 5,5% pour une densité de 17,5 nids/ha) et des « Steppes supraméditerranéennes et prairies à *Aphyllanthes* » (représentativité de 1,3% pour une densité de 18,8 nids/ha).

Concernant les paramètres influençant le choix des femelles lors de la ponte, nous avons pu constater que 95% des nids se trouvaient sur des sites gérés (pâturage, fauche, gyrobroyage). Il semblerait par ailleurs que le choix du pied faisant office de support de ponte ne soit pas conditionné par sa taille ni par la structure de la végétation située dans son environnement immédiat (aspect micro-stationnel). En effet, la hauteur de la strate végétale dominante située directement autour des nids communautaires (<1m) s'est révélée très variable. Ainsi, l'aspect macro-stationnel semble nettement plus important et notamment la présence régulière d'une « pression » exercée sur la Céphalaire (c.-à-d. entretien, pâturage, *etc.*).

3. Maîtrise foncière

3.1. Acquisition et conventionnement sur les stations de l'espèce

L'objectif de cette action est de sécuriser le foncier sur les sites de présence avérés de l'espèce, pour envisager sa conservation sur le long terme. Pour cela, l'acquisition de parcelles par le CEN Occitanie ou un engagement fort est privilégié dans la mesure du possible (bail emphytéotique, obligation réelle environnementale, ou à défaut un conventionnement d'une durée de 20 ans). L'animation foncière a été réalisée en prestation par la SAFER sur les deux stations principales de l'espèce. Globalement, peu d'opportunités d'acquisition se sont présentées sur la durée du projet pour plusieurs raisons. D'une part, il s'agit d'un foncier privé très morcelé. D'autre part, l'obtention des coordonnées des propriétaires s'avère difficile dans un contexte rural où les propriétaires ne sont généralement plus au courant qu'ils sont propriétaires de ces parcelles et où les successions ne sont pas toujours réalisées. Enfin, les délais de réponse sont généralement longs, et certaines opportunités d'acquisition se sont débloquées une fois le premier projet terminé.

Au terme du projet, le CEN a toutefois pu acquérir un total de 0,97 ha de terrain sur la zone d'intérêt de Fosse.

En parallèle, les mairies concernées par le projet ont été rencontrées et une convention partenariale de gestion sur le foncier communal favorable au Damier de Godart a été proposée. Au final, deux conventions partenariales de gestion tripartite CEN-GOR-Commune ont été signées avec Fosse et Salvezines.

Des accords et conventions ont également pu être signés avec différents

propriétaires possédant des parcelles susceptibles de faire l'objet de travaux de restauration.

4. Gestion

4.1. Entretien et restauration des sites de reproduction

Cette action représente le cœur du programme, elle comporte trois objectifs principaux :

- Élaboration d'une notice de gestion sur les deux principales stations de l'espèce ;
- Entretien des habitats de l'espèce au cœur des stations par l'intermédiaire d'une gestion douce ;
- Restauration et reconnexion des habitats potentiellement favorables sur les parcelles périphériques.

La rédaction préalable des notices de gestion des stations de Fosse et Salvezines a permis de définir les moyens nécessaires, et de hiérarchiser les priorités d'actions. Une gestion douce (entretien et restauration manuelle par bûcheronnage sélectif de pins et élagage) et localisée (1 secteur/an) a été préconisée en cœur de station.

Ces travaux de restauration et d'entretien ont été exécutés durant l'hiver pour impacter le moins possible les habitats et espèces présentes. Dans la mesure du possible, les actions de gestion douces ont été réalisées en y associant les habitants et bénévoles du GOR et du CEN Occitanie (chantiers participatifs) ou des étudiants (chantiers écoles).

Pour limiter le plus possible un potentiel impact des travaux sur le sol et la végétation, le choix des techniques de restauration s'est porté sur un engin léger, un gyrobroyeur télécommandé, pour les secteurs périphériques non boisés et difficilement accessibles. L'abattage a, quant à lui, été réalisé manuellement, et le débardage à cheval a été privilégié pour une partie des secteurs boisés, notamment ceux colonisés par les Pins.

4.2. Amélioration de la gestion pastorale

Les deux objectifs de cette action sont le maintien d'un pâturage extensif sur les stations de Damier de Godart et la définition d'un calendrier de pâturage cohérent et favorable à sa conservation.

L'amélioration des connaissances locales relatives à l'écologie du Damier de Godart semble confirmer pleinement l'importance du maintien d'une activité pastorale extensive sur ses sites de reproduction. Ainsi, les éleveurs concernés par la présence de l'espèce ont tous été contactés et nous avons essayé de travailler avec chacun d'entre eux afin de trouver le meilleur compromis possible entre le maintien d'une activité pastorale viable et les enjeux liés à la conservation d'*E. desfontainii* sur ces sites pastoraux.

Sur Salvezines, le contexte est très compliqué entre les différents usagers.

Un éleveur bovin est présent sur le site depuis de nombreuses années, mais le manque d'accès à l'eau et le grand linéaire de clôture nécessaire sur la zone empêche la présence d'un pâturage extensif pérenne. En conséquence, le secteur d'intérêt se referme. L'installation récente d'un chevrier en garde dans le village pourrait résoudre ce problème dans les années à venir.

Sur Fosse, l'éleveur en place fait pâturer les vaches sur les parcelles favorables quelques semaines par an, de façon très extensive. Il réalise une rotation dans les parcelles pâturées afin de préserver les ressources. En complément, une gestion et un entretien des parcelles sont réalisés par ses soins tous les 3 à 5 ans (gyrobroyage mécanique). Son fonctionnement est stable et en adéquation avec les besoins de l'espèce, puisque les parcelles sont pâturées sans pour autant être raclées et la ressource épuisée.

En complément, dans le cadre des mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC), le CEN Occitanie et le GOR ont accompagné le Parc Naturel Régional Corbières-Fenouillèdes et la Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Orientales dans la mise en place du plan de gestion pastoral sur les exploitations concernées par la présence du Damier de Godart. Cet accompagnement a débouché sur la contractualisation de mesures d'ouverture sur certaines parcelles d'intérêt de la commune de Fosse.

5. Communication et sensibilisation

5.1. Création et diffusion des outils de sensibilisation

Cette action ambitionne principalement de sensibiliser les acteurs locaux et les particuliers à l'enjeu relatif à la conservation du Damier de Godart en France et de valoriser les actions menées durant le projet.

Dans un premier temps, une page internet dédiée au projet a été créée sur le site du GOR (https://www.gor66.fr/damier-de-godart) afin de présenter le programme de conservation et de centraliser les documents ressources. On y retrouve notamment la plaquette de sensibilisation réalisée dans le cadre du programme et qui a été diffusée en version papier et numérique à l'ensemble des partenaires ainsi qu'aux communes concernées par la présence de l'espèce.

Le GOR a également animé deux journées de sensibilisation à destination des citoyens des communes les plus concernées par l'espèce (Fosse et Salvezines). Une conférence présentant le Damier de Godart ainsi que le programme, suivie d'une sortie d'observation de l'espèce, ont été proposées aux habitants. Ce format a été apprécié et a permis de gagner en visibilité auprès des résidents tout en facilitant l'adhésion de tous au programme.

Le travail avec les scolaires a également porté ses fruits puisque l'école primaire de Salvezines s'est fortement impliquée dans la sensibilisation des enfants à la présence du Damier de Godart sur la commune. L'institutrice a par exemple organisé un atelier de plantation de Céphalaires et de Thym dans la cour de l'école afin d'offrir les supports nécessaires à la présence du Damier de Godart et d'aborder les notions relatives au cycle de vie des insectes.

Enfin, l'un des témoignages les plus parlants concernant la forte appropriation locale de l'enjeu est la mise en place par la commune de Fosse de nouvelles plaques de rue à l'effigie du Damier de Godart sur l'ensemble du village.

5.2. Formation des techniciens communaux et départementaux

Un travail a été mené avec le Service Gestion de la Voirie et de la Direction des Infrastructures et Déplacements du Conseil Départemental 66 afin de mieux comprendre les modalités de gestion des bords de route ainsi que les obligations légales existantes. Après avoir exposé les contraintes de calendrier relatives à la présence potentielle des œufs et larves d'*E. desfontainii* sur la Céphalaire blanche poussant en bord de route, nous avons pu définir les nouvelles modalités d'intervention devant être mises en œuvre localement : pas de fauche entre la première décade de mai et la fin juillet sur les talus et dans les fossés, et augmentation de la hauteur de fauche sur les bords immédiats des routes concernées (les nids communautaires étant généralement situés assez bas sur la plante-hôte). Ces modalités ont été transmises et adoptées par le service des Fenouillèdes dès 2022.

Ce travail a été reproduit avec les communes qui entretiennent ou délèguent l'entretien de leur réseau de pistes.

5.3. Sensibilisation et formation des particuliers

L'objectif de cette action est de permettre à la population locale de s'approprier cet enjeu de conservation de portée nationale, et diminuer ainsi le risque de destruction involontaire des habitats de l'espèce.

Les habitants des deux communes principalement concernées par la présence de l'espèce ont été sensibilisés par certaines des actions préalablement détaillées telles que les chantiers participatifs et les journées de conférences-sorties proposées.

Sur la troisième commune abritant le Damier de Godart, le contexte est assez particulier puisque l'espèce se reproduit essentiellement dans les jardins de certains particuliers. Afin de contacter ces propriétaires, nous avons déposé une fiche d'information et de sensibilisation chez les particuliers possédant des terrains favorables au Damier de Godart. Une tentative de porte-à-porte a également eu lieu par la suite et a permis de rencontrer deux

propriétaires dont les jardins ont déjà abrité des nids communautaires.

5.4. Labellisation « Territoires Engagés pour la Nature »

Cette action a pour objectif de faire connaître le programme TEN aux communes concernées par le projet et de leur proposer un accompagnement afin qu'elles puissent s'y engager avec, a minima, un plan d'actions prenant en compte les enjeux de conservation relatifs au Damier de Godart sur leur territoire.

Les communes de Fosse et Salvezines ont été les plus réceptives à la démarche TEN. Nous avons travaillé avec elles pour développer les différentes actions du plan en priorisant celles qui seront favorables à la conservation de l'espèce et, de façon plus générale, à la biodiversité.

La commune de Salvezines s'est engagée sur trois actions :

- Le décalage de la date de fauche des bords de piste de la station communale afin de préserver les Céphalaires blanches durant la période de plus forte sensibilité pour le Damier de Godart ;
- La conception et mise en place de panneaux pédagogiques sur la biodiversité du village et notamment sur le Damier de Godart (menaces, gestion favorable, *etc.*) ;
- La mise en place d'ateliers de conception d'hôtels à insectes à destination des habitants afin de favoriser la biodiversité dans les jardins des particuliers et au sein du village, tout en sensibilisant les habitants sur les bons gestes à adopter dans leurs jardins (conserver des zones en herbes, laisser des tas de bois morts ou feuilles, *etc.*).

La commune de Fosse s'est également engagée sur trois actions :

- La réalisation d'un chantier automnal annuel d'entretien des milieux ouverts ou semi-ouverts en faveur du Damier de Godart (le CEN Occitanie et le GOR appuieront la commune sur le choix des secteurs à entretenir et les modalités d'intervention) ;
- La mise en place d'actions de sensibilisation pour faire connaître l'espèce auprès des habitants du village et l'installation de panneaux de rues à l'effigie du Damier de Godart ;
- L'installation d'un composteur partagé au sein du village et une sensibilisation sur la réduction des déchets.

6. Conclusion et perspectives

La disparition récente de plusieurs stations françaises du Damier de Godart a mis en évidence la situation critique de l'espèce et a rappelé la nécessité d'agir rapidement pour sa conservation. Le GOR et le CEN Occitanie ont proposé un

programme de conservation qui a entraîné la mise en œuvre de différentes actions de gestion ayant permis de nombreuses avancées sur une courte période.

L'état initial réalisé en début de projet a permis de définir un indicateur permettant de mesurer précisément l'évolution de la situation de l'espèce en France. La définition des stations, ainsi que la cartographie des habitats et des plantes hôte et nourricière, a contribué à faciliter et préciser les modalités de mise en œuvre de ces premières actions de gestion. Celles-ci semblent avoir rapidement eu un impact positif sur la répartition de la plante-hôte et la reproduction du Damier de Godart.

L'appropriation locale de la problématique et de ses enjeux, tant par les acteurs locaux que par les particuliers, s'est révélée très forte et a été très largement bénéfique pour le programme.

La conservation de l'espèce ne pouvant s'envisager que sur le long terme, nous avons également travaillé à la définition d'une seconde phase pour ce programme. Celle-ci aura pour objectif principal de densifier et reconnecter les stations favorables au Damier de Godart. Elle s'appuiera sur un ambitieux volet scientifique qui s'intéressera notamment à deux problématiques majeures. Premièrement, étudier plus finement les mécanismes chimiques régissant les relations entre le papillon et ses plantes hôte et nourricière. Deuxièmement, caractériser l'isolement génétique de la population française et le degré de connectivité entre ses différentes sous-populations.

7. Références bibliographiques

Houard, X., & Jaulin, S. (coord.), 2018 - Plan national d'actions en faveur des « Papillons de jour » - Agir pour la préservation de nos lépidoptères diurnes patrimoniaux 2018-2028. Office pour les insectes et leur environnement – DREAL Auvergne-Rhône-Alpes – Ministère de la Transition écologique et solidaire : 64 p.

Lafranchis, T. 2012 - Dans l'intimité du Damier de Godart, *Euphydryas desfontainii* (Godart, 1819) (Lep. Nymphalidae). *Oreina* n°17, 18-21.

Lajonquière, Y. L. D. 1965 - Présence en France d'un élément du complexe de l'*Euphydryas desfontainii* Godart et description de deux sous-espèces nouvelles. Publications de la Société Linnéenne de Lyon, 34(2), 44-47.

Lajonquière, Y. L. D. 1967 - À propos de l'*Euphydryas desfontainii* Godart et de ses sous-espèces (Nymphalidae). *Alexanor*, *4*(8), 347-353.

Louboutin, B., Jaulin, S., Charlot, B., & Danflous, S. (coord.), 2019 - Liste Rouge des Lépidoptères Rhopalocères et Zygènes d'Occitanie. Rapport d'évaluation. OPIE, CEN MP & CEN LR, Montferrier / Lez : 304 p.

Valorisation de l'inventaire du patrimoine géologique d'Occitanie

Monod Bernard [1], Baillet Laura [2], Christophoul Frédéric [3],
Tabuce Rodolphe[4] et Dassonville Cécile[5]

[1] *BRGM Occitanie, 3 rue Marie Curie 31520 Ramonville-Saint-Agne. Email : b.monod@brgm.fr*
[2] *APGN, 320 Bd du Val, Porte 3 Etage 04, 14200 Hérouville-Saint-Clair. Email : baillet.laura@gmail.com*
[3] *Université de ToulouseUPS/CNRS/IRD, GET, 14, avenue Edouard-Belin, 31400 Toulouse. Email : frederic.christophoul@get.omp.eu*
[4] *Institut des Sciences de l'Évolution (UM, CNRS, IRD, EPHE)Université Montpellier, Pl. Eugène Bataillon, 34090 Montpellier. Email : Rodolphe.Tabuce@umontpellier.fr*
[5] *DREAL Occitanie, 520 allée Henri II de Montmorency - 34064 Montpellier. Email : cecile.dassonville@developpement-durable.gouv.fr*

Mots clés : patrimoine, inventaire, géologie, patrimoine géologique, géodiversité, biodiversité, INPG, ZNIEFF, Occitanie

Résumé français :

Le patrimoine géologique, non renouvelable, constitue la composante remarquable de la "géodiversité" de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) au sein duquel il tisse des liens étroits avec la biodiversité. Initié au niveau national en 2007, l'Inventaire National du Patrimoine Géologique (INPG) est piloté en Occitanie par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL), laquelle a confié le secrétariat scientifique et technique au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM). L'inventaire géologique initial de l'Occitanie s'est achevé en 2021 et se poursuit, depuis par un inventaire « en continu ». Il comptabilise 951 sites en 2023 et des nouveaux sites sont ajoutés tous les ans. Une opération de valorisation a été réalisée entre 2022 et 2024 afin de porter à connaissance les informations scientifiques d'une partie des sites de l'inventaire du patrimoine géologique d'Occitanie. Elle a permis la réalisation de fiches A4 recto-verso qui présentent de manière simplifiée, ludique et attractive 65 sites de l'inventaire d'Occitanie, invitant à découvrir sur le terrain la formidable géodiversité de l'Occitanie.

1. Introduction

Le patrimoine géologique est un patrimoine non renouvelable pour lequel les menaces sont multiples : pillage de fossiles et de minéraux, comblement, travaux de construction, érosion…, c'est pourquoi la connaissance de ce patrimoine est la première et indispensable étape pour permettre d'entreprendre des actions de protection, de gestion ou de valorisation de celui-ci.

Dans ce but, l'Inventaire National du Patrimoine Géologique (INPG) a été institué pour l'ensemble du territoire national terrestre, fluvial et marin par la loi du 27 février 2002, relative à la démocratie de proximité qui modifie l'article L411-5 du code de l'environnement. Celle-ci précise que « *l'Etat* […] *assure la conception, l'animation*

et l'évaluation de l'inventaire du patrimoine naturel qui comprend les richesses écologiques, faunistiques, floristiques, géologiques, minéralogiques et paléontologiques ».

L'inventaire a été lancé officiellement par le ministère chargé de l'environnement en avril 2007. L'Etat en est le maître d'ouvrage et la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) en assure le pilotage en région.

L'inventaire du patrimoine géologique constitue la composante remarquable de la "géodiversité" de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN). Cette composante montre des liens étroits avec la biodiversité. La validation régionale du patrimoine géologique est assurée par le Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel (CSRPN), qui s'appuie sur la Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG). Les données sont ensuite transmises et gérées au niveau national par le Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), puis soumises à une validation par une commission nationale dédiée (Figure 1).

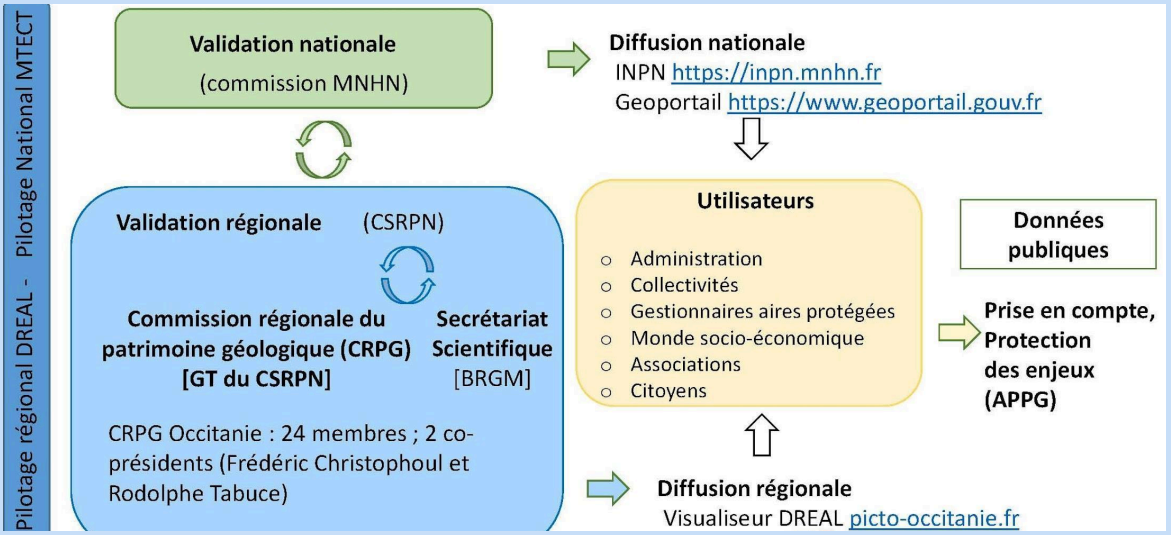


Figure 1 : Organigramme de la démarche régionale d'inventaire en continu du patrimoine géologique

2. Liens entre géo- et biodiversité

Les liens entre géodiversité et biodiversité sont nombreux. Par exemple dans le Lodévois (Hérault), le bassin daté du Permien correspond à la fois à un site classé du patrimoine géologique (LRO0036) et une Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF). Les dépôts du Permien appelés localement« ruffes », sont composés d'argiles rouges riche en oxydes de fer contenant des eaux souterraines, riches en arsenic, dans lesquelles vit un seul type de gastéropode d'eau douce : Planhydrobie de l'Hérault qui est,

comme son nom l'indique, endémique de l'Hérault (Figure 2). Juste au sud des ruffes, le cirque de Mourèze est classé à la fois au titre des ZNIEFF (910 008 342) et de l'INPG (LRO0008). Le paysage ruiniforme est composé par les calcaires dolomitiques jurassiques, dont l'érosion produit des sables carbonatés qui favorisent le développement de l'Armérie de Girard et en constitue même un lieu principal de son développement.

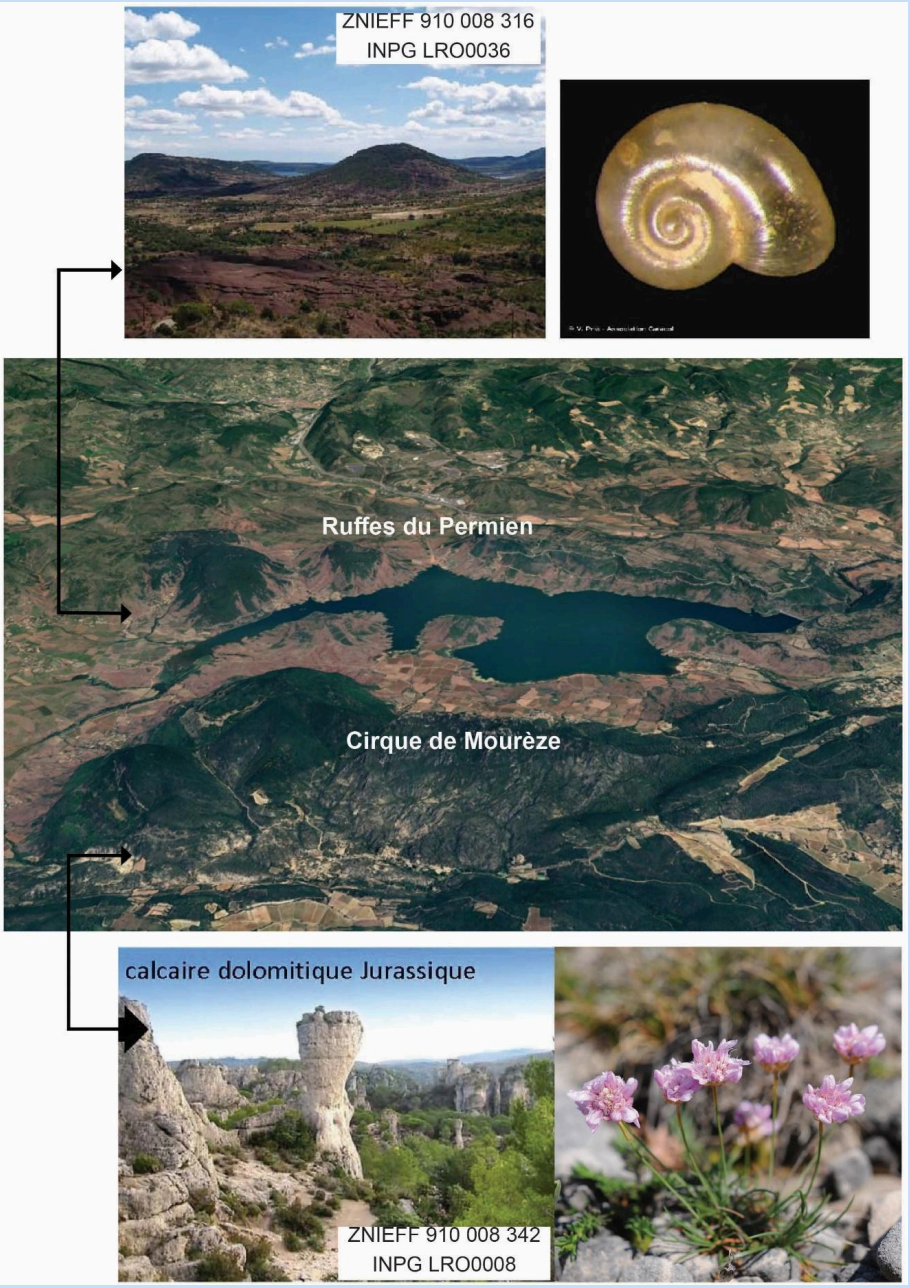


Figure 2 : Image satellite du lac du Salagou (Hérault) autour duquel s'enracinent 2 paysages typiques et très différents à la fois classés ZNIEFF et INPG. Haut) les terres rouges des Ruffes du Permien dans lesquelles vit le gastéropode Planhydrobie de l'Hérault - © V. Prié ; Bas) terres blanches du cirque de Mourèze où prospère l'Armérie de Girard – © S. Silvéréano

Un autre exemple en Aveyron, sur la commune de Firmi, où le massif de serpentinites du Puy de Wolf (MPY0576), qui appartient strictement à une emprise de zone Natura 2000 et dont les sols sont riches en éléments généralement toxiques pour les plantes tels que le magnésium, fer, nickel, cobalt, chrome, permet le développement d'une plante, le Tabouret de Firmi, espèce endémique hyperaccumulatrice du Puy de Wolf (Figure 3).

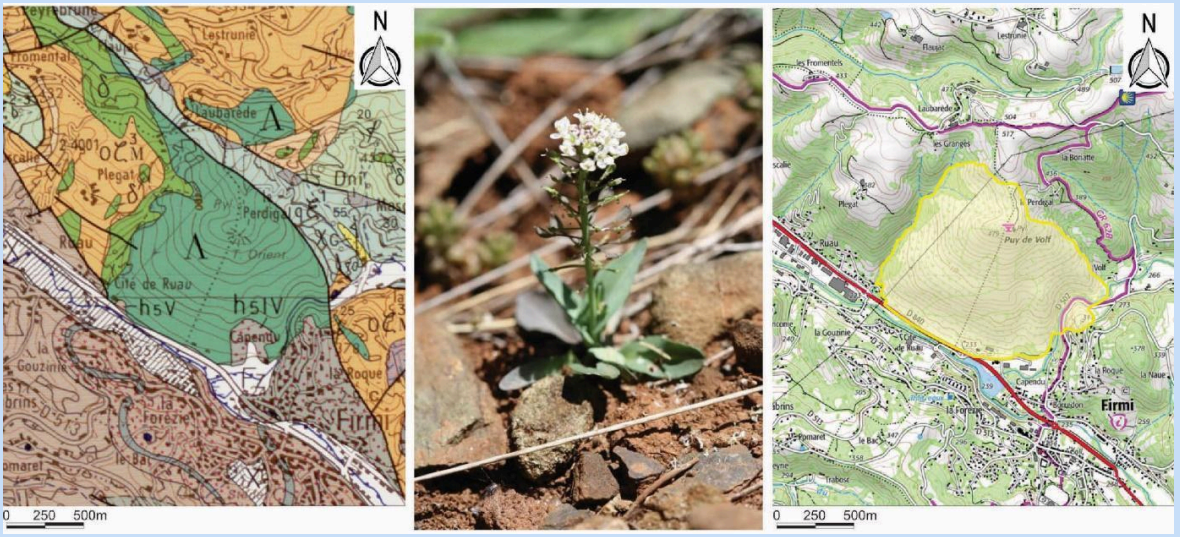


Figure 3 : Carte géologique à 1/50 000 (Roig et al., 2001) du massif de serpentines (en vert) du Puy de Wolf (gauche) ; carte topographique à 1/25 000 (© IGN) du même massif avec l'emprise de la zone classée Natura 2000 (droite) ; photographie du tabouret de Firmi, espèce endémique hyperaccumulatrice (centre).

3. Présentation de l'inventaire national du patrimoine géologique INPG

En Occitanie, l'inventaire du patrimoine géologique a été réalisé par la DREAL entre 2007 et 2021 sur les deux anciennes régions Languedoc-Roussillon et Midi-Pyrénées, sous le secrétariat scientifique et technique du BRGM et de l'APGN (Association du Patrimoine Géologique de Normandie). Ce travail a été réalisé par les membres des CRPG, en collaboration avec un réseau d'experts géologues régionaux. Depuis 2022, l'inventaire se fait en continu sur l'ensemble de la région Occitanie.

La publication d'une méthodologie au niveau national (De Wever et al., 2014) a permis un inventaire homogène à l'échelle nationale avec des adaptations régionales.

Dans l'ancienne région Languedoc-Roussillon, la coordination de l'inventaire a été confiée au BRGM. Il a débuté en 2008 et s'est déroulé en deux temps. Une première phase de

pré-inventaire a identifié 757 sites d'intérêt géologique patrimonial, présentant leur description sommaire et leur hiérarchisation en fonction de leur intérêt (Baillet, Le Strat, 2009). L'inventaire proprement dit, a permis de cartographier et décrire en détail 253 sites de la phase de pré-inventaire, ceux présentant les plus fortes notes d'intérêt patrimonial et de vulnérabilité (Le Goff et al., 2013 ; Le Goff 2013a, b, c ; 2014a, b ; 2017). Cet inventaire a été validé au niveau national en 2014.

En ex-région Midi-Pyrénées, la première phase d'inventaire s'est déroulée de 2007 et 2012. Suite à la publication de la méthodologie nationale (De Wever et al., 2014) la base de données a été complétée de 2015 et 2021. Lors de cette deuxième phase, coordonnée par l'APGN, 647 sites ont fait l'objet de la rédaction de fiches d'inventaire validées au niveau national (Baillet, 2016, 2017, 2018a, 2018b, 2019, 2021).

Depuis la fusion des deux régions et la création de la Région Occitanie, 59 nouveaux sites ont été inventoriés, 37 en ex-Languedoc-Roussillon et 22 en ex-Midi-Pyrénées. Huit sites qui étaient limitrophes aux deux anciennes régions ont été regroupés.

Au total, l'inventaire du patrimoine géologique d'Occitanie recense et décrit 951 sites géologiques d'intérêt patrimonial en 2023.

L'ensemble des sites inventoriés représentent une surface cumulée de 6 108 km^2 soit 8,4% de la superficie de la région (72 724 km^2).

Les données de l'INPG sont accessibles sur le site internet de l'INPN, plateforme nationale du Système d'information de l'Inventaire du Patrimoine Naturel (SINP) hébergé par le MNHN (https://inpn.mnhn.fr/programme/patrimoine-geologique/presentation).
L'emprise de ces sites est disponible sur Géoportail : https://www.geoportail.gouv.fr/carte.

Depuis 2022, la poursuite de l'inventaire du patrimoine en continu s'attache à intégrer de nouveaux sites, à mettre à jour les fiches des sites existants en fonction de l'évolution des connaissances scientifiques et de l'état des sites et à réaliser des actions de communication afin de le valoriser auprès du grand public.

4. Valorisation de l'inventaire du patrimoine géologique en Occitanie

D'une durée de deux ans, ce projet de valorisation issu d'une collaboration BRGM, DREAL, CRPG Occitanie ne pouvait pas traiter l'ensemble des 951 sites de l'inventaire du patrimoine géologique de la région. De plus, certains sites de l'inventaire sont confidentiels en raison des potentielles menaces qui pèsent sur eux et de nombreux sites sont inaccessibles (propriétés privées par exemple) ou dangereux (anciennes mines, carrières en particulier). Un chiffre raisonnable et significatif de 5 sites par département a été défini, portant le travail à la réalisation de 65 fiches (Figure 4). Le choix s'est porté sur des sites faciles d'accès, de grand intérêt scientifique

mais également pédagogique. Il a aussi été axé sur une grande variété d'intérêts géologiques, des phénomènes géologiques représentatifs des territoires départementaux concernés et la meilleure répartition géographique possible.

L'objectif de ces fiches de valorisation est de porter à la connaissance du grand public, de manière ludique et attractive, les informations scientifiques contenues dans les fiches de l'INPG, en l'invitant à découvrir les sites sur le terrain. De nombreuses fiches proposent des parcours pédestres dont certaines avec plusieurs circuits de niveaux de difficulté différents (longueur du parcours, dénivelé). Beaucoup d'entre elles sont accessibles en voiture et/ou aux personnes à mobilité réduite (Figure 5).

Ces fiches sont consultables et téléchargeables sur le site de la DREAL : https://www.occitanie.developpement-durable.gouv.fr/valorisation-de-l-inventaire-du-patrimoine-a24879.html ou bien le site infoterre du BRGM (http://infoterre.brgm.fr/) en utilisant le numéro du rapport associé BRGM/RP-73416-FR (Monod et al., 2024).

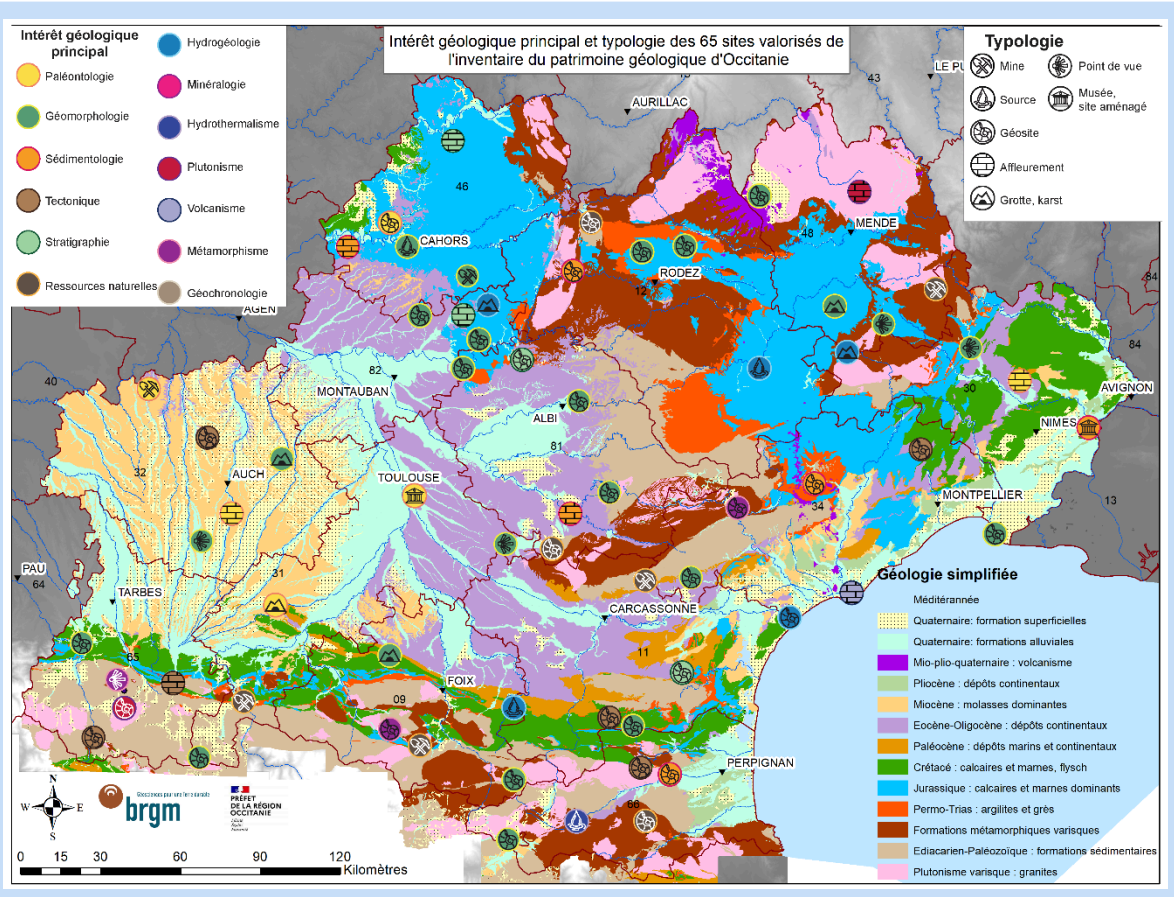


Figure 4 : Localisation des 65 sites valorisés de l'inventaire du patrimoine géologique d'Occitanie sur la carte géologique régionale à 1/250 000 (Monod et al. 2023)

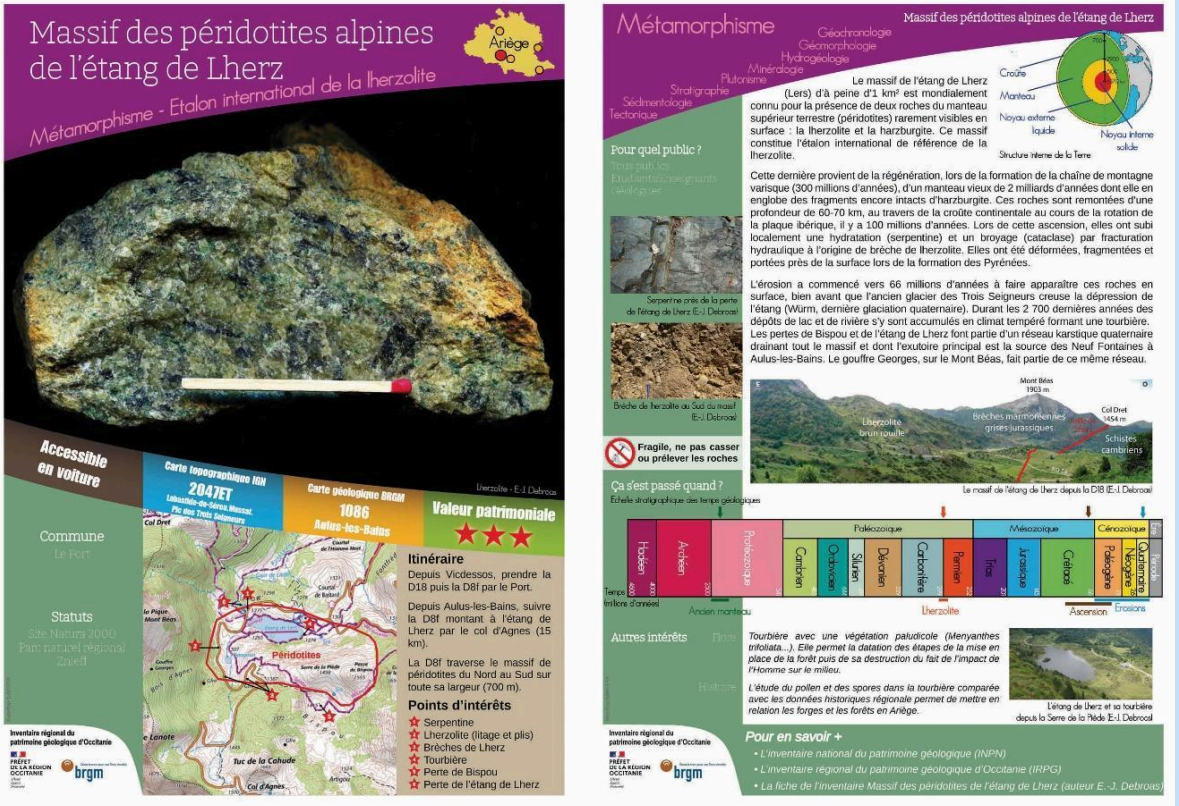


Figure 5 : Exemple d'une des 65 fiches de valorisation composées d'un recto-verso au format A4, ici le site MPY1471 de l'inventaire du patrimoine géologique : le massif des péridotites alpines de l'étang de Lherz en Ariège

5. Conclusion

En lien étroit avec la biodiversité et constituant avec elle le patrimoine naturel, le patrimoine géologique est inventorié au niveau national dans une base de données gérée par le MNHN, son animation étant confiée en région par les DREAL. Initié en Occitanie en 2007, l'inventaire du patrimoine géologique compte 951 sites en 2023 et se poursuit en continu afin d'intégrer de nouveaux sites, améliorer la description des sites existants et assurer sa diffusion auprès du plus large public. La connaissance du patrimoine géologique est en effet la première et indispensable étape pour permettre d'entreprendre des actions de protection, de gestion ou de valorisation de celui-ci. Parmi les actions de diffusion de ce patrimoine, 65 sites ont été sélectionnés pour réaliser autant de fiches permettant de présenter de manière simplifiée, ludique et attractive, les informations scientifiques contenues dans l'inventaire du patrimoine géologique d'Occitanie.

