

APPUI METHODOLOGIQUE ET STATISTIQUE A DESTINATION DES PARCS NATIONAUX ET AUTRES AIRES PROTEGEES FRANÇAISES

Rapport final de la coopération OFB-CEFE, période 2018-2021

Thibaut COUTURIER (CEFE),

Adrien JAILLOUX (OFB), Aurélien BESNARD (CEFE)

Janvier 2022

AUTEURS

Thibaut COUTURIER, ingénieur de recherche, CEFE, thibaut.couturier@cefe.cnrs.fr

Adrien JAILLOUX, chargé de mission recherche biodiversité terrestre, parcs nationaux et aires protégées, Office français de la biodiversité, adrien.jailloux@ofb.gouv.fr

Aurélien BESNARD, maître de conférences, CEFE, aurelien.besnard@cefe.cnrs.fr

CITATION CONSEILLÉE

Couturier T., Jailloux A., Besnard A., 2022. Appui méthodologique et statistique à destination des parcs nationaux et autres aires protégées françaises. Rapport final de la coopération OFB-CEFE, période 2018-2021. 50 pages.

CREDITS PHOTOS COUVERTURE

Thibaut Couturier

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : France métropolitaine, La Réunion, Mayotte, Guadeloupe, Guyane

Niveau de lecture : professionnels, experts

Appui méthodologique et statistique à destination des parcs nationaux et autres aires protégées françaises

Rapport final de la coopération OFB-CEFE, période 2018-2021

RESUME

Depuis plusieurs années, les gestionnaires d'aires protégées ont identifié le besoin de se rapprocher des statisticiens pour favoriser l'émergence de personnes ressources à l'interface entre les biostatistiques et l'écologie. Ce rapprochement est particulièrement important pour développer des opérations scientifiques telles que des suivis d'espèces animales et végétales. Divers problèmes méthodologiques peuvent en effet survenir lors de la mise en place de tels suivis.

Dans ce contexte, l'Agence française pour la biodiversité (AFB) - devenu Office français de la biodiversité (OFB) au 1^{er} janvier 2020 - et le Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE), ont mis en place une coopération en vue de fournir un appui méthodologique et statistique pour la conception et la mise en œuvre d'opérations scientifiques (inventaires, suivis, etc.). Cette coopération doit aussi permettre un transfert continu de compétences, de savoirs et de méthodes à l'ensemble des gestionnaires d'espaces naturels. Les besoins importants des gestionnaires d'aires protégées et l'intérêt de cette coopération ont été confirmés dans la Stratégie nationale pour les aires protégées 2030, publiée en 2021.

Ce rapport final de la coopération OFB-CEFE, pour la période 2018-2021, revient sur le fonctionnement et les dates-clés de la coopération mais aussi sur chacun des sujets étudiés durant ces quatre années. Enfin, il tire également des enseignements, à prendre en compte dans le cadre de la poursuite de la coopération en 2022.

AUTEURS

Thibaut COUTURIER (CEFE), Adrien JAILLOUX (OFB), Aurélien BESNARD (CEFE)

MOTS CLES

Parc national, aire protégée, protocole, statistiques, monitoring, suivi, faune, flore, abondance, occupation, distribution, tendances, détection

SOMMAIRE

1 – Contexte et objectifs de la coopération	6
2 – Fonctionnement et dates-clés	7
1) Gouvernance.....	7
2) Etapes et date-clés.....	7
3) Déroulé pour chaque sujet retenu.....	8
3 – Sujets traités dans le cadre de la coopération entre 2018 et 2021	9
1) Le réchauffement climatique	10
Lièvres.....	10
Orthoptères.....	12
Marmotte.....	13
Apollon.....	14
Libellules	15
2) Changements d’usage des terres et mutations agricoles	16
Carabes	17
Biodiversité du sol.....	18
Crave à bec rouge	19
Azuré des mouillères.....	20
3) Les perturbations : incendies, pollutions et maladies.....	21
Tortue d’Hermann, végétation, fourmis	22
Loutre géante et commune	23
4) Les introductions d’espèces exotiques envahissantes et la restauration écologique.....	24
Plantations.....	24
Gecko vert de Bourbon.....	25
Rhopalocères	26
5) Veille sur les changements de distribution et d’abondance d’espèces à enjeux.....	27
<i>Dolomedes plantarius</i>	29
Pic de la Guadeloupe	30
Crabier blanc.....	31
Chiroptères.....	32
Dauphinelle des montagnes	33
Glaïeul des marais.....	34

Bouquetins.....	35
Syrphes.....	36
Lichens.....	38
4 – Enseignements de la coopération : bilan et perspectives	39
1) De la clarification de la question à la communication sur les protocoles	39
Clarification de la question.....	39
Le recours à des « études-pilotes ».....	40
Des données collectées avec rigueur sur le terrain.....	40
Recherche reproductible : stockage et analyse des données	41
Les rapports méthodologiques, garants de la capitalisation des protocoles produits.....	42
Communication, diffusion et restitution des résultats : vers une valorisation scientifique et des séminaires en ligne	42
2) Perspectives sur les opérations scientifiques	43
Pérennité des protocoles.....	43
Vers une montée en compétence des structures.....	44
5 – Références bibliographiques.....	45
6 – Annexes.....	48
1) Programme de la journée de restitution du 7 février 2019.....	48
2) Liste des interventions lors de séminaires ou de formations universitaires abordant la coopération OFB-CEFE.....	49

1 – Contexte et objectifs de la coopération

Depuis plusieurs années, les gestionnaires d'aires protégées ont identifié le besoin de se rapprocher des statisticiens pour favoriser l'émergence de personnes ressources à l'interface entre les biostatistiques et l'écologie. Ce rapprochement est particulièrement important pour développer des opérations scientifiques telles que des suivis d'espèces animales et végétales. Plusieurs problèmes méthodologiques peuvent en effet survenir lors de la mise en place de tels suivis :

- Des échelles spatiales d'étude souvent trop réduites pour comprendre les phénomènes en cours et/ou des méthodologies de collecte de données hétérogènes entre espaces protégés.
- Un manque de hiérarchisation des suivis qui peut générer une surcharge de travail pour le personnel en charge de la collecte des données et des difficultés à maintenir des relevés de terrain de qualité.
- Une recherche d'exhaustivité, au détriment d'une « stratégie d'échantillonnage » qui permettrait d'optimiser la collecte de données et réduire ainsi les efforts de terrain.
- Des estimations de paramètres biaisés par le fait que la détection des espèces et des individus n'est pas constante dans le temps ou dans l'espace.

Face à ces constats, et pour répondre à la nécessité de partenariat entre gestionnaires d'espaces naturels et d'« écostatisticiens », une vingtaine de conventions bilatérales entre les parcs nationaux et le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE) ont été signées depuis 2010. Ces conventions étaient cependant modestes et les moyens et le temps de travail mobilisé dans ce cadre ne permettait pas de capitaliser les travaux réalisés pour une diffusion à l'ensemble des gestionnaires d'espaces naturels.

Dans ce contexte, l'Agence française pour la biodiversité (AFB) - devenu Office français de la biodiversité (OFB) au 1^{er} janvier 2020 - et le CEFE, ont mis en place une coopération pour poursuivre et amplifier le partenariat existant. Cette coopération OFB-CEFE a pour objectifs de (i) fournir un appui méthodologique et statistique pour la conception et la mise en œuvre d'opérations scientifiques (inventaires, suivis, etc.), (ii) permettre un transfert continu de compétences, de savoirs et de méthodes à l'ensemble des gestionnaires d'espaces naturels.

Dans un premier temps, elle avait pour objectif de répondre à un besoin identifié dans le cadre du rattachement des Parcs nationaux (PNx) à l'OFB, mais aussi dans la stratégie scientifique 2015-2025 du réseau des PNx. En 2018 et 2019, les bénéficiaires et utilisateurs ciblés par cette coopération étaient ainsi uniquement les parcs nationaux. A partir de 2020, cette coopération s'est étendue aux autres aires protégées françaises : parcs naturels marins, réserves naturelles, parcs naturels régionaux, espaces naturels sensibles, sites acquis par les conservatoires d'espaces naturels (CEN), ou encore sites Natura 2000, etc. Les besoins importants des gestionnaires d'aires protégées et l'intérêt de cette coopération ont été confirmés dans la Stratégie nationale aires protégées 2030, publiée en 2021.

2 – Fonctionnement et dates-clés

1) Gouvernance

Les « référents scientifiques » du projet étaient Thibaut Couturier, ingénieur de recherche recruté au CEFE dans le cadre de cette coopération, Aurélien Besnard, maître de conférences EPHE au CEFE et Adrien Jailloux, chargé de mission biodiversité terrestre, parcs nationaux et aires protégées à l'OFB.