6. Références Bibliographiques

- Baillet L., Le Strat P. avec la contribution des membres de la CRPG, 2009 – Inventaire du patrimoine géologique du Languedoc-Roussillon. Phase 1 – Pré-inventaire. BRGM/RP-57681-FR, 101 p., 45 ill., 9 annexes hors texte, 1 CD-Rom.

- Baillet L., 2016 – Inventaire du patrimoine géologique du département de l'Ariège. APGN-02-2016, 30 p.

- Baillet L., 2017 – Inventaire du patrimoine géologique du département du Tarn. APGN-01-2017.

- Baillet L., 2018a – Inventaire du patrimoine géologique du département de l'Aveyron. APGN-01-2018.

- Baillet L., 2018b – Inventaire du patrimoine géologique du département du Gers. APGN-02-2018.

- Baillet L., 2019 – Inventaire du patrimoine géologique du département du Tarn-et-Garonne. APGN-01-2019.

- Baillet L., 2021 – Inventaire du patrimoine géologique du département de la Haute-Garonne. APGN-01-2021.

- De Wever, P., Egoroff, G., Cornée, A., & Lalanne, A. (eds), 2014 – Géopatrimone en France. *Mém. H.S. Soc géol. Fr.*, 14, 180p.

- Le Goff E., Baillet L., Le Tellier V. & Crochet J.-Y., 2013 – Inventaire du patrimoine géologique en Languedoc-Roussillon : une étonnante diversité géologique. In : Actes du colloque « Géopatrimoine, un lustre d'inventaire en France ». 10-12 octobre 2012, Digne-les-Bains. - Mém. H.S. Soc. géol. Fr., 13, 188-192.

- Le Goff E. avec la collaboration de Le Strat P., Baillet L. et des Membres de la CRPG du Languedoc-Roussillon, 2013a – Inventaire du Patrimoine Géologique en Languedoc-Roussillon – Phase 2 : L'Aude. Rapport final. BRGM/RP-61621-FR, 151 p., 82 ill., 7 ann.

- Le Goff E. avec la collaboration de Le Strat P., Baillet L. et des Membres de la CRPG du Languedoc-Roussillon, 2013b – Inventaire du Patrimoine Géologique en Languedoc-Roussillon – Phase 2 : Le Gard. Rapport final. BRGM/RP-61622-FR, 153 p., 78 ill., 7 ann.

- Le Goff E. avec la collaboration de Baillet L., P. Le Strat et des Membres de la CRPG du Languedoc-Roussillon, 2013c – Inventaire du Patrimoine Géologique en Languedoc-Roussillon – Phase 2 : L'Hérault. Rapport final. BRGM/RP-61623-FR, 149 p., 78 ill., 7 ann.

- Le Goff E. avec la collaboration de Baillet L., P. Le Strat et des Membres de la CRPG du Languedoc-Roussillon, 2014a – Inventaire du Patrimoine Géologique en Languedoc-Roussillon – Phase 2 : La Lozère. Rapport final. BRGM/RP-61624-FR, 147 p., 77 ill., 7 ann.

- Le Goff E. avec la collaboration de Baillet L. et des Membres de la CRPG du Languedoc-Roussillon, 2014b – Inventaire du Patrimoine Géologique en Languedoc-Roussillon – Phase 2 : Les Pyrénées-Orientales. Rapport final. BRGM/RP-61625-FR, 147 p., 78 ill., 7 ann.

- Le Goff E., 2017 – Bilan de l'inventaire continu du patrimoine géologique dans les territoires du Languedoc-Roussillon. BRGM/RP-67156-FR, 35 p., 3 tab., 2 ann.

- Monod, B., Le Goff E., Chêne F., 2023 – Carte géologique numérique à 1/250 000 de la région Occitanie – projet

ALARIC. Rapport BRGM/RP-72693-FR, 33 p., 3 fig., 5 tabl., 1 ann.

- Monod, B., Le Goff, E., Baillet, L., 2024 – Valorisation de l'inventaire du patrimoine géologique de l'Occitanie : Focus sur 5 sites par département. Rapport final V2. BRGM/RP-73416-FR, 186p.

- Roig J.Y., Alabouvette B., Collomb P., Couturié J.P., Bogdanoff S., Monchoux P., Genna A., Ciszak R. (2001) – Carte géol. France (1/50 000), feuille Decazeville (859). Orléans : BRGM. Notice explicative par J.Y. Roig et al. (2001), 94 p.

Programme national d'étude des espèces cryptiques de petits Mammifères : état des lieux et déploiement en Occitanie

Hélène Dupuy[1], Fabrice Darinot[1], Sophie Montuire[2], Aurélie Khimoun[2], Nicolas Navarro[2], Pascale Chevret[3], Sabrina Renaud[3], Violaine Nicolas-Colin[4], Raphaël Cornette[4]

[1] Société Française pour l'Etude et la Protection des Mammifères, 19 allée René Ménard, 18 000 Bourges : helene.dupuy@neuf.fr, fabrice.darinot@espaces-naturels.fr

[2] Biogéosciences, UMR 6282 CNRS, EPHE, Université Bourgogne Europe, 6 bd Gabriel, 21 000 Dijon : sophie.montuire@u-bourgogne.fr, aurelie.khimoun@u-bourgogne.fr, nicolas.navarro@u-bourgogne.fr

[3] Laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive, UMR 5558, CNRS, Université Claude Bernard Lyon 1, 43 bd du 11 novembre 1918, 69 622 Villeurbanne cedex : pascale.chevret@univ-lyon1.fr, sabrina.renaud@univ-lyon1.fr

[4] Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité (ISYEB), Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Sorbonne Université, EPHE-PSL, Université des Antilles, CP51, 57 rue Cuvier, 75005 Paris, France : violaine.colin@mnhn.fr, raphael.cornette@mnhn.fr

Mots clés : espèces jumelles, répartition, morphométrie, critères d'identification, analyse génétique, *Talpa*, *Microtus*, *Apodemus*.

Résumé :

Depuis 2021, la SFEPM[1] travaille en partenariat avec trois laboratoires de recherche sur les espèces cryptiques de petits Mammifères. L'objectif est d'améliorer la connaissance sur leur taxonomie, leur répartition et sur les critères de reconnaissance crâniens et en main, en faisant à la fois des analyses génétiques et morphométriques sur des cadavres collectés de manière opportuniste. Plus d'un tiers des espèces de Rongeurs et Eulipotyphles sont concernées, dont la plupart sont présentes en Occitanie. Les premiers résultats présentés concernent les taupes (*Talpa*), les mulots (*Apodemus*) et le complexe Campagnol agreste/de Lavernède (*Microtus agrestis/lavernedii*). Au-delà des explications fournies sur l'intérêt de ce programme, cette communication constitue un appel à contributions auprès de la communauté naturaliste régionale, pour s'ajouter aux 48 spécimens d'ores et déjà recueillis en Occitanie.

1. Contexte et présentation du Programme d'étude

L'alternance des périodes glaciaires et interglaciaires a conduit de nombreuses espèces de Mammifères, notamment chez les Rongeurs et les Eulipotyphles, à se retirer dans des zones refuges pendant les glaciations et à recoloniser l'espace par différentes voies lors des phases de réchauffement. Certaines espèces se sont différenciées génétiquement dans les zones refuges, avec plus ou moins d'ampleur, ce qui a progressivement conduit à l'émergence de nouvelles espèces ou simplement à des lignées génétiques distinctes. Ce sont précisément ces taxons qui présentent aujourd'hui des phénotypes très similaires et qui forment ce que l'on désigne comme des espèces cryptiques ou jumelles.

Les espèces cryptiques sont des espèces difficiles à distinguer par leur morphologie et donc complexes à étudier sur le terrain, même si leur différenciation reste possible sur des détails anatomiques discrets, leur physiologie ou leur reproduction. Chez les petits Mammifères terrestres, plusieurs espèces posent toujours des problèmes d'identification aux naturalistes sur le terrain. La situation se complique encore puisque la génétique identifie maintenant plusieurs lignées au sein de certaines espèces, pouvant correspondre elles-mêmes à de nouvelles espèces. Au final, c'est plus d'un tiers des espèces de petits Mammifères qui sont concernées, avec dix espèces de Rongeurs sur trente, et neuf espèces d'Eulipotyphles sur seize.

Pour améliorer la connaissance de ces espèces, la Société Française pour l'Étude et la Protection des Mammifères (SFEPM) s'est associée à trois laboratoires de recherche pour un programme d'étude combinant des approches génétique et morphométrique sur les spécimens de petits Mammifères. Cette double approche permet d'identifier les taxons sur une base génétique et de leur associer des critères de détermination morphologiques utiles aux naturalistes, tout en améliorant les connaissances en termes de répartition géographique. Ces trois laboratoires sont le Laboratoire de Biométrie et de Biologie Évolutive de Lyon, le Laboratoire Biogéosciences de Dijon et l'Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité (ISYEB) de Paris. Le premier prend en charge les campagnols du genre *Arvicola*, le Campagnol roussâtre (*Clethrionomys glareolus*) et les mulots (genre *Apodemus*), le deuxième prend en charge les campagnols du genre *Microtus*, et le troisième prend en charge les Eulipotyphles (musaraignes des genres *Crocidura*, *Neomys* et *Sorex*, et taupes du genre *Talpa*) mais aussi toutes les autres espèces (cryptiques ou non) pour alimenter les collections du Muséum National d'Histoire Naturelle. Jusqu'à présent et bien que des pistes de financement soient étudiées, ce programme n'est pas financé. Il est donc porté par la SFEPM et son réseau en régions de manière entièrement bénévole depuis son lancement en 2021. Pour supporter le coût des analyses génétiques, les équipes dans les laboratoires travaillent sur les espèces correspondant à leurs programmes de recherche respectifs, ce qui explique la répartition des genres et des espèces entre eux.

Pour alimenter cette étude, la SFEPM lance un appel régulier aux naturalistes, associations, gestionnaires d'espaces naturels et à toute personne volontaire pour collecter des spécimens qui seront étudiés par ces laboratoires (Darinot *et al.*, 2022, Darinot 2025). Le programme repose sur la collecte de cadavres frais découverts de manière opportuniste (cadavres trouvés sur les sentiers, individus tués et rapportés par les chats, cadavres trouvés dans des pièges accidentels de type piscine, seau aux parois lisses, canette en verre…). Aucun

sacrifice d'animaux n'est réalisé. Ce projet de recherche coopérative s'étale sur plusieurs années, avec des résultats qui bénéficieront à l'ensemble des naturalistes et de la communauté scientifique.

Au 14 mars 2024, 431 spécimens ont été collectés en France métropolitaine dont 205 Rongeurs, 213 Eulipotyphles et 13 indéterminés (Fig. 1). Les laboratoires ont séquencés 141 spécimens (dont seulement six échecs). Sur les 430 spécimens collectés, 48 proviennent d'Occitanie.

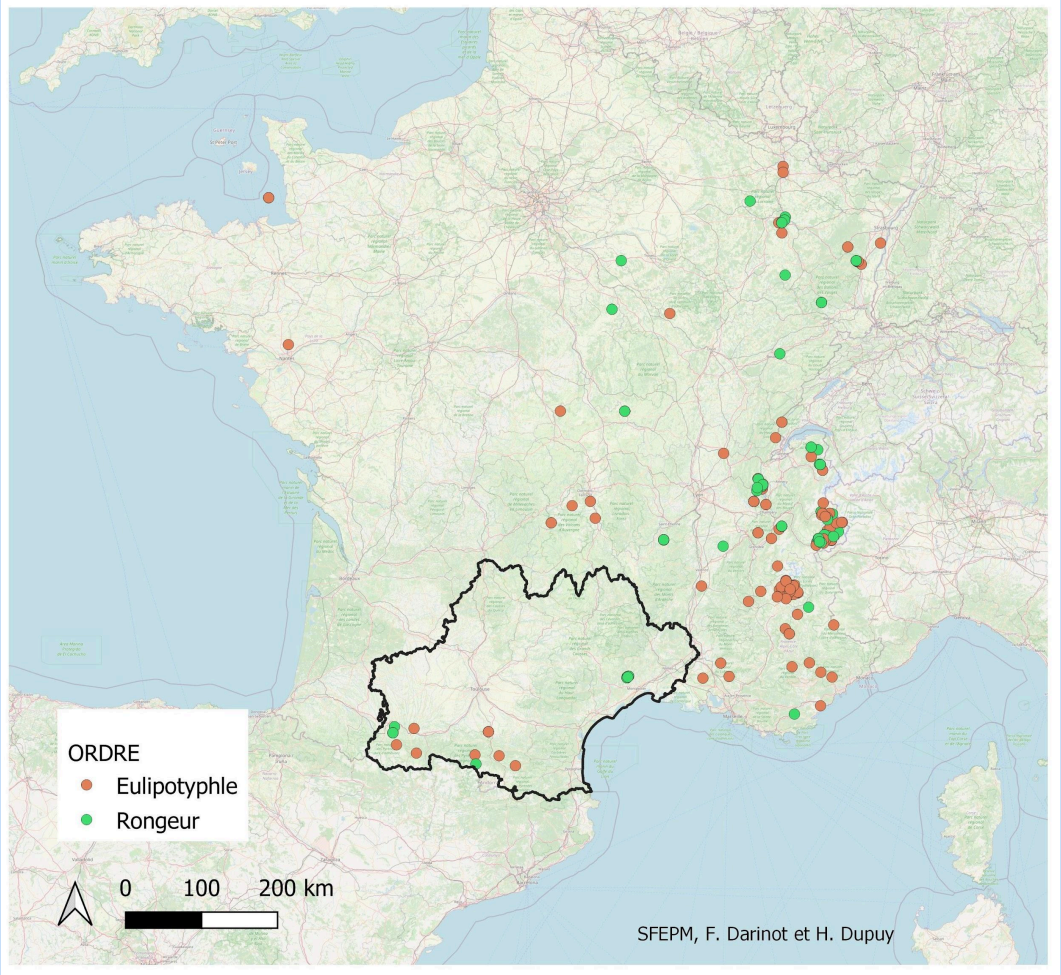


Figure 1 : Carte des spécimens collectés dans le cadre du programme « espèces cryptiques » de la SFEPM à la date du 14 mars 2024.

2. Premiers résultats

2.1. Les taupes (genre *Talpa*)

Suite à la description d'une nouvelle espèce de taupe nommée Taupe d'Aquitaine (*Talpa aquitania*) (Nicolas *et al.*, 2017a), des données supplémentaires sont nécessaires pour affiner son aire de répartition. Il semblerait que la Taupe d'Aquitaine occupe le grand quart sud-ouest de la France, bien qu'il soit établi que le fleuve Loire ne constitue pas une barrière pour

l'espèce. L'Occitanie serait dorénavant principalement concernée par l'espèce Taupe d'Aquitaine, à l'exception des départements de l'Hérault, du Gard et de la Lozère où semble se trouver la limite d'aire de répartition. Cette aire de répartition mérite d'être précisée sur cette frange mais aussi dans les Pyrénées puisque plusieurs données posent question. En effet, trois spécimens y ont été identifiés par l'équipe de l'Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité du MNHN comme appartenant à l'espèce Taupe d'Europe alors qu'ils se trouvent en plein dans l'aire de répartition supposée de la Taupe d'Aquitaine (Fig 2). Il s'agit d'un spécimen en provenance de Juzet-de-Luchon (Haute-Garonne) identifié sur la base de critères dentaires et de deux spécimens en provenance de Mosset (Pyrénées-Orientales) identifiés par la génétique.

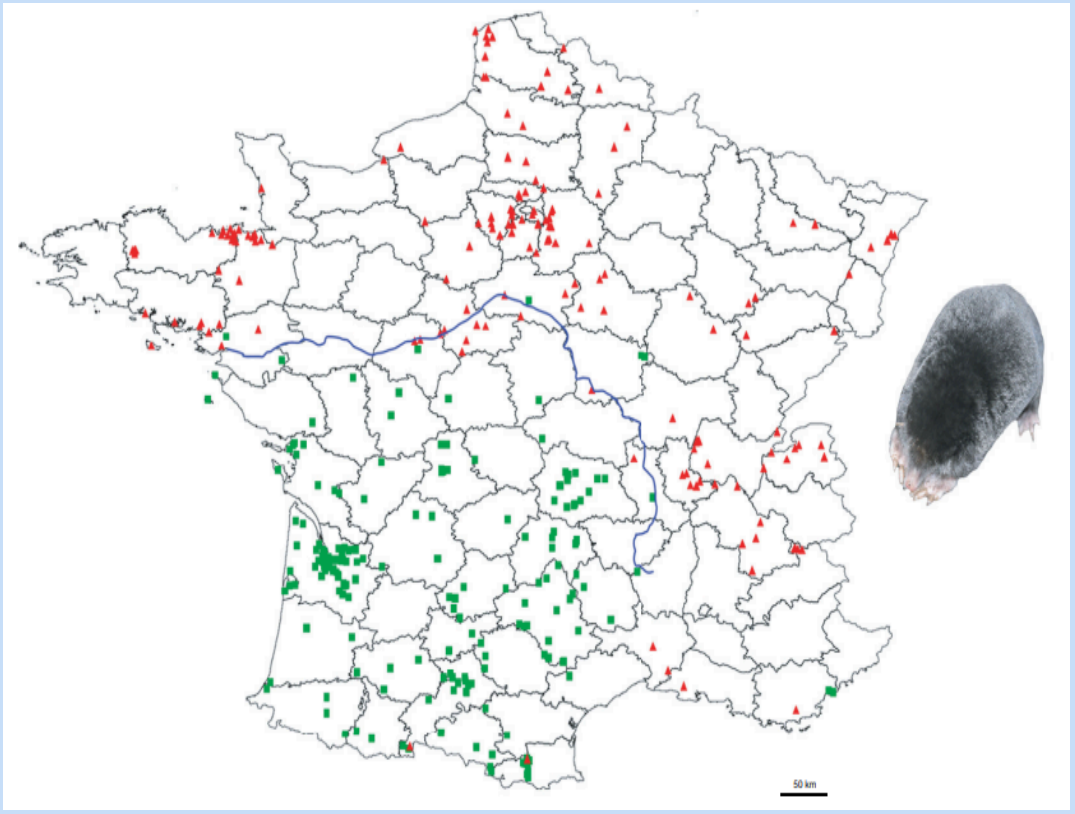


Figure 2 : Carte de la répartition de la Taupe d'Aquitaine (vert) et de la Taupe d'Europe (rouge) en France, basée sur 1 058 données d'après Nicolas *et al.* (2021).

En termes de critères d'identification, la paupière ressort comme étant un critère stable pour distinguer les espèces : chez la Taupe d'Europe l'œil est visible alors qu'il est caché sous les paupières qui sont soudées chez la Taupe d'Aquitaine (comme chez la Taupe aveugle (*Talpa caeca*) (Fig 3). Au niveau de la dentition, il apparaît que la Taupe d'Europe présente un mésostyle double sur les molaires supérieures 2 et 3 (M^2 et M^3) alors qu'il est simple sur la deuxième

molaire de la Taupe d'Aquitaine (Fig 4). Ce critère ne peut en revanche s'apprécier que chez les jeunes individus aux dents non usées.

Concernant les indices de présence laissés par les taupes, il est bien entendu impossible d'identifier la taupe à l'espèce à partir de ses taupinières. Tant que la répartition des espèces n'est pas bien connue, il convient donc de rester prudent et de saisir la donnée au genre.

Ainsi, que ce soit en termes de répartition ou de critères d'identification, des investigations complémentaires sont nécessaires, ce à quoi contribue la collecte des spécimens dans le cadre de ce programme.

Figure 3 : Paupière présente chez la Taupe d'Europe (à gauche) et absente ou soudée chez la Taupe d'Aquitaine (à droite).

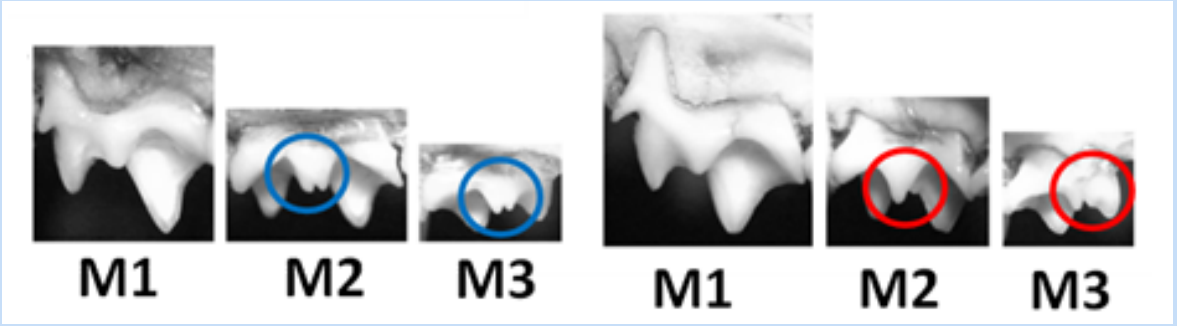


Figure 4 : Mésostyles des trois molaires supérieures chez la Taupe d'Europe (à gauche) et la Taupe d'Aquitaine (à droite) d'après Nicolas *et al*. (2017b).

2.2. Les petits campagnols (complexe *Microtus agrestis/lavernedii*)

La poursuite des investigations sur le complexe du Campagnol agreste et du Campagnol de Lavernède (Jaarola & Searle, 2004) est possible grâce à l'utilisation de matériel divers. Que ce soit à partir de restes osseux issus de pelotes de réjection ou de tissus congelés ou en alcool, plusieurs spécimens ont subi une double analyse

génétique et de morphométrie géométrique par l'équipe du laboratoire Biogéosciences de l'Université de Bourgogne Europe. La Figure 5 localise sur carte ces spécimens pour la moitié sud de la France. L'Occitanie est directement concernée par le Campagnol de Lavernède. La donnée analysée de l'espèce la plus au nord se trouve à Meaulne dans l'Allier. Du côté du Campagnol agreste, la donnée analysée la plus au sud se trouve à Luzy dans la Nièvre, à environ 100 km à vol d'oiseau de Meaulne.

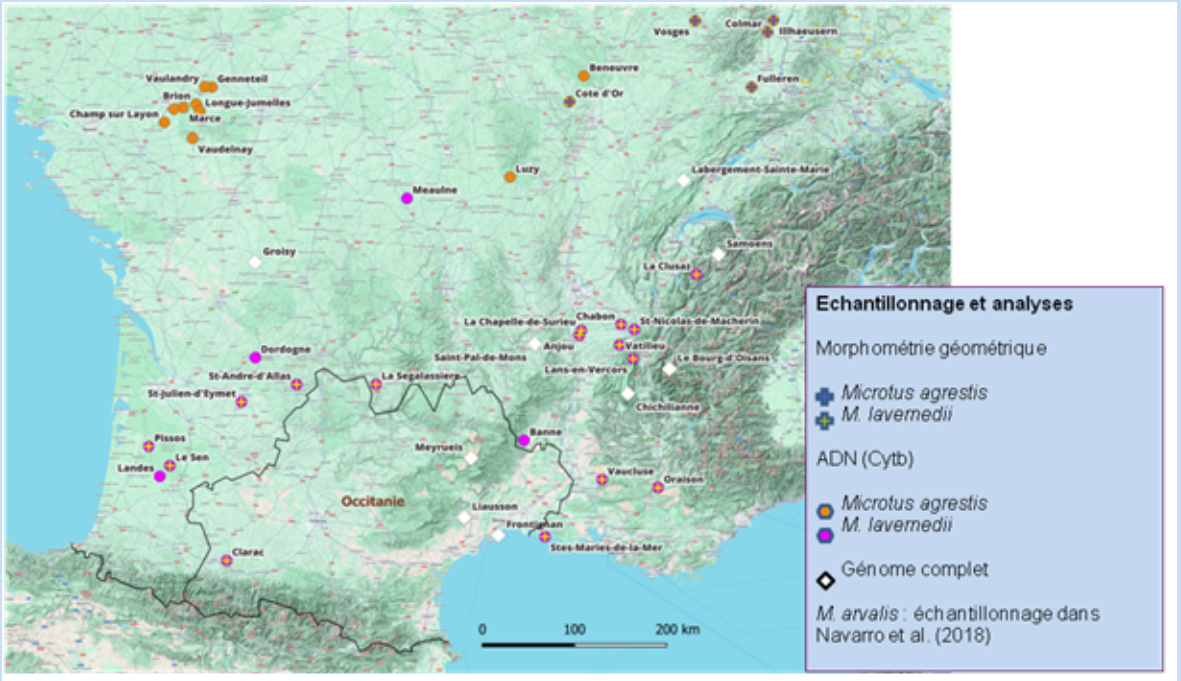


Figure 5 : Carte de localisation des spécimens de Campagnol agreste et Campagnol de Lavernède ayant subi la double analyse génétique et de morphométrie géométrique.

La morphométrie géométrique se pratique sur la première molaire inférieure (M_1). Cette technique nécessite tout d'abord de photographier puis obtenir le contour de la dent. Des points homologues (landmarks) et semi-homologues (semi-landmarks) sont ensuite placés sur ce contour (Fig.6). Quatre landmarks sont tout d'abord positionnés manuellement afin de générer un axe vertical et un axe horizontal pour un positionnement des dents. Le placement de 18 autres landmarks et semi-landmarks est automatisé afin de limiter les erreurs de positionnement entre différents opérateurs. Ces points correspondent aux maximums de courbure et à la courbe de la boucle antérieure. Il ressort de l'analyse sur les changements de forme entre les deux espèces que la légère différenciation entre *M. lavernedii* et *M. agrestis* porte principalement sur la forme des triangles (Fig. 7). Si l'on examine plus particulièrement le triangle T2, celui de *M. lavernedii* semble

moins dessiné que celui de *M. agrestis*. D'autre part, la boucle antérieure chez *M. lavernedii* est plus souvent asymétrique avec l'apparition plus fréquente dans les populations d'un 9ème triangle dans la boucle antérieure. Ces différences subtiles sont difficiles à apprécier simplement à la loupe binoculaire, communément utilisée pour l'identification des proies contenues dans les pelotes de réjection. En outre, l'analyse statistique des résultats indique une plus grande variabilité morphologique chez le Campagnol de Lavernède ainsi qu'une structuration populationnelle *a priori* moins nette que chez le Campagnol agreste. Cela dit, cette variabilité intra-spécifique importante ne facilite pas l'identification. D'autre part, la limite géographique entre les deux espèces n'est pas encore bien identifiée et une étude a mis en évidence de l'hybridation possible mais faible dans l'unique analyse de la zone de contact autour du lac de Joux (Beysard *et al.*, 2011). Les analyses conduites à Dijon sur les réseaux d'haplotypes obtenus sur la base de l'ADN mitochondrial (lignée maternelle) montrent clairement deux groupes distincts et par conséquent une séparation des deux espèces. Le principal problème réside dans la délimitation géographique claire entre les 2 espèces notamment à l'Ouest (la Loire n'apparaissant pas comme une limite étant donné que *M. agrestis* est présent de part et d'autre du fleuve). Il est donc essentiel de poursuivre les campagnes d'échantillonnage notamment dans le Sud-Ouest et Sud-Est pour mieux identifier des critères de détermination et préciser la répartition géographique des deux espèces.

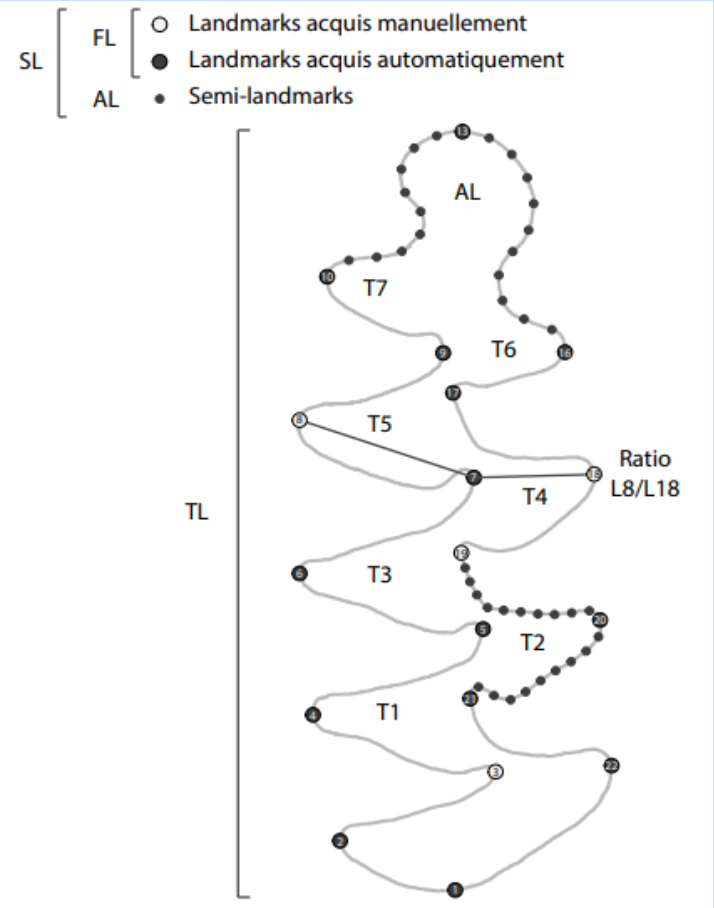


Figure 6 : Schéma des points de repère (points numérotés, Landmarks) et des semi-landmarks (petits points noirs) utilisés pour décrire la forme de la première molaire inférieure des deux espèces de *Microtus*, d'après Navarro *et al.* (2018). Les abréviations correspondent à : Points de repère fixes (FL), Points de repère et semi-landmarks (SL), Boucle antérieure (AL), Triangle (T) et Longueur de la dent (TL).

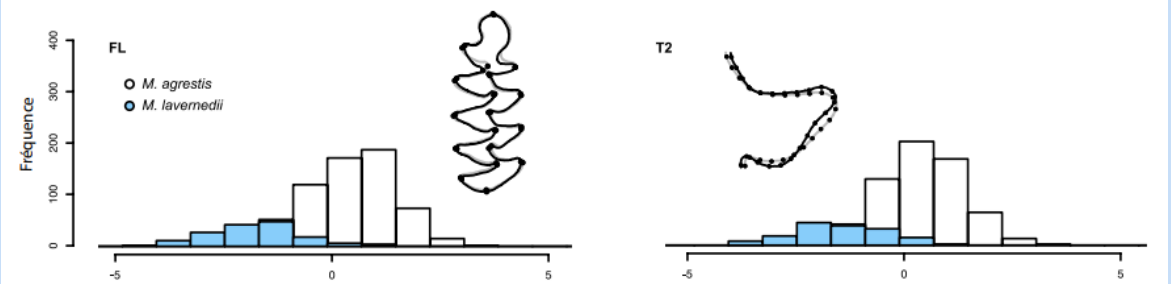


Figure 7 : Distribution du Campagnol agreste et du Campagnol de Lavernède (analyse linéaire discriminante, LDA), sur les landmarks (FL = landmarks fixes) et sur les semi-landmarks du second triangle (T2, entre les points 19 et 21) d'après Navarro *et al*. (2018). Le contour gris représente la forme moyenne.
Le contour noir représente la modification morphologique de long de l'axe LD1 par rapport à la moyenne.

2.3. Les mulots (genre *Apodemus*)

Dans la plupart des cas, il est impossible de distinguer en main les trois espèces Mulot sylvestre, à collier et alpestre (*Apodemus sylvaticus*, *A. flavicollis* et *A. alpicola*) (Poitevin & Quéré, 2021). Phénotypiquement parlant, il existe en effet beaucoup de recouvrement entre espèces et des combinaisons variées entre le type de tâche pectorale, la couleur du ventre, la démarcation entre la coloration du ventre et du dos, le liseré sur les oreilles, la longueur de la queue, *etc*. Des tendances ressortent (par exemple chez le Mulot à collier : ventre blanc éclatant, démarcation nette entre le ventre et le dos, collier roux complet, pas de liseré à l'oreille, longue queue…) mais ne permettent jamais d'identifier à l'espèce de manière certaine. Sur le terrain, les personnes – quand elles sont au fait de cette problématique – acceptent donc une marge d'erreur et utilisent souvent le complexe d'espèces. Les critères d'identification sur le crâne ne permettent pas non plus une identification certaine à 100%. Suivant les clés d'identifications, des critères sont avancés ou abandonnés. Le critère de la longueur de la mandibule est encore très utilisé par les naturalistes pour faire ressortir le Mulot à collier, mais il sous-estime certainement les petits individus de l'espèce, sans compter le fort recouvrement dans le secteur où le Mulot alpestre est également présent. Le besoin de critères opérationnels et fiables est donc fort.

Les mulots représentent environ un quart des spécimens collectés dans le cadre du programme. Ils sont venus compléter le jeu de données détenu par l'équipe de recherche du laboratoire de Biométrie et Biologie Evolutive de l'Université Lyon 1. La Figure 8 représente sur carte la localisation des différents spécimens typés génétiquement. Ces travaux permettent de revoir les aires de répartition à partir de données fiables. Le Tableau 1 détaille pour quelques spécimens les différences entre identification de terrain et identification génétique. Les quelques erreurs qui y sont révélées sont directement dues à la problématique exposée ci-dessus, et soulignent l'importance des analyses génétiques pour améliorer la connaissance sur la répartition et les critères d'identification de ce complexe d'espèces.

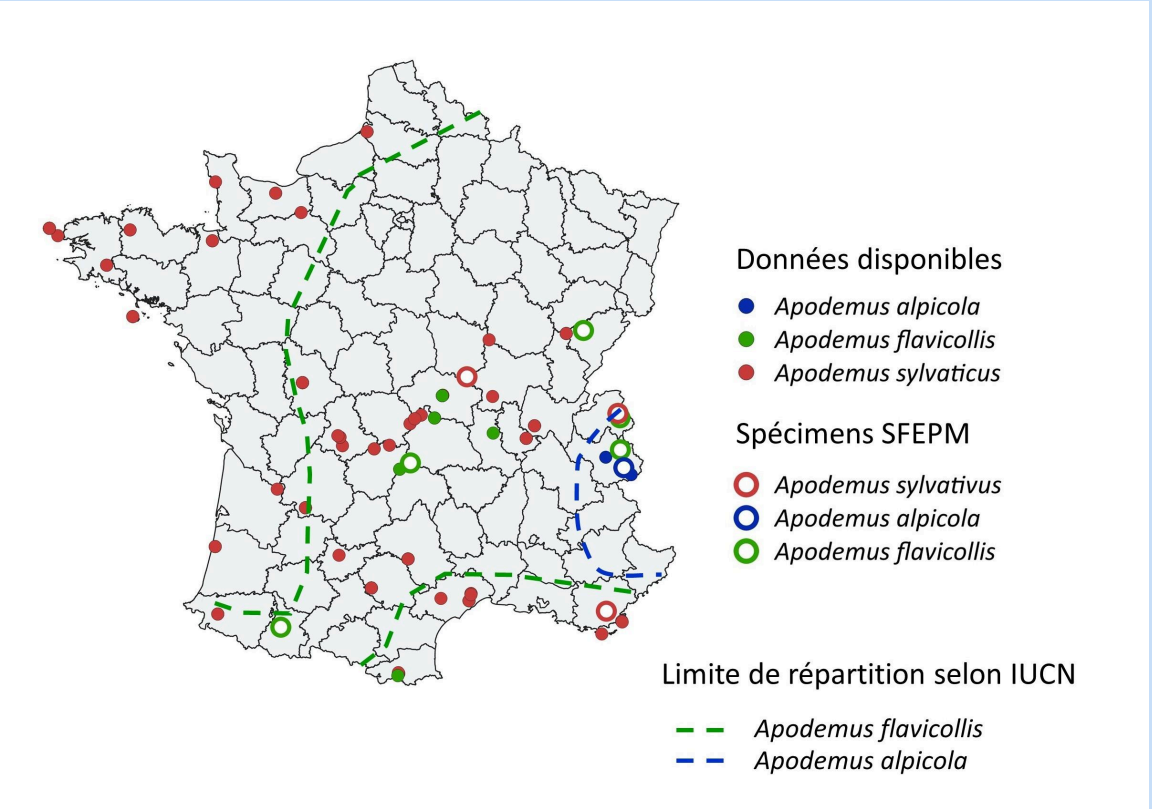


Figure 8 : Carte de localisation des spécimens de mulots (*Apodemus sylvaticus*, *A. flavicollis* et *A. alpicola*) typés génétiquement, en lien avec les limites de répartition selon l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature).