Un comité de suivi, constitué des référents scientifiques du CEFE et de l'OFB et des responsables scientifiques des parcs nationaux, a été désigné au lancement de la coopération. Ce comité de suivi avait pour principale mission de hiérarchiser les sollicitations reçues de la part des parcs nationaux et de planifier le programme de travail annuel. Il assurait ainsi l'évaluation et la sélection des sujets lors de la mise en œuvre d'appels à propositions. Ce comité de suivi s'assurait également de la bonne diffusion et valorisation des travaux produits. Il était animé par l'OFB, qui était également en charge de rédiger les comptes-rendus des réunions et de les diffuser. En 2020, un « comité de sélection », composé des représentants des principales têtes de réseaux d'aires protégées (parcs naturels régionaux, réserves naturelles, etc.), a également été constitué dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt ouvrant la coopération au-delà des parcs nationaux.

Préalablement à la tenue des comités de suivi (ou « comité de sélection »), les parcs nationaux et autres aires protégées transmettaient les sujets sur lesquels ils souhaitaient bénéficier d'un appui. Le comité de suivi (ou de sélection) sélectionnait les sujets à retenir selon plusieurs critères : l'étendue spatiale de l'étude, sa transférabilité à d'autres espaces protégés, son originalité scientifique, la présence de données antérieures ainsi que les moyens mobilisables pour réaliser l'étude.

2) Etapes et date-clés

Le premier comité de suivi du projet composé des représentants des différents parcs nationaux s'est tenu à Montpellier le 13 février 2018. Parmi les 30 sujets proposés par les différents parcs nationaux, le comité de suivi en a retenu 11 pour la première année de coopération.

A l'issue de la première année, une journée de restitution a été organisée le 7 février 2019 en présence de représentants des parcs nationaux et d'autres aires protégées (programme en Annexe 1). Au cours de cette journée, intitulée « De la conception à l'optimisation des protocoles de suivi faune et flore : des collaborations à tous niveaux », des retours d'expériences à partir de quatre sujets issus de la coopération ont été présentés par Thibaut Couturier ainsi que les chargés de mission des parcs nationaux concernés.

Un second comité de suivi constitué des parcs nationaux s'est tenu le 8 février 2019. Un point d'avancement sur les sujets en cours a été réalisé. Sept sujets supplémentaires ont été retenus, parmi 14 sujets proposés par les parcs nationaux début 2019.

Un appel à manifestation d'intérêt (AMI) a aussi été lancé en décembre 2019 auprès des réseaux des gestionnaires d'aires protégées. Au total 36 dossiers ont été réceptionnés. Le comité de sélection de cet AMI s'est réuni le 17 janvier 2020, et a sélectionné huit sujets tel que prévu dans le règlement de l'AMI.

Un troisième comité de suivi constitué des parcs nationaux s'est tenu le 11 décembre 2020. Un point d'avancement sur les sujets en cours a été réalisé. Deux sujets supplémentaires ont été retenus, parmi cinq sujets proposés par les parcs nationaux en 2020.

Au total, 28 sujets ont ainsi été sélectionnés au cours des quatre années de coopération. Toutefois, quatre sujets issus des PNx ont été abandonnés au commencement ou peu après leur lancement, ce qui porte ainsi à 24 le nombre de sujets traités. Ces abandons de sujet s'expliquent par des changements de stratégie scientifique et/ou des difficultés d'animation du sujet en interne aux parcs nationaux concernés.

3) Déroulé pour chaque sujet retenu

Après sélection des différents sujets retenus par le comité de suivi (ou de sélection), chacun suivait le déroulé suivant :

- ***Définition précise de la question*** à laquelle l'opération scientifique devait répondre :

Plusieurs réunions entre les porteurs des sujets (services scientifiques, chargés de mission etc.) et le CEFE étaient généralement nécessaires pour parvenir à clarifier ces questions.

- ***Bibliographie*** sur les espèces et/ou habitats et sur les méthodologies existantes pour traiter la problématique :

Les recherches bibliographiques portaient essentiellement sur la littérature scientifique publiée, mais aussi la littérature « grise » (rapports internes, etc.). Cette étape était réalisée par l'ingénieur recruté au CEFE.

- ***Déplacements sur le terrain*** :

Les déplacements de l'ingénieur du CEFE sur le terrain avaient pour objectif d'échanger avec les agents ou personnels techniques et de prendre conscience des difficultés potentielles et biais associés à la collecte de données sur le terrain. Ces visites pouvaient amener à revoir les objectifs fixés au départ.

- ***Consultation d'experts*** :

La consultation d'experts intervenait majoritairement dans le cas de taxons assez peu connus par les référents scientifiques de cette coopération (ex : carabes, lombrics, lichens...). Ces experts étaient parfois internes aux structures porteuses des sujets, mais pouvaient également être des chercheurs, des salariés d'associations ou de bureaux d'études.

- ***Pré-analyse de données*** existantes le cas échéant, ou mise en place d'une étude-pilote

Pour certains sujets, certaines données historiques pouvaient être mobilisées (ex : Pic de la Guadeloupe, restauration végétation à La Réunion). Il s'agissait généralement de sujets pour lesquels une évolution du protocole était souhaitée. Dans le cas de la mise en place de nouveaux protocoles, une étude-pilote était mise en place. L'analyse des données historiques ou collectées lors de l'étude-pilote était réalisée par l'équipe du CEFE.

- **Rédaction d'un rapport méthodologique** détaillé pour chaque sujet ;

Les rapports méthodologiques, généralement d'une quarantaine de pages environ, rappelaient le contexte, justifiaient les choix méthodologiques et techniques retenus, présentaient le plan d'échantillonnage, les données collectées et leur analyse notamment dans le cadre des pré-études puis détaillaient le protocole à mettre en place pour les prochaines années (cas notamment des « suivis » d'espèces).

- **Communication** auprès des différents parcs nationaux et autres aires protégées tout au long des étapes.

Des [pages web](#) ont été développées sur le portail web technique de l'OFB dans le but de faire connaître cette coopération. Y figure également un résumé des sujets traités, regroupées par grands « enjeux » rencontrés dans les aires protégées. L'ensemble des rapports méthodologiques produits sont téléchargeables depuis ce portail web technique. Des interventions lors de séminaires ou de formations (liste en Annexe 2) ont également permis de faire connaître cette coopération.

Un article intitulé « Ingénieur éco-statisticien, un nouveau métier à faire émerger », rédigé par les référents scientifiques de la coopération, a été publié dans le n°72 de la revue Espaces naturels (Jailloux 2020).

3 – Sujets traités dans le cadre de la coopération entre 2018 et 2021

Les espaces naturels protégés sont particulièrement concernés, à différents degrés, par le réchauffement climatique, les mutations agricoles, l'augmentation de la fréquence des incendies, les risques de pollution ou encore la progression d'espèces exotiques envahissantes. Les sujets traités dans le cadre de cette coopération ont été regroupés selon ces différents enjeux et menaces.

Pour chaque sujet, nous résumons en quelques paragraphes le contexte, le déroulé de la coopération, le protocole et le type de données produits etc. Nous ajoutons à chacun des sujets une frise qui rappelle les dernières étapes de conception d'un protocole accompagné d'un code-couleur correspondant au niveau d'avancement (bleu foncé -> achevé ; bleu clair -> partiellement réalisé ; blanc -> non réalisé). Exemple d'un sujet pour lequel les données collectées sur le terrain sont en cours d'analyse :

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

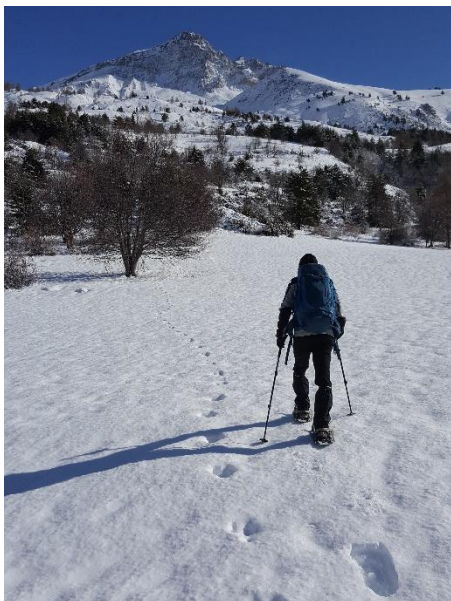
1) Le réchauffement climatique

De nombreux modèles prédisent des conséquences alarmantes du réchauffement climatique sur la biodiversité (Bellard *et al.* 2012). Le risque d'extinction d'espèces s'accélère, et près d'une espèce sur six est menacée (Urban 2015). Les espèces peuvent présenter plusieurs types de réponses à ces changements : adaptation aux nouvelles conditions de milieu grâce à la plasticité phénotypique ou à une réponse évolutive rapide, modification de la phénologie ou de l'aire de répartition (Hoffmann & Sgrò 2011). Les espèces les plus vulnérables au réchauffement climatique sont celles à faible mobilité, à longue durée de vie, à faible fécondité et à faible dispersion (Muñoz *et al.* 2016). Certaines espèces exotiques pourraient, quant à elles, bénéficier du réchauffement climatique (Walther *et al.* 2009). Les nouveaux assemblages de communautés peuvent alors modifier les réseaux écologiques et altérer les processus écologiques (Walther 2010).

Les déplacements des aires de répartition des espèces sont parmi les premières réponses mesurées des effets du réchauffement climatique (Walther *et al.* 2002). Une méta-analyse estime ainsi des remontées des espèces en altitude à hauteur de 11 mètres, et en latitude à hauteur de 16,9 km par décennie (Chen *et al.* 2011). Les aires protégées, et tout particulièrement les parcs nationaux, de par leur étendue, leurs contextes géographiques, climatiques et géomorphologiques variés, sont des territoires privilégiés pour étudier les conséquences du réchauffement climatique sur la biodiversité. Plusieurs taxons, avec des degrés de sensibilités au réchauffement climatique variés ont ainsi été retenus dans le cadre de cette coopération.

Lièvres

Changement de distribution du lièvre variable et du lièvre d'Europe dans les Alpes en lien avec le réchauffement climatique (PNx de la Vanoise, du Mercantour et des Ecrins)



Recherche de fèces de lièvres dans la neige.
© T. Couturier



Prélèvement de fèces de lièvre dans la neige.
© T. Couturier

Authentique espèce arctico-alpine, le Lièvre variable (*Lepus timidus*) vit dans les Alpes en populations relictuelles isolées en moyenne et haute altitude. Son aire de distribution devrait vraisemblablement se contracter avec l'élévation des températures, isolant davantage les populations. Les populations de moyenne à haute altitude pourraient ainsi disparaître dans les prochaines décennies. Le Lièvre d'Europe (*Lepus europaeus*) pourrait, quant à lui, profiter de l'augmentation des températures et étendre son aire de distribution plus en altitude, entraînant des phénomènes de compétition ou d'hybridation avec le lièvre variable.

Les aires protégées alpines souhaitent (i) obtenir une vision plus précise et plus objective de la distribution actuelle des deux espèces de lièvres sur leur zone de co-occurrence potentielle ; (ii) suivre les changements de distribution des deux espèces à long terme afin de mesurer les effets des changements climatiques ou tout autre facteur pouvant agir sur cette distribution. Pour définir et optimiser le protocole permettant de répondre à ces objectifs, nous avons mis en place une étude pilote en 2019 dans le Parc national du Mercantour.

L'environnement montagnard (forêts, éboulis, etc.) et les conditions d'accès difficiles compliquent le suivi et l'observation des espèces en général. Le lièvre variable est plus particulièrement difficile à observer en raison de la couleur mimétique de son pelage (blanc en hiver et brun en été) et de son comportement nocturne et discret. Le développement des techniques d'analyse génétique (échantillonnage génétique non invasif) permet cependant aujourd'hui l'identification des espèces et des individus à partir de fèces récoltées sur le terrain et vient donc faciliter leur détection.

Vingt et une mailles sélectionnées aléatoirement au sein de cette zone potentielle de co-occurrence ont été prospectées en ski ou en raquettes au cours de deux hivers successifs par deux à quatre observateurs qui ont collecté des fèces dans la neige. L'enregistrement du parcours des observateurs a permis de générer des sous-mailles de 100 m sur 100 m et d'y associer la présence ou l'absence de l'une ou l'autre espèce de lièvre en fonction des résultats des analyses génétiques. Les données de présence-absence ainsi obtenues ont été utilisées pour ajuster des modèles de niche. La durée annuelle de la couverture neigeuse était le meilleur prédicteur des probabilités d'occurrence des deux espèces, corrélée négativement pour le lièvre d'Europe et positivement pour le lièvre variable, et faisant ainsi apparaître des distributions très ségréguées.

Nous nous sommes appuyés sur cette étude-pilote pour proposer une stratégie de déploiement de ce protocole sur la plupart des aires protégées françaises alpines dans les années à venir. Ainsi, le protocole proposé (Couturier *et al.* 2020) a déjà été mis en place sur le territoire du Mont-Blanc, les Parcs naturels régionaux du Queyras et du Vercors ainsi que le Massif du Dévoluy. Il sera également déployé sur le Parc national des Ecrins et du Mercantour lors de l'hiver 2021-2022.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Orthoptères

Changement de distribution des communautés d'orthoptères dans les Alpes en lien avec le réchauffement climatique (PNx du Mercantour et des Ecrins)



Epipodisma pedemontana © Yoan Braud



Relevés d'orthoptères au filet fauchoir © T. Couturier

Les déplacements altitudinaux en réponse au changement climatique sont peu étudiés chez les insectes. Au sein de ce groupe, les orthoptères (criquets, sauterelles, grillons) ont une place importante dans la chaîne trophique des milieux qu'ils occupent. Ceci est particulièrement le cas sur les pelouses alpines. Dans ce contexte, le PNM souhaite mettre en place une étude à long terme des changements de distribution latitudinale ou altitudinale des communautés d'orthoptères. Cette connaissance est essentielle pour comprendre les effets du changement climatique sur les écosystèmes de montagne.

Pour définir un protocole fiable et optimisé et répétable sur le long-terme, nous avons mis en place une étude-pilote en 2018 sur 81 stations du Parc national du Mercantour. Sur chacune des stations, trois techniques de détection (écoute, recherche visuelle et fauche) ont été répliquées cinq fois dans l'espace afin de détecter les espèces présentes. Des modèles d'occupation de sites multi-espèces (Dorazio *et al.* 2006) nous ont permis de montrer que la stratégie d'échantillonnage proposée était pertinente. Ils nous ont aussi permis de proposer des modifications au protocole initial pour l'optimiser, notamment en supprimant la fauche. Cette analyse a abouti à des recommandations pour la poursuite de l'échantillonnage des stations historiques en 2019 dans les parcs nationaux du Mercantour et des Écrins, ainsi que la mise en place de nouvelles stations (Couturier *et al.* 2020). Nos résultats montrent l'importance de prendre en compte la détection non-exhaustive dans l'étude des orthoptères et la pertinence des modèles d'occupation de sites multi-espèces compte-tenu de la forte variabilité de la détection entre espèces et de la présence de nombreuses espèces peu fréquentes dans les relevés. Un article soulignant l'intérêt de ces méthodes d'un point de vue méthodologique a été publié (Mourguiart *et al.* 2020), deux autres articles sont en cours de rédaction.

Ce protocole en site-occupancy sera répété à long-terme sur l'ensemble des stations, historiques et nouvelles, sur un pas de temps d'une dizaine d'années environ.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Marmotte

Changement de distribution de la marmotte des Alpes (PN du Mercantour)



Marmotte des Alpes © Xavier Bonnet



Terrier de marmotte © Xavier Bonnet

La marmotte des Alpes (*Marmotta marmotta*) est une espèce relativement commune et emblématique de la faune alpine. Elle joue un rôle majeur dans la chaîne trophique des écosystèmes supra-forestiers.

Cette espèce est inféodée aux milieux ouverts d'altitude qui sont le siège de multiples pressions et mutations. L'augmentation des températures moyennes et la réduction du manteau neigeux (durée et épaisseur) peuvent fragiliser l'espèce. Les effets du changement climatique pourraient ainsi être particulièrement forts sur sa dynamique et distribution, notamment sur les populations situées en marge d'aire de distribution : limites méridionales et basses altitudes. A cela s'ajoutent des menaces liées aux épizooties, aux pressions touristiques et pastorales ou encore à la dynamique forestière. Face à ces différentes menaces, le Parc national du Mercantour souhaite mettre en place une étude des changements de distribution de cette espèce à moyen et long terme.

Pour répondre aux besoins de cette étude et définir un protocole fiable et répétable sur le long-terme, nous avons mis en place une étude-pilote en 2021. Les techniques de collecte de données reposent sur des relevés en présence-absence basés sur des observations visuelles et auditives (cris d'alarme) et la recherche d'indices de présence (terriers notamment). L'analyse des données est en cours. La stratégie d'échantillonnage future reposera sur des cartes de prédiction de présence

modélisées à partir de ces données collectées en présence-absence. Le protocole ainsi élaboré pourra être déployé sur d'autres massifs montagneux où l'espèce est présente.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Apollon

Suivi temporel et spatial des chenilles d'Apollons sur les Causses (PN des Cévennes)



Chenille d'Apollon © T. Couturier



Recherche de chenilles d'Apollon sur dalles à orpins © T. Couturier

L'Apollon (*Parnassius apollo*) exige des espaces ouverts, pelouses ou éboulis ensoleillés entre 600 à 2 500 mètres d'altitude. Ce papillon a vu ses populations françaises régresser, voire disparaître sur certaines parties du territoire national ces dernières décennies, potentiellement en raison des changements climatiques. L'évolution des pratiques pastorales pourrait également expliquer une partie de ce déclin, notamment sur les causses méridionaux. Le Parc national des Cévennes souhaite donc renseigner les changements de répartition et d'abondance de cette espèce sur le long terme en lien avec les changements globaux.