Tableau 1 : Présentation des résultats génétiques de quelques spécimens de mulots issus de la collecte dans le cadre du programme « espèces cryptiques » de la SFEPM.

n° SFEPM	Identification terrain	Identification génétique
73	*Apodemus flavicollis*	*Apodemus alpicola*
90	*Apodemus flavicollis*	*Apodemus flavicollis*
136	*Apodemus flavicollis*	*Apodemus flavicollis*
137	*Apodemus flavicollis*	*Apodemus flavicollis*
139	*Apodemus flavicollis*	*Apodemus flavicollis*
143	*Apodemus flavicollis*	*Apodemus flavicollis*
145	*Apodemus sylvaticus*	*Apodemus sylvaticus*
146	*Apodemus sp.*	*Apodemus flavicollis*
147	*Apodemus flavicollis*	*Apodemus flavicollis*
160	*Mus ou Apodemus sp.*	*Mus musculus*
161	*Apodemus flavicollis*	*Apodemus flavicollis*
172	*Apodemus sylvaticus*	*Apodemus flavicollis*
174	*Apodemus flavicollis*	*Apodemus flavicollis*
175	*Apodemus flavicollis*	*Apodemus flavicollis*
180	*Apodemus sylvaticus*	*Apodemus sylvaticus*
182	*Apodemus sylvaticus*	*Apodemus sylvaticus*

3. Déploiement en Occitanie

La région Occitanie se trouve au carrefour de plusieurs secteurs à enjeux pour les petits Mammifères. De la Pachyure étrusque au Hérisson d'Europe, plus d'une trentaine d'espèces sont présentes en région (Jacquot 2012, Poitevin & Quéré 2021). De manière générale, la collecte de toute espèce en tout lieu sera porteuse d'informations intéressantes. Pour aller plus en détail sur les questions qui se posent en région, en termes de répartition, de taxonomie ou encore de critères d'identification, citons l'exemple des zones de moyennes et hautes altitudes dans les Pyrénées et le Massif Central, très pauvres en données et donc en connaissances. Ceci est principalement dû à la rareté de l'Effraie des clochers (*Tyto alba*) au-dessus de 1 000 mètres d'altitude environ, alors qu'elle est à l'origine, à travers l'analyse de ses pelotes de réjection, de la grande majorité des données de présence de petits Mammifères. Ainsi, des questions se posent sur le complexe des Musaraigne carrelet et couronnée (*Sorex araneus* et *S. coronatus*) et notamment sur la répartition de la Musaraigne carrelet ; sur les Crossope de Miller et aquatique (*Neomys milleri* et *N. fodiens*) (Aulagnier, 2019) ; sur les Taupes d'Aquitaine et d'Europe (*Talpa aquitania* et *T. europaea*) notamment dans les Pyrénées comme précédemment exposé et sur les grands campagnols (genre *Arvicola*) dont la taxonomie et la répartition ne sont pas stabilisées (Chevret *et al.*, 2020, Pardiñas *et al.* 2017). Ailleurs en région, que ce soit en plaine ou en altitude, des réponses seraient bienvenues concernant de nombreuses autres espèces, que ce soit en termes de critères de reconnaissance en main ou crâniens, de répartition ou de lignées par exemple. C'est le cas du complexe des Crocidures musette et des jardins (*Crocidura russula* et *C. gueldenstaedtii*), des Campagnols de Lavernède et des champs (*Microtus lavernedii* et *M. arvalis*), du Campagnol roussâtre (*Clethrionomys glareolus*), du Campagnol des neiges (*Chionomys nivalis*), des petits campagnols aux mœurs souterraines (sous-genre *Terricola* avec *Microtus pyrenaicus*, *M. duodecimcostatus*, *M. lusitanicus* et *M. subterraneus*) et comme exposé dans les résultats, des Mulots sylvestre et à collier (*Apodemus sylvaticus* et *A. flavicollis*). Ainsi, toute espèce de petit Mammifère collectée et transmise dans le cadre de ce programme sera valorisée et contribuera à augmenter le jeu de données nécessaire pour trouver les réponses aux multiples problématiques actuelles.

Les consignes pour participer sont simples. La collecte ne concerne que les cadavres frais, dont le crâne est intact. Il est préconisé de se munir de gants ou de toute autre interface de protection (tissu, sac retourné) pour prélever le cadavre. Chaque spécimen doit être conditionné dans un sachet individuel (type sachet plastique zippé) contenant une étiquette. Sur cette étiquette

doivent être renseignés : la date de la découverte, le lieu (département – commune – lieu-dit – coordonnées GPS WGS84 – altitude), le nom de la ou des personnes ayant collecté, l'espèce de petit Mammifère (identification au niveau de l'ordre, de la famille, du genre, du complexe d'espèces ou de l'espèce), les circonstances de la découverte (par exemple « cadavre trouvé sur sentier » ou « prédaté par un chat »), le temps passé entre la découverte et la mise au congélateur (cela peut varier de cinq minutes si la personne est à proximité du congélateur à 8 ou 10h si la personne est en montagne par exemple), et toute autre remarque utile. Si possible avant la congélation, trois mesures doivent être prises sur le cadavre frais. En maintenant le spécimen étendu sur le dos, les longueurs « tête - corps » (LTC : du bout du museau à l'anus) et « queue + pinceau de poils terminal » (LQ : de l'anus jusqu'à l'extrémité de la dernière vertèbre caudale + de cette dernière vertèbre jusqu'au bout du dernier poil) sont faciles à prendre à l'aide d'une règle. La longueur « pied postérieur + griffe » (LPP : de la base du talon jusqu'au bout de l'orteil le plus long + du bout de cet orteil le plus long jusqu'à l'extrémité de la griffe) est également utile. Elle peut être prise avec un réglet à butée en appliquant le talon contre la butée (ou à la règle, en plaçant le talon au zéro) puis en plaquant la plante du pied et les orteils contre l'outil de mesure. Pour exemple, les mesures prises sur un Campagnol des champs étaient LTC = 96mm, LQ=29+3mm, LPP=14+2mm. Ces valeurs sont notées directement sur l'étiquette. Concernant la conservation, elle se fait au congélateur plutôt qu'en alcool. Il est préconisé d'utiliser un congélateur dédié à cet usage. La conservation en alcool (90° non dénaturé) ne concerne que des situations particulières comme les refuges de montagne. En effet, pour que les tissus se conservent bien, la mise en alcool nécessite une étape de dissection qu'il n'est pas possible de faire appliquer à l'ensemble du réseau. C'est pourquoi la congélation comme moyen de conservation est privilégiée. La transmission des spécimens collectés se fait ensuite auprès de relais locaux, qui transmettent ensuite au relai régional qui transmet au niveau national. Ce réseau n'était pas structuré à la date des Rencontres Naturalistes d'Occitanie 2024 mais l'est à la date de rédaction de cet article. Ainsi, plusieurs congélateurs dédiés sont mis à disposition par des structures diverses (associations naturalistes, Office Français de la Biodiversité (OFB), Parc national des Pyrénées (PNP), laboratoire). Les départements de l'Aude, de l'Ariège, de l'Aveyron, de la Haute-Garonne, des Hautes-Pyrénées et de l'Hérault sont ainsi pourvus de personnes relais auprès desquelles il est possible d'être mis en contact. Une fois les spécimens transmis au niveau national, ils sont distribués aux trois laboratoires comme expliqué en introduction. Les résultats sont communiqués auprès des personnes ayant collecté au fil des informations transmises par les

laboratoires. La saisie des données dans le SINP est réalisée par la SFEPM pour les personnes et par les organismes directement pour les structures comme les Parcs nationaux ou l'Office National des Forêts.

4. Conclusion

Le cortège de petits Mammifères en Occitanie est conséquent. Environ 35 espèces sont présentes dans la région, certaines étant cantonnées localement (Crossope de Miller par exemple) alors que d'autres sont largement distribuées (Campagnol des champs par exemple). Pour les unes et les autres, le nombre de données disponibles est relativement faible, peut-être par manque d'intérêt naturaliste sur un groupe d'espèces considéré bien connu, mais aussi sûrement du fait de la difficulté d'identification des espèces. Le Mulot sylvestre illustre bien cette difficulté puisque malgré son caractère commun, il reste souvent compliqué à identifier de manière certaine, que ce soit à partir de critères phénotypiques ou crâniens. Avec lui, ce sont toutes les espèces cryptiques qui sont concernées et elles représentent une part importante (environ la moitié) du cortège régional. Toute contribution permettant d'augmenter le nombre de spécimens collectés dans le cadre du programme porté par la SFEPM en collaboration avec les laboratoires de recherche est donc importante. Des personnes relais en département sont maintenant disponibles pour faciliter les aspects pratiques de la collecte.

Tout l'intérêt de ce programme réside en la production d'identifications robustes grâce à l'utilisation de la génétique et par conséquent de données de présence fiables. Or, ces dernières deviennent indispensables pour dresser des cartes de répartition valides. En termes de taxonomie et de recherche de critères d'identification, les avancées génétiques entraînent souvent de nouvelles interrogations et remettent parfois en question nos connaissances. Il est nécessaire de rester prudents sur les identifications et dans de nombreux cas, il apparaît préférable de parler de complexes d'espèces plutôt que d'espèces. Ces complexes pourraient par ailleurs pouvoir faire l'objet de saisie dans les bases de données naturalistes (avant éventuellement de pouvoir être reversés sur une espèce en particulier), évitant ainsi des saisies erronées à l'espèce.

5. Remerciements

La SFEPM et les auteurs remercient l'ensemble des personnes et des structures qui, à ce jour (mars 2024), ont fournis des spécimens pour cette étude : Elodie Antoine (PN Vanoise), Jérôme Armant, Christian Arthur, Béatrice Aznar, Mélanie Aznar, Christian Balais (PN Vanoise), Franck Basset (ONF), Claude Belghiti, Eric Belleau (via PN Ecrins), Thomas Bernard (PN Ecrins), Joël Blanchemain (PN Vanoise), Céline Blin, Jean-Michel Bompar, Pierre Bonneau (PNE), Danièle Bonnevie (PN Vanoise), Lionel Bonsacquet (PN Vanoise), Joris Bouchard (PN Vanoise), Augustin

Brajeul, Clément Brunet (PN Vanoise), Eric Buffard (PN Pyrénées), Catherine Cabley, Patrick Caens (PN Pyrénées), Narcisse Certain (PNE), Alain Chastin (PN Vanoise), Raphaël Classen (PNE), Mireille Coulon (PNE), Marc Corail (PN Ecrins), Cyril Coursier (PNE), Fabrice Darinot (SFEPM), Frédéric Dej (OFB), Carine Delmas, Claudine Delmas, Sabine de Redon, Claire Desbordes, Jean-François Desmet, Muriel De Schoemacker, Hélène Dupuy (SFEPM), Emmanuel Evin (via PN Ecrins), Séléna Farez, Marc Fily, J. Fresquet, Gilles Gaillard (via PN Ecrins), Georges Gazo (PN Pyrénées), Alexandre Gerbaud, Hervé Gléréant, Rose-Marie Gonzales (ONF), Frédéric Goulet (PNE), Patrick Haffner, Elodie Henry (PN Vanoise), Mylène Herrman (PN Vanoise), Erwan Hornier (OFB), Assia Jabrane, Jérémie Jourdain (PN Vanoise), Thomas Jonet (Fédération Aude Claire), Olivier Lefrançois (PNE), Nicolas Lafeuillade (PN Pyrénées), Jérôme Lafitte (PN Pyrénées), Marie Lagarde (PN Pyrénées), Sébastien Laguet (ONF), François Leboulenger (GMN), Clément Léger, François Léger, Séverine Magnolon (PNE), Pascal Maire, Frédéric Malgouyrès (ONF), Stéphane Mélé (PN Vanoise), Vincent Mitaut, Karine Moussiegt (PN Vanoise), Franck Parchoux (PN Vanoise), Rodolphe Papet (via PN Ecrins), Jean Pflieger (via PN Ecrins), Benjamin Plumecocq (PN Vanoise), Gilles Pottier, Frédéric Preisemann (ONF), Sandrine Rollet, Céline Rutten (PN Vanoise), Jean-Baptiste Schweyer, Aurore Seignemartin (PN Vanoise), Luc Souret, Henri Suret (PN Vanoise), Jean-Baptiste Schweyer, Anne-Cécile Schweyer-Bahloul, Geneviève Stoeckel, Jean-Philippe Telmon (PNE), Martine Thommes, François Thommes, Nathalie Tissot (PN Vanoise), Aurélie Torres (ONF), Christine Tuaillon, Pierre Vanmarcke (PNV), Dominique Vincent (PNE), Stéphane Wagner (GEML).

6. Références Bibliographiques

- Aulagnier S. 2019 – Deux ou trois espèces de *Neomys* en France ? *Arvicola* 21:18-19.

- Beysard M., Perrin N., Jaarola M., Heckel G., & Vogel P. 2011 – Asymmetric and differential introgression at a contact zone between two highly divergent lineages of field voles (*Microtus agrestis*). *Journal of evolutionary biology*, 25: 400-408. doi: 10.1111/j.1420-9101.2011.02432.x

- Chevret P., Renaud S., Helvaci Z., Ulrich R.-G., Quéré J.-P. & Michaux J.-R. 2020 – Genetic structure, ecological versatility, and skull shape differentiation in *Arvicola* water voles (Rodentia, Cricetidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionnary Research* 58(4): 1323-1334.

- Darinot F. 2025 – Poster « Le programme national d'étude des espèces cryptiques de petits mammifères ». *Arvicola*, Actes des 3èmes Rencontres nationales Petits Mammifères: 134.

- Darinot F., Haffner P. & Aulagnier S. 2022 – Table ronde « Espèces cryptiques, les connaître, les reconnaître ; projet derecherche

coopérative universités - associations naturalistes ». *Arvicola*, Actes des 2èmes Rencontres nationales Petits Mammifères: 126-130.

- Jaarola M. & Searle J.-B. 2004 – A highly divergent mitochondrial DNA lineage of *Microtus agrestis* in southern Europe. *Heredity* 92: 228-234.

- Jacquot E. (Coord) 2012 – *Atlas des Mammifères sauvages de Midi-Pyrénées - Livret 4 - Erinacéomorphes Soricomorphes et Rongeurs*. Coll. Atlas naturalistes de Midi-Pyrénées, Toulouse, France, 148 p.

- Navarro N., Montuire S., Laffont R., Steimetz E., Onofrei C. & Royer A. 2018 – Identifying Past Remains of Morphologically Similar Vole Species Using Molar Shapes. *In* Special Issue "Advances in Quaternary Studies: The Contribution of Mammalian Fossil Record". *Quaternary* 2018, 1, 0020. doi:10.3390/quat1030020

- Nicolas V., Hugot J.-P. & Cornette R. 2021 – New data on the distribution of the two mole species *Talpa aquitania* Nicolas, Martínez-Vargas & Hugot, 2017 and *T. europaea* Linnaeus, 1758 in France based on museum and newly collected specimens. *Zoosystema* 43(24): 585-617.

- Nicolas V., Martínez-Vargas J. & Hugot J.-P. 2017a – *Talpa aquitania* sp. nov. (Talpidae, Soricomorpha), a new mole species from SW France and N Spain. *Mammalia* 81(6): 641-642.

- Nicolas V., Martínez-Vargas J. & Hugot J.-P. 2017b – Molecular data and ecological niche modelling reveal the evolutionnary history of the common and Iberian moes (Talpidae) in Europe. *Zoologica Scripta* 46: 12-26.

- Pardiñas U., Ruelas D., Bradley L., Bradley R., Ordonez N., Kryštufek B., ...& Brito M.-J. 2017 – Cricetidae (true hamsters, voles, lemmings and new world rats and mice) - Species accounts of Cricetidae. In D. Wilson, T. E. J. Lacher & R. A. Mittermeier (Eds.), *Handbook of the mammals of the world*. Volume 7. Rodents II (pp. 280–535). Lynx Edici, Barcelona, Spain.

- Poitevin F. & Quéré J.-P. 2021 – *Insectivores et Rongeurs du Sud de la France*. Ed. Ecologistes de l'Euzière, Prades-le-Lez, France, 407 p.

Le programme HétérOccitanie : les naturalistes d'Occitanie sont-ils prêts à s'intéresser aux punaises en dehors de leurs lits ?

Dusoulier François[1]

[1] *Zicrona, Association française des hétéroptéristes, Muséum d'histoire naturelle de Toulon et du Var, Jardin du Las, 737 chemin du Jonquet, 83200 Toulon. Email : francois.dusoulier@mnhn.fr*

Résumé :

La région Occitanie est riche de plus de 900 d'espèces d'hétéroptères (punaises), soit près des deux-tiers de la diversité recensée en France métropolitaine. Pour autant, nombre d'entre elles ne sont connues que par quelques témoignages – historiques ou actuels – et de nombreuses sources de données demeurent à mobiliser, voire sont inexploitées. Aussi, la connaissance générale de ce groupe taxinomique demeure insuffisante, entravant leur prise en compte dans les évaluations environnementales réalisées sur le territoire, de même que l'appréciation de leurs singularités biogéographiques. Le programme HétérOccitanie, lancé conjointement par Zicrona – association française des hétéroptéristes – et le CEN Occitanie, a pour objectif d'améliorer la connaissance sur les hétéroptères du territoire régional et de lancer une dynamique collective autour de ce taxon. Dans ce cadre, il propose de former et faire se rencontrer les acteurs participant à la connaissance des hétéroptères de la région Occitanie, ainsi que de recenser les sources, mobiliser et produire des données sur ce taxon dans la dition. Ce programme repose sur quatre actions opérationnelles : (i) l'établissement d'un état de l'art des connaissances disponibles et à mobiliser sur le territoire, (ii) la formation des acteurs du territoire, (iii) l'organisation d'une rencontre nationale permettant l'échange entre experts nationaux et naturalistes régionaux, (iv) le partage de toutes les données produites et mobilisées dans le SINP.

Vigie-Chiro, du suivi acoustique des chauves-souris à l'ensemble de la faune nocturne

Bas Yves[1], Massol Elodie[2], Roemer Charlotte[1], et Julien Jean-François[1]

[1] Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO, UMR 7204), CNRS, MNHN, Sorbonne-Université, 29900 Concarneau, 75005, Paris, France.. Email : yves.bas@mnhn.fr

Résumé :

Vigie-Chiro est un programme de sciences participatives ayant pour objectif de suivre l'évolution des populations de chauves-souris de France métropolitaine depuis 2006, sur la base d'enregistrements acoustiques standardisés. Avec aujourd'hui 5207 sites échantillonnés en Occitanie par 184 participant-es, environ 20 % du jeu de données national, la quantité de données a vite mis en évidence l'importance de mobiliser des techniques d'apprentissage machine pour automatiser le traitement. Un important effort de formation des participant-es est tout de même maintenu au fil des années pour permettre une validation fiable de ces données issues d'algorithmes. Bien que plus de 100 000 enregistrements aient été validés grâce à cela, ce n'est qu'une petite partie du total : 169 millions d'enregistrements contenant des vocalisations animales dont la moitié des chauves-souris. Un important travail méthodologique a donc également été mis en œuvre pour contrôler l'effet des erreurs d'identification par les algorithmes utilisés. Cela permet de produire aujourd'hui des tendances temporelles et des cartes de répartition robustes pour de nombreuses espèces. Cette automatisation a également ouvert des opportunités d'élargir le suivi à d'autres groupes taxonomiques, notamment les sauterelles communes. Une extension vers d'autres taxons nocturnes vocalisant dans les basses fréquences (oiseaux nocturnes, amphibiens, grillons, autres mammifères) est en cours de développement en mobilisant de nouvelles techniques d'apprentissage profond. Après avoir présenté ces résultats, nous proposons d'ouvrir la discussion sur les opportunités et les risques induits par l'émergence de l'intelligence artificielle pour la communauté naturaliste.

Flore aquatique des lacs d'altitude, 2013-2023 : de la connaissance à la protection

François Prud'homme[1], Bruno Durand[1] et Lucile Nivelet[1]

[1] *Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de Salut, BP 70315, 65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex (France). Email : francois.prudhomme@cbnpmp.fr*

Mots clés : lacs, Pyrénées, flore aquatique, plongée, conservation.

Résumé :

Après 10 ans d'études dédiées et plus de 150 lacs prospectés par plongée, le CBNPMP est en capacité de proposer des actions concrètes de conservation de la flore aquatique des lacs de montagne.

Dans une présentation synthétique, nous nous proposons ici de décrire l'histoire de nos plongées botaniques et ses résultats originaux. Nous proposons en particulier un état des lieux (illustré d'images subaquatiques) de la flore et des végétations aquatiques des lacs pyrénéens, jusqu'alors très méconnues et sur lesquelles nous produirons une actualisation de nos premières synthèses. Il s'agit d'une flore très spécifique, propre à des écosystèmes très originaux et fragiles.

À ce nouvel état des lieux, nous ajouterons un bilan bibliographique des enjeux sur la conservation de cette flore. Nous nous reposerons sur un dépouillement de la bibliographie spécifique (plus de 200 références) dont nous présenterons les résultats de façon globale.

Fort de ces deux éléments, nous présenterons les travaux en cours d'intervention et de surveillance de la flore aquatique lacustre, en particulier sur 1) les impacts des travaux d'infrastructures hydroélectriques, 2) les impacts d'une fréquentation croissante, 3) les actions de nettoyage des macro-déchets d'un lac d'altitude ou d'enlèvement d'espèce végétale exotique envahissante. Nous nous concentrerons sur des exemples très concrets.

Ainsi, de la connaissance à l'action, nous proposons un panorama sur le patrimoine végétal des lacs des Pyrénées dont les médias ont beaucoup parlé au cours de l'été 2023 (verdissement des lacs). Entre la perception d'un milieu immuable imperméable à toute pression anthropique et « *un verdissement généralisé par des algues tueuses de chien* » comme le titrait le journal *Libération* cet été, l'enjeu de partager la connaissance technique et scientifique sur les végétations aquatiques des lacs pyrénéens n'a jamais été aussi importante.

Photos: copyright Bruno Durand et François Prud'homme / CBNPMP

Abstract:

After 10 years of dedicated studies and more than 150 lakes dived, the CBNPMP is in a position to propose concrete actions for the conservation of the aquatic flora of mountain lakes.

In a brief presentation, we describe the history of botanical diving and its original results. We will then provide an overview (illustrated with underwater images) of the aquatic flora and vegetation of Pyrenean lakes, which until now has been little known and on which we will update our initial summaries. This is a very specific flora, specific to very original and fragile ecosystems.

In addition to this new inventory, we will be adding a bibliographical review of the issues surrounding the conservation of this flora. This will be based on an analysis of the specific bibliography (over 200 references), the results of which will be presented in a comprehensive manner.

On the basis of these two elements, we will present the work in progress in terms of intervention and monitoring of the aquatic flora of lakes, in particular 1) the impacts of hydroelectric infrastructure works, 2) the impacts of increasing visitor numbers, 3) the actions to clean up macro-waste from a high-altitude lake or the removal of invasive exotic plant species. We will focus on very concrete examples.

1. Il était une fois…

En France, les lacs de montagne ont longtemps été appréhendés, au premier abord, par leur dimension esthétique : des paysages grandioses au cœur d'une nature préservée et bien loin des activités humaines. Cet imaginaire collectif les a longtemps exclus des politiques publiques de préservation de la biodiversité, qui commencent seulement depuis quelques années à les considérer comme de véritables écosystèmes fragiles. Les habitats qu'ils abritent ont été exposés aux regards des acteurs de la protection de la nature, par la directive Habitats Faune Flore (3130 - Eaux stagnantes, oligotrophes à mésotrophes avec végétation des *Littorelletea uniflorae* et/ou des *Isoeto-Nanojuncetea ;* 3140 - Eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation benthique à *Chara* spp. ; 3150 - Lacs eutrophes naturels avec végétation du *Magnopotamion* ou de l'*Hydrocharition).* Cette reconnaissance par les politiques publiques a été un déclic pour la prise en main de ces questions par les gestionnaires d'espaces naturels, en particulier dans un contexte de changement climatique (Ribaudo *et al*., 2021). S'en est suivi une volonté accrue de nombreux naturalistes et scientifiques de travailler à la connaissance de la biodiversité des lacs de montagne.

Lac des Guits (65)

Lac Bersau (64)

Accompagnant cet élan, le conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP) a souhaité mieux connaitre la flore et les végétations des lacs de la montagne pyrénéenne. Pour prospecter ces écosystèmes aquatiques, nous avons choisi de plonger, pas de façon ponctuelle comme avant nous Dufour en 1799 (Duris & Diaz, 1986), Gay en 1861 ou De Salve en 1865 mais de façon systématique et professionnelle (habilitation à la plongée en milieu professionnel). En quelques années, nous avons pu produire des premières synthèses sur la flore et les végétations de ces lacs, très peu connues jusque-là (Prud'homme & Durand, 2018 ; Prud'homme *et al.,* 2019). Aujourd'hui, après plus de 150 lacs prospectés en plongée, la connaissance des lacs d'altitude se voit consolidée et offre une vision, sinon exhaustive, du moins plus précise de la répartition et de l'écologie des espèces végétales aquatiques sur le versant français de la chaîne pyrénéenne.

Sans refaire ici la présentation de toutes les espèces observées et précédemment traitées dans ces synthèses, chacun des divers groupes taxonomiques représentés, des algues aux angiospermes, sera abordé et illustré par une ou plusieurs espèces remarquables.

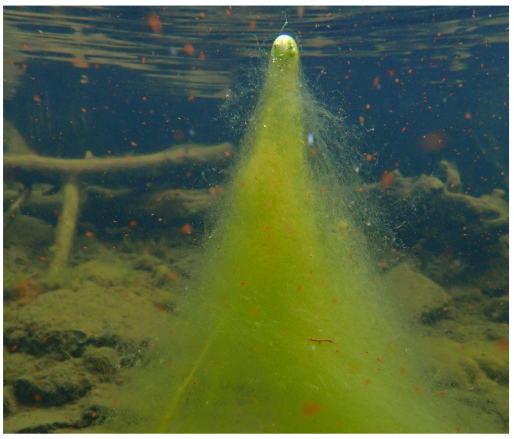
2. Des algues…

Si nous avons pu constater la présence d'algues vertes, de façon parfois importante, dans les lacs de montagne que nous avons prospectés, leur détermination reste une affaire de spécialiste, hors de notre domaine de compétence. C'est pourquoi nous nous sommes cantonnés à une famille d'algues que l'on peut qualifier d' « évoluées », d'ailleurs très souvent traitées anciennement dans les flores des plantes vasculaires : les Characées.

Pour quatre espèces connues dans les Pyrénées françaises avant 2010, c'est maintenant huit espèces dont nous avons pu confirmer la présence. Celles-ci sont réparties en deux genres, *Nitella* C.Agardh, 1824 et *Chara* L., 1753. Elles forment parfois des peuplements

denses et constituent des habitats d'intérêt communautaire (type UE3140).

Ce sont les communautés végétales que l'on peut trouver le plus profondément dans les lacs de montagne, avec plusieurs exemples d'observations à plus de 10 mètres de profondeur.



Algues vertes, étang de l'Herbier (66)

Herbier de *Chara globularis* Thuill., 1799 lac d'Ormiélas (64)

3. Des mousses…

Les prospections aquatiques ont permis d'améliorer la connaissance sur l'écologie des bryophytes. Les espèces mentionnées (treize au total à ce jour) étaient déjà connues des milieux aquatiques superficiels, tourbières, exutoires et rives des lacs ; nous avons pu les observer jusqu'à plus de 10 mètres de profondeur, poussant le plus souvent de manière isolée mais pouvant aussi constituer de véritables gazons subaquatiques, de la même façon que les characées.

Sarmentypnum exannulatum (Schimp.) Hedenäs, 2006, étang de l'Albeille (09)

4. Des « fougères »…

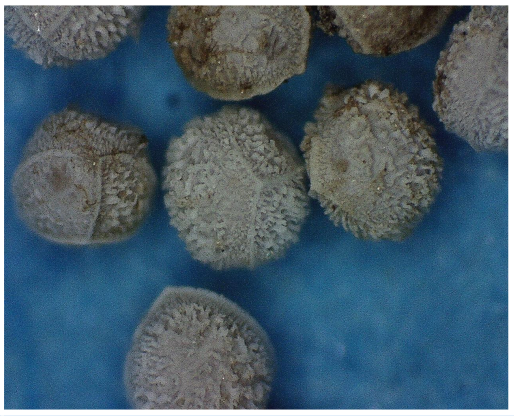
Elles sont représentées dans les lacs de montagne par un unique genre, *Isoetes*, qui fait partie du groupe des Lycophytes. Ce groupe comprenait à l'époque du Carbonifère des formes arborescentes sans commune mesure avec les espèces que l'on peut observer dans les lacs pyrénéens actuellement, qui eux, ne dépassent guère 10 cm de hauteur.

Isoetes lacustris L. 1753 et *Isoetes echinospora* Durieu 1861 sont protégés au niveau national, leur détermination, bien que possible sur le terrain, demande confirmation par l'observation des megaspores (ou macrospores) à la loupe binoculaire. Les megaspores d'*I. echinospora*, sont hérissées de petites aiguilles alors que celles d'*I. lacustris* comportent des ornementations en crêtes sinueuses. Les isoètes forment

parfois de véritables gazons avec *Sparganium angustifolium* Michx. 1803 et constituent des habitats d'intérêt communautaire (type UE3130).

Isoetes lacustris, étang d'Escobès (09)

Isoetes lacustis, Etang du Pla de la Font (09)



Mégaspore *d'Isoetes lacustris*, lac des Guits (65)

5. Et des plantes à fleur

Ce sont 16 espèces au total qui ont été observées, principalement parmi les monocotylédones. Dans ce groupe, le genre *Potamogeton* L. 1753 est le mieux représenté avec 7 espèces différentes.

Parmi celles-ci, *Potamogeton berchtoldii* Fieber 1838, illustre parfaitement l'avancée qu'ont permis les prospections aquatiques en matière de connaissance sur la répartition des espèces. Jusqu'en 2013, ce taxon n'était connu que d'une unique station dans les Pyrénées françaises. Nous la connaissons maintenant dans plus de 25 lacs.

Ce potamot, de taille relativement petite, n'est que très rarement visible à partir de la surface, contrairement à d'autres espèces de grande taille, comme par exemple *P. praelongus* Wulfen 1805 ou à feuilles flottantes comme *P. natans* L. 1753 et *P. gramineus* L. 1753. C'est peut-être une des raisons qui l'avait fait passer inaperçu jusque là.

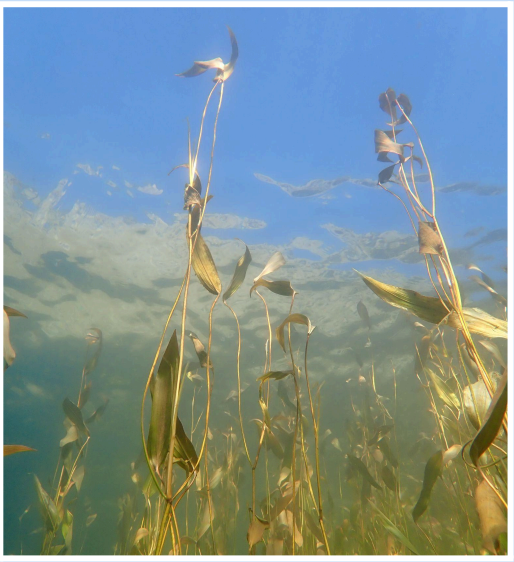
Les herbiers aquatiques enracinés constituent un autre habitat d'intérêt communautaire (type UE3150).

Ranunculus aquatilis L. 1753, lac d'Estom (65)

Potamogeton gramineus, lac de Bareilles (65)

Potamogeton berchtoldii, lac d'Astazou (65)

Potamogeton praelongus, lacs de Consaterre (65)



Potamogeton natans, étang du Laurenti (09)

Pour la subulaire aquatique (*Subularia aquatica* L. 1753) petite Brassicacée protégée au niveau régional (ancienne région Midi-Pyrénées), les prospections aquatiques ont permis de faire le bilan de ses populations. Cette espèce annuelle d'écologie très particulière pousse jusqu'à 3 mètres de profondeur mais peut aussi s'épanouir sur les berges des lacs au moment de l'exondation. Elle peut former au fond de certains lacs peu profonds des populations de plus d'un million d'individus.

Subularia aquatica, étang des Camporells (66)

6. Des problèmes de gestion ?

Dans le même temps, une dynamique partenariale a permis de regrouper autour de la question de la conservation de ces écosystèmes lacustres un groupe d'acteurs de la protection de la nature composé de gestionnaires (dont le Parc national des Pyrénées, Parcs et gouvernements espagnols et andorrans), des experts de la faune (en particulier le CEN Occitanie) et des scientifiques académiques (CNRS Geode, Didier Galop, CSIC, Marc Ventura). Le résultat de ce partenariat France-Espagne-Andorre a été valorisé en 2020 (Prud'homme *et al*., 2020). Cette publication illustrait un moment charnière de passage de la connaissance à la gestion conservatoire avec en particulier la mise en œuvre de la première tentative de désempoissonnement d'un lac dans les Pyrénées françaises par le Parc national des Pyrénées.

Nos améliorations de connaissance s'inscrivaient en effet dans une prise de conscience collective de l'enjeu, jusque-là souvent oublié, de conservation de la biodiversité aquatique des lacs de montagne.

Dans une volonté de répondre à l'attente des gestionnaires de disposer des références scientifiques nécessaires pour appréhender au mieux les enjeux de conservation des lacs de montagne, nous avons produit une synthèse bibliographique de plus de 200 références internationales (Nivelet *et al.,* à paraître). Adaptée à un lectorat de gestionnaires et de décideurs et aux contextes de mise en œuvre des politiques publiques de protection de la nature, ce document comporte des parties généralistes et pédagogiques pour introduire chaque problématique s'appliquant sur ces milieux.

Ainsi 57 références ont été rassemblées pour illustrer les pressions globales contre lesquelles les gestionnaires ne peuvent pas lutter, telles que l'impact du changement climatique (15 références), et ses interactions avec la pollution anthropique (8 références) ainsi que la dégradation de la qualité de l'eau qui en découle (34 références). 119 références ont été recueillies pour mettre en lumière les pressions locales contre lesquelles les gestionnaires peuvent agir, telles que l'impact de l'introduction de poissons sur la macrofaune et la macroflore (48 références), la pression des espèces exotiques envahissantes et de nouveaux pathogènes (26 références), les pressions pastorales (10 références) et touristiques (14 références), et les dégradations liées aux aménagements hydroélectriques (21 références).

Une partie est également réservée au recueil d'actions de conservation développées dans les Alpes et Pyrénées françaises et de propositions de mesures de gestion pouvant servir d'exemple.

En rassemblant des travaux de recherches et des retours d'expériences qui documentent ces pressions, de la manière la plus exhaustive possible,

l'objectif est bien d'offrir aux gestionnaires d'espaces naturels une base scientifique solide pour le montage de programmes de gestion adaptés aux contextes locaux mais aussi plus global de ces espaces. L'enjeu pointé par cette synthèse est la nécessité de travailler en collaboration et de faire des compromis dans un contexte naturel et social complexe d'aménagement du territoire sur un milieu générateur de nombreux services écosystémiques.

7. Des actions concrètes

Riches de notre connaissance consolidée de la flore aquatique de ces lacs et des références bibliographiques dépouillées, nous avons pu commencer à mettre en place des opérations de suivi de gestion et d'usage mais aussi expérimenter des actions d'amélioration de l'état de conservation de lacs pyrénéens.

Nous avons ainsi profité d'un dispositif du CNRS (Didier Galop / Geode) pour mesurer les potentiels impacts de la fréquentation (baignade en particulier) sur les étangs d'Allate et d'Arbu (Ariège). Nous avons en particulier surveillé les gazons d'isoètes hébergés par ces lacs, surtout dans les zones de baignades et de mise à l'eau. Les premiers résultats semblent rassurants, les pieds d'isoètes sont très peu affectés mécaniquement sur ces lacs contrairement à ce qui aurait pu être craint.

Un autre dispositif a été mis en œuvre en Ariège pour suivre l'impact des assecs liés à la maintenance des infrastructures hydroélectriques (en collaboration avec l'association des naturalistes d'Ariège et Électricité de France). Là aussi, les résultats sont plutôt rassurants quant à la résistance des pieds d'isoètes alors que l'on craignait pour leur survie. Une publication est en préparation pour présenter ces résultats de façon précise et documenter ce genre de pratique courante dans les lacs hydroélectriques pyrénéens.

Le conservatoire s'investit aussi dans des actions concrètes d'amélioration de l'état de conservation des lacs de la montagne pyrénéenne. Ainsi, des premiers résultats partiels d'une opération d'amélioration de l'état de conservation d'une station de characées et de *Potamogeton natans* par enlèvement des déchets ont été présentés (opération en collaboration avec la fédération française d'études et de sports sous-marins). Ces résultats fournissent les premières références en termes de macrodéchets présents dans ces écosystèmes réputés plutôt préservés. Ainsi plus de 50 kg de déchets ont été extraits du Lac de Laurenti, entièrement nettoyé jusqu'à plus de dix mètres de profondeur, dont plus de 60 cm de fil de pêche au m^2 !

Enfin, une opération est en cours de montage pour tenter l'enlèvement d'*Elodea canadensis*, en collaboration avec l'Office français de la biodiversité et la réserve naturelle régionale de Montious, dans un lac à fort enjeu patrimonial pour la flore lacustre pyrénéenne. L'élodée est une espèce exotique envahissante très présente en

plaine mais dont les lacs de montagne sont encore plutôt préservés. L'idée est donc d'intervenir avant que le problème ne se généralise sur un des rares lacs où nous l'avons observée et où elle pourrait mettre en péril une station d'espèce patrimoniale. En l'absence d'état de l'art et dans des conditions d'intervention en altitude très complexes, le challenge est lancé. Nous documenterons notre expérience.

8. Et maintenant ?

Toutes ces actions fournissent petit à petit des références techniques permettant d'imaginer une généralisation de certaines actions conservatoires partout où elles sont pertinentes alors que les gestionnaires d'espaces protégés se saisissent de plus en plus de l'enjeu de conservation de la biodiversité fragile des lacs de montagne dans les Pyrénées.

D'une large méconnaissance de la flore aquatique il y a 10 ans à ces actions concrètes, un long chemin a été parcouru. Engagé avec ses multiples partenaires, en particulier dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique « Lacs des Pyrénées », le CBNPMP continue aujourd'hui d'œuvrer pour la préservation de cet écosystème sentinelle emblématique et fragile et a réuni autour d'un séminaire international en avril 2024 à Loudenvielle (65) plus de 100 participants. Une des restitutions de ces rencontres est l'esquisse de ce que pourrait être un large et ambitieux projet transfrontalier autour de cet enjeu à l'horizon 2026. Espérons qu'un tel projet voit le jour et qu'il prolonge et consolide les efforts de tous pour la conservation de la biodiversité lacustre pyrénéenne.

9. Références Bibliographiques

Battarbee R.W., Thompson R., Catalan J., Grytnes J. & Birks H.J.B. 2002 - Climate variability and ecosystem dynamics of remote alpine and arctic lakes: The MOLAR project. *Journal of Paleolimnology* 28 (b): 1–6.

Catalan J., Pla S., Rieradevall M., Felip M., Ventura M., Buchaca T., Camarero L., Brancelj A., Appleby P.G., Lami A., Grytnes J.A., Agustí-Panareda A. & Thompson R. 2002(a) - Lake Redó ecosystem response to an increasing warming in the Pyrenees during the twentieth century. *Journal of Paleolimnology* 28 (1): 129–145.

Duris P. & Diaz E. 1986 - Petite histoire naturelle : Léon Dufour (1780-1865). Presses universitaires, Bordeaux, 150 p.