Le manque de connaissance sur cette espèce, notamment sur la phénologie et la détection des chenilles, a justifié la mise en place d'une étude-pilote en 2018 sur plusieurs causses du Parc national des Cévennes. Elle se basait sur un dénombrement des chenilles au cours de trois passages réalisés en mai sur 168 dalles à orpin. A partir des données collectées, nous avons estimé la probabilité d'occupation des dalles par les chenilles et la probabilité de détection moyenne de l'espèce par une modélisation en site-occupancy, ainsi qu'une abondance moyenne par dalle par des modèles en *N*-mixture. La probabilité de détection augmente avec l'avancée de leur stade de développement. Sur la base de ces résultats, nous avons fourni plusieurs recommandations pour le déploiement de ce protocole dans les prochaines années sur les causses du Parc national des Cévennes. Sur la base

des résultats obtenus, certaines mesures pour maintenir les populations relictuelles pourraient être encouragées.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Libellules

Suivi de l'évolution de la distribution du cortège de libellules tyrphobiontes par récolte d'exuvies dans les tourbières des Hautes-Vosges dans un contexte de changement climatique (PNR des Ballons des Vosges).



Exuvie émergée © A. Gérard



Recherche d'exuvies sur une placette échantillonnée lors de l'étude-pilote © M. Chesnais

Le cycle de vie des libellules est intimement lié à la présence et à la qualité de l'eau, indispensables pour le développement de leurs larves et leur métamorphose en adultes (imagos). Certaines espèces ubiquistes peuvent exploiter une grande diversité de milieux aquatiques. D'autres, au contraire, sont spécialisées dans l'occupation de certains milieux. C'est notamment le cas des espèces tyrphobiontes, c'est-à-dire inféodées aux tourbières, milieux en forte régression en France. Ces milieux sont de plus très vulnérables aux changements globaux, tel que le réchauffement climatique. Le devenir des espèces qu'ils abritent est donc incertain.

Les tourbières vosgiennes, encore nombreuses, accueillent plusieurs espèces de libellules tyrphobiontes. Ces sites sont en majorité protégés par le statut de Réserve naturelle nationale ou Natura 2000, ou par le CEN Lorraine et l'ONF.

La présence d'exuvies sur un site fournit une preuve certaine de la reproduction d'une espèce, en plus de la capture et de l'observation des adultes. Les stades larvaires sont par ailleurs étroitement dépendants des conditions de vie aquatiques : température de l'eau et de l'air, période de gel,

nourriture disponible, etc. Des changements de ces paramètres à long terme pourraient ainsi avoir des impacts forts sur l'occupation des tourbières par les espèces de libellules les plus sensibles.

L'objectif de cette étude est de suivre l'évolution de la distribution des libellules tyrphobiontes à partir de la recherche d'exuvies et d'identifier éventuellement les facteurs de déclin. Une étude-pilote en 2021 a permis dans un premier temps de déterminer les variations d'occupation de l'espace de différentes espèces de libellules au sein d'habitats tourbeux de trois réserves naturelles. Les données collectées sont en cours d'analyse dans le but de proposer un protocole de suivi à long-terme optimisé.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

2) Changements d'usage des terres et mutations agricoles

Les changements d'usages des terres, sont considérés comme l'une des premières causes d'érosion de la biodiversité (Sala *et al.* 2000). Ainsi, au début de 21^{ème} siècle, 34% du territoire européen était occupé par des cultures et 14% par des prairies (Verburg *et al.* 2006). L'intensification de l'agriculture, davantage marquée en Europe du Nord, provoque un déclin important de nombreuses espèces (Donald *et al.* 2001). Dans les régions méditerranéennes, on observe un abandon progressif de certaines pratiques agricoles, notamment du pastoralisme, sur des portions importantes du territoire (Stoate *et al.* 2001). La recolonisation de ces espaces par la forêt entraîne une perte de biodiversité, notamment de la faune caractéristique des milieux ouverts (Moreira & Russo 2007).

Les espaces protégés de montagne (notamment les PNx alpins et pyrénéen) accueillent une activité agricole principalement tournée vers le pastoralisme, secteur en pleine mutation depuis plusieurs décennies. Dans la région des Grands Causses, (ex Parc national des Cévennes), on assiste à une densification de la strate herbacée et une dynamique de recolonisation des ligneux en raison des modifications des pratiques d'élevages et un abandon partiel des activités pastorales (Fonderflick *et al.* 2010). Sur le territoire du Parc national de forêts (régions Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté), l'agriculture est très majoritairement conventionnelle, bien que le nombre de conversions à l'agriculture biologique ne cesse d'augmenter. La situation est assez comparable dans certains secteurs de Charente-Maritime, où l'on peut voir émerger un projet de remise en prairie de parcelles cultivées sur un espace naturel sensible. Cette diversité de contextes nous a permis de déployer des études permettant de mieux appréhender les effets de ces mutations agricoles sur plusieurs taxons.

Carabes

Influence de l'implantation de bandes enherbées sur les communautés de carabes, auxiliaires de cultures (Parc national de forêts)



Bande enherbée entre deux parcelles du Parc national de forêts © T. Couturier



Piège-Barber pour la collecte de carabes © T. Couturier

En 2015, un protocole visant à montrer les bénéfices de l'implantation de bandes enherbées sur les carabidés a été mis en place dans deux parcelles cultivées du Parc national de forêts. Il reposait sur la pose de pièges Barber, dispositifs de capture de la faune épigée. Les résultats obtenus après quatre années successives étaient peu conclusifs sur un plan statistique. De plus, la faible emprise spatiale du dispositif ne permettait pas la généralisation des résultats à des emprises plus vastes que les parcelles étudiées. Or, le PN de forêts souhaite étudier les bénéfices de ces infrastructures linéaires sur les auxiliaires des cultures à une échelle paysagère sur l'ensemble de son territoire.

En 2019, nous avons mis en place une étude-pilote afin de caractériser la structuration spatiale de l'activité-densité des carabidés au sein d'une des parcelles cultivées étudiées les années précédentes, en vue de calibrer l'effort à investir. Les relevés de pièges Barber à différents pas de temps (hebdomadaires et journaliers) nous ont alors permis d'appréhender les variations temporelles d'activité-densité. Une étude de la prédation des ravageurs venait compléter le dispositif afin de tester le lien entre activité-densité de carabidés et efficacité de la lutte contre les ravageurs.

Les données collectées nous ont permis de développer des tests de puissance afin de fournir des recommandations pour le futur protocole à déployer à l'échelle du Parc national de forêts. Ce protocole privilégiera des dispositifs légers à l'échelle de la parcelle (nombre de pièges et temps de pose réduits) mais disposés dans de nombreuses parcelles selon un gradient paysager intégrant certaines métriques, notamment la surface en éléments semi-naturels. Le rapport méthodologique est en cours de finalisation.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Biodiversité du sol

Suivi de l'évolution de la biodiversité du sol pour évaluer les gains environnementaux liés aux changements d'usages agricoles dans le cadre de la mise en œuvre du Plan de gestion durable de l'espace naturel sensible de la vallée de la Trézence en Charente-Maritime.



Lumbricus rubellus © Département de la Charente-maritime



Collecte de lombrics sur l'ENS de la Trézence © Département de la Charente-maritime

L'Espace naturel sensible (ENS) de la vallée de la Trézence offre une très grande diversité de milieux et est identifié comme réservoir de biodiversité dans le Schéma Régional des Continuités Ecologiques (SRCE). En 2017, le Département a lancé le développement d'un « plan de gestion durable » du site, pour la préservation des ressources en eau, la biodiversité, et le maintien du tissu socio-économique. Après trois ans de co-construction avec les acteurs du territoire, le plan a été adopté en décembre 2019 pour une durée de dix ans. L'un des objectifs du plan est de mettre en place un zonage agro-écologique avec la conversion de cultures en prairies (+ 100 ha d'ici 2020) et la préservation d'un secteur naturel de 80 ha.

L'une des actions de ce plan consiste à créer un réseau d'observation des changements d'usages et de pratiques agricoles et de leur impact sur la qualité physico-chimique de l'eau, sur la biodiversité « aérienne » et la biodiversité du sol. Pour mesurer les effets de la conversion de parcelles cultivées en prairies, un dispositif expérimental de type « BACI » (Before After Control Impact) sera à prévoir, avec l'instauration d'un suivi sur des parcelles en conversion et sur des parcelles témoins, selon des relevés à effectuer avant et après conversion.

Nous avons mis en place une étude-pilote en 2021 pour nous guider dans la stratégie d'échantillonnage à déployer à moyen-long terme sur l'ENS de la Trézence. Elle reposait sur une étude des variations spatiales d'abondance et de biomasse des communautés de lombrics. Pour cela, les relevés d'individus ont été réalisés sur une cinquantaine de parcelles de culture et de prairies qui présentaient différentes caractéristiques pouvant influencer ce taxon, notamment la présence ou non de haies et le niveau de submersion en période hivernale. L'analyse des données collectées est en cours. Les résultats permettront de guider la stratégie d'échantillonnage pour plusieurs taxons représentatifs de la biodiversité du sol.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Crave à bec rouge

Sélection des habitats d'alimentation du Crave à bec rouge en période de reproduction dans le sud du Massif central (PN des Cévennes) en lien avec le pastoralisme



Craves à bec rouge en alimentation © A. Herrera



Relevés de variables d'habitats sur un site d'alimentation © T. Couturier

Dans le Parc national des Cévennes, et notamment la région des Grands Causses, on assiste à une densification de la strate herbacée et une dynamique de recolonisation des ligneux en raison des modifications des pratiques d'élevages et un abandon partiel des activités pastorales.