Gay J. 1861 - Une excursion botanique à l'Aubrac et au Mont Dore, principalement pour la recherche des Isoetes du plateau central de la France. *Bull. Soc. Bot. De Fr.VIII:* 542-547

Kernan M., Ventura M., Bitušík P., Brancelj A., Clarke G., Velle G., Raddum G.G., Stuchlík E. & Catalan J. 2009 - Regionalisation of remote European mountain lake ecosystems according to their biota: environmental versus geographical patterns. *Freshwater Biology* 54 (12): 2470–2493

Moser K.A., Baron J.S., Brahney J., Oleksy I.A., Saros J.E., Hundey E.J., Sadro S.A., Kopáček J., Sommaruga R., Kainz M.J., Strecker A.L., Chandra S., Walters D.M., Preston D.L., Michelutti N., Lepori F., Spaulding S.A., Christianson K.R., Melack J.M. & Smol J.P. 2019 - Mountain lakes: Eyes on global environmental change. *Global and Planetary Change* 178: 77–95.

Nivelet L., Arthaud F., Blanc F., Galop D., Gouix N., Napoleoni R., Rollet S. & Prud'homme F. à paraitre - Enjeux de conservation de la macrobiodiversité des lacs de montagne français : synthèse bibliographique. *Naturae*, soumis le 15/12/2023

Prud'homme F. & Durand B. 2018 - Première synthèse sur les characées des lacs des Pyrénées françaises. *Isatis* 18 : 249-268.

Prud'homme F., Durand B., Gire L. & Infante-Sanchez M. 2019 - Première synthèse sur la flore et les végétations des lacs des Pyrénées françaises. Actes del XII Colloquio Internacional de BotanicaPirenaica – Cantabrica - Girona - 3, 4 i 5 de juliol – 2019. p.237-264.

Prud'homme F., Blanc F., Gouix N., Osorio V., Rollet S., Ventura M. & Jupille O. 2020 - Biodiversité des lacs des Pyrénées : améliorer les connaissances pour une gestion conservatoire. *Dynamiques environnementales, Journal international de géosciences et de l'environnement* (45): 35–55.

Ribaudo C., Anschutz P., Arthaud F., Bartout P., Bertrin V., Bourguetou G., Cabaret Y., Caill-Milly N., Cassou C., Douez O., Dupuy A., Dutartre A., Fournier L., Gilles-Bon A., Guibaud G., Hoffmann F., Jamoneau A., Labat F., Laplace-Treyture C., Legube B., Letreut H., Morin S., Prud'homme F., Pryet A., Quenault F., Soubeyroux J.-M., Taabni M., Thiébaut G., Tison-Rosebery J., Touchart L. & Zuazo A. 2021 - Les plans d'eau face aux changements climatiques. AclimaTerra, 56 p. (*Cahier Thématique* n°1).

Salve de S. 1865 - Une excursion dans le massif de Mont Liouis pour la recherche des Isoetes des Pyrénées orientales. *Bull. Soc. Bot. De Fr.*XII: XXVI-XXXIV

Projet cofinancé par le Fonds Européen Agricole pour le Développement Rural L'Europe investit dans les zones rurales

Résultats des études génétiques sur le Pin de Salzmann (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco) et perspectives de gestion sur le site Natura 2000 de la Vallée du Gardon de Mialet.

Sobczak Lucile[1], Capon Luc[2], Scotti-Saintagne Caroline[3], Fady Bruno[4]

[1] *Communauté de communes des Cévennes au Mont-Lozère, Pôle de Sainte-Croix-Vallée-Française : Maison de la communauté - 48110 Sainte-Croix-Vallée-Française. Email : naturamialet.chg@orange.fr*

[2] *Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie, 26 Allée de Mycènes - 34000 Montpellier. Email : luc.capon@cen-occitanie.org*

[3] *INRAE, Unité de recherche Ecologie des Forêts méditerranéennes (URFM), Domaine Saint Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 9. Email : caroline.scotti-saintagne@inrae.fr*

[4] *INRAE, Unité de recherche Ecologie des Forêts méditerranéennes (URFM), Domaine St Paul, Site Agroparc, 84914 Avignon, Cedex 9. Email : bruno.fady@inrae.fr*

Mot clés : col d'Uglas (30) ; analyse génétique ; gestion

Résumé :

Les pinèdes à pin de Salzmann forment un habitat prioritaire de la directive européenne Habitat Faune Flore et elles constituent un écosystème menacé. Cette sous-espèce de Pin noir est endémique du bassin méditerranéen, et en France des peuplements naturels subsistent sur seulement quelques stations. Le site Natura 2000 « Vallée du Gardon de Mialet » accueille un de ces peuplements au col d'Uglas. Afin de mieux connaître sa distribution, une expertise génétique, financée par les fonds Natura 2000, a été commanditée auprès d'INRAE d'Avignon. Elle a permis de valider l'existence d'une aire de répartition d'environ 200 ha, de démontrer que le secteur ancien est composé d'une majorité de Pin de Salzmann et que sa conservation semble assurée par la présence de semis. Enfin, un secteur éloigné a été découvert à plus de 5 km. Pour finir, diverses actions de conservation en faveur de ce pin sont menées grâce à une collaboration étroite entre chercheurs, gestionnaires et collectivités locales.

1. Introduction

Les pinèdes (sub)-méditerranéennes de pins noirs endémiques « Pin de Salzmann » (9530) (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco), constituent un habitat d'intérêt communautaire et prioritaire de la directive européenne habitat faune flore (HFF). Cette directive s'applique à l'ensemble des pays membres de l'Union européenne et elle établit un cadre pour la conservation des habitats naturels, de la faune et de la flore sauvage. Les pinèdes à Pin de Salzmann ont été désignées par l'UICN comme étant l'écosystème forestier méditerranéen le plus menacé en France et sont évaluées comme étant un habitat En Danger sur la liste rouge des écosystèmes en France (UICN, 2018). Elles sont composées de Pin de

Salzmann, qui est une sous-espèce de Pin noir (*Pinus nigra* Arnold) originaire du bassin méditerranéen. En France continentale, il est le seul Pin noir autochtone et sa résistance à la sécheresse avec sa rusticité semblent être la plus marquée des pins noirs (Fady et al. 2011). Plusieurs menaces pèsent sur cet habitat, tel que le risque d'hybridation du Pin de Salzmann avec les pins noirs laricio de Corse (*Pinus nigra* subsp. *laricio* Palib. ex Maire*)* et d'Autriche (*Pinus nigra* subsp. *nigra*) introduits à proximité. Également, la coupe et l'intensification du risque incendie sont des menaces directes.

En France, le Pin de Salzmann est en limite d'aire de répartition et on estime que les peuplements ne couvrent pas plus de 5 000 ha (Fady et al. 2011). On les retrouve, principalement, dans le sud Ardèche, dans les gorges du Tarn en Lozère, sur le col d'Uglas dans le Gard, à St-Guilhem-le-désert dans l'Hérault et dans la région du Conflent dans les Pyrénées orientales. Il y a donc une forte responsabilité régionale vis-à-vis de cet habitat.

La population du col d'Uglas se trouve sur deux sites Natura 2000, la Vallée du Gardon de Mialet et la Vallée du Galeizon. Le site Natura 2000 de la Vallée du Gardon de Mialet est une zone spéciale de conservation désignée au titre de la directive HFF. Il se situe dans les Cévennes, à cheval sur la Lozère et le Gard et il est d'une superficie de 24 300 ha. Le document d'objectif (DOCOB) du site a été élaboré en 2009 et son animation a commencé en 2011. Il est composé de 26 habitats et 23 espèces d'intérêt communautaire. Lors de la réalisation du DOCOB, 2.1 ha de pinèdes à pin de Salzmann ont été recensés sur le col d'Uglas. On y trouve des individus établis entre 1766 et 1859 qui sont considérés comme des pins de Salzmann autochtones, car leur âge (entre 164 et 258 ans en 2024) est antérieur aux plantations liées aux lois de 1860 et 1882 sur la restauration et la conservation des terrains en montagne (RTM). En effet, au vu du risque d'hybridation qui existe et des similitudes entre les sous-espèces, l'identification uniquement morphologique est peu fiable. À dire d'expert, le taux d'erreur s'élève à 50 %, tout particulièrement en milieu ouvert. Pour les individus établis après 1860, l'identification taxonomique nécessite une validation par une analyse génétique.

La conservation de ces pins représente un enjeu fort et prioritaire pour le site Natura 2000. Nous pouvons ajouter à cela que les différents peuplements de Pin de Salzmann montrent des différences génétiques à l'échelle régionale. Les pins de Salzmann du Col d'Uglas représentent un groupe génétique qui se distingue des autres (Scotti-Saintagne et al. 2023). Sur la vallée du Gardon de Mialet, différentes actions ont été menées dans le but d'améliorer les connaissances vis-à-vis de ces arbres. En 2015, un stage (niveau BTS) a permis de créer une clé de détermination morphologique du Pin de

Salzmann. En 2017 un inventaire complémentaire a été réalisé puis en 2019 une étude génétique sur 40 individus a été faite. En 2020, un travail de terrain important a été réalisé pour pré-identifier et mettre à jour l'aire de répartition locale de ce pin. Enfin, en 2022, à la suite du travail de terrain de 2020, une expertise génétique a été faite sur les 450 individus pré-identifiés, et cela pour répondre à trois objectifs (Fig. 1) :

- la validation génétique de l'aire de répartition locale pré-identifiée,

- la recherche et validation de nouveaux secteurs probables de présence,

- l'estimation du nombre de pins de Salzmann dans le peuplement ancien, dont les semis afin d'évaluer la capacité de renouvellement de l'habitat.

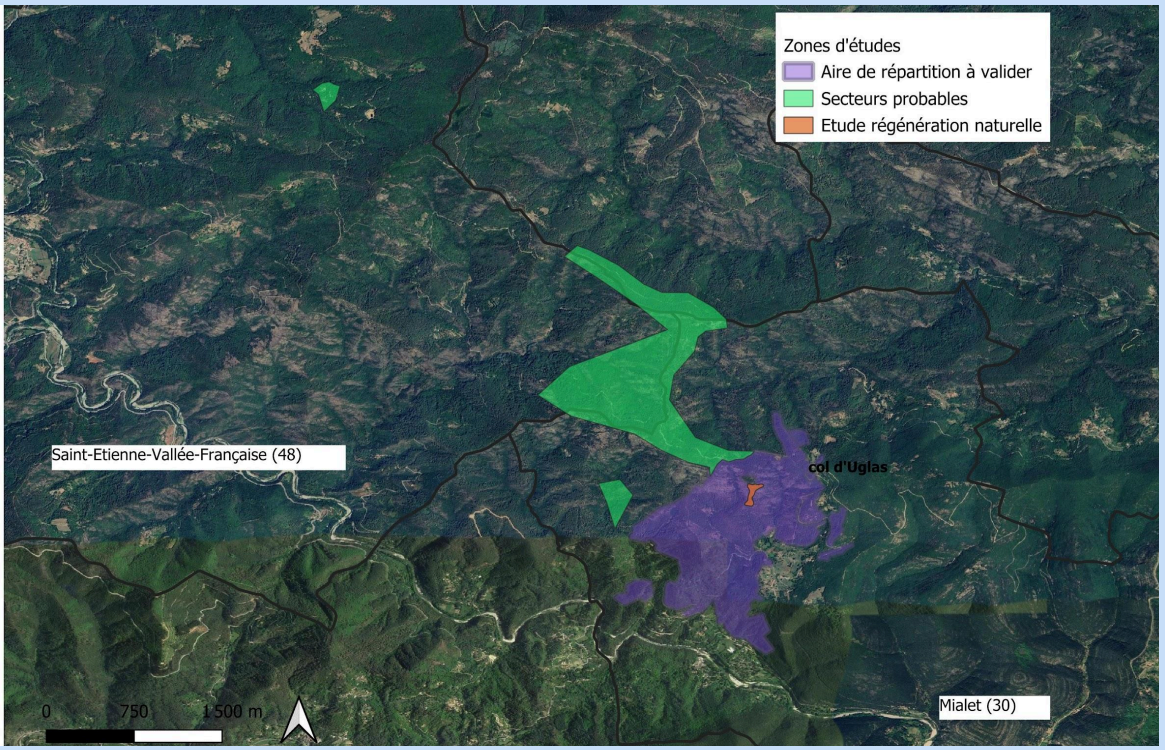


Figure 1 : Zone d'étude et correspondance avec les objectifs

2. Matériels et Méthodes

L'expertise réalisée par INRAE (URFM et UEFM, Avignon) (Scotti-Saintagne et al. 2022), s'est déroulée en trois grandes parties (échantillonnage, analyse génétique et analyse statistique) et sera résumée dans le paragraphe suivant.

L'échantillonnage a été réalisé en prélevant des aiguilles du houppier sur 450 arbres préalablement repérés (adultes et semis). Chaque arbre a été géoréférencé par GPS Garmin, numéroté et étiqueté.

Ensuite, une extraction d'ADN a été réalisée au laboratoire et les arbres

échantillonnés ont été caractérisés par 72 locus bi-alléliques mis au point au cours du projet Européen GenTree. Les génotypes obtenus ont été comparés à la base de données de référence de Pin noir d'INRAE.

Pour finir, différentes analyses statistiques ont été faites par INRAE. Nous présenterons seulement celles permettant une identification taxonomique. Deux méthodes ont été utilisées :

- Méthode de vraisemblance avec le logiciel GeneClass2 (Piry et al., 2004), pour comparer les fréquences des allèles des arbres échantillonnés avec des populations de référence.
- Méthode par la recherche de populations à l'équilibre de Hardy-Weinberg avec le logiciel STRUCTURE (Pritchard et al., 2002).

Concernant l'assignation finale, les analyses étant indépendantes, par principe de précaution, les arbres qui étaient détectés hybrides par au moins une des deux analyses ont été considérés comme hybrides.

3. Résultats

3.1 Validation génétique de l'aire de répartition

Sur l'aire de répartition pré-identifiée en 2020, 91 échantillons ont été analysés. 87.5 % des échantillons sont assignés comme des Pins de Salzmann, 9.9 % sont des hybrides, 4.4 % n'ont pas pu être identifiés (Fig . 2). Ainsi, avec ces résultats, nous pouvons valider l'aire de répartition locale pré-identifiée. L'aire de répartition du Pin de Salzmann sur le col d'Uglas passe donc de 2.1 ha en 2009 à plus de 200 ha en 2022, ce qui confirme une évolution importante des connaissances.

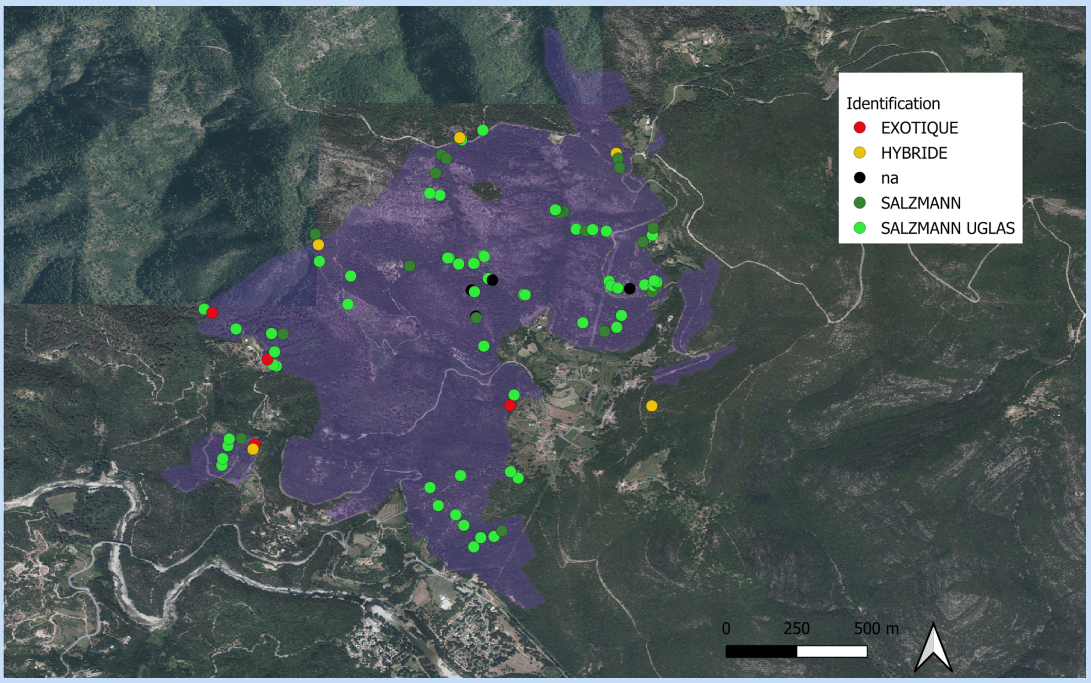


Figure 2 : Résultats de l'identification sur l'aire de répartition pré-identifiée

3.2 Recherche de nouveaux secteurs probables de présence du Pin de Salzmann

Concernant la recherche de nouveaux secteurs de présence, il en ressort l'identification d'une nouvelle zone éloignée du col d'Uglas à plus de 5 km à vol d'oiseau (Fig. 3, zone n°1) (commune de Saint-Étienne-Vallée-Française). Concernant les autres zones, le petit secteur identifié à l'ouest de l'aire de répartition a été validé (Fig 3, zone n°2). Le secteur de la forêt domaniale des Gardon (Nord-ouest de l'aire de répartition), quant à lui, présente très peu de pins de Salzmann parmi les individus analysés (Fig. 3, zone n°3).

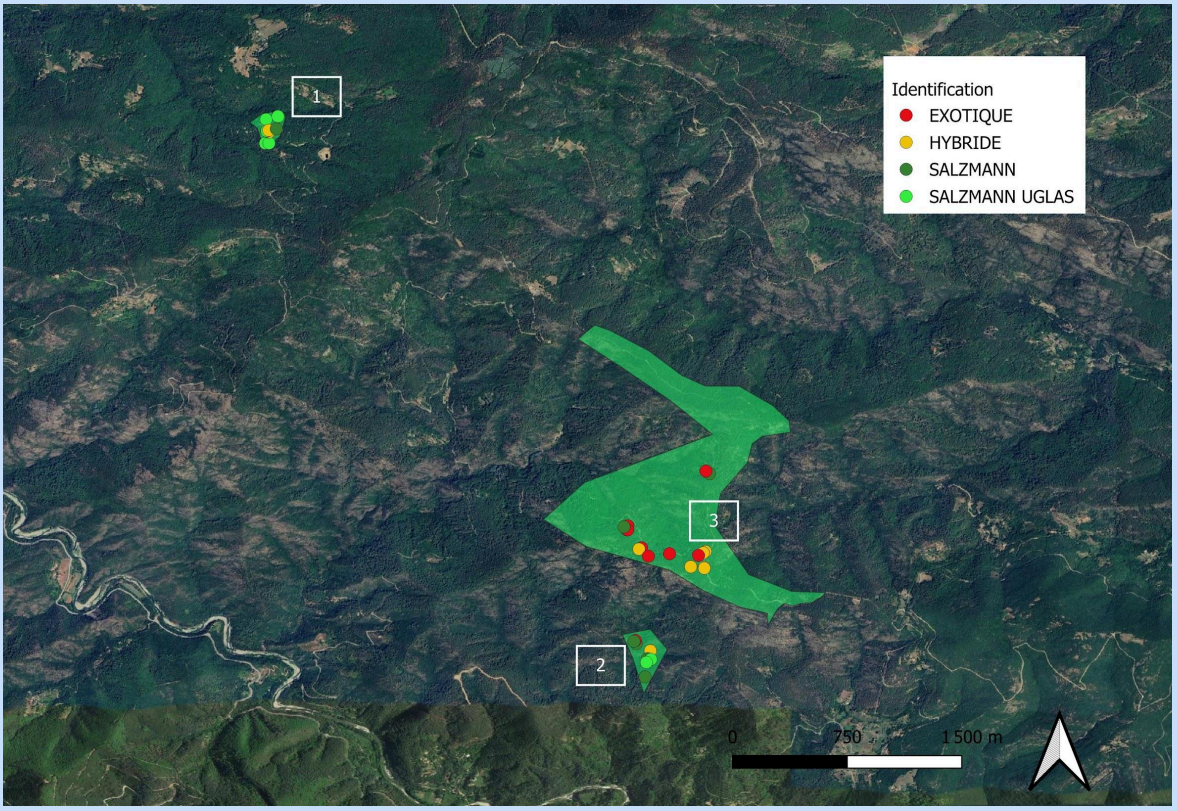


Figure 3: Résultats de l'identification sur les secteurs probables.
[1] : zone n°1 ; [2] : zone n°2 ; [3] : zone n°3.
Vert : secteurs probables ; violet : secteur aire de répartition

3.3 Taux de présence des pins de Salzmann dans le peuplement ancien

Dans la zone du peuplement ancien, 317 pins ont été analysés. Sur ces arbres, 96.7 % sont des pins de Salzmann et 2.1 % sont des hybrides.

Parmi les 317 échantillons, 245 sont des arbres adultes mis en place après 1860. Parmi ces 245, 98 % sont de la sous-espèce Pin de Salzmann, 1.2% sont des hybrides et 0.8 % n'ont pas pu être déterminés.

Enfin, parmi ces 317 prélèvements, 72 sont des semis, dont 92 % sont des pins de Salzmann, 7% sont des hybrides et 1 % n'ont pas pu être déterminés (Fig. 4).

Ainsi, dans le peuplement ancien, 98 % des adultes établis après 1860 sont des pins de Salzmann. De plus, 92 % des semis sont de la sous-espèce Salzmann dans le peuplement ancien, ce qui démontre un renouvellement de l'habitat. La conservation de l'habitat Pinède à Pin de Salzmann semble donc assurée. Enfin, la présence de semis hybrides indique l'existence d'hybridation récente entre pins noirs.

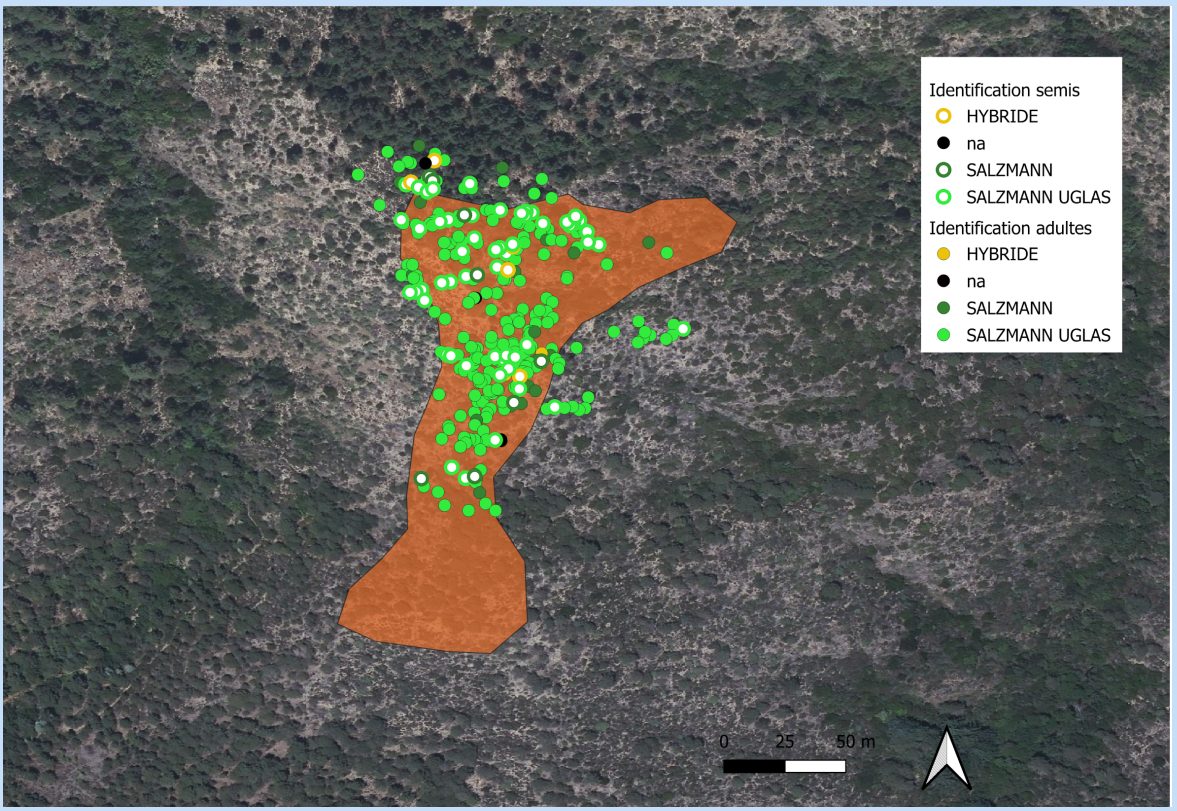


Figure 4 : Résultats de l'identification sur le secteur ancien

4. Perspectives

4.1 Perspectives d'études scientifiques

De nombreuses connaissances et processus sont encore à comprendre et à approfondir à propos de la biologie du Pin de Salzmann et plus globalement des interactions entre pins noirs. C'est pourquoi les études scientifiques apparaissent comme essentielles. L'unité de recherche INRAE écologie des forêts méditerranéennes (URFM) d'Avignon travaille en collaboration avec l'ONF (département R&D) sur la modélisation des flux de gènes afin d'estimer un seuil à partir duquel le taux d'hybridation d'une population entraînerait un risque pour la conservation du Pin de Salzmann.

Également, un travail est réalisé afin d'étudier l'influence de la distance entre les pins noirs d'Autriche et laricio, et le Pin de Salzmann sur l'effectivité de leur hybridation (projet européen Optforests).

En ce qui concerne le site Natura 2000, l'identification de nouveaux secteurs soulève un questionnement vis-à-vis de la continuité entre les peuplements de Pin de Salzmann. Existe-t-il des échanges génétiques entre ces peuplements ?

4.2 Perspectives de gestion sur le site Natura 2000

Afin de tendre vers la conservation de l'habitat pinède à pin de Salzmann, différentes actions de gestion sont en cours et en développement sur le site Natura 2000.

Le Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie a notamment acquis 6.5 ha au niveau du col d'Uglas, avec une perspective de 15 ha supplémentaire suite à une action d'animation foncière réalisée avec le site Natura 2000. Ces acquisitions permettront une préservation de l'habitat et la réalisation d'actions de gestion concrètes (conversion des pins exotiques, hybrides…), durables et suivies en faveur de la conservation de la pinède à pin de Salzmann.

Également, un contrat Natura 2000 porté par la communauté de communes des Cévennes-au-Mont-Lozère a été mis en place pour réaliser une plantation de Pin de Salzmann, en collaboration avec l'INRAE d'Avignon et l'ONF. Ce sont un peu plus de 300 pins qui ont été plantés et qui sont des greffons des 45 plus vieux arbres du col d'Uglas (établis après 1860), dans une optique de préservation de la ressource génétique. Les plantations ont été réalisées en 2019 et 2022 et sont suivies.

L'hybridation étant une menace pour la conservation des pins de Salzmann, réduire ou limiter le taux d'hybridation semblerait une mesure de gestion efficace en convertissant les peuplements de Pin laricio ou d'Autriche qui se trouvent à une distance proche. Également, un travail pour conserver le patrimoine génétique authentique de ces arbres pourrait être réalisé en éliminant les individus hybrides et exotiques à travers des contrats Natura 2000 ou des chantiers bénévoles, par exemple.

Enfin, à terme l'obtention d'une labellisation en peuplement classé pour la récolte de graines pourrait permettre une gestion pérenne du patrimoine génétique de ces arbres dans un objectif d'utilisation. L'obtention du statut d'unité de conservation (UC) des ressources génétiques du pin de Salzmann de la Commission Ressources Génétiques Forestières (CRGF) et son inscription au registre national serait idéal dans un objectif de conservation pérenne.

5. Conclusion

Pour conclure, le lien entre les différents organismes paraît essentiel pour concourir à la conservation de la pinède

à Pin de Salzmann. Les collaborations étroites entre les organismes de recherche, les gestionnaires et les collectivités ont permis de faire évoluer les connaissances et ont permis de mener des actions de conservation. En effet, grâce à l'INRAE d'Avignon de nombreuses études et recherches sont effectuées sur le Pin de Salzmann, la commune de Mialet a mis en place un outil appelé « zone de préemption espaces naturels sensibles » et les gestionnaires (Conservatoire d'espace naturel d'Occitanie, Office National des Forêts, Communauté de communes des Cévennes au Mont Lozère...) réalisent ou vont réaliser des actions de gestion et de conservation. Le tout, dans l'objectif de conserver cet habitat Natura 2000 d'intérêt communautaire et prioritaire à l'échelle de l'Europe : la pinède à Pin de Salzmann.

6. Références Bibliographiques

- Fady B., Cambon D., Royer J. 2011. Conserver les ressources génétiques du pin de Salzmann en France (*Pinus nigra salzmanni*). Ministère de l'Agriculture et de la Pêche - DGPAAT 19, avenue du Maine - 75732 Paris cedex 15. 4 pages (https://agriculture.gouv.fr/sites/default/files/documents/pdf/Fiche_Conservation Pin_de_Salzmann_cle8a6db7.pdf)

- Piry S, Alapetite A, Cornuet J-M, Paetkau D, Baudouin L., Estoup A 2004. GeneClass2: A Software for Genetic Assignment and First-Generation Migrant Detection. Journal of Heredity 95, 536-539.

- Pritchard JK, Stephens M, Donnelly P, 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics, 155, 945–959.

- Scotti-Saintagne, C., Fady, B., Roig, A., Touhami, N., Pringarbe, M., et al.. Expertise génétique pour l'identification taxonomique (au niveau sous espèce) de quatre cent cinquante arbres appartenant à l'espèce *Pinus nigra* Arnold dans la Vallée de Mialet (Gard). INRAE URFM; UEFM. 2022. ⟨hal-04770866⟩

- Scotti-Saintagne, C., de Sousa Rodrigues, A., Roig, A., & Fady, B. (2023). A comprehensive strategy for the conservation of forest tree genetic diversity: an example with the protected *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco in France. Conservation Genetics, 1-12.

- UICN France, 2018. La Liste Rouge des Écosystèmes en France - Chapitre Forêts méditerranéennes de France métropolitaine, Paris, France.

Il était une fois les vieilles prairies mésophiles, des écosystèmes indispensables oubliés

Pornon André[1] , Martin Gabrielle[1] et Andalo Christophe[1]

[1] *Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement, UMR 5300 CNRS-UPS-IRD-INP; Université Toulouse III-Paul Sabatier, 118 Rte de Narbonne, F-31062 Toulouse cedex 04. E-mails : andre.pornon@univ-tlse3.fr ; gabrielle.martin@univ-tlse3.fr ; christophe.andalo@univ-tlse3.fr.*

Mots clés : Prairie ancienne, old-growh concept, diversité et richesse spécifique, santé des pollinisateurs, microbiote intestinal, *Bombus terrestris*.

Résumé :

Les prairies paléarctiques comptent parmi les écosystèmes présentant la plus grande diversité végétale à petite échelle. Le concept de « forêt ancienne » (old-growh forest) a récemment été élargi aux prairies anciennes (PA). Ce concept (old-growth concept) prédit que les PA possèdent des traits spécifiques qui les distinguent des prairies jeunes (PJ). Nous montrons effectivement que les PA ont une composition floristique unique, avec une plus grande proportion d'espèces vivaces dotées d'organes souterrains impliqués dans diverses fonctions (stockage, croissance clonale, banques de bourgeons), ainsi qu'une richesse, une diversité et une équitabilité des espèces nettement supérieures à celles des PJ. Nous démontrons également que les PA sont indispensables à la santé des pollinisateurs, à la diversité et à l'équilibre de leur microbiote intestinal. Devenues rares et gravement menacées, et compte tenu de leur valeur écologique et culturelle considérable, les PA doivent être inventoriées et protégées d'urgence.

Abstract :

The Palearctic grasslands are among the ecosystems with the highest small-scale plant diversity. The "old-growth" concept has recently been extended to ancient natural grasslands (AG). It predicts that the AG have a set of specific traits that distinguish them from young grasslands (YG). We show that AG indeed have a unique floristic composition with more perennial species with underground organs involved in various functions (storage, clonal growth, bud banks) as well as significantly greater species richness, diversity, and evenness than YG. We also demonstrate that AG are essential for pollinator health, supporting the diversity and balance of their gut microbiota. Now rare and severely threatened, and given their considerable ecological and cultural value, AG must be urgently inventoried and protected.

Photo A : Prairie de fauche mésophile diversifiée âgée de plus d'un siècle sur la commune Le Grés.

1. Introduction

Les prairies paléarctiques comptent parmi les écosystèmes présentant la plus grande diversité végétale et pouvant parfois, à petite échelle, abriter une diversité de plantes vasculaires plus élevée que celle des forêts tropicales (Wilson et *al.*, 2012). Cependant, elles sont largement sous-représentées parmi les points chauds de biodiversité (Dengler, 2014). En Europe, les prairies permanentes (existant depuis au moins 5 ans ; UE, 2004) ont constitué pendant des siècles une ressource essentielle pour l'alimentation du bétail, en tant que pâturages et prairies de fauche. Cette utilisation ancienne, continue et extensive est la principale raison de leur haute biodiversité (Pärtel et *al.*, 2007). Cependant, l'intensification agricole et l'expansion forestière ont drastiquement réduit leur aire de répartition. Entre 1967 et 2007, la France a ainsi perdu 33 % de ses prairies permanentes (Peyraud et *al.*, 2014). La fertilisation chimique, le pâturage intensif, les fauches précoces et la pollution azotée atmosphérique ont considérablement appauvri la flore des prairies restantes, favorisant les Poacées au détriment des herbacées Eudicotylédones, indispensables à de nombreux organismes, en particulier aux pollinisateurs.

De nombreuses études sur les prairies ont permis de différencier de nombreux types en fonction de la variabilité des conditions abiotiques. En revanche, dans le monde, et particulièrement en France, très peu de travaux ont porté sur l'impact de l'âge des prairies sur leurs caractéristiques fonctionnelles. Veldman et *al.* (2015) ont récemment élargi le concept de « forêt ancienne » (old-growh forest) aux prairies naturelles anciennes (PA), en soulignant que, si les premières ont été intensivement étudiées, on sait relativement peu de choses sur les secondes. Ces auteurs ont prédit des caractéristiques spécifiques aux PA en termes de richesse spécifique, de diversité, de taux d'endémisme et de traits de fonctionnels sélectionnés par le pâturage et les incendies récurrents. En examinant 31 études comparant des PA à des prairies récentes, Nerlekar & Veldman (2020) ont confirmé les prédictions de Veldman et *al.* (2015). La plupart des données utilisées par ces auteurs provenait cependant d'études sur la restauration des prairies, illustrant ainsi la rareté des travaux ayant considéré le temps d'assemblage comme une facteur pertinent de l'écologie des prairies. Ici, nous comparons les caractéristiques structurelles et fonctionnelles de prairies de fauche mésophiles d'âges contrastés, ainsi que leurs impacts sur la santé et le microbiote intestinal des insectes pollinisateurs.

2. Etude des prairies de fauche mésophiles d'âges contrastés des Vallées et Coteaux de Gascogne (Pornon & Andalo 2023)

2.1. Eléments de méthodologie

Nous avons étudié 15 prairies semi-naturelles mésophiles anciennes (PA : >77 ± 8,3 ans), 12 d'âge intermédiaire (PI : 23 ± 5,6 ans) et 11 jeunes (PJ : 10 ± 4,4 ans). Onze sites comportaient le trio PA, PI, PJ. Un tel dispositif en blocs permet de réduire autant que possible l'impact des facteurs non contrôlés dans l'expérience. Quatre sites comprenaient uniquement une PA et un site une PI. L'âge des prairies a été déterminé en croisant les informations fournies par

les agriculteurs et l'analyse de photographies aériennes, disponibles sur le site de l'IGN «remonter le temps» (https://remonterletemps.ign.fr). Les indices écologiques d'Ellenberg, concernant l'humidité, la fertilité et le pH du sol ont permis de confirmer la mésophilie des prairies. Pour chacune d'elles, nous avons documenté l'altitude, la pente, l'exposition, la surface et le mode de gestion (cf. Pornon & Andalo, 2023 pour plus de détails). De mémoire d'homme, les PA ont toujours été soumises à des pratiques extensives c'est-à-dire fauchées une fois par an sans fertilisant artificiel, mais recevant occasionnellement un faible apport de fumier et/ou les déjections des troupeaux en automne, lors du pâturage du regain. Les PI et PJ étaient également gérées de manière extensive comme prairies de fauche non fertilisées ou, plus rarement, comme jachères. Un tiers d'entre elles (4 PI et 3 PJ) était issu de semis.

Dans chaque prairie, nous avons réalisé en mai un inventaire floristique dans dix quadrats de 1 m^2, estimé le recouvrement de chaque espèce et compté le nombre d'unités florales (fleurs ou têtes fleuries pour les espèces à inflorescences compactes telles que *Trifolium sp.* ou *Centaurea sp.*) des espèces entomophiles. Nous avons compilé les traits fonctionnels des plantes, à savoir la durée de vie (annuelle, bisannuelle, vivace), la présence/absence d'organes souterrains de propagation végétative, de stockage ou de banques de bourgeons, à partir des bases de données Ecoflora (http://ecoflora.org.uk/), BioFlor (https://www.ufz.de/biolflor/index.jsp) et Pladias (https://pladias.cz/).

2.2. Principaux résultats

Nos résultats confirment les prédictions de Veldman et *al.* (2015) ainsi que les conclusions de Nerlekar et Veldman (2020). En effet, les PA présentent une flore spécifique (Fig 1), avec une richesse 34 et 43 % plus élevée au mètre carré par rapport aux PI et PJ, respectivement. Elles abritent des espèces indicatrices d'ancienneté, dont le nombre augmente avec l'âge de la prairie, telles qu'*Anacamptis morio*, *Briza media*, *Carex caryophyllea*, *Luzula campestris* et *Rhinanthus angustifolius*.

Les PA présentent une abondance florale trois fois supérieure et un meilleur équilibre dans l'abondance des espèces avec une diversité α plus élevée, mesurée par les indices de Shannon (H') et d'équitabilité (J), en particulier entre les Eudicotylédones et les Poacées, ces dernières étant surreprésentées dans les prairies intermédiaires (PI) et jeunes (PJ). De plus, les PA montrent une plus grande homogénéité entre elles que les prairies plus jeunes, indiquant une diversité β plus faible (Fig. 2). Elles se caractérisent également par une proportion plus élevée d'espèces pérennes dotées de traits fonctionnels tels que des banques de bourgeons hypogés, des organes de croissance clonale et de stockage souterrains, probablement sélectionnés par la récurrence de la fauche.