Ceci pourrait impacter le Crave à bec rouge (*Phyroccorax phyroccorax*), connu pour s'alimenter en milieux ouverts caractérisés par des pelouses rases pâturées. Mais pour valider ces prédictions, il est nécessaire de mieux comprendre la stratégie de sélection de l'habitat de l'espèce. Des données de végétation ont été collectées à plusieurs échelles spatiales sur les sites d'alimentation. Les résultats de cette étude ont été publiés dans un article scientifique (Herrera *et al.* 2020). Ils permettent de prédire les effets de modifications des habitats des Causses sur la population de Craves.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction article	Révision-publication article
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Azuré des mouillères

Effets du pâturage sur l'abroustissement des pieds de la Gentiane pneumonanthe et la survie des œufs d'Azuré des mouillères (PN des Cévennes)



Azuré des mouillères *Maculinea alcon alcon* imago
© A. Herrera



Collecte de données sur gentiane pneumonanthe © Laurette Valleix

L'Azuré des Mouillères (*Maculinea alcon alcon*) est un papillon classé quasi-menacé sur la liste rouge française. Comme les autres espèces du genre, il possède un cycle de vie complexe et spécialisé. Une pression pastorale modérée est souvent nécessaire pour le maintien de la Gentiane pneumonanthe (*Gentiana pneumonanthe*), unique plante-hôte du papillon.

L'étude conduite sur le Parc national des Cévennes avait pour objectifs d'évaluer comment cette pression pastorale contribue au maintien des pieds de Gentiane pneumonanthe comme habitat de ponte pour *Maculinea*, mais aussi à la survie des pontes.

Le protocole se basait sur le suivi de hampes de *Gentiane pneumonanthe* avec ponte et sans ponte sur une vingtaine de parcelles occupées par l'espèce. Les résultats ont permis de définir des modalités de pâturage (intensité, période) permettant de préserver les populations de ce papillon menacé. Les résultats de cette étude ont été publiés dans un article scientifique (Moschetti *et al.* 2020).

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction article	Révision-publication article
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

3) Les perturbations : incendies, pollutions et maladies

L'industrialisation et l'exode rural ont conduit à l'abandon des activités agricoles traditionnelles au cours des dernières décennies, augmentant par là même le couvert végétal (Mouillot *et al.* 2002). Ceci se traduit globalement par une augmentation des fréquences de feu et des surfaces brûlées dans plusieurs régions nord méditerranéennes (Moreira & Russo 2007), patron renforcé par le réchauffement climatique (Mouillot *et al.* 2002). Les espaces protégés méditerranéens (ex : PNx des Calanques et de Port-Cros) sont particulièrement touchés par ce risque d'incendies. Une augmentation de la fréquence des sécheresses estivales relevée dans les Calanques favorise ainsi les feux de forêts de grande ampleur qui affectent ce territoire presque tous les 10 ans depuis 1980 (Parcs nationaux de France 2015).

D'autres perturbations affectent les écosystèmes des espaces naturels protégés. On peut notamment évoquer le cas de l'exploitation aurifère, qui augmente fortement depuis la fin du XXème siècle sur le plateau des Guyanes. Cette activité impacte les écosystèmes aquatiques, notamment par la remise en suspension des sédiments fins ou encore par la pollution par le mercure.

Les perturbations telles que les incendies ou la pollution impactent l'ensemble de la faune et de la flore, y compris certaines espèces patrimoniales des parcs nationaux et autres aires protégées. Il est cependant difficile d'anticiper sur la survenue de telles perturbations. Des plans d'échantillonnage basés sur des comparaisons spatiales (synchroniques) entre secteurs perturbés et non perturbés permettront alors de mesurer l'effet de ces perturbations sur la biodiversité. Des répétitions à moyen-long terme des protocoles d'étude mis en place permettront d'étudier d'éventuels phénomènes de reconquête des milieux affectés. La capacité de récupération des populations d'espèces après perturbation dépendra alors fortement de leurs traits d'histoire de vie (Moretti & Legg 2009).

Tortue d'Hermann, végétation, fourmis

Dynamique de reconquête de la faune et la flore après incendie sur le Cap Lardier (PN de Port-Cros)

En juillet 2017, le Cap Taillat et le Cap Lardier, dans le Parc national de Port-Cros, ont été durement touchés par un incendie, qui a brûlé plus de 500 hectares. Les impacts directs ont pu mettre en péril certains noyaux de populations d'espèces à forts enjeux de conservation. Cet impact est cependant difficile à quantifier en raison de la quasi-absence de programmes de suivis antérieurs sur cette zone. Le Parc national de Port-Cros, avec le soutien du Conservatoire d'espaces naturels de PACA, du Conservatoire du Littoral et des communes ont entrepris de mettre en place certaines mesures de gestion directement après le passage du feu afin de favoriser la reconquête par certaines espèces, notamment végétales.



Tortue d'Hermann *Testudo hermanni* © T. Couturier



Reconquête de la végétation après incendie © T. Couturier

Les populations d'animaux longévifs et à faible capacité de dispersion tels que les tortues terrestres peuvent mettre plusieurs décennies à se reconstituer (Couturier *et al.* 2014). A l'inverse, les arthropodes phytophages et zoophages volants présentent une forte résilience au feu en raison de leur grande mobilité (Moretti *et al.* 2006). Dans le cas des plantes, les traits fonctionnels impliqués dans la résilience sont le potentiel de repousse des plants et la persistance des banques de graines après passage du feu (Pausas *et al.* 2004).

En 2018, nous avons mis en place des protocoles visant d'une part à étudier les impacts immédiats de l'incendie sur la survie et l'extinction de la tortue d'Hermann et à suivre son processus de recolonisation, et d'autre part à suivre les effets des mesures de lutte contre l'érosion sur la régénération de la végétation, les communautés d'orthoptères et de fourmis (Couturier *et al.* 2019). Ces protocoles ont vocation à se poursuivre sur le long terme.

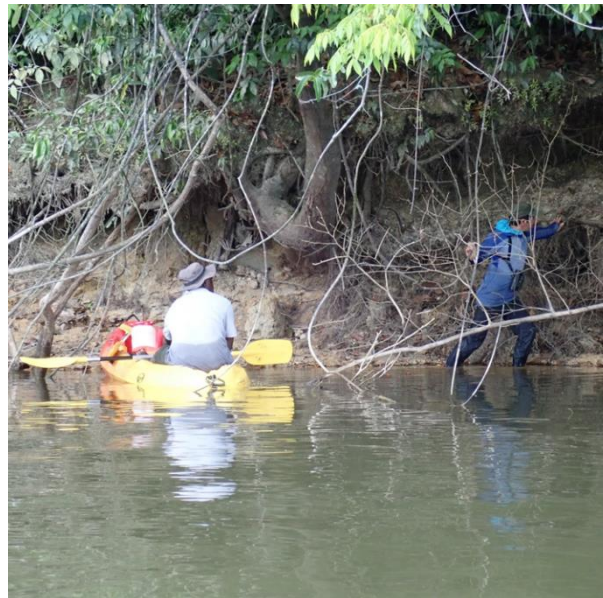
Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Loutre géante et commune

Processus d'extinction et de recolonisation des cours d'eau par la Loutre géante en lien avec l'orpaillage (Parc amazonien de Guyane)



Loutre géante *Pteronura brasiliensis* © A. Brusini



Recherche d'indices de présence de loutres © T. Couturier

L'activité aurifère en Guyane provoque une déstructuration de certaines zoocénoses aquatiques telles que les macroinvertébrés ou les poissons, ce qui peut affecter toute la chaîne trophique avec, à son sommet, la loutre géante d'Amazonie (*Pteronura brasiliensis*) et la loutre commune (*Lontra longicaudalis*). Les populations de ces deux espèces sont ainsi fortement menacées par la diminution des ressources en proie, la perturbation de l'activité de chasse en raison de la turbidité de l'eau ou l'intoxication par le mercure, entraînant ainsi des disparitions de ces espèces dans les secteurs soumis à une forte pression de l'activité d'orpaillage. Cependant, il est possible que ce processus soit réversible après l'arrêt des exploitations, par recolonisation depuis des secteurs où ces espèces se sont maintenues. Le Parc Amazonien de Guyane souhaite donc étudier cette dynamique de colonisation-extinction des deux espèces de loutres à long terme en lien avec les modifications de l'activité d'orpaillage.

Pour répondre à cet objectif, nous avons proposé de déployer un protocole basé sur la collecte d'indices de présence des deux espèces de loutres (observations visuelles, présence de traces, de fèces etc.) sur 50 tronçons de cours d'eau du Parc Amazonien de Guyane sélectionnés selon leur niveau d'orpaillage actuel. Une étude préalable conduite en 2019 a permis de préciser les techniques de collecte de données sur le terrain. Le lancement d'un état-zéro a démarré en 2021 et se poursuivra les prochaines années. La reconduction de ce protocole sur le long terme permettra de mieux anticiper sur les perturbations et leurs impacts et proposer des mesures de conservation adéquates.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

4) Les introductions d'espèces exotiques envahissantes et la restauration écologique

L'introduction d'espèces exotiques envahissantes est une cause majeure d'extinction des espèces animales natives (Clavero & Garcia-Berthou 2005). Ce phénomène est particulièrement marqué sur les îles, où de nombreuses disparitions d'espèces animales et de changements des écosystèmes ont été documentés suite à l'introduction de mammifères prédateurs (Blackburn *et al.* 2004), notamment des rongeurs (Towns *et al.* 2006). Cette menace devrait être amplifiée avec le réchauffement climatique et l'augmentation du commerce mondial (Kier *et al.* 2009) qui favorisent les invasions biologiques. Les espaces protégés en situation insulaire ont une forte responsabilité dans la lutte contre les espèces envahissantes qui mettent en péril bon nombre de leurs espèces indigènes dont des espèces endémiques, notamment en outre-mer.

Plantations

Optimisation des relevés de végétation afin d'évaluer l'efficacité d'opérations de restauration des habitats (PN de La Réunion)



Plant en croissance © T. Couturier



Comptages de plants sur une placette restaurée © T. Couturier

Depuis l'arrivée de l'Homme sur l'île de La Réunion au cours du XVIIe siècle, plusieurs milliers d'espèces, notamment de plantes, y ont été introduites. Certaines sont devenues envahissantes et menacent plusieurs écosystèmes natifs, dont la forêt sèche. Un projet Life+, conduit entre 2014 et 2020, visait à restaurer cet écosystème unique au monde par des actions multiples.

Différentes modalités de lutte contre les plantes exotiques envahissantes et de plantation d'espèces indigènes ont été mises en place sur plus de 7 ha de parcelles expérimentales. Ces parcelles feront l'objet de suivis par les agents du Parc national de La Réunion dans le but d'évaluer le succès de ces opérations à moyen-long terme.

Près de 78 000 plants appartenant à 55 espèces différentes ont été plantés sur 158 parcelles du projet Life+. Le Parc national de La Réunion a retenu plusieurs paramètres pour le suivi de ces plantations. Ce suivi devait permettre de répondre à certaines questions relatives aux effets de différents facteurs environnementaux et modalités de gestion (altitude, densité de plantation, mise en place d'hydrorétenteurs etc.) sur les paramètres retenus. Or, de nombreux facteurs confondants parmi ces modalités empêchent toute possibilité de traiter ces questions.

Nous avons posé un diagnostic basé sur l'état des plantations après finalisation du projet Life+, puis proposé un plan d'échantillonnage visant à mesurer une efficacité globale du projet (Couturier *et al.* 2020). Il consiste à suivre 35 placettes au sein desquelles seront effectuées (i) des comptages des différentes espèces pour estimer la diversité spécifique et la mortalité, (ii) des mesures de hauteur et de diamètre de houppier de plus de 700 plants de 15 espèces d'intérêt pour estimer leur croissance.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Gecko vert de Bourbon

La translocation d'espèces pour la recolonisation d'espaces restaurés : suivi démographique d'une population de Gecko vert de Bourbon (PN de La Réunion)



Gecko vert de Bourbon *Phelsuma borbonica* © F. Rivière



Recherche de geckos verts de Bourbon en canopée © T. Couturier

Le Gecko vert de Bourbon (*Phelsuma borbonica*) est indigène de l'île de La Réunion et constitue un pollinisateur probable des arbres indigènes et endémiques dont il apprécie le nectar et les fruits.

Dans le cadre du projet LIFE+ Forêt Sèche, 50 individus ont été transloqués en avril 2018 sur une forêt restaurée (voir techniques de restauration des habitats ci-dessus). Cette réintroduction doit contribuer à la restauration de l'ensemble des fonctionnalités de la forêt sèche.

Nous avons proposé et mis en place un protocole visant à suivre la dynamique de la population après l'opération de translocation dans le but d'évaluer le succès ou échec de cette opération (Couturier *et al.* 2019). Des méthodes de Capture-Recapture basées sur des clichés photos des individus réalisés à différents intervalles de temps nous ont permis d'estimer les survies des individus immédiatement après leur relâché puis dans les mois et années qui ont suivi. La probabilité de survie mensuelle post-relâcher estimée est très faible ($S = 0,28$), puis augmente lors des sessions suivantes ($S = 0,84$). Il en résulte une faible taille de population estimée lors de la dernière session ($N = 7$). La poursuite de ce protocole permettra de vérifier si la population parvient ou non à se reconstituer au cours des prochaines années.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Rhopalocères

Efficacité de restaurations écologiques visant à favoriser la connectivité des habitats pour les rhopalocères au sein d'une matrice forestière (PN des Cévennes)



Petit nacré *Issoria lathonia* marqué © T. Couturier



Capture et identification de lépidoptères © T. Couturier

La connectivité du paysage accroît la diversité et l'abondance pour de nombreux organismes se déplaçant activement, dont les rhopalocères (papillons de jour). Ce groupe souffre particulièrement de la fermeture des milieux et notamment en contexte forestier.

Cette étude vise à évaluer dans quelles mesures la réouverture de corridors connectant des patches d'habitats ouverts au sein d'une matrice forestière peut favoriser la diversité, l'abondance et les déplacements des rhopalocères.

Pour répondre à cet objectif, nous avons mis en place deux protocoles en partenariat avec le Parc national des Cévennes. Le premier vise à estimer la diversité et l'abondance des papillons de jour

selon des points de comptage répartis sur les patches d'habitats ouverts et les futurs corridors. Le second protocole vise à caractériser les déplacements de rhopalocères selon un dispositif de Capture-Recapture par marquage des ailes des individus. Suite à l'état initial réalisé en 2019, ces deux protocoles seront reconduits après l'exécution des travaux de restauration afin d'en mesurer les effets.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

5) Veille sur les changements de distribution et d'abondance d'espèces à enjeux

De nombreuses données d'observation de la faune et de la flore sont collectées de manière « opportuniste » (= sans protocole dédié) depuis plusieurs années dans les espaces naturels protégés.

Les cartes de distribution produites à partir de ces données font apparaître des concentrations d'espèces dans les zones les plus fréquentées par les observateurs alors que d'autres secteurs sont vides d'observations. Ce déséquilibre est particulièrement marqué en montagne où les accès sont contraints par le relief et la présence de sentiers.

Conscients de ce biais, plusieurs espaces naturels protégés souhaitent s'engager dans une stratégie d'acquisition de données de manière plus systématique et standardisée pour suivre les tendances de l'occupation (5a) ou de l'abondance (5b) d'espèces à enjeux. Elle nécessite bien souvent une connaissance préalable de la détectabilité des espèces et taxons à suivre. Par extension, la problématique de détection d'espèces peut également être abordée dans les approches communauté d'espèces (5c), notamment pour estimer le niveau de complétude d'inventaires.

a – Tendances de l'occupation

Suivi de l'évolution de la distribution d'une espèce rare et cryptique : l'Eulepte d'Europe (PNx des Calanques et de Port-Cros)

L'Eulepte d'Europe (*Euleptes europaea*) est un gecko méditerranéen dont la distribution française est fortement localisée. Classé « en danger » par l'UICN en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, il y fait face à des menaces multiples : progression de la couverture forestière, introduction d'espèces exotiques envahissantes (autres geckos, rats...), travaux de réhabilitation de bâtiments, etc. Les aires protégées concernées par sa présence ont donc une forte responsabilité pour sa conservation et souhaitent suivre ses changements de distribution sur le moyen-long terme à partir de l'estimation de l'occupation spatiale des populations.



Eulepte d'Europe *Euleptes europaea* © T. Couturier



Recensement d'Euleptes d'Europe sur un transect © T. Couturier

L'Eulepte d'Europe est une espèce cryptique. Les individus sont difficiles à observer en raison de leur petite taille, de leur comportement relativement discret, de leur homochromie et de leur activité exclusivement nocturne. En journée, ils trouvent abri dans les fissures rocheuses où ils sont parfois visibles. Certains indices (crottes, œufs) peuvent également témoigner de leur présence. Du fait de cette discrétion, il est important de bien caractériser les biais induits par la détection imparfaite de cette espèce.