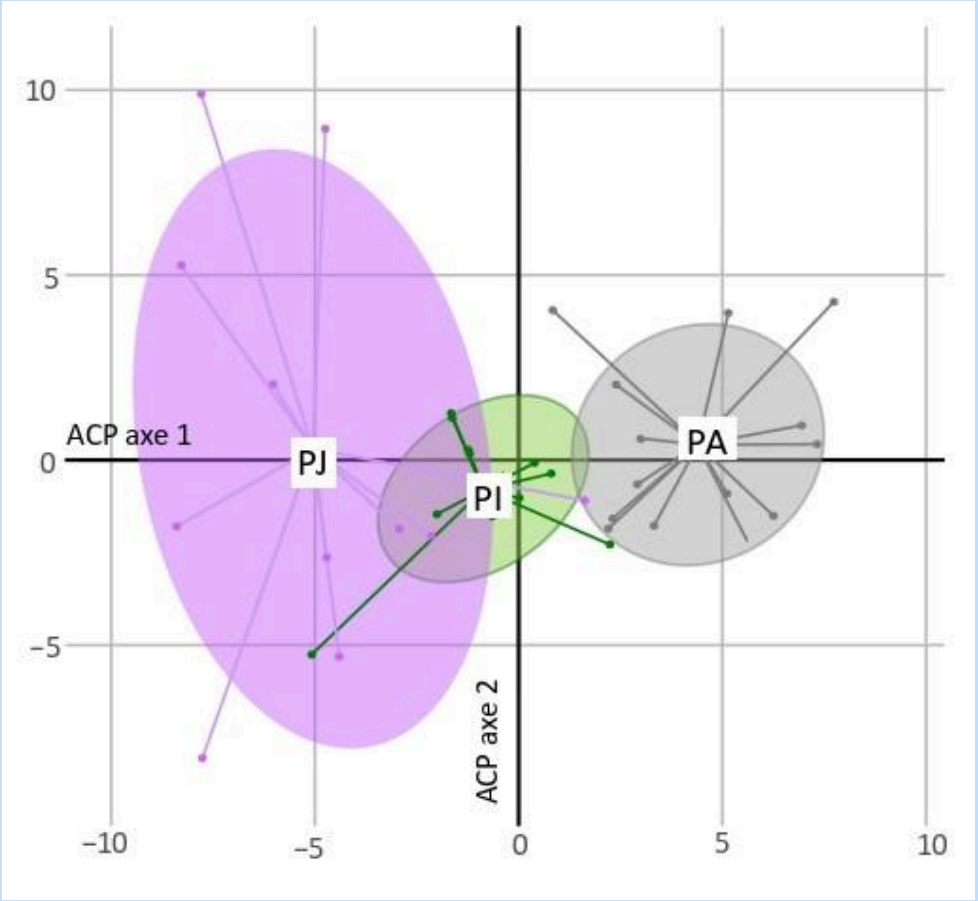


Figure 1 : Position sur les deux premiers axes de l'analyse en correspondances principales des prairies de fauches mésophiles anciennes (PA), intermédiaires (PI) et jeunes (PJ) sur la base de leur composition floristique.

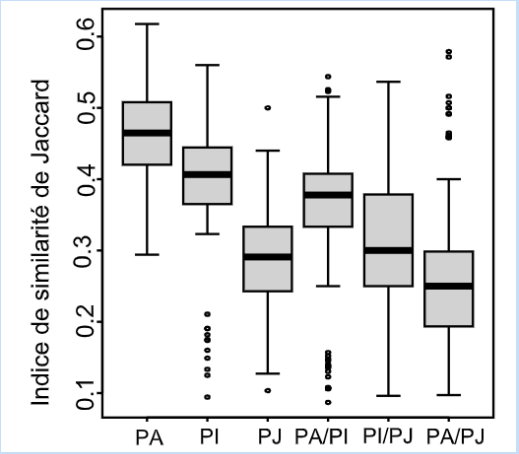


Figure 2 : Indices de similarité de Jaccard au sein des prairies anciennes (PA), intermédiaires (PI) et jeunes (PJ), ainsi qu'entre les prairies des trois catégories d'âge.

2.3. Discussion

Notre étude révèle une remarquable singularité des PA de fauche mésophiles, comparées aux prairies plus jeunes, malgré des pratiques agricoles similaires. Plusieurs facteurs expliquent la richesse et la particularité de ces PA :

(1) Ces PA abritent probablement les derniers vestiges de la flore prairiale indigène de la région biogéographique atlantique, datant d'avant l'avènement de l'agriculture, il y a environ 7 000 ans. Des prairies similaires, autrefois répandues en Angleterre, n'occupent aujourd'hui plus que 6 000 hectares (Peterken, 2013). Leur richesse en

Eudicotylédones pourrait être un héritage de la « steppe des Mammouths » de l'âge glaciaire, structurée par les mégaherbivores et dominée par ce type de plantes. Cette biodiversité aurait perduré dans les prairies naturelles disséminées dans les forêts après la glaciation, maintenues par les grands troupeaux d'herbivores sauvages (bisons, chevaux, aurochs, cervidés) et les incendies. Avec l'arrivée des premiers agriculteurs du Moyen-Orient, ces espaces herbacés furent investis par les cultures et les pâturages, et les défrichements créèrent de nouveaux espaces ouverts, favorables à cette flore. Dans le nord de l'Europe, un lien a été établi entre la diversité floristique des prairies d'un côté et l'ancienneté et la continuité de l'occupation humaine depuis l'âge de bronze de l'autre (Pärtel et *al.*, 2007).

(2) Cette biodiversité a perduré grâce à une gestion traditionnelle et un savoir-faire paysan qui ont peu changé depuis le Moyen Âge, voire depuis l'âge du bronze jusqu'au XVIIIe siècle. Depuis des temps immémoriaux, les prairies sont : (i) fauchées une ou deux fois par an et pâturées en automne sur le regain et parfois au printemps jusqu'en avril ; (ii) amendées en fumier tous les trois ou quatre ans (conformément à certains baux), parfois en phosphate naturel, chaux ou charrées (cendres issues des lessives) ; (iii) souvent sursemées avec des fenasses (fonds de granges et de fenils) ou laissées à grainer par une fauche tardive afin de renouveler la végétation (Boitel, 1889). Toutes ces pratiques permettent le maintien de la diversité végétale.

(3) Conformément à l'ancien adage « qui a du foin a du pain » les prairies ont toujours été présentes dans les fermes, ne serait-ce que pour nourrir les animaux de trait. Traditionnellement, les parcelles étaient ensemencées avec des fenasses achetées ou récoltées dans la ferme. Jusqu'aux années 1950, les semis étaient exclusivement multispécifiques (Capitaine et *al.*, 2008), contenant souvent de nombreuses espèces non désirées (Boitel, 1889). Par ailleurs, le réseau de petites fermes de polyculture-élevage et le maillage de prairies favorisaient leur renaturation par la dispersion naturelle des graines entre parcelles voisines mais aussi via le fumier et le déplacement des troupeaux.

(4) Finalement, le temps long augmente les possibilités d'assemblage de taxons ayant des niches complémentaires et le développement d'interactions positives entre plantes, micro organismes du sol, arthropodes, vertébrés, etc. au sein de réseaux fonctionnels complexes (Mariotte, 2014). Cette longue durée d'assemblage favorise également une 'complétude' de la communauté, soit une représentation optimale des espèces du pool régional (Pärtel et *al.*, 2013). C'est pourquoi, en cas de destruction, les PA mettent des décennies, voire des siècles, à retrouver leur richesse et composition d'origine (Nerlekar & Veldman, 2020).

Les PA mésophiles représentent un patrimoine naturel et un héritage culturel exceptionnel, aujourd'hui méconnu et en voie de disparition. Contrairement aux prairies humides et calcicoles, elles ne bénéficient souvent d'aucune mesure agroenvironnementale en dehors des zones protégées. Elles pourraient pourtant jouer un rôle crucial si la loi de restauration de la nature venait à être appliquée et si l'agriculture biologique était encouragée, comme

réservoirs de biodiversité (semences, micro-organismes du sol) et habitats essentiels pour la plupart des auxiliaires des cultures. Bien que souvent moins productives que les prairies semées, elles sont peu coûteuses à entretenir et résistent mieux aux aléas climatiques. Leur foin, riche en molécules bénéfiques, rehausse les qualités organoleptiques des produits fermiers et bénéficie aux herbivores comme aux pollinisateurs.

3. Les prairies anciennes sont indispensables à la santé des pollinisateurs et à l'équilibre de leur microbiote intestinal (Pornon et *al.*, 2024)

3.1. Eléments de méthodologie

Nous avons sélectionné 8 PA (> 80 ± 8.8 ans) et 8 PJ (18.5 ± 11.2 ans) parmi les prairies étudiées précédemment. Dans chacune d'elles, nous avons installé une cage (longueur : 8 m ; largeur : 2 m ; hauteur 1,5 m) contenant une ruchette avec 30 ouvrières et une reine de Bourdon terrestre (*Bombus terrestris*). Les cages sont déplacées tous les 2 jours pendant 15 jours (de J0 à J15) afin de renouveler les ressources florales et maximiser l'exploration de la prairie. A chaque déplacement, les fleurs (ou les têtes fleuries) sont comptées dans deux quadrats de 1 m^2 au sein de chaque cage. L'effet de l'âge des prairies, ainsi que de la richesse et de la diversité florales, est évalué sur la démographie des colonies, l'état de santé et le microbiote des ouvrières.

3.2. Principaux résultats

La richesse et la diversité des ressources florales augmentent avec l'âge des prairies (Fig. 3).

La survie des 30 ouvrières présentes dans les ruchettes au jour J0 augmente significativement avec l'âge des prairies à J15 (Fig. 4a). Dans les PA uniquement, il y existe également une relation positive entre le potentiel de la colonie à produire de nouvelles ouvrières et la masse totale des ouvrières effectivement produites au cours de l'expérimentation (Fig.4b).

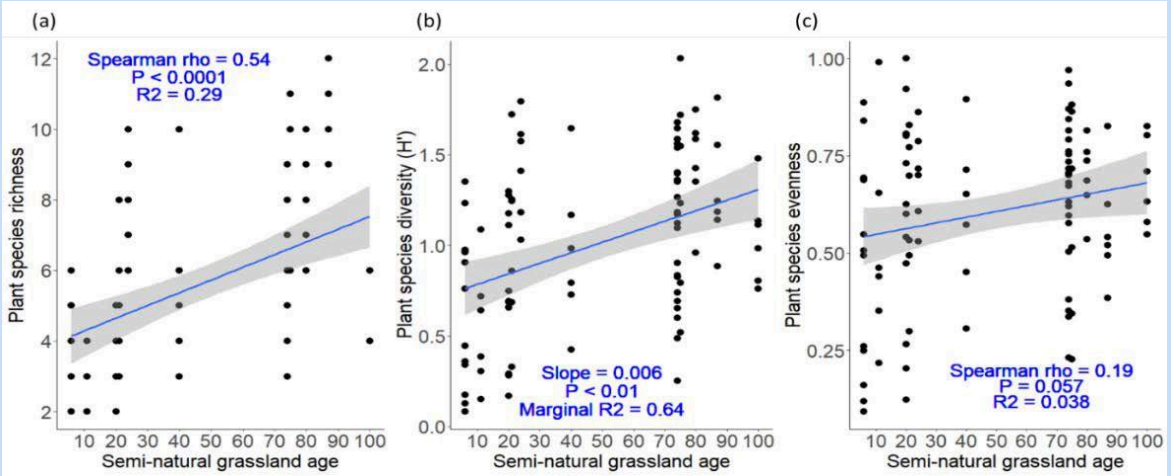


Figure 3 : Relations entre l'âge des prairies et la richesse (a), la diversité (b) et l'équitabilité (c) des ressources florales pour les pollinisateurs.

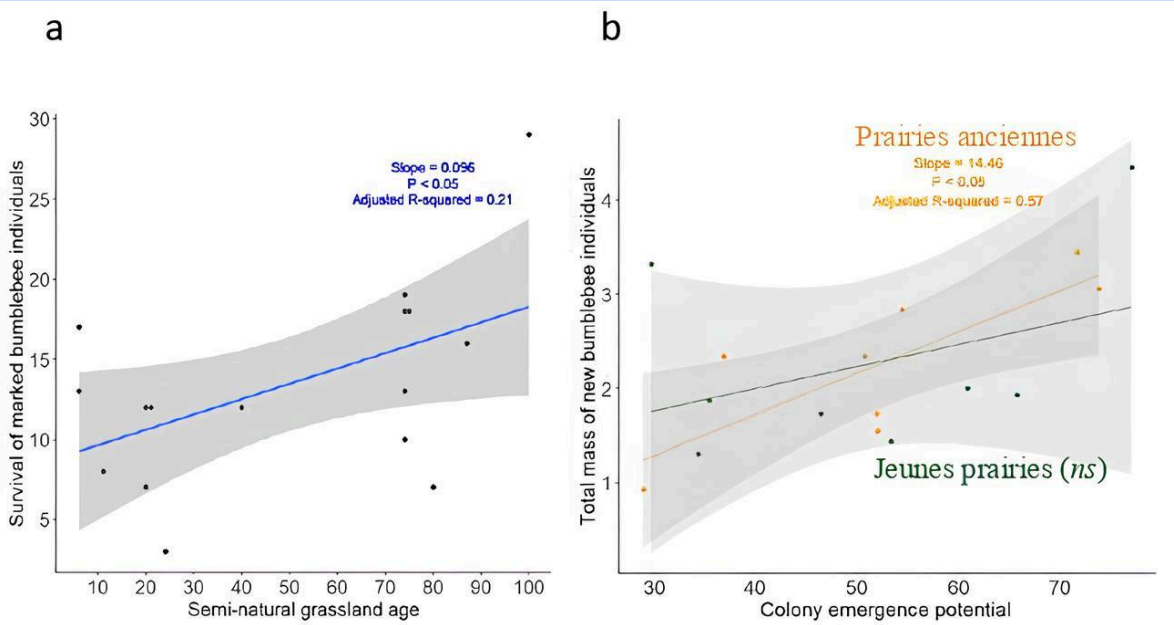


Figure 4 : Démographie des colonies de Bourdons. (a) Relation entre l'âge des prairies et la survie des 30 ouvrières présentes dans la ruchette au début de l'expérimentation (J0) ; (b) Relation entre le potentiel des colonies à produire de nouveaux individus (Colony emergence potentiel) et la masse totale de nouvelles ouvrières produite.
ns : relation non significative.

La taille, la masse et les réserves lipidiques des bourdons ne sont pas directement liées à l'âge des prairies, mais sont influencées positivement par l'abondance des plantes à fleurs ou inflorescences actinomorphes, telles que les centaurées (*Centaurea decipiens*), dont l'abondance augmentent significativement le long du gradient d'âge.

La composition du microbiote intestinal des individus a changé au cours de l'expérience, avec une diminution, dans les PJ, de taxa microbiens « clés » naturellement abondants chez les bourdons. Ces taxa, tels que *Gilliamella*, *Bombiscardovia* et *Bifidobacterium*, sont supposés jouer un rôle important dans la santé des pollinisateurs.

A l'inverse, l'abondance du taxon « clé » *Bombilactobacillus* a augmenté dans les PA, où l'on observe également une relation positive entre la diversité florale et l'abondance de taxa « clés » tels que *Bombiscardovia*, *Bifidobacterium* et *Snodgrassella*.

Ces changements de composition microbiennes ont entraîné : (i) une diminution de la diversité du microbiote intestinal (Fig. 5 ; Diversité α) dans les PJ et (ii) une divergence interindividuelle accrue des microbiotes (Diversité β, non montrée). Ces deux paramètres sont restés stables dans les PA.

3.3. Discussion

Bien que la richesse et la diversité florale augmentent avec l'âge des prairies, aucun lien direct n'a été observé entre la diversité florale et la survie des bourdons. Cependant, la taille et la masse corporelle ainsi que les réserves lipidiques des bourdons étaient

significativement liées à l'abondance d'espèces actinomorphes, en particulier *Centaurea decipiens*, *Leucanthemum vulgare* et *Jacobea vulgaris*, dont l'abondance augmente avec l'âge des prairies. *J. vulgaris* et *Centaurea spp.* sont connues pour produire de grandes quantités de nectar (Lundgren et *al.*, 2013; Hicks et *al.*, 2016), ce qui peut contribuer à augmenter les réserves lipidiques des insectes, essentielles pour leurs survie, leur reproduction et leur immunité (Arrese & Soulages, 2010; Alaux et *al.*, 2010), ainsi que pour la composition de leur microbiote intestinal (Jones et *al.*, 2018).

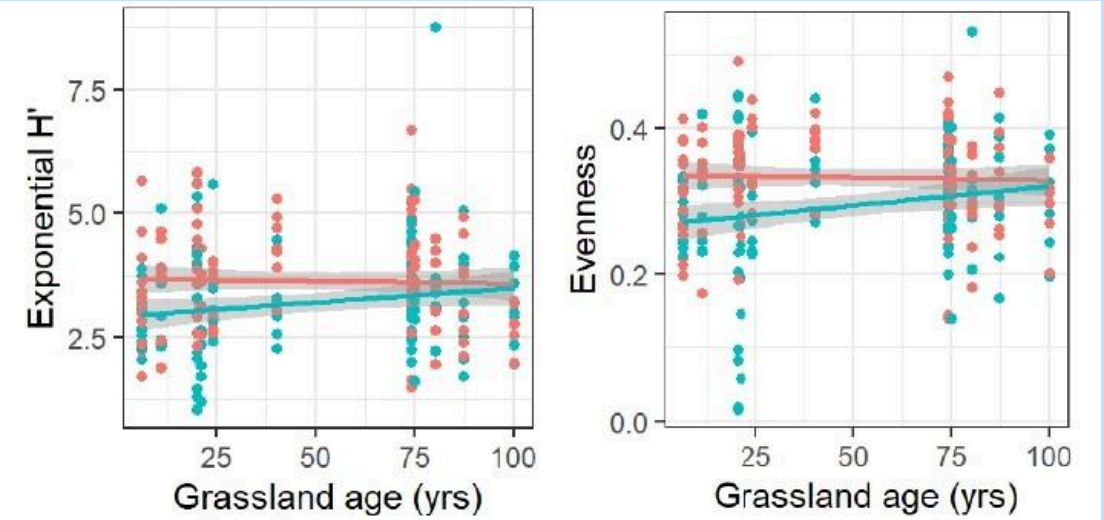


Figure 5 : Diversité spécifique (H') et équitabilité (Evenness) du microbiote intestinal en fonction de l'âge des prairies de bourdons prélevés à J0 (orange) et à J15 (bleu).

L'âge des prairies et la diversité florale ont des conséquences importantes pour la composition, la diversité α et la diversité β du microbiote intestinal des bourdons. La diversité α était plus élevée et plus stable dans les PA que dans les PJ. L'abondance et la diversité des eudicotylédones dans les PA, ainsi que les nombreux composés phytochimiques qu'elles contiennent, ont probablement contribué à la stabilité du microbiote intestinal et à la survie accrue observée dans ces habitats. Ainsi, dans les PA, la diversité florale a eu un effet positif sur certains taxons « clés », tels que *Bombiscardovia*, *Bifidobacterium*, et *Snodgrassella*, illustrant l'importance de la diversité végétale pour la diversité du microbiote.

La diminution de la diversité α dans les PJ au cours de l'expérience était associée à une baisse significative de la fréquence et de l'abondance des symbiotes « clés » *Gilliamella*, *Bombiscardovia* et *Bifidobacterium*.

La diversité β microbienne a augmenté dans les PJ, suggérant une plus grande hétérogénéité des microbiotes des bourdons en fin d'expérience. Cette plus grande hétérogénéité pourrait résulter de stress et/ou perturbations dans les PJ, induisant des changements stochastiques dans le microbiote, un phénomène couramment observé dans les microbiotes d'animaux soumis à un stress connu sous le nom de « principe Anna Karénine », en référence à la phrase du roman éponyme de Tolstoy

"Toutes les familles heureuses se ressemblent ; chaque famille malheureuse l'est à sa façon" (Zaneveld et *al.*, 2017).

En général, la diminution de l'uniformité et de la diversité du microbiote intestinal, la baisse de l'abondance de taxons « clés » bénéfiques et les changements stochastiques de composition du microbiote dans les PJ suggèrent que ces habitats induisent des altérations dysbiotiques. Cette dysbiose pourrait nuire aux bourdons, car les bactéries intestinales, en particulier les principaux symbiotes, jouent des rôles cruciaux dans le métabolisme, l'immunité, l'absorption des nutriments, la croissance, le développement et la défense contre les pathogènes. La diminution ou la perte de *Bombiscardovia*, *Bifidobacterium* et *Gilliamella* pourrait ainsi expliquer la survie réduite des bourdons dans les PJ et les changements observés dans les diversités α et β. Par exemple, *Bifidobacterium* peut métaboliser une large gamme de glucides produits par les plantes (Raymann & Moran, 2018), y compris l'hémicellulose (Zheng et *al.*, 2019), contribuant ainsi à la nutrition de l'hôte. De récentes recherches suggèrent que *Gilliamella* et *Lactobacillus* participent à la régulation des neurotransmetteurs modulant les comportements des abeilles via la sensibilité olfactive (Zhang et *al.*, 2022). Compte tenu de la relation positive observée dans les PA entre la diversité florale et l'abondance de certains taxons « clés », il est possible que la faible diversité florale des PJ, offrant une gamme plus étroite de types de pollen et de nectar, ait contribué à cette dysbiose.

4. Conclusion

Nos résultats soulignent l'originalité, la grande richesse floristique et la haute diversité spécifique des PA ainsi que le rôle crucial de l'âge des prairies sur : (i) la survie des pollinisateurs, (ii) l'abondance de symbiotes essentiels influencés par la diversité florale, et (iii) les diversités α et β du microbiote intestinal des bourdons. Tous ces paramètres augmentent significativement avec l'âge des prairies, ce qui met en lumière l'importance écologique des PA riches en espèces entomophiles pour les pollinisateurs. Nos conclusions soulignent l'impérieuse nécessité de protéger les PA, des habitats peu étudiés malgré leur raréfaction et leur grande valeur écologique et culturelle.

5. Remerciements

Nous remercions Anne-Sophie Benoiston, Nathalie Escaravage, Mathieu Lihoreau, Blandine Mahot-Castaing, Lucie Moreau, Sophie Oberbach, Lila Rigolot & Joël White pour leurs participations aux différentes étapes de ces travaux.

6. Références Bibliographiques

- Alaux C., Ducloz F, Crauser D. & Le Conte, Y. 2010 - Diet effects on honeybee immunocompetence. Biol. Lett. 6: 562–565.

- Arrese E.L. & Soulages J.L. 2010- Insect fat body: Energy, metabolism, and regulation. Annu. Rev. Entomol. 55 : 207–225.

- Boitel A. 1889 - herbages et prairies naturelles. https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6434197w.textelmage

- Capitaine M. et *al.* 2008 - Les prairies multispécifiques en France : histoire, réalités et valeurs attendues. Fourrages 194: 123-136

- Dengler J., Janišová M., Török P. & Wellstein C. 2014 - Biodiversity of Palaearctic grasslands: A synthesis. Agri. Eco. Env. 182: 1–14.

- EU 2004 - Commission Regulation (EC) No 796/2004 of 21 April 2004 laying down detailed rules for the implementation of cross-compliance, modulation and the integrated administration and control system provided for in of Council Regulation (EC) No 1782/2003 establishing common rules for direct support schemes under the common agricultural policy and establishing certain support schemes for farmers.

- Hicks D.M., Ouvrard P. & Baldock K.C.R. 2016 - Food for Pollinators: Quantifying the nectar and pollen resources of urban flower meadows. PLoS ONE, 11(6): e0158117. Jones J.C., Fruciano C., Hildebrand F., Toufalilia H.A., Balfour N.J., Bork P. et *al.* 2018 - Gut microbiota composition is associated with environmental landscape in honey bees. Ecol. Evol. 8: 441–451.

- Lundgren R., Lázaro A., & Totland, Ø. 2013 - Experimental pollinator decline affects plant reproduction and is mediated by plant mating system. J. Poll. Ecol. 11: 46–56. Mariotte P. 2014 - Do subordinate species punch above their weight? Evidence from above-and below-ground. New Phytol. 203 (1): 16–21.

- Nerlekar A.N. & Veldman J.W. 2020 - High plant diversity and slow assembly of old-growth grasslands. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 117 (31): 18550–18556.

- Pärtel M., Helm A., Reitalu T., Liira J. & Zobel M. 2007 - Grassland diversity related to the Late Iron Age human population density. J. Ecol. 95: 574–582.

- Pärtel M., Szava-Kovats R. & Zobel M. 2013 - Community completeness: linking local and dark diversity within the species pool concept. Folia Geobot. 48 (3) : 307–317. Peterken G. 2013- Meadow. Bloomsbury wildlife, Ireland.

- Pornon A. & Andalo C. 2023 - Using the old-growth concept to identify old species-rich semi natural grasslands. Ecol. Ind. 155: 110953.

- Pornon A., Benoiston A.-S., Escaravage N., Lihoreau M., Mahot-Castaing B., Martin G., Moreau L. & White J. 2024 - Species-rich old grasslands have beneficial effects on the health and gut microbiome of bumblebees. Funct. Ecol. doi: 10.1111/1365-2435.14705

- Peyraud J.L., Peeters A. & De Vliegher A. 2012 - Place et atouts des prairies permanentes en France et en Europe. Fourrages 211:195-204.

- Raymann K. & Moran N.A. 2018 - The role of the gut microbiome in health and disease of adult honeybee workers. Curr. Opin. Insect Sci. 26: 97–104.

- Veldman J.W., Buisson E., Durigan G., Fernandes G.W., Le Stradic S., Mahy G., Negreiros D., Overbeck G.E., Veldman R.G., Zaloumis N.P., Putz F.E. & Bond W.J. 2015 - Toward an old-growth concept for grasslands, savannas, and woodlands. Front. Ecol. Environ. 13: 154– 162.

- Wilson J.B., Peet R.K., Dengler J. & Partel M. 2012 - Plant species richness: the world records. J. Veg. Sci. 23: 796–802.

- Zaneveld J.R., McMinds R., & Vega Thurber R. 2017- Stress and stability: applying the Anna Karenina principle to animal microbiomes. Nat. Microbiol. 2: 17121.

- Zhang Z., Mu X., Shi Y. & Zheng H. 2022 - Distinct roles of honeybee gut bacteria on host metabolism and neurological processes. Microbiol. Spectr. 10(2): e02438-21. Zheng H., Perreau J., Powell J.E., Han B., Zhang Z., Kwong W.K. et *al.* 2019 - Division of labor in honey bee gut microbiota for plant polysaccharide digestion. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 116: 25909-25916.

Quel avenir pour les roselières littorales de l'Occitanie ?

Antoine Segalen[1], Guilhem Duvergé[2]

[1] *Parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée, domaine du Grand Castélou, 11100 Narbonne. Email : A.segalen@pnrnm.fr*

[2] *ADENA. guilhem.duverge@adena-bagnas.f. Domaine du grand Clavelet, Route de Sète, 34 300 Agde.*

Mots clés : roselière, avenir, méditerranée, narbonnaise, castélou, biodiversité, passereaux paludicoles, avifaune, anoxie, salinité, ressource en eau, menaces

Résumé :

Un exemple de prospective à l'échelle régionale via le projet ROSELIÈRES et une application concrète : la roselière du Petit Castélou sur le territoire du Parc naturel régional de la Narbonnaise en Méditerranée.

Ce projet « ROSELIERES », porté actuellement par l'ADENA, vise à assurer une gestion adaptée des roselières littorales méditerranéennes afin d'y maintenir un capital biodiversité dans un contexte de changement global.

En effet, en Occitanie, le constat est assez inquiétant, avec une forte vulnérabilité identifiée pour 60% des roselières du territoire (les principaux facteurs de risques étant les intrusions salines et le stress anoxique).

Ce projet est testé en particulier sur cinq sites pilotes (Réserve naturelle nationale du Bagnas, Site du Scamandre, Étang de Vendres, Sagnes-d'Opoul) dont la roselière du Petit Castélou située au cœur des marais du Narbonnais du PNR de la Narbonnaise en Méditerranée.

Dans le cadre de ce programme « ROSELIERES » porté par l'ADENA, la roselière du Petit Castélou est site pilote d'étude et le gestionnaire travaille actuellement sur l'optimisation des prélèvements sur la ressource en eau et générer des économies d'eau en contexte de changement climatique en étant au plus près des besoins des plantes (ajustement des volumes et hauteurs d'eau). L'optimisation des calendriers de mise en eau est également une action à l'étude avec des mises en eau plus tardives à l'automne afin de prendre en compte l'allongement de la période d'étiage en année sèche. Des travaux de création de mares ont permis d'améliorer la fonctionnalité hydraulique et écologique de la roselière.

L'avenir des roselières littorales d'Occitanie est un enjeu fort, et ce, pour plusieurs raisons. Les roselières littorales méditerranéennes, étendues monospécifiques de roseau commun (Phragmites australis), fournissent de nombreux bénéfices à l'homme : épuration des eaux, protection contre l'érosion et les crues, frein naturel à la progression du biseau salé, etc. De plus, elles sont indispensables à la conservation de nombreuses espèces d'intérêt communautaire, entièrement dépendantes de cet habitat pour s'y reproduire ou s'y reposer l'hiver. Elles forment également un corridor indispensable pour le transit des espèces depuis leurs zones d'hivernage vers les zones de nidification et inversement. Malgré la vaste répartition du roseau commun à l'échelle mondiale, de nombreuses menaces pèsent sur lui sur le littoral méditerranéen français et on observe une dégradation des roselières sur de nombreux sites.

C'est pour cette raison qu'est né le projet Roselières littorales d'Occitanie (2019-2022) qui a développé une stratégie de conservation à long terme des roselières littorales d'Occitanie grâce à la collaboration de différents partenaires et gestionnaires concernés par ce sujet. Cette initiative a permis de réaliser un état des lieux, d'élaborer un protocole de suivi harmonisé, et d'évaluer les risques climatiques pesant sur ces habitats.

En Occitanie, le constat est assez inquiétant, avec une forte vulnérabilité identifiée pour 60% des roselières du territoire (les principaux facteurs de risques étant les intrusions salines et le stress anoxique). De plus, la portée de cette première phase ne couvrait qu'une partie des roselières littorales de la Méditerranée française. C'est pourquoi le projet a connu une deuxième phase « Projet roselières littorales méditerranéennes » qui introduisait la région PACA dans le projet, afin de voir suivre de manière plus complète la trame turquoise de notre littoral. Mais l'autre atout de ce projet a été de s'intéresser davantage aux effets du changement climatique sur le milieu.

Quatre grands types de menaces liés au changement climatique ont été décrits concernant l'avenir des roselières :

- Le manque d'eau douce
- Les intrusions salines
- Les submersions marines
- L'artificialisation

Pour chacune de ces menaces, des outils ont été développés afin de suivre ces risques et de chercher des solutions. Pour les questions hydrologiques, des piézomètres de précision ont été installés et de nouveaux modes de gestion sont testés sur différents sites. Des zones potentielles de replis pour la roselière sont également identifiées sur le territoire afin d'avoir des alternatives pour les sites où la disparition de la roselière est inévitable. Enfin, une animation territoriale est mise en place pour sensibiliser les différents acteurs du territoire et trouver des solutions convenant à tous.

Le constat actuel est inquiétant, mais il ne faut pas perdre de vue que les pertes prédites ne seront effectives qu'en l'absence d'adaptation de nos techniques de gestion et d'aménagement territorial. Les roselières littorales ont toujours évolué dans des espaces en transition. La collaboration mise en place, désormais à l'échelle de notre littoral méditerranéen, doit être porteuse d'espoir et nous motiver à poursuivre l'effort commun pour conserver notre trame de roselières littorales méditerranéennes.

La roselière du Petit Castélou (propriété du Conservatoire du littoral en co-gestion PNR/commune de Narbonne) est la plus grande du site Natura 2000 des « Étangs du Narbonnais » (32 ha). Du fait de sa localisation intermédiaire et isolée entre les roselières de Vendres et de Salses-Leucate, elle revêt une importance indéniable à l'échelle départementale voire régionale. C'est un site de nidification pour le Héron pourpré (*Ardea purpurea*) avec une dizaine de couples, le Busard des roseaux (*Circus aeruginosus*) et la Grande aigrette (*Ardea alba*) et plusieurs espèces paludicoles y trouvent refuge comme la Lusciniole à Moustache (*Acrocephalus melanopogon*), la Bouscarle de Cetti (*Cettia cetti*), la Panure à Moustaches (*Panurus biarmicus*), le Bruant des roseaux (*Emberiza schoeniclus*), la Rousserolle effarvatte (*Acrocephalus scirpaceus*), la Rousserolle turdoïde (*Acrocephalus arundinaceus*).

Malgré les nombreux atouts du Petit Castélou, les derniers suivis réalisés mettent en évidence que les caractéristiques de la roselière du site ne sont pas optimales pour accueillir l'avifaune paludicole patrimoniales, notamment du fait d'un atterrissement de la roselière et de faiblesses au sein du réseau hydraulique. Ainsi, des espèces comme le Blongios nain, le Butor étoilé, exigeantes sur l'état de la roselière, ne nichent actuellement pas sur le site. De plus le projet « ROSELIERE » a mis en évidence une perte de fonctionnalité du milieu du fait d'une anoxie importante au sein du milieu. La roselière est en grande partie atterrie si bien que lorsque le marais est rempli au maximum, il y a environ 5 à 10 cm d'eau dans la roselière. Les mares sont plus profondes (40 cm d'eau). Actuellement, ce sont probablement uniquement les zones d'interface entre les mares et la roselière qui sont attractives pour l'avifaune paludicole remarquable.

Dans l'optique d'améliorer l'état de conservation de la roselière et d'augmenter la biodiversité, le PNR de la Narbonnaise en Méditerranée et le Conservatoire du littoral ont lancé une opération de restauration par faucardage et créations de mares. Le projet de travaux dans le cadre du Contrat Natura 2000 porté par le Parc visait à optimiser le potentiel d'accueil de la roselière du Petit Castélou l'avifaune paludicole dans le secteur actuellement le moins favorable à celle-ci et également le plus en retrait de la lagune (ce qui le rend moins sensible

aux coups de mer et à la salinisation). Cette opération de restauration de la roselière a consisté en un faucardage de 14000 m2 et une création de 3 mares dans la partie Est de 2600 m2 au total (travaux effectués en 2022). Elle s'est accompagnée d'une restauration fonctionnelle du réseau hydraulique et de restauration d'ouvrages.

Quelle vulnérabilité de ce milieu face au changement climatique ? Le premier facteur à regarder est la disponibilité de la ressource en eau car la roselière est alimentée en eau à l'est par le canal de la Robine. Ce sont les apports en eau douce depuis le canal de la Robine qui permettent de maintenir la roselière en bon état et assurent son développement. La roselière peut être directement menacée par la récurrence des années sèches qui peuvent impacter sa mise eau et son bon développement. Cette baisse de la disponibilité de la ressource en eau peut entraîner des phénomènes de salinisation du sol par des effets de concentration de sel dans le sol. Concernant la submersion marine : le premier scénario entraînant une submersion de la roselière est le scénario 2100 récurrent (+1,1 m NGF). Pour ce scénario, 94 % de la roselière est submergée.

Dans le cadre du programme ROSELIERES, un diagnostic socio-économique a été élaboré en 2022 qui a permis de mettre en avant les points suivants sur la roselière du Petit Castélou :

- la majorité des acteurs interrogés connaissent et perçoivent l'intérêt de protéger les roselières, principalement en raison des avantages qu'elles offrent aux humains et à la biodiversité.

- face aux effets du changement climatique, la plupart des acteurs estiment urgent d'entreprendre des mesures en vue de préserver le milieu.

- les usagers présents dans le marais du Narbonnais sont pour la plupart prêts à s'adapter aux effets du changement climatique.

- les interdépendances qui ont été précisées, en lien avec la roselière du Petit Castélou et notamment la perception du monde de la pêche sur ce milieu : la roselière joue un rôle fondamental dans la conservation de certaines espèces de poissons en raison des services qu'elle offre en termes de biodiversité et de qualité de l'eau

Conclusion :

Véritables puits de biodiversité indispensables à la survie de nombreuses espèces patrimoniales, les roselières fournissent également de nombreux services écosystémiques dans la dynamique d'un territoire. Actuellement, les roselières littorales font face à un contexte de changement global, bien plus large qu'un changement de paramètres climatiques. Et les inquiétudes pèsent face à la dégradation de ces milieux et les changements à venir...

Un juste équilibre dans la gestion de ces réservoirs de biodiversité est à trouver

afin de faire perdurer ces habitats et les services qu'ils rendent aux populations (adaptation de la gestion de l'eau notamment).

Né d'un besoin commun de mutualisation des données et d'harmonisation des méthodes de suivi, le projet « Roselières littorales d'Occitanie » permet de rassembler partenaires scientifiques et gestionnaires autour d'une stratégie de conservation à long terme des roselières sur le littoral de l'Occitanie. Il a été testé en particulier sur le site de la roselière du Petit Castélou située au cœur des marais du Narbonnais du PNR de la Narbonnaise en Méditerranée qui a mis en évidence une perte de fonctionnalité du milieu du fait d'une anoxie importante au sein du milieu. Dans l'optique d'améliorer l'état de conservation de la roselière et d'augmenter la biodiversité, le PNR de la Narbonnaise en Méditerranée et le Conservatoire du littoral a donc lancé une opération de restauration par faucardage et créations de mares.

Au-delà de la roselière du Petit Castélou, les perspectives d'évolution des roselières constituent un véritable enjeu de société.

Car les roselières font face à un avenir incertain, largement tributaire des décisions politiques et des stratégies de gestion adoptées par l'humain, conjuguées aux effets du changement climatique.

Se posent les questions de la place laissée aux zones humides et aux roselières sur nos territoires :

Existent-ils des solutions de replis pour les roselières, notamment dans les zones moins exposées aux pressions urbaines ?

Faut-il opter pour une gestion en continue ou laisser le milieu s'adapter et évoluer naturellement face aux effets du changement climatique (submersion, salinisation, sécheresse...) ?

Quelle priorité donner à ces milieux ?

Xavier Rozec (OFB)

Présentation projet de thèse

Etude de la sélection des habitats par le Desman des Pyrénées et de leur sensibilité aux variations de débits en vue de l'élaboration de recommandations en faveur de la conservation de l'espèce

Arguel Loan[1,2], Laëtitia Buisson[2], Mélanie Némoz[1], Frédéric Blanc[1], Philippe Baran[3], Fabrice Firmignac[3], Sylvain Lamothe[2], Melody Lim[1], Emile Poncet[1] et Pascal Laffaille[2]

[1] *Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie, 26 Allée de Mycènes, 34000 Montpellier, France*
[2] *Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement, 118 Route de Narbonne, 31077 Toulouse, France*
[3] *ECOGEA, 352 Avenue Roger Tissandié, 31600 Muret, France*

Mots-clés : *Galemys pyrenaicus*, mammifère, hydrologie, comportement, préférences écologiques.

Résumé français :

Dans le cadre du Plan national d'actions en faveur du Desman des Pyrénées (2021-2030) porté par le Conservatoire d'espaces naturels d'Occitanie, nous étudions la sélection des micro-habitats par ce mammifère semi-aquatique et leur sensibilité aux variations de débit. Pour cela, un projet de recherche multi-partenarial, impliquant le CEN Occitanie, le cabinet d'études ECOGEA, le Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement, l'OFB et la DREAL Occitanie, a été lancé en septembre 2022 pour une durée de 3 ans. Les quatre axes de recherche consistent à : 1/ améliorer les connaissances sur l'influence des débits et des variations de ces derniers sur le comportement de l'espèce, 2/ évaluer la sélection de l'habitat du Desman des Pyrénées et de définir des *preferenda* hydrauliques et topographiques, 3/ expliquer les raisons qui conduisent l'espèce à sélectionner certains micro-habitats, et 4/ étudier la sensibilité des habitats du Desman vis-à-vis des variations de débits.

Abstract :

As part of the National Action Plan for the Pyrenean Desman (2021-2030) supported by the Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie, we are studying the selection of micro-habitats by this semi-aquatic mammal and their sensitivity to variations in flow. To this end, a multi-partner research project involving the CEN Occitanie, the consultancy ECOGEA, the Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement, the OFB and the DREAL Occitanie was launched in September 2022 for a period of 3 years. The four areas of research involve 1/ improving knowledge of the influence of flows and flow variations on the behaviour of the species, 2/ evaluate the habitat selection of the Pyrenean Desman and define hydraulic and topographical preferenda, 3/ explaining the reasons that lead the species to select certain micro-habitats, and 4/ studying the sensitivity of Desman habitats to variations in flow.

1. Introduction

A l'heure actuelle, la plupart des écosystèmes naturels connaissent de multiples pressions, entraînant soit un changement des communautés d'êtres vivants, soit une adaptation de ces derniers. C'est principalement le cas des écosystèmes montagnards où les changements globaux sont très marqués : changements climatiques, déprise agricole, fréquentation touristique ou encore activités anthropiques modifiant le fonctionnement naturel des écosystèmes. Les écosystèmes aquatiques de montagne sont des milieux à la fois contraints et dynamiques (Poff *et al.*, 1997). Dans ces milieux-là, les phénomènes naturels tels que les crues et les périodes d'étiage sont depuis quelques années de plus en plus fréquents et de forte intensité au niveau de la chaîne des Pyrénées. En outre, les activités humaines telles que les ouvrages hydro-électriques ou encore les prélèvements d'eau à des fins agricoles vont perturber l'écoulement naturel. Tous ces phénomènes vont donc provoquer des changements brutaux de débits, une perte et une fragmentation directe des habitats disponibles pour certaines espèces. Cependant, ces milieux et plus particulièrement les rivières de montagne fournissent un habitat pour de nombreuses espèces animales et végétales à forts enjeux de conservation et/ou endémiques de certains massifs montagneux (Charbonnel, 2015 ; Dalibard, 2021). C'est le cas du massif pyrénéen et des massifs situés au quart nord-ouest de la Péninsule ibérique qui abritent une espèce endémique de mammifère semi-aquatique, le Desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*, É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811) (Némoz & Bertrand, 2008 ; Amori *et al.*, 2019). Cette espèce est aujourd'hui menacée au niveau national (statut de conservation UICN : Vulnérable (UICN France *et al.*, 2017)) et mondial (statut de conservation UICN : En danger (Quaglietta, 2022)). La France présente donc des responsabilités majeures dans la conservation de cette espèce. Cette fragilité est due à la diminution et à la contraction de son aire de répartition dans les quatre pays où elle est présente (France, Espagne, Portugal et Andorre) ce qui conduit à une raréfaction de l'espèce et à une forte fragmentation de ses populations (Gisbert & Garcia-Perea, 2014, Charbonnel *et al.*, 2016 ; Quaglietta *et al.*, 2018).

Depuis 2010, le Desman des Pyrénées a bénéficié de la mise en place de programmes de conservation : un premier Plan National d'Actions (2009-2014), un programme LIFE+ Desman (2015-2020), un second Plan National d'Actions (2021-2030). Au sein de ce dernier figure une action de connaissance qui concerne l'étude de la sélection de l'habitat par le Desman des Pyrénées et de sa sensibilité aux perturbations de son milieu (action C4) (Lim *et al.*, 2021). Cette action a fait l'objet d'études préliminaires (ECOGEA, 2020) et repose aujourd'hui sur un

travail de recherche qui est organisé selon quatre axes :

- 1) Améliorer les connaissances sur l'influence des débits et des variations de ces derniers sur le comportement de l'espèce ;
- 2) Evaluer la sélection de l'habitat du Desman des Pyrénées et de définir des *preferenda* hydrauliques et topographiques ;
- 3) Expliquer les raisons qui conduisent l'espèce à sélectionner certains micro-habitats (lien avec la ressource trophique disponible) ;
- 4) Etudier la sensibilité des habitats du Desman vis-à-vis des variations de débits.

Ce projet est porté par le CEN Occitanie et plusieurs structures interviennent, d'une part en tant que partenaires techniques tels que le cabinet d'études ECOGEA et le Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement de Toulouse, et d'autre part en tant que partenaires financiers tels que l'Office Français de la Biodiversité et la DREAL Occitanie. Les travaux ont ainsi débuté en septembre 2022 et s'étaleront jusqu'à septembre 2025.

2. Matériels et Méthodes

2.1 Les sites d'études

Dans le cadre de ce projet de recherche, l'acquisition des données sera réalisée sur six cours d'eau différents des Pyrénées françaises, situés dans la partie centrale et occidentale de la chaîne (Figure 1). Parmi cet ensemble de cours d'eau présentant des caractéristiques des rivières de montagne avec des eaux rapides, froides et bien oxygénées, on observe une certaine diversité : des cours d'eau de petites tailles avec de faibles largeurs mouillées et des pentes pouvant être relativement importantes (Ruisseau des Ubals qui est un affluent de la rivière de l'Aston, en Ariège), des cours d'eau de tailles moyennes avec de faibles largeurs mouillées et des pentes moyennes (Rivières de l'Aston, de l'Oriège et de l'Isard, en Ariège puis Ruisseau du Susselgue, dans les Pyrénées-Atlantiques) ainsi que des cours d'eau de grandes tailles, caractérisés par des largeurs mouillées importantes et des pentes relativement faibles (Rivière du Vicdessos, en Ariège). La majorité de ces cours d'eau sont impactés par les activités anthropiques tels que des ouvrages hydroélectriques, modifiant ainsi le débit naturel en aval. L'ensemble de ces rivières sont des cours d'eau de type torrentiel (Bravard & Gilvear, 1993) et constituent l'habitat d'autres espèces de vertébrés aquatiques et semi-aquatiques, inféodés à ces milieux : la Truite fario (*Salmo trutta*), la Loutre d'Europe (*Lutra lutra*), le Calotriton des Pyrénées (*Calotriton asper*), le Cincle plongeur (*Cinclus cinclus*) ou encore la Musaraigne aquatique (*Neomys fodiens*).

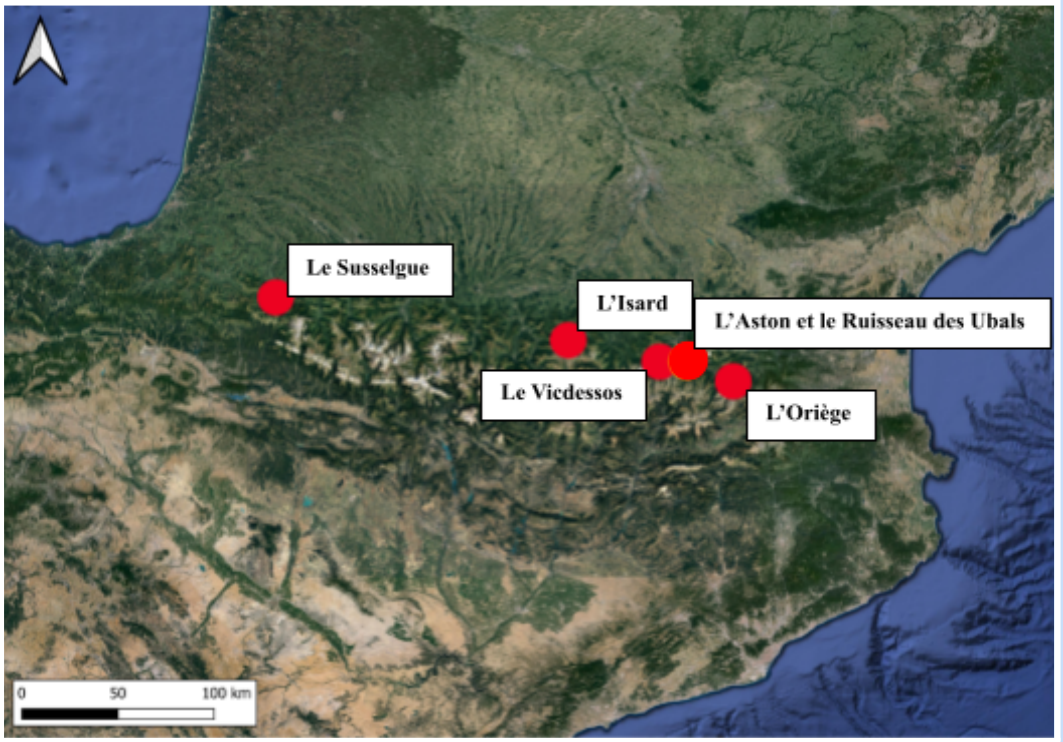


Figure 1 : Localisations des différents sites d'étude dans le cadre du projet

2.2 Données biologiques

Dans le cadre de cette étude, des opérations de capture de Desmans des Pyrénées et de suivi par la méthode du radiopistage seront effectuées sur chacun des sites d'étude, entre 2014 et 2024. Pour cela, les individus seront capturés à l'aide de différents types de pièges comportementaux spécifiques basés sur la conception des pièges à anguilles (Poncet *et al.*, 2021). Une fois capturés, toute une série de mesures sera effectuée sur l'animal : détermination du sexe (González-Esteban, 2003), de l'âge (González-Esteban, 2002), prélèvements de poils pour des analyses génétiques (confirmation du sexe de l'individu et génotypage) et pose d'un émetteur VHF. Ce dernier sera collé à la base du dos à l'aide d'une colle chirurgicale. Toutes les opérations de captures et manipulations seront effectuées par des personnes détentrices d'une autorisation de capture et manipulation d'espèce protégée (arrêtés n° 09-2014-11 du 6 octobre 2014 et n° 2015-INT-03 du 15 avril 2015). Une fois la manipulation terminée, l'individu sera alors relâché sur son site de capture et le suivi par radiopistage pouvait débuter. Celui sera réalisé en continu (24h/24) avec un point de localisation de l'individu effectué toutes les 10 ou 20 minutes selon les opérations. Pour chaque localisation, plusieurs informations seront collectées : la date et l'heure de localisation, la position exacte de l'individu dans la rivière et la nature de l'activité (individu au repos dans son gîte qui se traduit par une activité nulle, mise en activité de l'individu dans son gîte ou

légers mouvements dans la berge qui se traduisent par une activité faible, déplacements importants ou activité de recherche de nourriture qui se traduisent par une activité forte). Toutes les localisations seront définies directement sur le terrain par une balise numérotée qui sera géoréférencée à la fin de l'expérimentation à l'aide d'un GPS de précision centimétrique.

2.3 Données hydrologiques et topographiques

Plusieurs caractéristiques hydrologiques et topographiques seront mesurées directement sur le terrain en parallèle des suivis biologiques. Pour commencer, une première sectorisation de terrain sera effectuée sur le domaine vital parcouru par l'individu suivi. Pour cela, chaque faciès d'écoulement sera décrit et défini à l'aide d'une clé de détermination adaptée aux rivières de montagne (Delacoste *et al.*, 1995). Ensuite, les variations de niveau d'eau seront enregistrées en temps réel par des sondes aquatiques et atmosphériques mesurant la pression et la température. Ces deux paramètres seront enregistrés toutes les 15 minutes sur l'ensemble de la période du suivi. En parallèle, des mesures de débit du cours d'eau seront réalisées avec un courantomètre électromagnétique. Ces mesures seront ensuite combinées aux valeurs de niveau d'eau enregistrées par les sondes à la même période et grâce à une courbe de tarage, les niveaux d'eau seront convertis en débits permettant ainsi de suivre l'évolution de ces derniers sur la période d'étude. Une fois le suivi par radiopistage terminé, l'ensemble du domaine vital parcouru par l'individu suivi fera l'objet de relevés topographiques, à l'aide d'un tachéomètre. L'objectif étant ici de récolter des données nécessaires pour la construction de modèles hydrauliques afin de représenter finement les structures topologiques du domaine vital parcouru par l'individu. Pour terminer sur l'aspect topographique, des images aériennes de chacun des sites d'étude seront effectuées à l'aide d'un drone dans l'objectif d'étudier la granulométrie présente sur chaque faciès d'écoulement.

2.4 Ressource trophique disponible et consommée

Sur la rivière de l'Isard et de l'Oriège, un travail spécifique basé sur la ressource trophique sera également réalisé en complément des suivis par radiopistage. L'objectif ici étant de savoir si la ressource trophique conditionne les choix d'habitat du Desman des Pyrénées. Pour cela, sur chacun de ces deux sites d'études, des prélèvements de macro-invertébrés benthiques d'1/20m^2 seront réalisés. L'ensemble des taxons présents dans ces échantillons seront ensuite triés et dénombrés au laboratoire. En parallèle, lors du suivi par radiopistage de chacun des individus étudiés sur ces deux rivières, des fèces de Desman des Pyrénées seront collectées et analysées génétiquement pour en déterminer le contenu du bol alimentaire.

3. Résultats

Pour ce projet de recherche, le jeu de données repose sur le suivi par télémétrie de 14 Desmans des Pyrénées, effectués entre 2014 et 2024. Au moment de réaliser cette présentation, toutes les données n'étaient pas encore collectées et la plupart des analyses étaient en cours de réalisation. L'objectif ici était donc de présenter le contenu et la méthodologie des quatre axes du projet ainsi que quelques résultats préliminaires obtenus sur quatre individus.

3.1 Etude du comportement du Desman des Pyrénées et influence des conditions et des variations de débits

Sur la rivière de l'Isard en septembre 2022, une femelle a été suivie pendant 8 jours, au cours desquels elle a évolué sur un linéaire de 337m de rivière (Des_01). Sur le ruisseau du Susselgue en septembre 2023, deux mâles ont été suivis pendant 4 et 12 jours, au cours desquels ils ont parcouru 335 m et 291 m de linéaire respectifs (Des_02 et Des_03). Enfin, sur l'Oriège en octobre 2023, une femelle a été suivie pendant 7 jours et a parcouru un linéaire de rivière égal à 318m (Des_04).

Ces quatre individus présentent des rythmes d'activités différents avec deux individus qui présentent une activité essentiellement diurne (Des_01 et Des_04) et deux individus qui présentent à la fois des activités nocturnes et diurnes (Des_02 et Des_03) (Figure 2).

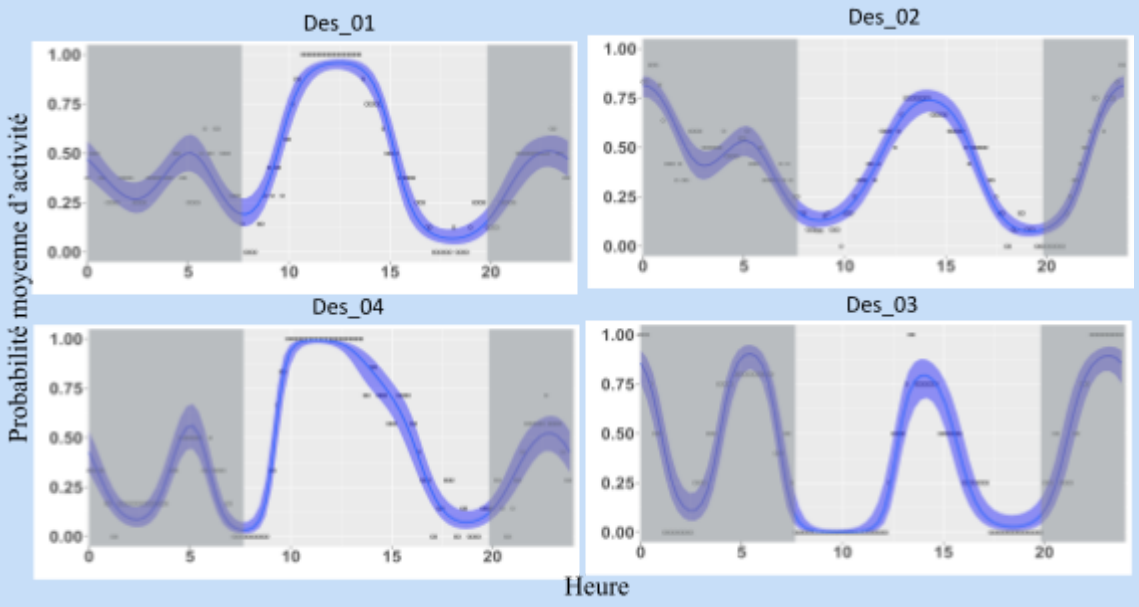


Figure 2 : Rythmes d'activités journaliers moyens des quatre Desmans des Pyrénées suivis lors des campagnes de terrain 2022 et 2023.

Les deux individus (Des_01 et Des_04) au caractère plutôt diurne présentent des durées de phases d'activités plus importantes la journée (230 +/- 164 min pour Des_01 et 210 +/- 174 min pour Des_04) que la nuit (112 +/- 75 min pour Des_01 et 108 +/- 68 min pour Des_04). A l'inverse, les deux individus suivis sur le ruisseau du Susselgue (Des_02 et Des_03) ne présentent pas de différences dans leur durée d'activité quel que soit la période de la journée. En revanche, concernant les distances parcourues lors des phases d'activités, Des_02 et Des_03 ont tendance à parcourir des distances plus importantes la nuit (309 +/- 169 m pour Des_02 et 266 +/- 131 m pour Des_03) que la journée (157 +/- 94 m pour Des_02 et 79 +/- 15 min pour Des_03). Aucunes différences sont observées sur les distances parcourues par les individus Des_01 et Des_04.

L'influence des conditions et des variations de débits sur les rythmes d'activités des individus et sur les caractéristiques des phases d'activités (durées et distances parcourues) sont actuellement en cours d'analyse. Tout cela fera prochainement l'objet d'une publication scientifique à part entière.

3.2 Etude de la sélection des habitats du Desman des Pyrénées et de ses *preferenda* hydrauliques et physiques

Pour chacun des individus, la sectorisation des différents faciès d'écoulement disponibles sur le domaine vital parcouru par l'individu pendant la période de suivi a ainsi permis d'obtenir le pourcentage de recouvrement des différents types de faciès (= habitat disponible) (Tableau 1). En parallèle, le temps passé dans chaque type de faciès durant le suivi a été calculé pour chacun des individus (= habitat utilisé) (Tableau 1).

Tableau 1 : Types de faciès d'écoulement disponibles et utilisés par chacun des quatre Desmans des Pyrénées suivis lors des campagnes de terrain 2022 et 2023.

	Des_01		Des_02		Des_03		Des_04	
	Disponible	Utilisé	Disponible	Utilisé	Disponible	Utilisé	Disponible	Utilisé
Cascade	10.2	36.5	21.6	40.9	11.4	16	8.3	20.3
Rapide	5.8	3.4	7.3	9.1	28.7	48	20.9	23.6
Escalier	52.8	52.4	48.7	48.8	25.2	12.5	36.2	43.6
Plat	14.7	5.8	4.7	0.1	24.7	15.3	27.5	7.8
Profond	16.6	1.9	17.7	1.2	10	8.2	7.1	4.7

Les quatre Desmans des Pyrénées étudiés ici ont tendance à sélectionner des faciès turbulents de type Cascades et Rapides et, au contraire, à éviter des faciès plus calmes de type Plats et Profonds (Figure 3).

L'influence des conditions et des variations de débits sur l'utilisation et la sélection de l'habitat effectuées par le Desman des Pyrénées sont actuellement en cours d'analyse et feront l'objet d'une publication dans une revue scientifique prochainement.

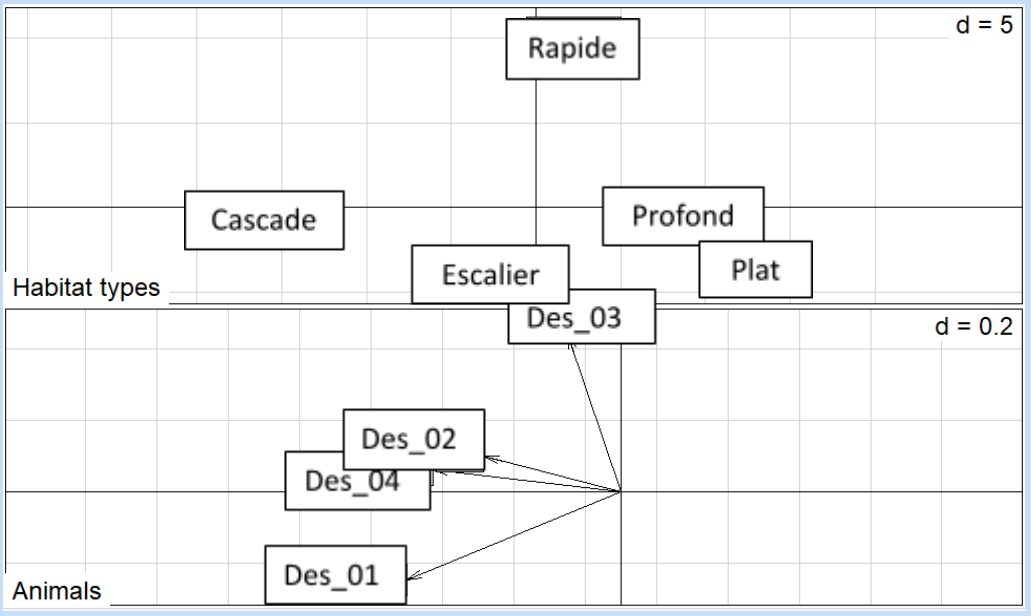


Figure 3 : Analyse compositionnelle effectuée sur les faciès d'écoulement disponibles et utilisés par chacun des quatre Desmans des Pyrénées suivis lors des campagnes de terrain 2022 et 2023.

3.3 Etude de l'influence de la ressource trophique dans le choix de l'habitat du Desman des Pyrénées

Sur l'Isard, 60 prélèvements ont été réalisés dans 5 faciès d'écoulement où le Desman a été contacté à plusieurs reprises et dans 5 faciès d'écoulement que le Desman n'a pas ou très peu fréquenté. Sur l'Oriège, ce sont 65 prélèvements qui ont été effectués, répartis dans 3 faciès d'écoulement que l'individu a fortement utilisé et 7 faciès qu'il a eu tendance à éviter. Au total, ce sont 16 553 individus répartis dans 46 familles et 59 genres minimums différents qui ont été rencontrés sur l'Isard (la détermination de certains taxons n'a pu être effectuée jusqu'au genre). Sur l'Oriège, 13 547 individus ont été comptabilisés pour 44 familles et 50 genres minimums différents.

Des analyses de communautés sont actuellement en cours sur ces

données-là afin d'évaluer la distribution et la répartition de l'ensemble de ces taxons selon des variables environnementales (type de substrat, vitesse d'écoulement, hauteur d'eau ...).

En parallèle, 8 et 24 fèces ont été collectées respectivement sur les rivières de l'Isard et de l'Oriège. Les analyses génétiques ont ainsi permis d'obtenir des informations sur le bol alimentaire des individus présents dans le secteur au moment du suivi par radiopistage. Des espèces de Trichoptères telles qu'*Hydropsyche dinarica*, de Plécoptères telles que *Protonemura* sp., ou encore d'Ephéméroptères telles que *Epeorus* sp., *Baetis rhodani* et *Baetis alpinus* sont des proies ayant une fréquence d'occurrence dans les fèces relativement importante. A terme, l'idée sera de travailler sur les traits bio-écologiques de ces proies (taille, biomasse, préférences de substrat, de vitesse ...) afin de déterminer si les choix d'habitats effectués par le Desman des Pyrénées sont guidés par la disponibilité et l'accessibilité à la ressource trophique.

3.4 Etude de la sensibilité des habitats du Desman des Pyrénées vis-à-vis des variations de débits

Cette partie là ne sera abordée qu'à la fin du projet, une fois que les principaux résultats des parties précédentes auront été obtenus et mis bout à bout.

4. Conclusion

Au cours de ce projet de thèse, plusieurs aspects de la biologie et de l'écologie du Desman seront abordés. Au cours du premier axe, le comportement des 14 individus sera étudié en détail au travers des rythmes d'activités et de différentes caractéristiques des phases d'activités aquatiques. Tout cela sera ensuite mis en relation avec les conditions et les variations de débits afin de voir si ces dernières provoquent des modifications dans le comportement des individus. Une fois cela étudié, tout un travail sur l'utilisation, la sélection de l'habitat ainsi que les préférences hydrauliques et physiques effectuées par chacun des 14 individus sera réalisé. Comme précédemment, l'influence des conditions et des variations de débits sur ces aspects-là du comportement du Desman des Pyrénées sera recherchée. Ensuite, une analyse fine de la ressource trophique disponible et consommée sera effectuée pour tenter d'apporter des éléments de réponse sur l'origine des choix d'habitats réalisés par cette espèce de mammifère. A terme, des courbes de préférences de certains paramètres hydrauliques et physiques étudiés au cours de ce projet essaieront d'être mises au point dans le but d'évaluer l'existence d'une certaine sensibilité des habitats de l'espèce vis-à-vis des variations de débits.

5. Références Bibliographiques

- Amori G., Luigi B., Giuliano M., Luigi M. & Luca L. 2019 - Endemism and diversity in european montane mammals : macro-ecological patterns. *Biological Journal of the Linnean Society* 128: 225-37.

- Charbonnel A. 2015 - Influence multi-échelles des facteurs environnementaux dans la répartition du Desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*) en France. Thèse Université de Toulouse - Institut National Polytechnique, Toulouse, 260 p.

- Charbonnel A., Laffaille P., Biffi M., Blanc F., Maire A., Némoz M., Sanchez-Perez J.M., Sauvage S. & Buisson L. 2016 - Can recent global changes explain the dramatic range contraction of an endangered semi-aquatic mammal species in the french Pyrenees? *PlosOne* 11: 1-21.

- Dalibard M. 2021 - Étude de l'habitat du Calotriton des Pyrénées (*Calotriton asper*) : de l'échelle de son aire de distribution en France à celle d'un cours d'eau. Thèse Université de Toulouse - Institut National Polytechnique, Toulouse, 232 p.

- Delacoste M., Baran P., Lek S. & Lascaux J. M. 1995 - Classification et clé de détermination des faciès d'écoulements en rivières de montagne. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* (337-338-339): 149-56.

- ECOGEA. 2020 - Débit minimum biologique pour le Desman des Pyrénées : première approche pour la caractérisation de préférences hydrauliques et de sensibilité des habitats de l'espèce aux débits, *Rapport d'études*, Muret, 87 p.

- Gisbert J. & García-Perea R. 2014 - Historia de la regresión del desmán ibérico *Galemys pyrenaicus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811) en el Sistema Central (Península Ibérica). *Munibe Monographs. Nature Series* 3: 19-35.

- González-Esteban, J., Villate I. & Castién E. 2003 - Sexual identification of *Galemys pyrenaicus*. *Acta Theriologica* 48: 571-73.

- González-Esteban, J., Villate I., Castién E., Rey I. & Gosálbez J. 2002 - Age determination of *Galemys pyrenaicus*. *Acta Theriologica* 47: 107-12.

- Lim M., Némoz M., Blanc F., Poncet P. & Xéridat P. 2021 - Plan national d'actions 2021-2030 : En faveur du Desman des Pyrénées *Galemys pyrenaicus*. CEN Occitanie & DREAL Occitanie, Toulouse, 119 p.

- Némoz M. & Bertrand A. 2008 - Plan national d'actions en faveur du Desman des Pyrénées *Galemys pyrenaicus* 2009-2014. Société française pour l'étude et la protection des mammifères, Ministère de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, Toulouse, 160 p.

- Poff N.L., Allan J.D., Bain M.B., Karr J.R., Prestegaard K.L., Richter B.B., Sparks R.E. & Stromberg J.C. 1997 - The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. *BioScience* 47: 769-784.

- Poncet E., Blanc F., Lim M., Marc D. & Némoz M. 2021 - Desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus* É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1811) 2011-2018 : bilan et retours d'expérience sur huit années de capture dans les Pyrénées françaises. *Naturae* 3: 35-47.

- Quaglietta L., Paupério J., Martins F.M.S, Alves P.C. & Beja P. 2018 - Recent range contractions in the globally threatened Pyrenean Desman highlight the importance of stream headwater refugia. *Animal Conservation* 21: 515-25.

- Quaglietta, L. 2022 - *Galemys pyrenaicus*. The IUCN red list of threatened species, [site internet]. URL : https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2022-1.RLTS.T8826A214429993.en. consulté le 03/10/2024.

- UICN France, MNHN, SFEPM & ONCFS. 2017 - La liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Mammifères de France métropolitaine, Paris, France, 16 p.

L'Arcyptère languedocienne (*Arcyptera brevipennis vicheti*)
Synthèse des connaissances et retours d'expériences sur un criquet menacé

Ton Louis[1], Février Jérémie[2] & Nabholz Benoit [3]

[1] *Conservatoire d'Espaces Naturels Occitanie, 26 allée de Mycènes, immeuble le Thèbes, 34000 Montpellier. Email : louis.ton@cen-occitanie.org / louiston@ecomail.fr*

[2] *37 lot. le Domaine de la Chêneraie, F-34160 Restinclières. Email : jefevrier@gmail.com*

[3] *Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier, Université de Montpellier, campus Triolet, cc065, 34095 Montpellier cedex 05, Bâtiments 21, 22 et 24. Email : benoit.nabholz@umontpellier.fr*

Mots clés : Arcyptère languedocienne, aire de répartition, déclin, repasse, enceinte bluetooth, dynamique de réseau naturaliste

Résumé :

L'Arcyptère languedocienne *Arcyptera brevipennis* vicheti Harz, 1975 fait partie des criquets les plus rares et menacés en France. Cet article se veut être un état actuel des connaissances sur l'espèce, qui bénéficie depuis quelques années d'une mobilisation de la communauté naturaliste locale. En guise d'introduction, une présentation des différentes espèces d'arcyptères est accompagnée d'une aide à la distinction sur le terrain entre l'Arcyptère languedocienne et l'Arcyptère caussignarde *Arcyptera microptera carpentieri* Azam, 1907, à la lumière de dernières études morphométriques. Une synthèse des études qui ont été conduites sur la biologie, l'écologie et les méthodes de recherche de l'espèce (dont certaines apparaissent innovantes) est ensuite proposée. L'analyse des données disponibles sur l'espèce permet de discuter du déclin de l'espèce, de documenter de possibles disparitions locales, et pour finir de discuter des perspectives.

Abstract :

The Western Banded Grasshopper *Arcyptera brevipennis vicheti* Harz, 1975 is one of the rarest and the most endangered grasshoppers in France. This article is intended to be a summary of knowledge about the species, which has benefited from the mobilization of the local naturalist community for some years. As an introduction, the different Arcyptera species (subgenus Pararcyptera) are shown, and an help to distinguish Arcyptera brevipennis vicheti from *Arcyptera microptera carpentieri* Azam, 1907 is given according to the last morphometric studies. Then, all studies carried out on the ecology, the biology and surveying techniques (one of them seeming innovative) of the Western Banded Grasshopper in France are summarized. Occurrence data analyses enable to talk about the strong decline, to attest some possible local extinctions and, to conclude, to give some future prospects.

Dessin à l'aquarelle : Justine Bertrand ©

1. Les Arcyptères en France

En France, quatre espèces d'arcyptères sont présentes : l'Arcyptère languedocienne *Arcyptera brevipennis vicheti* Harz, 1975, l'Arcyptère provençale *A. kheili* Azam, 1900, l'Arcyptère savoyarde *A. microptera* (Fischer von Waldheim, 1833) et l'Arcyptère bariolée *A. fusca* (Pallas, 1773). Les trois premières espèces sont très ressemblantes et sont regroupées dans le sous-genre *Pararcyptera* Tarbinsky, 1930. L'Arcyptère savoyarde est représentée, en Occitanie, par deux sous-espèces : l'Arcyptère caussignarde *Arcyptera microptera carpentieri* Azam, 1907 sur le Causse du Larzac et la Montagne Ardéchoise, et l'Arcyptère lozérienne *A. m. lozeriensis* Defaut, 2023 sur les Causses Méjean, Noir et de Sauveterre. Les arcyptères sont parmi les plus gros criquets (Orthoptères caelifères en termes scientifiques) que l'on peut observer au printemps dans le sud de la France. De prime abord, les couleurs sont assez ternes, leur permettant de se camoufler efficacement dans la végétation. En y regardant de plus près, leurs fémurs postérieurs sont rouge vif, et le dessous de l'abdomen (ainsi que les côtés chez le mâle) est d'un jaune soutenu. Les élytres et les ailes sont courtes, ne permettant pas de voler. Les carènes latérales du pronotum sont claires et anguleuses, bien visibles de dessus. Ces trois espèces sont discrètes malgré leur taille, et préfèrent se tenir dans ou à proximité de touffes de végétation, ou de buissons. Leur répartition disjointe limite les risques de confusion : à l'est du Rhône, seule l'Arcyptère provençale est présente ; à l'ouest du Rhône, l'Arcyptère caussignarde occupe les Grands Causses tandis que l'Arcyptère languedocienne est reléguée aux garrigues de basse altitude (Fig. 1).

Néanmoins, pour ces deux dernières espèces, des zones de contact sont susceptibles d'exister dans les piémonts des Grands Causses et des Cévennes (Hérault et Gard), et il s'avère donc nécessaire en ces lieux de contrôler les critères distinctifs (Tab. 1) dont la longueur relative des ailes par rapport aux élytres constitue le critère le plus discriminant, et est le plus facilement visible sur le terrain (Fig. 2). Pour plus de détails sur les distinctions morphologiques et la taxonomie du sous-genre *Pararcyptera*, voir les travaux de Bernard Defaut (Defaut, 2023, 2024).

La suite de cet article est consacrée à l'Arcyptère languedocienne, qui fait l'objet depuis quelques années d'une attention particulière en Occitanie.

Dessin à l'aquarelle : Justine Bertrand ©

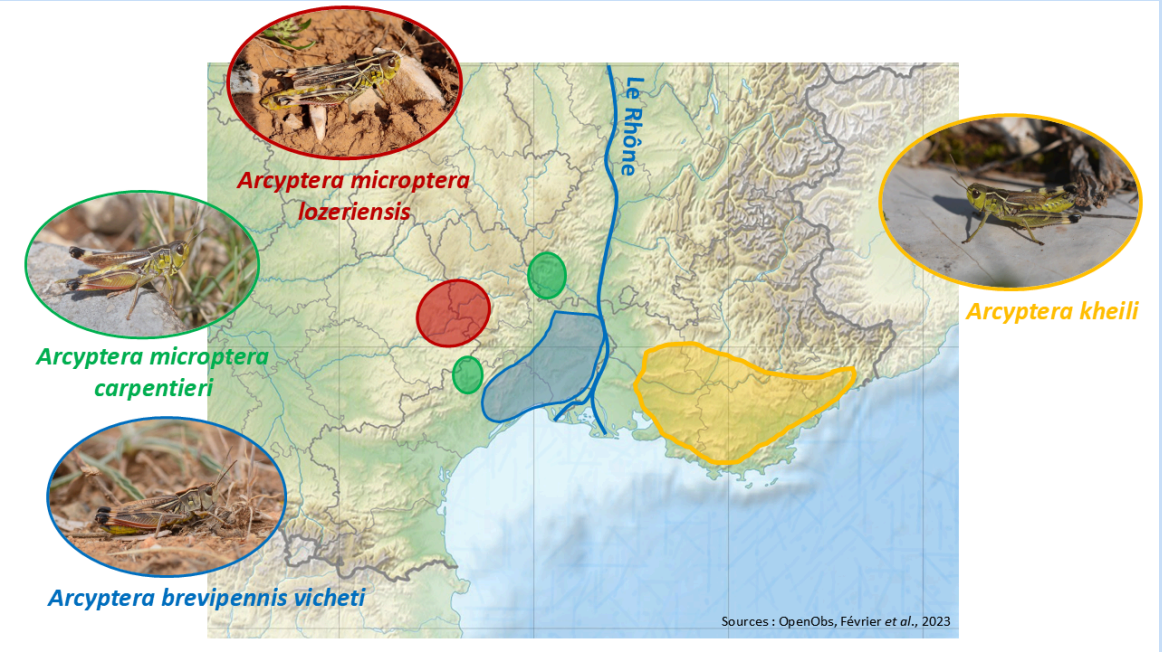


Figure 1 : répartition des trois espèces d'arcyptère du sous-genre *Pararcyptera* en France. Clichés (de gauche à droite : Saint-Michel (Hérault, L. Ton ©), Fabrègues (Hérault, L. Ton ©), Hures-la-Parade (Lozère, L. Encinas ©), Artigues (Var, L. Ton ©).

Tableau 1 : Séparation morphologique d'*Arcyptera microptera carpentieri* et *Arcyptera brevipennis vicheti* d'après Defaut 2024.

	♂♂		♀♀	
	A. m. carpentieri	***A. b. vicheti***	***A. m. carpentieri***	***A. b. vicheti***
Largeur basale de l'épiprocte	**≤ 1,80**	**≥ 1,85**		
Rapport longueur œil / largeur espace interoculaire	**≥ 1,35**	**≤ 1,30**		
Largeur espace interoculaire	**≤ 1,50**	**≥ 1,60**	**≤ 2,40**	**≥ 2,45**
Longueur du corps à l'apex des fémurs post.	**≤ 24,60**	**≥ 24,80**	≤ 32,10	≥ 31,80
Écart entre apex du tegmen et apex de l'aile	**≤ 1,05**	**≥ 3,80**	**≤ 2,45**	**≥ 2,80**
Longueur du sillon sous-oculaire	≤ 1,40	≥ 1,40	**≤ 2,10**	**≥ 2,15**
Longueur du pronotum	≤ 4,70	≥ 4,65	≤ 6,00	≥ 5,80

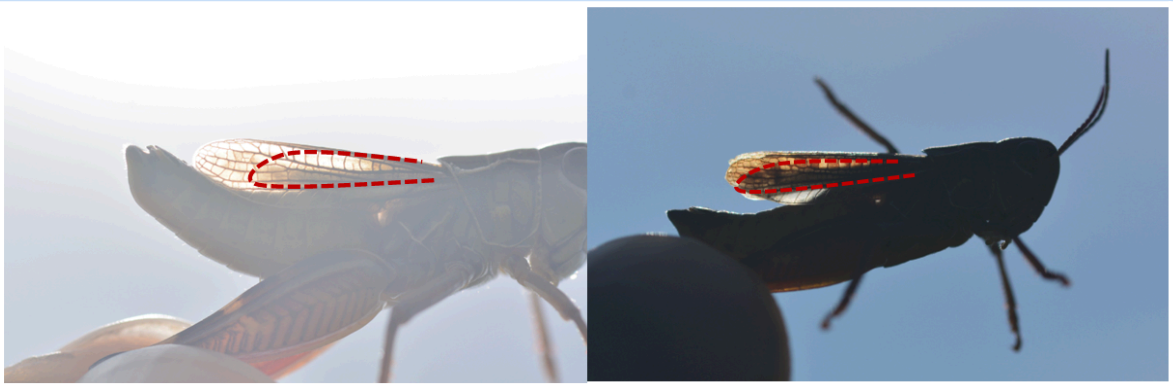


Figure 2 : comparaison de la longueur des ailes (surlignées en pointillés rouges) relativement aux élytres, entre l'Arcyptère languedocienne (à gauche) et l'Arcyptère caussignarde (à droite). Il est possible de soulever un seul élytre pour observer les ailes, mais une photo à contre-jour fait aussi bien l'affaire comme ici, afin de pouvoir comparer plus finement les longueurs des ailes et des élytres entre elles. Clichés (de gauche à droite) : Saturargues (34), Saint-Michel (34), Louis Ton ©.