Une étude-pilote basée sur des prospections réalisées de jour et de nuit a été menée sur les îles du Frioul et de Porquerolles en 2018. Elle avait pour but de tester une méthode de collecte de données et de recueillir un premier jeu de données pour réaliser des tests de puissance. Nous avons appliqué la méthode des « répliques conditionnels » en site-occupancy (Specht *et al.* 2017), qui propose de revisiter uniquement les unités d'échantillonnage où l'espèce a été détectée, afin d'estimer la probabilité de détection. Cette méthode est particulièrement adaptée à l'étude des espèces rares. A partir des données issues de l'étude-pilote, nous avons construit différents scénarios de déclin de l'occupation spatiale d'une population d'Euleptes puis recherché l'effort optimal (nombre de passages et de sites à prospector par an) pour détecter ces déclin en lien avec les moyens humains disponibles. Les résultats produits (Couturier *et al.* 2020) permettent de proposer un protocole étendu aux autres îles et îlots des deux parcs nationaux afin de suivre des changements de distribution de cette espèce sur le moyen-long-terme.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Dolomedes plantarius

Caractérisation de l'occupation spatiale de *Dolomedes plantarius* en lien avec la restauration éco-hydrologique de marais tourbeux alcalins (Conservatoire d'espaces naturels des Hauts de France).



Dolomedes plantarius © T. Couturier



Recherche de *Dolomedes* © T. Couturier

Les Dolomèdes sont des araignées vivant exclusivement à proximité des zones humides pérennes (marais, bords de rivières calmes, tourbières, etc.). L'une des deux espèces présentes en France métropolitaine, *Dolomedes plantarius*, est classée « vulnérable » sur la liste rouge mondiale des espèces menacées. Les populations du nord de la France représentent un réel enjeu pour sa conservation.

Le projet européen LIFE Nature « Anthropofens » vise à restaurer 480 ha de tourbières alcalines dans 13 sites Natura 2000, en régions Hauts-de-France et Wallonie, pour une durée de 6 ans. Les travaux de restauration écologique consistent notamment à rétablir un fonctionnement hydraulique naturel. Des suivis écologiques sont envisagés sur toute la durée du projet en particulier en début (2020-2021) et fin de projet (2024) afin de comparer l'état des sites avant et après travaux.

Dolomedes plantarius a été retenue comme indicateur de suivi de l'efficacité des travaux. Toutefois, il s'agit d'une espèce dont la détection est faible et probablement variable dans le temps et dans l'espace. Par ailleurs, aucune information n'est disponible sur les changements éventuels d'occupation spatiale de cette espèce en réponse aux variations spatio-temporelles des niveaux d'eau. L'espèce pourrait ainsi souffrir des assècs rencontrés sur certains secteurs de tourbières. Nous avons conçu un protocole qui sera déployé lors d'une étude-pilote entre avril et août 2022. Ce protocole cherchera à évaluer les effets des variations hydrologiques saisonnières sur l'occupation spatiale de l'espèce. Les résultats obtenus devraient permettre de guider les orientations de gestion hydraulique.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

b – Tendances des effectifs

Pic de la Guadeloupe

Suivi de l'évolution de l'abondance du pic de la Guadeloupe (*Melanerpes herminieri*) (PN de la Guadeloupe)



Pic de la Guadeloupe © M. Dumoulin

Le pic de la Guadeloupe (*Melanerpes herminieri*) est le seul pic sédentaire des Petites Antilles et l'unique oiseau endémique de la Guadeloupe. Il est classé « quasi-menacé » selon l'UICN France. Pour réévaluer régulièrement son statut, il est important de s'appuyer sur des estimations de tendances d'abondances les plus précises possibles.

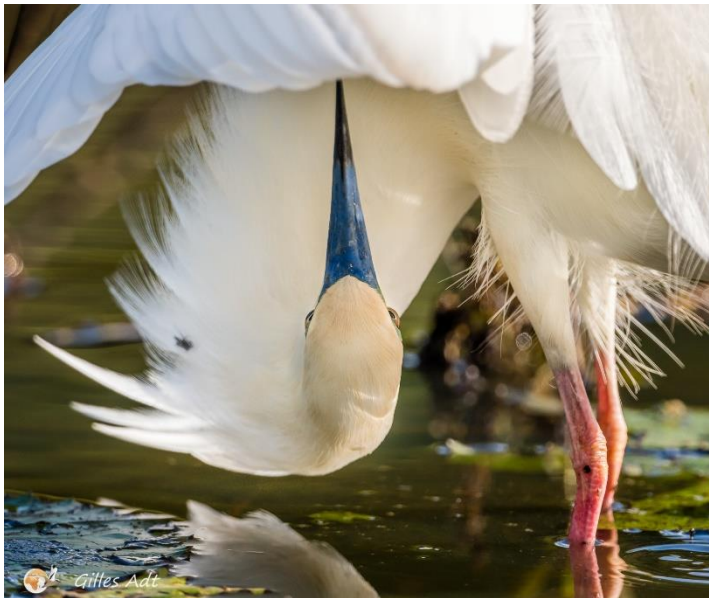
Un protocole basé sur des parcours de transects dans différents milieux parcourus à pied a été initié en 2009 sur l'emprise du PN de la Guadeloupe. La collecte des données est assurée chaque année par les agents du parc national, avec un temps dédié important. Cependant, les données collectées jusqu'à présent n'ont été que très peu analysées et l'établissement s'interroge sur la capacité du protocole à répondre aux questions posées.

Pour évaluer le protocole, il semblait dans un premier temps primordial d'analyser les données historiques collectées. Pour cela, nous avons utilisé des méthodes récentes (*N*-mixture dynamique). Ces modèles fournissaient des résultats aberrants, avec des estimations de paramètres très peu précises. Ceci est expliqué par la forte hétérogénéité des données inter et intra-transects. Des modèles autorégressifs fournissaient des estimations de taux de croissance plus crédibles, avec des intervalles de crédibilité davantage resserrés. Ces modèles offrent par ailleurs la possibilité d'observer des différences de trajectoires de tendances par transect. Nous recommandons ainsi l'utilisation de cette dernière approche de modélisation pour l'analyse des données collectées sur les pics. Les résultats fournis doivent par ailleurs permettre d'orienter les décisions du PN quant à la poursuite du protocole et son éventuelle évolution, ou sur son abandon.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Crabier blanc

Suivi des tendances des effectifs nicheurs de Crabier blanc (*Ardeola idae*) par survol en drone des colonies de reproduction de Mayotte (Parc naturel marin de Mayotte).



Crabier blanc *Ardeola idae* © G. Adt



Colonie de crabiers blanc vue par drone
© DroneGo

Le Crabier blanc est une espèce d'ardéidé classée « en danger d'extinction » à l'échelle mondiale. La population nicheuse française, composée de plusieurs dizaines de couples sur Mayotte, fait l'objet d'un Plan National d'Action.

Le Parc naturel marin (PNM) de Mayotte souhaite mettre en place un indicateur des tendances de la population nicheuse de l'île qui soit le plus précis possible et obtenu à coût raisonnable. Depuis quelques années, les effectifs sont estimés par photo-interprétation de clichés réalisés par drone une fois par mois tout au long de la période de reproduction. Ces suivis des colonies nicheuses sont assurés par le GEPOMAY, association ornithologique locale.

L'utilisation de ces techniques offre de nombreuses possibilités pour suivre les tendances des effectifs compte-tenu de l'inaccessibilité des nids à l'observation par voie pédestre. Toutefois, certaines limites, liées aux technologies, au contexte local, et à l'écologie de l'espèce, interrogent sur les variables à suivre sur les colonies.

En 2019-2020, une étude pilote lancée sur deux colonies de reproduction de crabiers nous a permis de caractériser les variations d'abondance (comptages) des adultes, juvéniles et nids au cours de la journée et au sein de la saison de reproduction. L'utilisation de méthodes de Capture-Recapture à partir de clichés obtenus par drones nous a permis d'estimer les abondances et probabilités de détection des nids. L'ensemble des résultats produits par cette étude-pilote nous fournissent les éléments nécessaires pour estimer des tendances des effectifs de populations de crabiers avec un bon degré de précision.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Chiroptères

Evaluation de la tendance d'évolution des populations de Chiroptères à enjeux sur le réseau N2000 dédié en Bourgogne (Société d'Histoire Naturelle d'Autain).



Petit rhinolophe *Rhinolophus hipposideros* © L. Jouve



Recherche de chiroptères en hibernation dans une ancienne carrière © L. Jouve

La Société d'histoire naturelle d'Autun souhaite suivre les tendances des effectifs de plusieurs espèces de chiroptères. Depuis plus de 20 ans, bon nombre de ces espèces font l'objet de dénombrements en hiver dans leurs cavités d'hibernation (grottes, souterrains, ponts...) et en été sur les gîtes de reproduction. Certains gîtes accueillent parfois des effectifs très élevés, ce qui leur confère un enjeu fort justifiant un suivi régulier, bien souvent réalisé par des bénévoles naturalistes. Une multitude de cavités dispersées peuvent également accueillir certaines espèces en moins grands effectifs, mais pourraient toutefois jouer un rôle non négligeable dans le maintien de leurs populations. Par ailleurs, ce système est dynamique et les effectifs dans les cavités peuvent parfois évoluer fortement en quelques années.