2. Vie et mœurs de l'Arcyptère languedocienne

2.1 Phénologie

Le mois de mai est, pour les entomologistes méditerranéens, synonyme de réveil de la garrigue. Ce sont surtout les rhopalocères qui sont recherchés… et pourtant ! La saison des orthoptères ne bat certes pas encore son plein, mais certaines espèces chantent déjà : le Barbitiste des Pyrénées *Isophya pyrenaea* (Audinet-Serville, 1838), le Barbitiste languedocien *Barbitistes fischeri* (Yersin, 1854) et, plus localisée, l'Arcyptère languedocienne. Les mois de mai et juin correspondent au pic d'activité de cette espèce. A cette période, ce criquet est l'un des seuls que l'on puisse observer au stade adulte dans la garrigue. Les larves éclosent à partir de début-avril et deviennent adultes au bout d'une vingtaine de jours (Schultner et al., 2012). Début juillet signe déjà la fin de saison pour les adultes, et les femelles ont quasiment toutes pondu, évitant alors la sécheresse estivale. Sur les 274 données visibles sur Biodiv'Occitanie, près de 97% se situent entre la première décade de mai et la première décade de juillet (OC'NAT, 2024).

2.2 Biologie et comportement

Eva Schultner et ses collègues (2012) ont pu étudier la biologie de l'Arcyptère languedocienne il y a une dizaine d'années, via des élevages en laboratoire issus de femelles capturées sur le Causse d'Aumelas (Hérault). Le développement larvaire se fait en cinq stades, et il est possible d'identifier à quel stade sont les individus en observant les fémurs postérieurs (coloration, longueur), les valves de l'ovipositeur des femelles (coloration), et

en comptant les articles antennaires, en sachant que les différences sont plus subtiles chez les mâles (Schultner et al., 2012).

Photo A : Exemple de micro-habitats favorables à l'Arcyptère languedocienne. Dans cette configuration, les mâles préfèreront en général la touffe dense et haute de Brachypode rameux à l'orée du buisson plutôt que la pelouse caillouteuse ouverte. Montarnaud, Hérault (L. Ton ©).

L'espèce est strictement herbivore, et semble avoir une préférence marquée pour le Brachypode rameux *Brachypodium retusum* (Pers.) P.Beauv., 1812 qui peut représenter 90% du régime alimentaire par endroits (Schultner et al., 2012). L'espèce a aussi été observée dans des habitats où cette graminée méditerranéenne est absente, mais où le Brachypode de Phénicie *Brachypodium phoenicoides* (L.) Roem. & Schult., 1817 est dominant comme sur certains secteurs du plateau de Bel-Air à Grabels, Hérault (Louis Ton obs. pers., 2023). De plus, un individu a été vu en train de consommer des feuilles de laîches (*Carex halleriana* ou *Carex humilis*) à Fabrègues (Hérault), sur des zones broyées mécaniquement où poussaient majoritairement du Chêne kermès et du Brachypode rameux (Louis Ton obs. pers., 2024).

Comme la plupart des orthoptères, les mâles d'Arcyptère languedocienne utilisent le chant pour attirer les femelles. Si l'on reprend la terminologie employée par J. Barataud (in Sardet et al., 2024), le chant typique est constitué de deux phrases accolées. La première phrase possède un rythme plus lent, où les cycles peuvent être clairement individualisés. La deuxième phrase est plus rapide, et donne l'impression d'un empressement/ agacement de l'individu chanteur. Il arrive assez souvent que la première phrase manque et que seule la deuxième soit émise. Lorsque l'observateur est loin du mâle qui chante, seule la deuxième phrase est perceptible même si la première, moins sonore, est émise.

Pendant la période de reproduction, les mâles d'Arcyptère languedocienne peuvent adopter un comportement quasi grégaire comme cela a pu être observé à Montarnaud ou à Saturargues dans l'Hérault (observations personnelles, 2022, 2024) : après plusieurs points d'écoute infructueux, l'observateur peut tout à coup entendre cinq ou six mâles se répondre dans un rayon de dix mètres, alors que les habitats ne semblent pas avoir changé. La répartition dispersée doit donc inciter à prospecter de façon assidue les sites favorables, et à couvrir la plus grande surface possible, car il peut être facile de rater une « place de chant ».

L'espèce, si elle recherche bel et bien des habitats ouverts, apprécie néanmoins les buissons et les touffes denses et hautes de brachypode, qui lui sert probablement de refuge contre les prédateurs. Sur des sites où les buissons sont très présents, il n'est pas rare d'entendre des mâles chanter depuis l'orée des chênes kermès, ou parfois carrément au cœur de buissons denses. Cela rend l'espèce parfois étonnamment difficile à détecter, et l'utilisation de la repasse peut être d'une grande aide (voir plus bas).

Les femelles pondent dans le sol en moyenne 15 œufs, ce qui est relativement peu pour un orthoptère. Ce faible chiffre et la courte période de reproduction sont compensés par un taux élevé d'ovarioles fonctionnelles (Schultner et al., 2012).

Photo B : Femelle en ponte le 14 juin 2022 à Montarnaud, Hérault. La crotte de brebis au premier plan a ensuite été utilisée par l'individu pour cacher le trou de ponte (L. Ton ©).

2.3 Ecologie

L'habitat typique de cette espèce se compose de « pelouses caillouteuses et garrigues à Brachypode rameux de 100 à 300m d'altitude » (Sardet et al., 2024). En 2022, une étude a été conduite dans le but de préciser la niche écologique de l'Arcyptère languedocienne, dans le cadre d'un stage de Master 2 au Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie. Sur les 7 quadrats où a été détectée l'espèce (parmi un total de 40 quadrats choisis de manière semi-aléatoire), les relevés de végétation simplifiés ont permis de dégager deux préférences écologiques assez distinctes : d'une part des habitats pastoraux méditerranéens pâturés extensivement de 100 à 300m d'altitude, constitués soit de pelouses caillouteuses ouvertes présentant des proportions égales de pelouses à Brachypode rameux, de sol nu et d'arbustes bas, et d'autre part de fourrés de chênes kermès en général inférieur à 20 cm de haut envahis de Brachypode rameux. Le Brachypode rameux se retrouve sur les 7 quadrats, et son importance pour l'espèce, évoquée par Schultner et al. (2012), est confirmée ici. La strate buissonnante est, elle aussi, toujours présente, et représente en moyenne 30% de l'occupation du sol.

L'Arcyptère languedocienne n'est donc pas une espèce de pelouses rases et écorchées : elle préfère des pelouses buissonnantes, où la pression de pâturage reste relativement modérée pour laisser des zones de hautes herbes au printemps. En ce sens, le pâturage

printanier peut être néfaste à l'espèce si le chargement pastoral est trop élevé, et épuise la ressource herbacée et ligneuse.

3. Déclin et menaces

L'Arcyptère languedocienne est un insecte rare : on ne peut la voir en France que dans les garrigues du Languedoc, allant de Montpellier jusqu'à Avignon, entre 50 et 400 mètres d'altitude. C'est une sous-espèce probablement endémique d'Occitanie (Defaut et al., 2024), et sa zone d'occurrence représente seulement 0,4% du territoire métropolitain (Catil & Cochard, 2022).

Depuis 2021, plusieurs naturalistes, pressentant un déclin de l'espèce, ont commencé à rechercher l'espèce de façon ciblée, que ce soit pour découvrir de nouvelles populations ou pour actualiser d'anciennes données. Deux ans plus tard, un travail de compilation et d'analyse des données disponibles a été publié (Février et al., 2023), et montre un déclin très alarmant de l'espèce. Un an après, une actualisation des chiffres cités est déjà nécessaire face à la forte dynamique de recherches ciblées dont l'Arcyptère languedocienne a fait l'objet (Fig. 3). Soixante communes (28 dans l'Hérault, 32 dans le Gard) ont fait l'objet d'au moins une observation, mais parfois très anciennes (Annexe 1). Par exemple, 13 communes n'ont fait l'objet d'aucune observation depuis 2000 et sont donc prioritaires à prospecter : Vic-la-Gardiole, Le Crès, Murviel-lès-Montpellier, Montpellier et Saint-Jean-de-Védas dans l'Hérault ; Générac, Saint-Gilles, Milhaud, Aspères, Souvignargues,
Saint-Geniès-des-Mourgues, Boissières, Junas et Montpezat dans le Gard (Fig. 3). Notons que, dans l'Hérault, les communes concernées sont quasiment toutes situées sur la Métropole de Montpellier, où l'urbanisation s'est fortement développée ces dernières années. Plus inquiétant encore, des disparitions probables de populations ont été documentées sur 14 communes, soit près d'un quart de celles connues pour accueillir l'espèce. La liste et les causes avancées de disparitions sont présentées dans le Tableau 2.

Certains signaux sont néanmoins encourageants. Ainsi, trois communes n'ayant pas fait l'objet d'observations depuis 2000 se sont révélées positives (Mireval et Saint-Paul-et-Valmalle dans l'Hérault, et Aubais dans le Gard), tout comme Cournonsec (Hérault), n'ayant pas fait l'objet d'observations depuis 2015. Encore mieux, l'Arcyptère languedocienne a été découverte sur sept nouvelles communes depuis la publication de 2023 : Saint-Martin-de-Londres, Saint-Sériès et Boisseron dans l'Hérault, Aujargues, Congénies, Aigues-Vives et Poulx dans le Gard (Fig. 3).

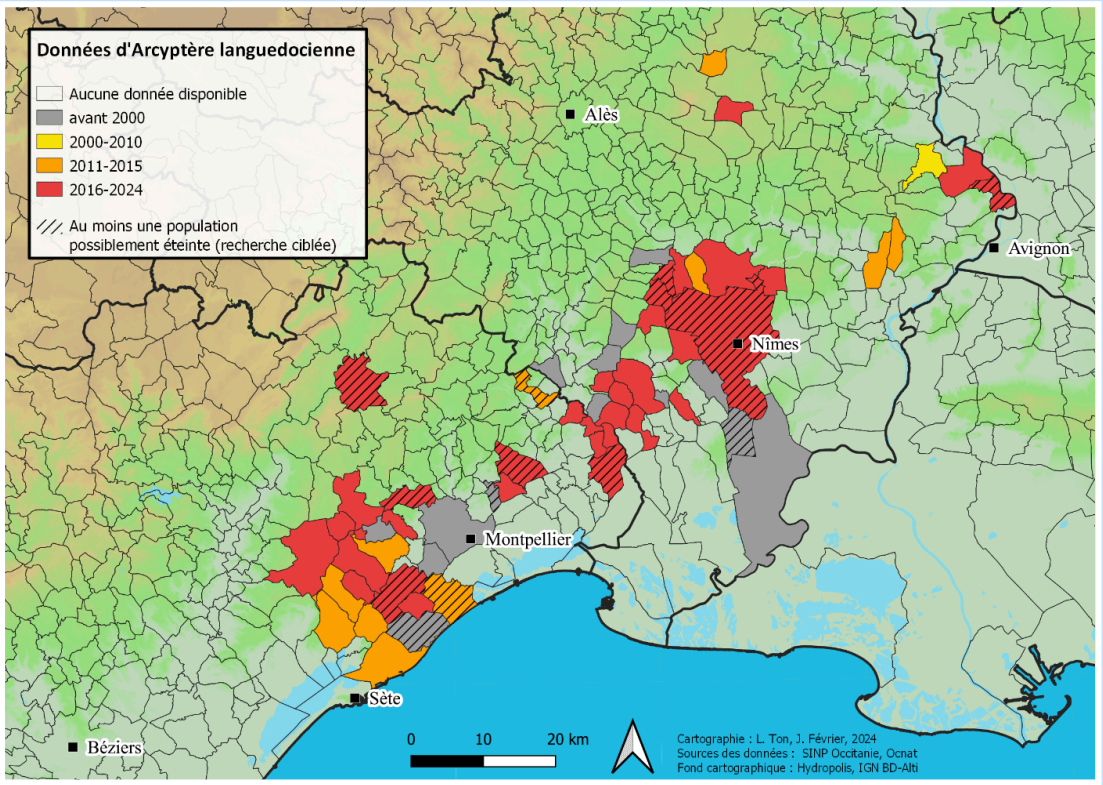


Figure 3 : répartition communale de l'Arcyptère languedocienne (d'après Février et al., 2023). Les hachures noires concernent des populations, et ne signifient donc pas forcément que l'espèce a disparu sur l'intégralité de la commune.

Les causes de ce déclin sont, comme souvent, multifactorielles, mais bien identifiées pour la plupart. La fragmentation des habitats par les infrastructures linéaires de transport limite les déplacements de ce criquet incapable de voler et isole les populations. Cela est particulièrement visible autour de Montpellier avec la présence de l'autoroute A9, et de la Ligne de Train à Grande Vitesse Nîmes-Montpellier. De nouveaux projets de la même ampleur, en cours ou à venir, vont accentuer l'isolement de certaines populations : nouvelles rocades comme le LIEN, ligne en projet de Train à Grande Vitesse Montpellier-Perpignan, projet routier de « Contournement Ouest de Nîmes ». L'extension urbaine participe aussi beaucoup à la fragmentation autour de ces deux grandes villes, et les habitats de garrigues sont en première ligne. Ce constat, déjà facile à ressentir et à voir sur la dernière décennie, devient flagrant quand on compare les vues aériennes d'après-guerre avec celles d'aujourd'hui (Fig. 4). Les quelques habitats xériques de basse altitude qui ont été épargnés sont sous la menace de la déprise pastorale ou, à l'inverse du sur-pâturage. Enfin, le changement climatique (sécheresses printanières par exemple) joue très probablement un rôle important, puisque certaines populations disparues n'ont pas subi de changement particulier de leur habitat.

Tableau 2 : synthèse des possibles disparitions documentées de populations d'Arcyptère languedocienne

Commune	Année de dernière observation / Année(s) de recherche infructueuse	Causes avancées de la disparition
Sauveterre (30)	2014 / 2018-2021	Inconnues : peu d'évolutions de l'habitat, pas de dégradations constatées (J. Février)
La Rouvière / Gajan (30)	2017 / 2018-2022	Inconnues : peu d'évolutions de l'habitat, pas de dégradations constatées (J. Février)
Nîmes (30)	2015 / 2024	Urbanisation, mitage périurbain sur deux populations, et fermeture des habitats ouverts non urbanisés (E. Bergue).
Générac (30	1991 / 2021	Dernière observation de Didier Morin. Causes inconnues (B. Nabholz).
Galargues (30)	2014 / 2020-2024	Possible surpâturage (taureaux) et fermeture des milieux ouverts périphériques (J. Février, B. Nabholz, L. Ton).
Lunel (34)	2012 / 2020	Inconnues (B. Nabholz).
Castries (34)	2020 / 2024	Urbanisation : construction d'une Zone d'Activité à quelques mètres (L. Thomas, ECO-MED).
St Martin de Londres (34)	2021 / 2024	Sur-pâturage bovin. Stenobothrus fischeri semble ici mieux supporter cette pression (L. Ton).
Grabels (34)	2011 / 2024	Construction d'un parc photovoltaïque sur habitats naturels (Y. Bas)
Grabels (34)	2023 / 2024	Construction du LIEN (rocade au nord de Montpellier) sur une population existante (L. Ton).
Villeneuve-lès-Maguelone (34)	2015 / 2020	Extension de carrière, projection de poussières (B. Nabholz).
Fabrègues (34)	2019 / 2022	Un suivi bisannuel est effectué depuis 2015 par l'OPIE. L'effet du surpâturage est une des causes avancées ici (Louboutin & Mateo-Espada, 2023).
Vic-la-Gardiole (34)	1956 / 2020	Inconnues (B. Nabholz).

Figure 4 : Comparaison des photographies aériennes de la commune du Crès, au nord-est de Montpellier, en 1950-65 à gauche et en 2024 à droite. L'urbanisation s'est concentrée sur les garrigues, ne laissant que quelques parcelles qui se sont pour la plupart boisées et qui sont donc devenues inhospitalières pour l'Arcyptère languedocienne. Source : https://remonterletemps.ign.fr

Quoiqu'il en soit, le constat de déclin rapide de l'espèce a conduit, lors de l'élaboration de la Liste Rouge des Orthoptères d'Occitanie, à considérer l'Arcyptère languedocienne comme étant « en danger critique d'extinction », c'est-à-dire susceptible de disparaître à court ou moyen terme si les causes du déclin ne sont pas identifiées et stoppées rapidement (Catil & Cochard, 2022).

4. Etude sur les méthodes d'inventaire, ou comment trouver une arcyptère

Comme cela a été exposé plus haut, la répartition de l'Arcyptère languedocienne, bien que très restreinte, n'est pas encore parfaitement connue. Voici donc quelques conseils pour rechercher cette espèce et ainsi faire avancer les connaissances.

La recherche de l'Arcyptère languedocienne, comme tout orthoptère, passe traditionnellement par une recherche à vue, où l'observateur déambule sur la parcelle afin de faire fuir les individus pour mieux les repérer. La période privilégiée est celle de l'émergence des adultes, réputés plus facilement identifiables que les juvéniles.

La recherche précoce des Arcyptères au stade larvaire est pourtant une méthode

efficace, puisque les jeunes individus sont identifiables au genre (et où la répartition permet dans la majorité des cas de déterminer l'espèce), et les densités sont en général plus élevées que chez les adultes. En effet, théoriquement, les effectifs vont décroître de façon régulière au cours de la saison, avec un maximum lors de l'émergence en avril des juvéniles n'ayant pas encore eu le temps d'être prédatés, et un minimum en fin de saison (début juillet) où seules quelques femelles subsistent pour pondre leurs derniers œufs. Le seul inconvénient lors de la recherche des juvéniles est que l'ouïe ne peut être utilisée en complément de la vue, dans la mesure où seuls les adultes chantent.

A partir du début du mois de mai, les premiers mâles adultes se mettent à striduler, facilitant leur détection. C'est sur les vocalises de l'Arcyptère languedocienne qu'une étude méthodologique a été conduite lors d'un stage de Master sur sept sites de l'Hérault (Février et al., 2023). L'objectif était de vérifier si la diffusion du chant des mâles, via une enceinte bluetooth, stimulait la réponse de ces derniers et augmentait ainsi les chances pour l'observateur de détecter des individus. Les résultats montrent que cette méthode augmente significativement la probabilité de détecter des individus. Sur le terrain, le ressenti est souvent très net, où les mâles répondent dans les quelques secondes suivant la diffusion des premières notes du chant sur l'enceinte. L'utilisation du haut-parleur d'un smartphone fonctionne également, mais sa portée est plus faible, sachant qu'elle est de 10 m pour une enceinte bluetooth UE BOOM 2 avec le volume maximal (Fig. 5).

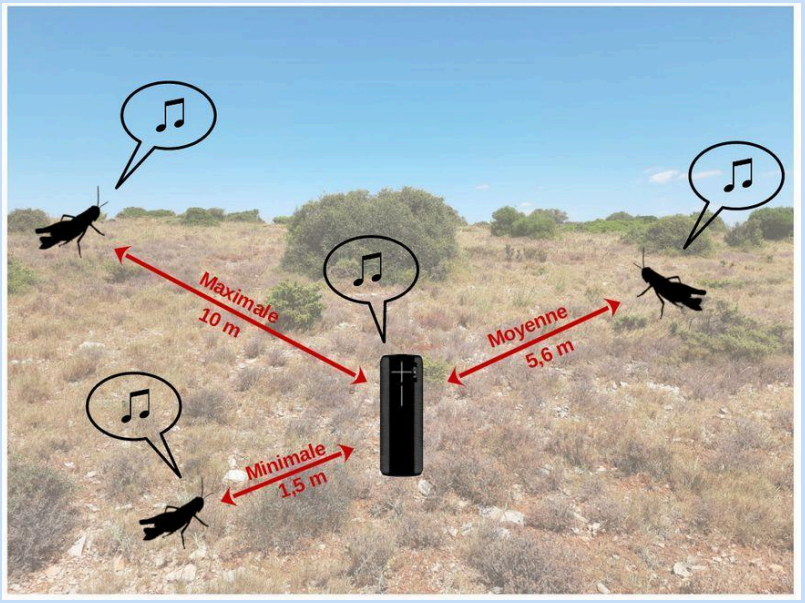


Figure 5 : Distance de réponse des mâles d'Arcyptère languedocienne sur 21 points d'écoutes où l'espèce a été contactée lors d'une étude ciblée (Ton, 2022).

5. Conclusion et perspectives

Comme la plupart des espèces d'invertébrés, l'Arcyptère languedocienne souffre de lacunes de connaissances. C'était particulièrement le cas il y a quelques années mais, depuis 2012, plusieurs actions d'améliorations des connaissances ont été conduites :

- Etude du développement larvaire et du régime alimentaire (Schultner et al., 2012)
- Etude méthodologique sur l'effet de la repasse (Février et al., 2023)
- Etude sur la niche écologique (Février et al., 2023)
- Inventaires ciblés au nord de la Métropole de Montpellier, par points d'écoutes sélectionnés sur un maillage d'habitats favorables (Bureau d'études ECO-MED, 2024)

Chez nos voisins d'outre-Rhône, une enquête participative a été lancée en 2021 sur l'Arcyptère provençale (Arcyptera kheili) en 2021 en PACA, coordonnée par le Conservatoire d'Espaces Naturels de PACA (CEN PACA, 2024).

Mais malgré toutes ces bonnes volontés, les statuts dont bénéficie actuellement l'Arcyptère languedocienne ne permettent pas d'endiguer son déclin. L'attribution du statut « en danger critique d'extinction » en Occitanie ainsi que son statut d'espèce déterminante ZNIEFF lui donnent un certain poids dans les études d'impacts environnementales de projets d'aménagements, avec un enjeu considéré comme « fort » à « très fort » en général. Un poids toutefois insuffisant au regard de récentes destructions de populations, parfois en connaissance de cause, cas fréquent pour des arthropodes. En guise d'exemple, citons la commune de Grabels où ont été détruites successivement une population suite à la construction d'un parc photovoltaïque sur habitats naturels en 2019, puis à proximité immédiate en 2024 sur le chantier du LIEN (Liaison Intercantonale d'Evitement Nord de Montpellier), bientôt en partie noyée sous le goudron. Dans les deux cas, la présence de l'espèce était connue avant travaux.

La nécessité de revoir « l'Arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection » a été discutée durant la présentation (dont la présente publication en est la synthèse) lors des Rencontres Naturalistes d'Occitanie au printemps 2024.

A cette priorité d'ordre légale, s'ajoute une priorité ayant trait à la connaissance sur la répartition de l'espèce en la recherchant dans des secteurs où elle n'est pas connue, mais aussi de contrôler des populations connues pour documenter des éventuels déclins ou disparitions (Tab. 2) et tenter de comprendre leurs causes. En effet, si la documentation de disparitions peut être déprimante pour le naturaliste, il est encore possible de découvrir de nouvelles stations. Depuis 2023, un groupe WhatsApp regroupe tous les naturalistes intéressés par ces

perspectives, et permet ainsi d'imaginer avant chaque printemps les zones à prospecter en priorité, après avoir fait le bilan des observations de l'année passée… et tout simplement d'échanger et faire du lien ! Ce groupe de naturalistes peut être rejoint via ce lien (https://chat.whatsapp.com/DmuWmQVCe3zCJtkjtTZBmY) ou ce QR-code ci-contre.

En guise de conclusion, voici les principales perspectives pour les années à venir concernant l'Arcyptère languedocienne :

- Travail sur la mise à jour des insectes protégés en France métropolitaine
- 2025 sera la deuxième et dernière année de recherche de l'espèce sur la Métropole de Montpellier dans le cadre de l'Atlas de Biodiversité Métropolitaine (ABM), réalisée par le bureau d'études ECO-MED et porté par Montpellier Méditerranée Métropole.
- Poursuite de l'actualisation des stations via le groupe whatsapp de naturalistes bénévoles. Organisation de week-ends de prospections groupées (« camp naturalistes ») par l'ASCETE (l'association française des orthoptéristes et entomocénoticiens).

6. Remerciements

Nos remerciements s'adressent en premier lieu aux organisateurs et organisatrices bénévoles des Rencontres Naturalistes d'Occitanie, qui ont permis la tenue d'échanges passionnants et motivants, dont ont grandement besoin les naturalistes !

Merci également à tous les naturalistes qui ont succombé au charme de l'Arcyptère et ont intégré le groupe WhatsApp totalement dédié à sa cause.

Et merci globalement à toutes les personnes ayant transmis leurs observations de l'espèce : Baghi Romain (Nature En Occitanie) - Bernard Cyrielle (Zerynthia) - Bernier Christophe (Ecologistes De L'Euzière) - Berthelot Stéphane (OPIE, CEN Occitanie) - Bertrand Justine (Ecologistes De L'Euzière) - Bonnemaison Mathieu (Ecologistes De L'Euzière) - Carrer Antoine (Salsepareille) - Colombo Raphaël - Defaut Bernard (ASCETE) - Fouliard Douglas (CBE) - Bergue Emilie (CEN Occitanie) - Février Jérémie (CBE) - Gaymard Maxime (CEN Occitanie) - Jaulin Stéphane (OPIE) - Walsh John - Lebastard Nicolas (cogard) - Lépine Fabien (CEN Occitanie) - Louboutin Bastien (OPIE) - Ton Louis (CEN

Occitanie) - Malaty Sylvain (ECO-MED) - Peyrard Morgan (CBE) - Nabholz Benoit - Hadj Bachir Oscar (CBE) - Parret Alexis - Lejeune Romain (CBE) - Rondeau Alexis (CEN Occitanie) - Santalucia Alexis (CEN Occitanie) - Sautet David (Ecologistes De L'Euzière) - Ville De Nîmes – Lepley Michel– Lerch Alexandre– Menut Thomas (Biotope) – Morin Didier– Sardet Eric– Chirossel Cyprien (CEN Occitanie) – Mateo-Espada Ennaloël (OPIE). Sources : Atlas SINP Occitanie, Biodiv'Occitanie et communications personnelles.

7. Références Bibliographiques

- Catil J. M., & Cochard P. O. (coord.) 2022 - Liste rouge des Orthoptères d'Occitanie. Rapport d'évaluation. Nature en Occitanie, 235 p.

- CEN PACA. L'Arcyptère provençale : à vous de mener l'enquête ! [site internet] URL : https://cen-paca.org/decouvrir/les-actualites/appel-a-contribution/larcyptere-provencale-a-vous-de-mener-lenquete/ consulté le 08/11/2024

- Defaut B. 2023 - Révision biométrique des taxons français du genre Arcyptera Audinet Serville, 838 sous-genre *Pararcyptera* Tarbinsky, 1930. Matériaux Orthoptériques et Entomocénotiques, 28 : 5–30.

- Defaut B. 2024 - Synonymisation d'*Arcyptera* (*Pararcyptera*) *kheilioides* Defaut, 2023 avec Arcyptera (*Pararcyptera*) *kheili* Azam, 1900 (Orthoptera, Acrididae). Matériaux Orthoptériques et Entomocénotiques, 29 : 5–16.

- Février J., Nabholz B., & Ton L. 2023 - Synthèse des données et probabilité de détection de l'Arcyptère languedocienne, *Arcyptera brevipennis vicheti* (Brunner von Wattenwyl, 1861), en France (Orthoptera: Acrididae). Matériaux Orthoptériques et Entomocénotiques, 28 : 31–43.

- Louboutin B. & Mateo-Espada E. 2023 - Suivi des peuplements d'Orthoptères et de Lépidoptères rhopalocères, dans le cadre de la mise en place de mesures compensatoires au doublement de l'autoroute A9 aux garrigues de la Lauze à Fabrègues (34). OPIE & CEN Occitanie, 41 p.

- OC'NAT. BIODIV'OCCITANIE. Atlas de la faune et de la flore d'Ocnat, [site internet]. Arcyptère languedocienne *Arcyptera brevipennis vicheti* Harz, 1975 URL : https://biodiv-occitanie.fr consulté le 29/10/2024.

- Sardet E., Roesti C. & Braud Y. 2024 - Orthoptères de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. Deuxième édition. Mèze, Biotope, 336 p.

- Schultner E., Blanchet E., Pages C., Lehmann G. & Lecoq M. 2012 - Development, reproductive capacity and diet of the Mediterranean grasshopper *Arcyptera brevipennis vicheti* Harz 1975 (Orthoptera: Caelifera: Acrididae: Gomphocerinae). Annales- Societe Entomologique de France, 48, 299–307. https://doi.org/10.1080/00379271.2012.10697779

- SINP Occitanie. Atlas de la faune et de la flore du SINP de l'Occitanie, [site internet]. Arcyptère languedocienne *Arcyptera brevipennis vicheti* Harz, 1975 URL : https://sinp-occitanie.fr/atlas consulté le 29/10/2024.

Le projet Molosse de Cestoni
Amélioration des connaissances sur l'espèce en Languedoc-Roussillon

LEHMANN Caroline[1] et ALIGNAN Thierry[1]

[1] *Groupe Chiroptères Languedoc-Roussillon, Domaine de Restinclières, 34730 PRADES LE LEZ. Emails : c.lehmann@hotmail.fr, talignan@gmail.com*

Mots clés : Molosse de Cestoni, *Tadarida Teniotis*, Chiroptères, Projet de recherche, bénévole

Résumé :

Parti d'une initiative collective initiée lors de l'Assemblée Générale 2022 du Groupe Chiroptères Languedoc-Roussillon, le projet « Molosse de Cestoni, Amélioration des connaissances de l'espèce en Languedoc-Roussillon » s'est exclusivement structuré autour d'adhérents bénévoles. Toutes les forces vives de l'association ont été mobilisées, des chiroptérologues avertis aux néophytes pour assurer la structuration du projet et engager les premiers suivis acoustiques réguliers sur plusieurs sites, notamment sur le Département de l'Hérault.

Après 18 mois de suivi, les premières analyses ont commencé à confirmer certaines hypothèses, mais aussi ouvrir sur de nouveaux questionnements. Conscients que ce projet, mené de façon 100% bénévole, est un projet au long court, nous allons poursuivre sur les mois à venir nos investigations, suivis, réflexions, pour faire avancer les connaissances sur le Molosse de Cestoni en Languedoc-Roussillon.

1. Introduction : contexte et objectif

Lors de l'AG 2022, le conseil d'administration du Groupe Chiroptères Languedoc-Roussillon a proposé aux adhérents de voter pour « LE » projet qu'ils souhaitaient développer, de manière autonome et bénévole appuyé ponctuellement par l'expertise des salariés de l'association. Chacun ayant fait une proposition, un vote majoritaire a désigné le "Molosse de Cestoni" comme thème de ce projet.

2. Organisation de la démarche collective

Après quelques débuts un peu hésitants, un groupe de coordination accompagné des bénévoles actifs du GCLR s'est constitué et a décidé de porter le projet d'une seule voix avec pour objectifs principaux d'améliorer les connaissances sur l'espèce et de découvrir la première colonie de reproduction du Languedoc-Roussillon.

Les premières actions réalisées ont structuré le projet à travers la mise en place de groupes de travail, d'outils de discussion et de partages des données,

et bien sûr de premières sorties de gîtes conviviales ! Des priorisations ont été également définies au regard du nombre de bénévoles impliqués activement et des moyens mobilisables.

Ainsi, sur 5 sites initialement proposés, 2 ont fait l'objet de suivis acoustiques réguliers à l'aide d'enregistreurs passifs mais également à travers plusieurs sorties de gîtes. Le premier situé sur la falaise du Thaurac au-dessus de la grotte des Demoiselles à Saint-Bauzille-de-Putois (Hérault-34) (Photo A) est particulièrement intéressant, car l'espèce avait déjà fait l'objet d'observations acoustiques récentes par des locaux. Le deuxième, un peu plus atypique, se situe sur la Cathédrale Saint-Pierre en plein centre-ville de Montpellier (Hérault-34) (Photo B) où des contacts avaient déjà été répertoriés.

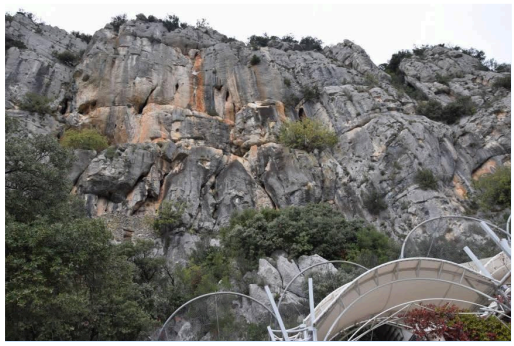


Photo A : Les falaises du Thaurac au-dessus de la grotte des demoiselles (crédit Julien De Cosmi)

D'un autre côté un groupe s'est constitué autour de l'antenne du Haut-Languedoc située à Saint-Pons-de-Thomières pour travailler sur la sensibilisation à l'espèce et a notamment créé un panneau pédagogique à l'attention du public et un groupe de bénévoles actifs est en train de se constituer côté Gard avec en ligne de mire le secteur du Pont du Gard et les gorges du Gardon où la présence du Molosse de Cestoni est confirmée par de nombreuses données historiques.

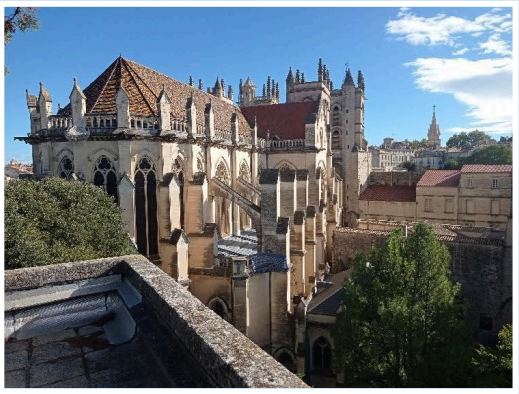


Photo B : La Cathédrale Saint-Pierre (crédit Thierry Alignan)

3. Premiers éléments d'analyse

Une première étude de 12 jeux de données d'enregistrements (à minima 1 enregistrement mensuel) récoltées entre avril et décembre 2023 sur les deux sites nous permettent de commencer à caractériser les périodes d'activité nocturne des Molosses ainsi que les pics horaires des premières sorties et dernières rentrées de gîtes.

Les premières analyses de données (figure 3), une émergence progressive des individus est observée dans le premier quart de la nuit correspondant à un pic de sortie de gîte entre 1 et 2h après le coucher du soleil. Aucune activité n'est relevée autour du lever du soleil, suggérant que le retour au gîte se

fait bien avant. A cela semble s'ajouter des vas-et-viens des individus avec plusieurs pics d'activité correspondants peut-être à des phénomènes de rentrée au gîte. Ces premiers résultats semblent confirmer certains éléments de phénologie connus du Molosse de Cestoni comme la sortie de gîte plus tardive que d'autres espèces (Marques & al., 2004 ; Arthur & al., 2021).

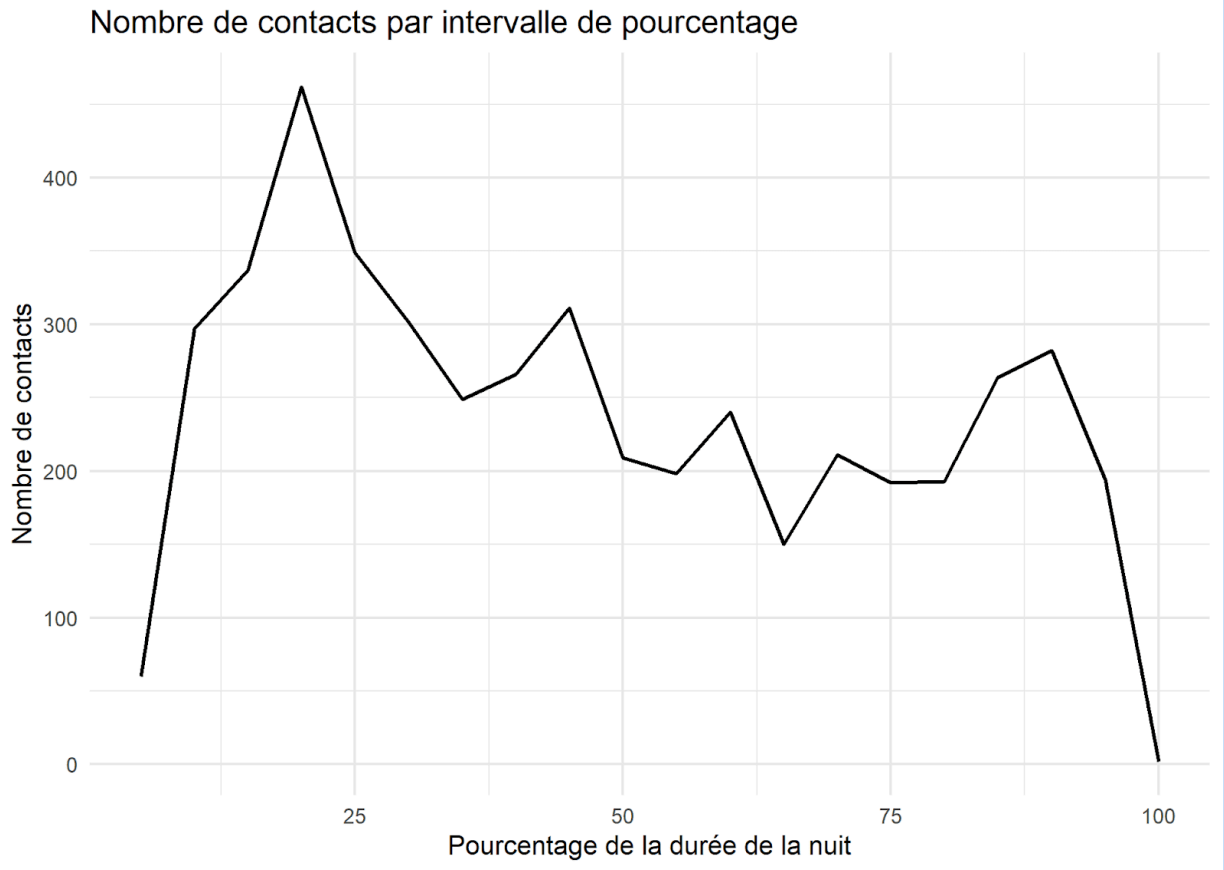


Figure 3 : Nombre de contacts par intervalle de pourcentage

En ce qui concerne les résultats par saison, le jeu de données n'est pas encore suffisant pour obtenir des résultats significatifs avec seulement trois saisons sur quatre enregistrées. Cependant, l'activité nocturne semble varier fortement avec un pic d'activité enregistré en automne et une activité réduite au printemps et en été.Ces premières observations laissent à penser que les sites étudiés ne sont pas utilisés pour la parturition et l'élevage des jeunes. En effet, sur nos sites il semble également se produire le même phénomène de désertion estivale du Molosse de Cestoni rapporté par plusieurs observateurs (Chiroptérologues de bureaux d'études, données Vigie-Chiro, ...) et évoqué lors des rencontres Grand-Sud au Pont du Gard en septembre 2023. Ces observations restent encore à confirmer.

4. Perspectives de poursuite du projet

A travers ces résultats, plusieurs interrogations se posent aujourd'hui :

Le Molosse de Cestoni réalise-t-il des transhumances ? Une sensibilité à la chaleur entraînerait-elle une migration vers d'autres gîtes plus favorables à l'espèce ? Quel rôle joue la compétition pour la ressource alimentaire dans cette phénologie ? Le Molosse de Cestoni exploite-t-il un réseau de gîtes par saison à l'instar des espèces arboricoles ? Et bien d'autres… Autant de questions qui doivent être éclaircies !

Pour cela, à l'échelle du Languedoc-Roussillon, en parallèle des suivis acoustiques, d'autres actions ont été conduites pour nous aider à répondre à nos interrogations. Des outils standardisés de suivi de gîtes et un dépliant mêlant information, sensibilisation et mobilisation ont été créés afin de pouvoir faire participer le grand public autant que les chiroptérologues amateurs ou confirmés. Des tests statistiques sont menés pour étudier les différents paramètres et nous aider à proposer des résultats fiables. Enfin, un groupe de travail « capture en falaise » réfléchit à la mise en œuvre de procédures et d'un dispositif qui permettra de réaliser une capture en toute sécurité, lorsqu'un gîte aura été repéré.

3. Conclusion :

Le moins que l'on puisse dire, c'est que l'activité bénévole est au rendez-vous ! Les sorties collectives sur le terrain ont aujourd'hui mobilisé plus d'une trentaine de volontaires au travers de sorties et rentrées de gîtes, de recherches de points d'abreuvement et de prospections falaise à l'endoscope (Photo C). Des ambitions de captures et d'équipement afin d'envisager du tracking et mieux comprendre le comportement de cette espèce ont également été au rendez-vous de cette première année de projet. Des premiers essais de fabrication de filet de capture en falaise ont été réalisés. Un prototype, construit après échange avec divers experts et outils déjà testés a été élaboré (Photo D).

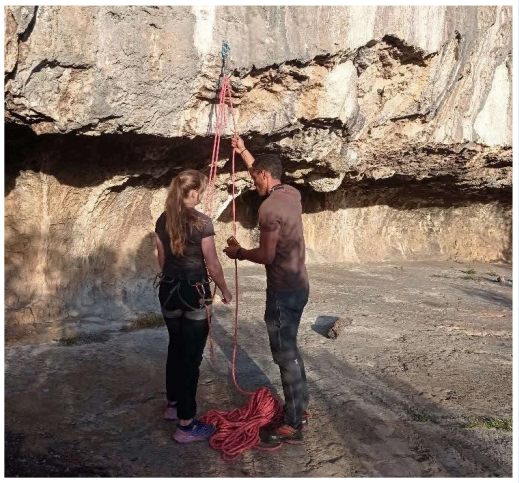


Photo C : Ophélie et Sémir cherchent le Molosse (crédit Thierry Alignan)

Des partenariats se développent, notamment avec le propriétaire de la grotte des Demoiselles. Et le projet s'exporte et s'amplifie également avec le début de suivis conjoints entre les différents départements de la région Auvergne-Rhône-Alpes qui ont déjà lancé les suivis sur une dizaine de sites et le groupe Molosse du

Languedoc-Roussillon. Un protocole en phase de test est déjà arrivé sur le drive du GT milieux rocheux avec un objectif de suivis standardisés.

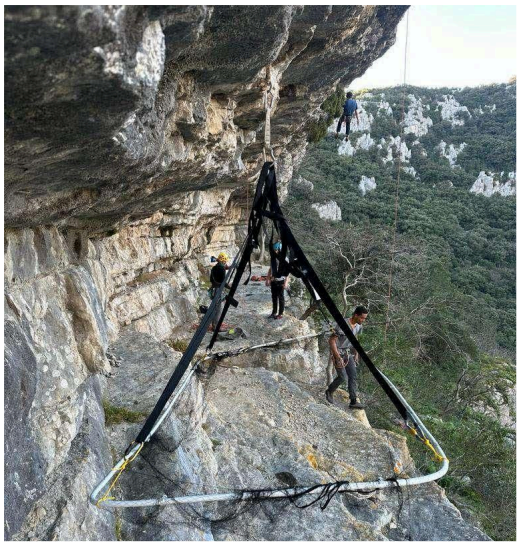


Photo D : Un prototype de filet de capture du Molosse de Cestoni en falaise a été testé en situation réelle (crédit Sémir Durocher)

Bien que nos recherches soulèvent plus de questions que de réponses, pour l'instant, nous sommes prêts à repartir de plus belle pour cette seconde année de développement du projet !

Références bibliographiques

- ARTHUR, L., LEMAIRE, M., & DISCA, T. (2021). *Les chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse.*

- MARQUES, J. T., RAINHO, A., CARAPUÇO, M. M., OLIVEIRA, P., & PALMEIRIM, J. M. (2004). Foraging Behaviour and Habitat use by the European Free-Tailed Bat *Tadarida teniotis*. *Acta Chiropterologica*, 6(1), 99-110. https://doi.org/10.3161/001.006.0108

Evolution des oiseaux communs en Occitanie : Analyses des données STOC EPS

Talhoët Samuel[1]

[1] *LPO Occitanie délégation territoriale de l'Aveyron, 10 rue du couvent, Cruéjouls, 12340 Palmas-d'Aveyron. Email : samuel.talhoet@lpo.fr*

Mots clés : oiseaux communs, tendance d'évolution, Occitanie, STOC EPS, protocole, analyses

Résumé :

En 2020, la LPO Occitanie a réalisé un travail d'analyse pour connaître l'évolution des oiseaux communs en Occitanie grâce au protocole national du Suivi Temporel des Oiseaux Communs (STOC). Les données d'abondance obtenues grâce à ce protocole ne permettent pas de connaître les abondances absolues, mais comme elles sont comparables dans le temps et dans l'espace, elles permettent de connaître les variations d'abondance relatives.

Le STOC EPS en Occitanie, c'est 204 observateurs, 209 espèces recensées et 293 carrés suivis depuis 2007. Les espèces les plus notées sont la Fauvette à tête noire, le Rossignol philomèle et le Merle noir. Les tendances de 107 espèces ont pu être analysées pour la période 2001-2021 à l'échelle de la région Occitanie : 22 espèces présentent une tendance d'évolution statistiquement négative, 33 espèces présentent une tendance stable et 20 espèces présentent une tendance statistiquement positive. Pour les 32 autres espèces, les tendances sont incertaines.

Photo A : Fauvette à tête noire © Thierry Vergély

1. Introduction

En 2020, dans le cadre de l'appel à projet de la région Occitanie « Amélioration et valorisation des connaissances sur la biodiversité en Occitanie », la LPO Occitanie délégation territoriale de l'Aveyron et ses partenaires ont proposé un travail sur l'évolution des oiseaux communs en Occitanie. Pour ce faire, il était nécessaire de renforcer le réseau de bénévoles contribuant au programme national STOC EPS (suivi temporel des oiseaux communs par échantillonnage ponctuel simple) dans tous les départements de la région Occitanie et d'analyser les données existantes en Occitanie sur la période 2007-2021.

Les partenaires de ce travail sont : la LPO Occitanie (délégations territoriales de l'Aude, de l'Aveyron, de la Haute-Garonne, de l'Hérault, du Lot et de la Lozère), l'Association Lozérienne pour l'Etude et la Protection de l'Environnement (ALEPE), l'Association Naturaliste de l'Ariège (ANA), Nature en Occitanie (NEO), le Centre Ornithologique du Gard (COGard), le Groupe Ornithologique Gersois (GOG), le Groupe Ornithologique du Roussillon (GOR), la LPO Tarn et la Société des Sciences Naturelles du Tarn-et-Garonne (SSNTG).

Le programme national de suivi des oiseaux communs a été lancé en 1989 puis relancé en 2000 par le Centre de Recherche sur la Biologie des Populations d'Oiseaux (CRBPO), qui dépend du Muséum National d'Histoire Naturelle. Il comprend plusieurs volets : le STOC EPS (suivi temporel des oiseaux communs par échantillonnage ponctuel simple) au printemps, le STOC Capture (suivi temporel des oiseaux communs par la capture), également au printemps et le SHOC (suivi hivernal des oiseaux communs) en hiver. STOC et SHOC font désormais partie des programmes Vigie Nature développés par le MNHN dans le cadre des sciences participatives.

Le STOC EPS a pour objectif d'évaluer les variations spatiales et temporelles de l'abondance des populations nicheuses d'oiseaux communs. Il est fondé sur des points d'écoute de 5 minutes réalisés par un réseau d'observateurs répartis dans toute la France. Les sites suivis sont déterminés par tirage aléatoire, afin d'avoir une représentativité maximale des différents habitats et des résultats généralisables à l'ensemble des populations nationales des espèces concernées.

2. Objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude sont nombreux :

- Analyser et commenter des tendances d'évolutions des populations d'oiseaux au niveau régional et les comparer avec les tendances nationales (par groupe de spécialisation et par espèce) ;
- Comparer, si possible, les tendances d'évolution des populations d'oiseaux entre les « aires protégées » (Parcs nationaux, Réserves naturelles,

sites Natura 2000) par rapport aux zones non protégées et entre les grandes zones géographiques de la région (Zone méditerranéenne, Pyrénées, Massif central, plaines midi-pyrénéenne…) ;

Renseigner des indicateurs de biodiversité (afin de contribuer à l'observatoire de la biodiversité en Occitanie), en faisant notamment appel au réseau des bénévoles associatifs ;

Produire des données ornithologiques sur les grandes entités paysagères présentant des enjeux potentiellement forts mais encore sous prospectées à l'échelle régionale ;

Apporter des éléments concrets concernant les tendances d'évolution des oiseaux sur la région Occitanie en vue de l'élaboration d'une future liste rouge régionale ;

Mieux orienter les politiques publiques locales, l'aménagement des territoires et les activités humaines pour lutter contre l'érosion de la biodiversité en Occitanie.

…

3. Le STOC EPS : éléments de protocole

Chaque observateur qui souhaite participer au suivi des oiseaux communs se voit attribuer un carré de 2 km x 2 km par le CRBPO, proche d'une localité qu'il a choisie (généralement son domicile). Le CRBPO lui propose également un carré de remplacement au cas où le premier carré ne conviendrait pas (par exemple pour des raisons d'accessibilité).

L'observateur place dans ce carré 10 points d'écoute, séparés au minimum de 300 m et si possible représentatifs des milieux présents dans le carré.

Il passe 5 minutes sur chacun des points, 2 fois au printemps (4-6 semaines d'intervalle autour du 8 mai), le matin de bonne heure, par conditions météorologiques favorables. Depuis 2011, un troisième passage optionnel est possible au mois de mars. Le CRBPO souhaite en effet étudier les évolutions liées au changement climatique et ainsi vérifier si les oiseaux absents en avril ne se sont pas mis à chanter plus tôt dans la saison.

L'observateur note tous les oiseaux qu'il observe et entend, posés ou en vol, ainsi que la distance d'observation (moins de 25 m, 25 à 100 m, plus de 100 m, et, depuis 2015, plus de 200 m). Il consigne également les grands milieux présents autour de chacun de ses points.

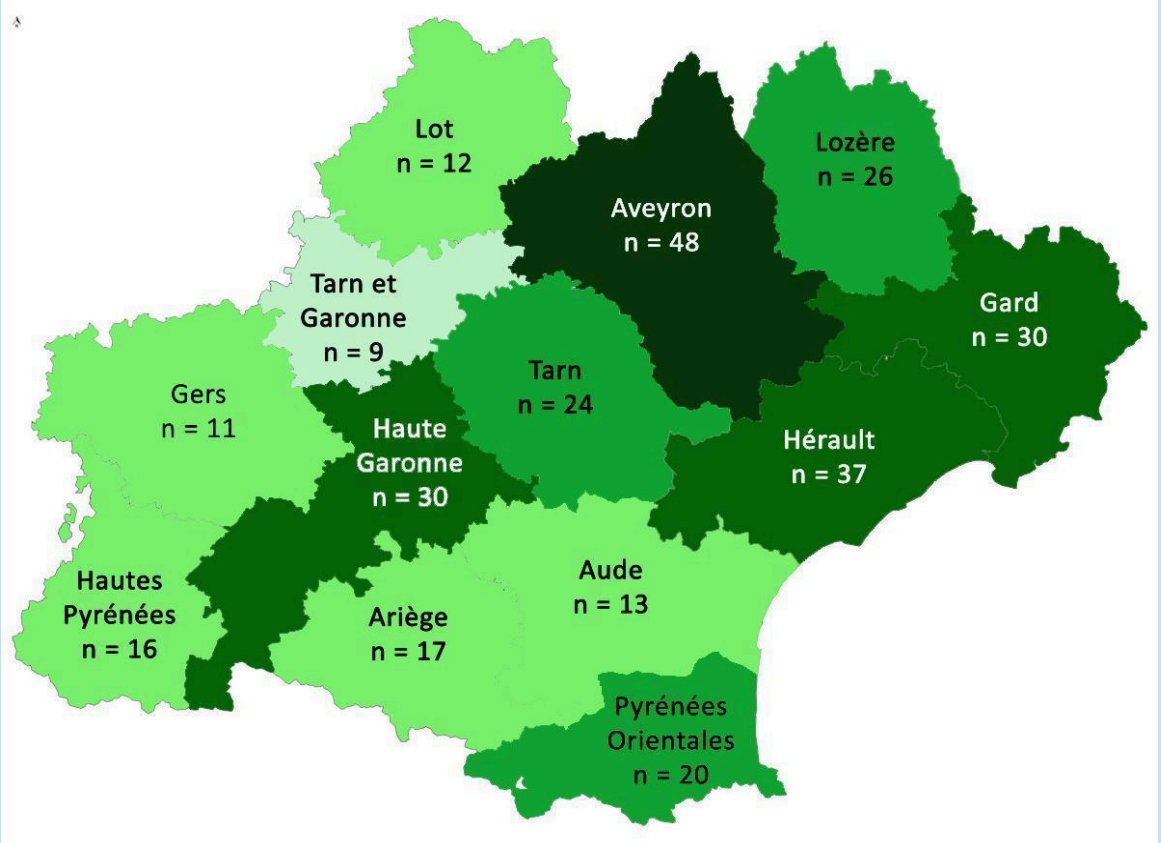
L'opération est renouvelée tous les ans, sur les mêmes points, par le même observateur, aux mêmes dates (avec une tolérance de 8 jours de décalage) et, dans la mesure du possible, par les mêmes conditions météorologiques.

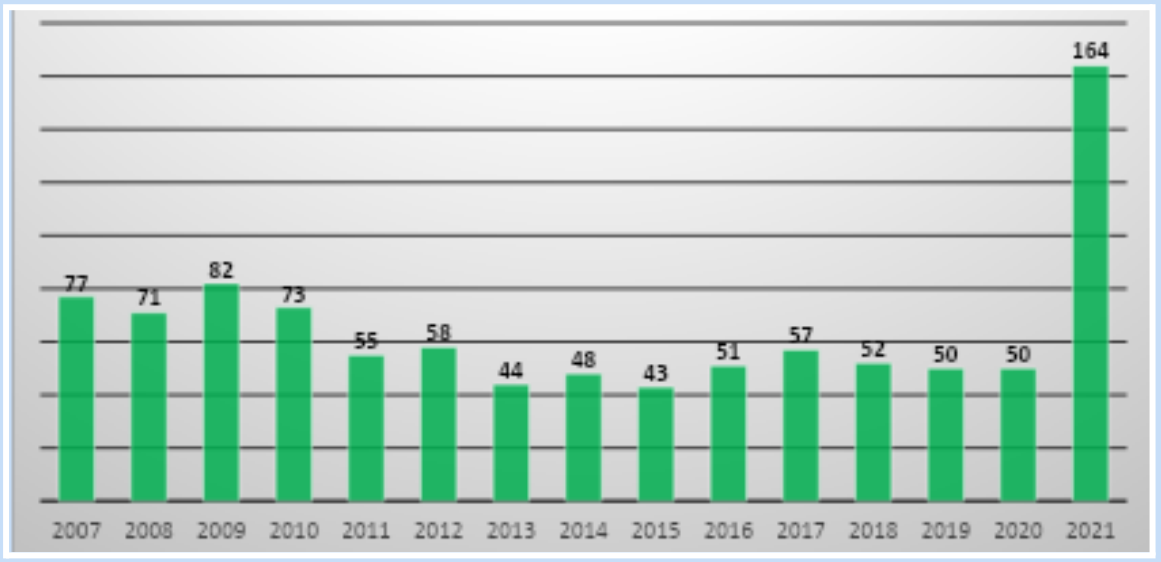
4. Le STOC EPS en Occitanie

Entre 2007 et 2021, 204 observateurs, pour la plupart bénévoles, ont participé au moins une fois au programme STOC EPS en Occitanie (105 actifs en 2021). Cela représente au moins 7 800 heures de terrain depuis 2007, auxquelles il convient d'ajouter le temps de saisie (sans doute au moins autant d'heures). 293 carrés ont été suivis au moins une fois dans la région Occitanie : un maximum de 48 carrés dans l'Aveyron et un minimum de 9 carrés dans le Tarn-et-Garonne (cf. carte 1). En 2021, 164 carrés sont encore suivis.

Sur la période 2007-2020, le nombre de carrés STOC EPS réalisé chaque année dans l'ensemble de la région varie entre 43 et 82, avec une lente régression notée depuis le début des années 2010 (cf. graphique 1). La moyenne annuelle pour cette période est de 58 carrés. En 2021, grâce à la très forte remobilisation des bénévoles et des salariés, le nombre de carrés STOC EPS suivis est beaucoup plus important puisqu'il atteint 164 carrés suivis, soit deux fois plus que la meilleure année de la période 2007-2020.

Carte 1 : Nombre de carrés STOC EPS suivis entre 2007 et 2021 par département.





Graphique 1 : Nombre annuel de carrés STOC EPS effectués en Occitanie entre 2007 et 2021

5. Analyse des données

Sur la période 2007-2021, 209 espèces différentes ont été contactées au moins une fois lors du protocole STOC EPS. 92 espèces (soit 44 %) ont été citées tous les ans et 29 espèces n'ont été citées qu'une seule année. Chaque carré contient en moyenne 44 espèces, avec un minimum de 21 espèces et un maximum de 87 espèces (toutes années confondues).

La liste des 10 espèces les plus souvent citées sur les carrés STOC EPS de la région Occitanie est dressée dans le tableau 1. Le nombre de citations est le nombre de fois où l'espèce est notée.

Photo B : Rossignol philomèle
© Thierry Vergély

5.1. Éléments de méthodologie

Afin de pouvoir comparer les tendances d'évolution des espèces entre la région Occitanie et le niveau national, il est évidemment nécessaire de faire ces analyses sur une même période. La période de comparaison retenue est donc 2001-2021.

Si tous les carrés étaient visités chaque année, il suffirait d'additionner toutes les abondances pour obtenir l'abondance annuelle d'une espèce. Mais ce n'est pas le cas : il y a des données manquantes. Les abondances sont donc estimées grâce à un modèle statistique qui produit pour chaque année et chaque espèce un paramètre de différence d'abondance par rapport à l'année de référence, 2001 : il s'agit de l'abondance relative de l'espèce. On peut ainsi évaluer les fluctuations temporelles. Celles-ci dépendent non seulement de la démographie (productivité, survie interannuelle) mais

aussi des conditions d'observation (météo printanière). Pour évaluer l'état de santé des espèces, il faut estimer les tendances à long terme, et donc lisser ces fluctuations. Un second modèle calcule la pente de cette variation d'abondance, qui donne la tendance à long terme de chaque espèce. L'outil statistique mis en œuvre (Rtrim) est celui utilisé à l'échelle européenne par l'European Bird Census Council (EBCC).

Tableau 1 : Espèces le plus souvent citées en Occitanie sur la période 2007-2021

Espèce	Nombre de citations
Fauvette à tête noire	10545
Rossignol philomèle	9992
Merle noir	9458
Pinson des arbres	8244
Pigeon ramier	6334
Mésange charbonnière	6074
Rougegorge familier	4736
Tourterelle turque	4702
Corneille noire	4648
Troglodyte mignon	4119

L'une des forces des modèles statistiques est de permettre d'évaluer l'incertitude autour des estimations, par le calcul des intervalles de confiance. À l'inverse, plus l'intervalle de confiance est resserré, plus l'estimation est robuste. Les intervalles de confiance sont également utilisés pour catégoriser les tendances des oiseaux communs, de fort déclin à forte croissance, et pour définir les tendances incertaines. Pour améliorer les estimations et donc la confiance dans les résultats, il faut des données : plus il y a de carrés suivis sur le long terme, plus les résultats sont robustes.

Les tendances d'évolution entre l'année de référence (2001) et la dernière année (2021) sont classées selon les critères européens de l'European Bird Census Council, à savoir :

- Forte augmentation : augmentation significative de plus de 5% par an ;
- Augmentation modérée : augmentation significative de moins de 5% par an ;

Fort déclin : diminution significative de plus de 5 % par an ;

Déclin modéré : diminution significative de moins de 5% par an ;

Tendance stable/incertaine : pas de tendance significative.

5.2 Tendances d'évolution des espèces

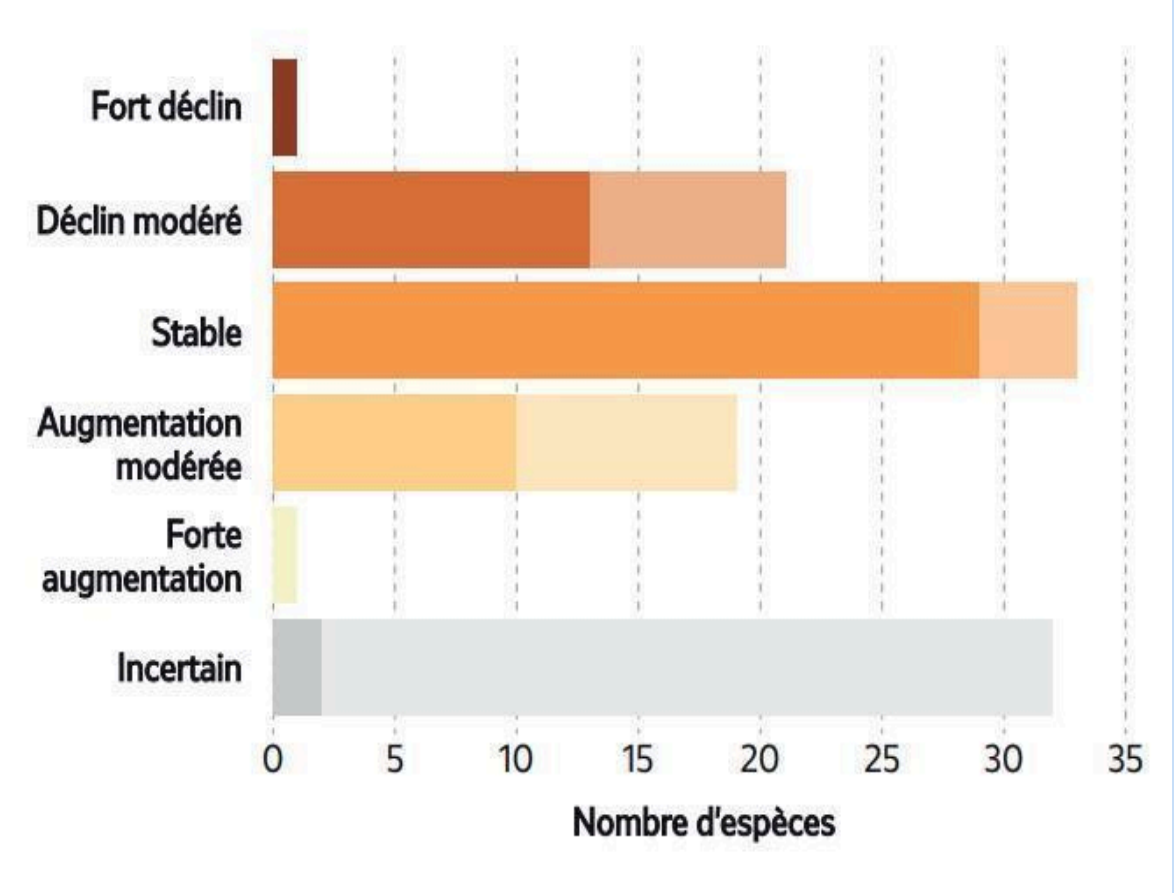
Sur les 209 espèces citées au moins une fois dans la région, les tendances de 107 espèces (espèces contactées suffisamment régulièrement) ont été analysées pour la période 2001-2021 à l'échelle de la région Occitanie (cf. graphique 2). Ainsi, sur le long terme :

22 espèces présentent une tendance d'évolution statistiquement négative ;

33 espèces présentent une tendance stable ;

20 espèces présentent une tendance statistiquement positive ;

32 autres espèces ont des tendances incertaines.



Graphique 2 : Tendances des espèces communes d'Occitanie selon la classification EBCC (partie claire : tendance non significative)

Espèces dont la population est en fort déclin en Occitanie

Une seule espèce est en « fort déclin » dans la région Occitanie pour la période 2001-2021 :

- le Bruant jaune (-85,5% en Occitanie). Au niveau national, les tendances montrent également un « déclin modéré » avec une baisse de 58,5%. La raréfaction du Bruant jaune est marquée en plaine, notamment dans les plaines et collines de Midi-Pyrénées (Lot, Gers, Tarn, Tarn-et-Garonne). Ainsi, sa distribution se rétracte vers les zones d'altitude (Pyrénées et Massif central), où les habitats sont moins affectés par l'urbanisation et l'agriculture intensive.

Photo C : Bruant jaune
© Thibault Mazars

Espèces dont la population est en déclin modéré en Occitanie

21 espèces sont en « déclin modéré » dans la région Occitanie pour la période 2001-2021, par exemple :

- la Fauvette grisette (-51,5%). Au niveau national, les tendances montrent également un « déclin modéré » avec une baisse de 8,5%. La Fauvette grisette fait partie du cortège des espèces liées aux milieux agricoles qui souffrent d'une disparition de leurs habitats et de l'intensification des modes de production, aussi bien en Occitanie qu'en France.
- le Pipit des arbres (-57,5%). Au niveau national, les tendances montrent également un « déclin modéré » avec une baisse de 31,3%. Le Pipit des arbres, s'il est commun à l'échelle nationale et régionale (en Occitanie, il est toutefois absent des « Côtes et bordures méditerranéennes ») n'en demeure pas moins une espèce dont le déclin régulier est constaté depuis plusieurs années. L'origine de cette diminution lente demeure encore mal connue et il est probable que plusieurs facteurs environnementaux, dont le réchauffement climatique, soient à l'origine de cette tendance.

Photo D : Pipit des arbres
© Claude Deya

Espèces dont la tendance de population est stable en Occitanie

33 espèces sont « Stables » (pas de tendances positives ou négatives significatives) dans la région Occitanie pour la période 2001-2021. Près de la moitié de ces espèces présente également des tendances « stables » à l'échelle nationale sur la même période.

8 espèces (Canard colvert, Faisan de Colchide, Geai des chênes, Mésange bleue, Mésange charbonnière, Pic épeiche, Pie bavarde et Pouillot de Bonelli) sont en « augmentation modérée » en France. Elles semblent donc présenter des tendances régionales moins dynamiques qu'au niveau national.

A l'inverse, 10 espèces (Alouette des champs, Caille des blés, Faucon crécerelle, Orite à longue queue, Mésange noire, Pouillot véloce, Rossignol philomèle, Serin cini, Tourterelle des bois et Troglodyte mignon) sont en « déclin modéré » en France, ce qui veut dire que les populations de la région Occitanie semblent en meilleur état de conservation.

Espèces dont la population est en augmentation modérée en Occitanie

19 espèces sont en « Augmentation modérée » dans la région Occitanie pour la période 2001-2021. Parmi elles, on peut citer :

- le Bruant proyer (+53,5%). Sa tendance d'évolution en Occitanie est meilleure que la tendance nationale (en « déclin modéré » avec une baisse de 17,8%). Si l'intensification de l'agriculture est à l'origine de la baisse nationale des populations, elle serait contrebalancée, en Occitanie, par la multiplication des friches dans le sud et une expansion altitudinale (Aubrac notamment) avec le réchauffement climatique.

Photo E : Bruant proyer
© Thierry Vergély

Espèce dont la population est en forte augmentation en Occitanie

Une seule espèce est en « forte augmentation » dans la région Occitanie pour la période 2001-2021 :

- le Pigeon ramier (+237,4%). Au niveau national, les tendances montrent également une « Augmentation modérée » avec une augmentation de 110,0%.

Photo F : Pigeon ramier
© Leslie Campourcy

5.3 Comparaison des tendances d'évolution

Le nombre de carrés STOC EPS réalisé dans des « aires protégées » de la région Occitanie (Parcs Nationaux, Réserves Naturelles Nationales ou Régionales et les Zones de Protection Spéciale de la Directive Oiseaux) sont malheureusement insuffisants pour obtenir des tendances d'évolution des espèces statistiquement fiables. Il n'est donc pas possible de comparer ces tendances avec les tendances d'évolution des espèces obtenues sur l'ensemble de la région Occitanie.

De la même manière, il n'est également pas possible de réaliser des comparaisons de tendances d'évolution des espèces entre les 4 grandes zones biogéographiques de la région (« Monts et plateaux du Massif central », « Plaines et collines de l'ouest de l'Occitanie », « Montagnes et vallées des Pyrénées » et « Côtes et bordures méditerranéennes »).

6. Liste rouge des oiseaux nicheurs d'Occitanie

Le présent travail sur l'évolution des oiseaux communs de la région Occitanie, grâce à l'analyse des données STOC EPS, a permis d'apporter de nombreuses informations chiffrées sur l'évolution des espèces dans la région. Ces informations ont été très utiles au projet de liste rouge des oiseaux nicheurs d'Occitanie parue en 2024. En effet, bien que les tendances d'évolution aient d'abord été calculées sur la période 2001-2021, elles ont aussi été calculées sur la période 2012-2021 afin de pouvoir renseigner le critère A de la méthodologie UICN (réduction de la population) pour l'élaboration d'une liste rouge (évolution des populations sur les 10 dernières années).

Ainsi, pour les 32 espèces dont les tendances sont significatives sur la période 2012-2021, les catégories de la liste rouge ont été validées pour 27 d'entre elles grâce aux données STOC EPS. On peut citer par exemple le Bruant jaune qui a été classé « En Danger » et le Martinet noir qui a été classé « Vulnérable ». Les catégories de la liste rouge n'ont en revanche pas été validées pour 5 espèces car le protocole STOC EPS n'était pas adapté aux espèces (Buse variable) ou parce que d'autres critères ont été pris en compte (Chardonneret élégant, Coucou gris, Geai des chênes…).

7. Communication

Cette étude de grande ampleur, ne serait pas très utile si les résultats n'étaient pas largement diffusés auprès de divers publics. La communication est donc un volet primordial de cette étude.

Une synthèse de ce travail a été réalisée afin d'éditer une plaquette de 16 pages imprimée en 2 000 exemplaires (cf. figure 1). Ainsi, environ 150 exemplaires ont été distribués dans chacun des départements de la région Occitanie. Elle a également été envoyée à de nombreuses structures départementales ou régionales ainsi que des élus, des associations, les parcs

naturels régionaux, les parcs nationaux…

Plusieurs conférences ont été organisées dans tous les départements afin de partager ces informations au plus grand nombre. Des articles de presse et des communications associatives ont également été largement diffusés.

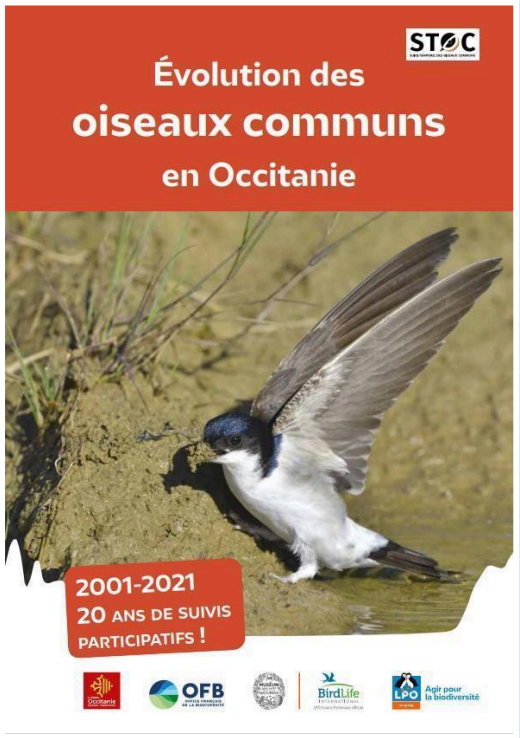


Figure 1 : Page de couverture de la plaquette de synthèse

8. Perspectives

Il est très important de continuer à dynamiser le protocole STOC EPS en Occitanie pour avoir des résultats plus robustes à l'échelle de la région. Pour ce faire, la coordination locale est indispensable. Une réactualisation de ce travail pourrait être envisagée tous les 10 ans.

9. Conclusion

Le STOC EPS a pour objectif d'évaluer les variations spatiales et temporelles de l'abondance des populations nicheuses d'oiseaux communs. Plus de 200 observateurs différents ont participé au moins une fois à ce protocole national en Occitanie, permettant le suivi de près de 300 carrés. Jusqu'en 2020, une moyenne de 58 carrés étaient suivis annuellement et une progression très importante a été constatée en 2021 (164 carrés suivis) grâce à une très forte remobilisation des bénévoles et des salariés.

Le suivi de ces 300 carrés a permis de produire près de 160 000 données d'oiseaux à travers l'ensemble de la région et concerne 209 espèces différentes. Les tendances de 107 espèces contactées ont pu être analysées pour la période 2001-2021 à l'échelle de la région : 20,5% des espèces présentent une tendance d'évolution statistiquement négative, 30,8% ont une tendance stable, 18,7% ont une tendance statistiquement positive et 29,9% ont une tendance incertaine. Ces tendances régionales ont été comparées aux tendances nationales.

Avec 20 ans de données, le suivi STOC EPS est l'un des principaux indicateurs fiables de l'état de conservation de l'avifaune à l'échelle régionale. Pour la grande majorité des espèces communes, les tendances d'évolution des populations en Occitanie n'étaient pas du tout connues. Quelques tendances étaient visibles ou

pressenties pour certaines espèces mais elles n'étaient pas chiffrées. Cette analyse permet donc de connaître beaucoup plus précisément le statut réel des espèces à l'échelle régionale et apporte ainsi des informations très précieuses en vue de l'élaboration de la liste rouge des oiseaux nicheurs d'Occitanie.

D'autre part, l'analyse de données, qui fournira aux observateurs un retour local sur leur implication, permettra sans doute aussi une forte mobilisation de leur part dans les années à venir. Il conviendra en effet de poursuivre le protocole STOC EPS en Occitanie pour obtenir des résultats plus fiables, d'autant plus que ce protocole s'inscrit dans les programmes similaires nationaux et européens permettant de mettre en perspective les résultats locaux.

Le nombre de carrés STOC EPS réalisé sont actuellement insuffisants pour comparer les tendances d'évolution des espèces entre « aires protégées » et « aires non protégées » ainsi qu'entre les 4 grandes zones biogéographiques de la région Occitanie.

Enfin, cette étude de grande ampleur qui a permis de fédérer de nombreux partenaires associatifs dans tous les départements de la région ne serait pas très utile si les résultats n'étaient pas largement diffusés auprès de divers publics. Une synthèse de ce travail a donc été réalisée afin d'éditer une plaquette de synthèse imprimée en 2 000 exemplaires. Des conférences ont également été organisées dans les départements pour partager ces informations au plus grand nombre et des articles dans la presse régionale et la presse locale ont été publiés.

La dégradation d'une nature autrefois ordinaire ne doit pas manquer de nous alerter. Nous espérons tous vivement que ces résultats permettront d'orienter les politiques publiques locales et l'aménagement du territoire à mettre en œuvre pour lutter contre l'érosion de la biodiversité en Occitanie.

10. Remerciements

Il convient de remercier en premier lieu les 204 observateurs, la plupart du temps bénévoles, qui ont participé ou participent assidûment au protocole STOC EPS. S'il n'y a pas d'observateurs, il n'y a pas de données, et donc pas d'analyses ! C'est donc grâce à eux que cet état des lieux est possible.

Merci également à tous les coordinateurs départementaux du protocole STOC EPS pour leurs coordinations actuelles ou passées.

Merci enfin à Benoit Fontaine du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris et à Caroline Moussy de la LPO France pour le traitement statistique des données et la coordination.

Évaluation du déclin des serpents au cours des quarante dernières années en Occitanie

Cheylan Marc[1] & Geniez Philippe[2]

[1]*Retraité ex : Laboratoire de Biogéographie et Ecologie des Vertébrés, Ecole Pratique des Hautes Etudes, U. S. T.L., place E.-Bataillon, 34060 Montpellier. Email : marc.cheylan@gmail.com*

[2]*EPHE-UMR5175, Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, 1919 route de Mende, 34293 Montpellier.*

Résumé :

Mise en œuvre à partir de 1980 en Languedoc-Roussillon, la base de données régionale « Malpolon » permet d'explorer les tendances démographiques des serpents au cours des quarante dernières années, sur la base des fréquences relatives entre serpents (10 espèces) et autres reptiles (23 espèces) au cours du temps (1980-2018). Globalement, les résultats montrent un déclin massif des serpents, estimé à 61 % pour la période considérée. Seules deux espèces sur les dix prises en compte présentent des populations stables. L'analyse indique que ce déclin est plus fort chez les espèces méditerranéennes que chez les espèces eurosibériennes, ainsi que chez les espèces qui vivent dans des habitats forestiers. L'intense urbanisation du littoral méditerranéen explique très certainement les tendances observées : déclin des espèces méditerranéennes et moindre diminution des espèces liées aux parties montagneuses de l'arrière pays.

Les sciences citoyennes permettent ainsi d'étudier les tendances de populations chez des espèces peu dense et discrètes. Elles permettent de reconsidérer le statut UICN de ces espèces, notamment au travers du critère A : déclin ou régression des populations, généralement négligé par manque de données concrètes.