La région Bourgogne a une forte responsabilité en termes de conservation des Chiroptères, avec plus de 15000 individus recensés en période hivernale pour quatre espèces de l'annexe II de la Directive habitats : Grand murin (*Myotis myotis*), Murin à oreilles échancrées (*Myotis emarginatus*), Grand rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) et Petit rhinolophe (*Rhinolophus hipposideros*). Cette dernière espèce fait également partie des espèces phares de la région pour la période estivale, avec plus de 400 colonies de mise bas connues actuellement.

Que cela soit pour la période hivernale ou la période de reproduction, le grand nombre de gîtes connus et la découverte continue de nouveaux gîtes ne permet pas de maintenir des comptages sur l'ensemble de ces gîtes. Ceci conduit les observateurs à abandonner le suivi de certains au détriment d'autres. Cependant l'exploitation statistique des données ainsi collectées sans plan d'échantillonnage formalisé pour estimer des tendances de population est difficile, voire impossible.

La Société d'histoire naturelle d'Autun coordonne ces suivis qui sont réalisés par un réseau de bénévoles (Groupe Chiroptères Bourgogne). Elle souhaite donc développer et mettre en œuvre un protocole reposant sur un plan d'échantillonnage rigoureux permettant d'estimer ces tendances à l'échelle régionale. Une analyse statistique des données historiques nous permettra de fournir un plan d'échantillonnage adéquat.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Dauphinelle des montagnes

Suivi démographique transfrontalier de *Delphinium montanum*, plante d'éboulis rare et menacée, de l'est des Pyrénées (Fédération des réserves naturelles catalanes).



Dauphinelle des montagnes *Delphinium montanum* © T. Couturier
 Test de protocole de recensement de Dauphinelles © T. Couturier

La Dauphinelle des montagnes *Delphinium montanum* est une renonculacée endémique de l'est des Pyrénées connue sur un nombre de localités faible sur milieux d'éboulis plus ou moins stables de haute montagne. Elle a été classée vulnérable dans plusieurs évaluations régionales. Il est donc important d'estimer les tendances des effectifs chez cette espèce en vue de réévaluer régulièrement son statut.

Lors de cette étude, nous avons dans un premier temps fourni un diagnostic sur les données collectées depuis plusieurs années par un plusieurs partenaires (réseau « FloraCat »). Nous avons ensuite mis en place une étude-pilote au cours de l'été 2021 afin de (i) mieux caractériser l'hétérogénéité spatiale de l'occupation de l'espèce au sein de certaines populations ; (ii) estimer la probabilité de détection des individus (ou de l'espèce) et identifier les variables qui peuvent l'affecter.

Nous avons déployé cette étude-pilote sur deux populations. Les données collectées permettront de proposer un plan d'échantillonnage (spatial et temporel) adapté pour estimer les tendances des effectifs.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Glaïeul des marais

Suivi stationnel des tendances de l'abondance du Glaïeul des marais (*Gladiolus palustris*), espèce "à éclipses" en Haute-Savoie.



Glaïeul des marais *Gladiolus palustris* © T. Couturier



Tests de détection de glaïeuls sur un quadrat © T. Couturier

Les espèces « à éclipses » sont définies comme des espèces végétales ayant la capacité à fleurir si les conditions écologiques leur sont favorables. Dans le cas contraire, elles restent sous forme de réserve (bulbe, rhizome tubérisé, graines ...) en attendant de meilleures conditions. De par cette écologie, il s'agit d'espèces dont les observations visuelles sont difficiles à prédire d'une année sur l'autre.

Ce trait démographique propre aux plantes à éclipse complexifie l'estimation et l'interprétation de tendances de populations, ainsi que l'évaluation de l'efficacité d'actions de conservation mises en place par les gestionnaires d'espaces naturels.

Asters réalise des suivis sur plusieurs espèces « à éclipses » en Haute-Savoie. Parmi elles, le Glaïeul des marais (*Gladiolus palustris*) est une espèce « vulnérable » en région Rhône-Alpes. Inféodée aux milieux humides, elle est suivie depuis plusieurs années sur plusieurs secteurs de Haute-Savoie. Une pré-analyse des données existantes a permis de mettre en lumière l'existence de possibles biais dans

les données collectées. Nous avons mis en place une étude-pilote en 2020 sur une population afin de mieux caractériser (i) les biais relatifs à la détection des individus en lien avec l'avancée de la saison de floraison et (ii) l'hétérogénéité spatiale des abondances en individus. L'analyse des données collectées permettra d'élaborer un plan d'échantillonnage permettant d'estimer les tendances des effectifs (ou de l'occupation) des populations à moyen-long terme.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Bouquetins

Etude de la distribution du bouquetin des Alpes



Suivi de bouquetin dans le PN du Mercantour © Bouquetins des Alpes © Laurent Malthieux
Laurent Malthieux

Le bouquetin des Alpes est une espèce emblématique du patrimoine alpin. Chassée comme gibier, l'espèce était au bord de l'extinction à la fin du 19^{ème} siècle. Les réintroductions successives sur l'arc alpin ont permis d'améliorer son état de conservation. Cette restauration est un succès sans précédent en biologie de la conservation et sert de modèle de réussite dans les démarches de restauration de la biodiversité. Cependant, l'espèce souffre d'un appauvrissement de son patrimoine génétique compte-tenu du fort morcellement historique des populations, ayant entraîné un « goulot d'étranglement génétique ». Cette baisse conséquente de la diversité génétique peut influencer la capacité des populations à résister aux maladies et à s'adapter à de nouvelles contraintes environnementales telles que des changements climatiques.

Les parcs nationaux alpins souhaitent mettre en place un plan d'échantillonnage pour collecter des données en présence-absence de l'espèce afin de modéliser son aire d'occurrence actuelle. La répétition de ce protocole à long-terme permettra de suivre les dynamiques de colonisation-

extinction des populations, en lien avec les changements globaux. Nous sommes en train de concevoir avec les différents partenaires une étude-pilote qui sera mise en place sur le Parc national du Mercantour en 2022. Les résultats recueillis nous permettront de fournir des recommandations pour le futur plan d'échantillonnage à déployer.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

c – Richesse spécifique et complétude d'inventaires

Syrphes

Evaluer le niveau de complétude des inventaires obtenus avec le protocole Syrph The Net (StN) dans les espaces naturels protégés en France.



Chrysotoxum bicinctum (L., 1758) © Tente malaise pour la capture de syrphes © Baptiste Hubert Colette Seignez

Les syrphes constituent l'une des plus grandes familles de diptères avec près de 6700 espèces répertoriées dans le monde et 564 espèces connues en France. Les adultes des insectes sont des pollinisateurs de nombreuses espèces de plantes et jouent ainsi un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes naturels et des agrosystèmes. Par ailleurs, les larves de certaines espèces sont prédatrices de ravageurs de cultures, contribuant ainsi fortement aux services écosystémiques dans les milieux cultivés.

Certains traits écologiques des espèces, tels que la taille des individus, leurs capacités de dispersion ou leur niveau de spécialisation, vont fortement conditionner leurs réponses à la disponibilité en ressources, la structure des paysages ou encore certaines pressions anthropiques telles que la fragmentation des habitats. La compréhension du lien entre la présence ou l'abondance des espèces

et les éléments du paysage est donc importante pour mieux appréhender le rôle des syrphes dans le fonctionnement des écosystèmes. Néanmoins, les études de structure des communautés prenant en compte les traits écologiques des espèces sont rares chez ce groupe d'espèces en raison d'un manque de données disponibles.

La base de données et le protocole « Syrph the Net » contient des données sur les traits écologiques des espèces de syrphes et propose de les utiliser comme bio-indicateur de l'intégrité écologique des habitats. En France, des données ont été collectées depuis 12 ans sur plus de 80 sites, dont 43 réserves naturelles, selon ce protocole animé par Réserves naturelles de France. Ce protocole consiste à inventorier l'ensemble des espèces de la communauté d'un site, piégées au moyen de tentes Malaise. La liste d'espèces observées sur un site est ensuite comparée à une liste d'espèces « attendues » dépendante de la localité du site et des habitats présents sur ce site. Les espèces manquantes sont alors utilisées pour identifier les compartiments ou processus de l'écosystème faisant a priori défaut.

La capacité du protocole « Syrph the Net » à recenser toutes les espèces présentes sur un site reste cependant sujet à questionnement, alors que l'interprétation de l'indicateur d'intégrité écologique repose sur une hypothèse d'exhaustivité. On peut ainsi suspecter que, selon l'effort déployé, certaines espèces rares ou faiblement détectables échappent aux inventaires. Les gestionnaires d'espaces naturels utilisant actuellement le protocole se questionnent ainsi sur le niveau de complétude des inventaires obtenus via cette approche. Notre étude consistera à travailler sur cette question de la complétude des inventaires afin de formuler des recommandations en termes d'échantillonnage (nombre de tentes, durée de pose...). Pour cela, nous pourrions nous appuyer sur un jeu de données collecté sur des tentes malaises disposées sur une vingtaine de sites, totalisant plus de 62 000 individus de syrphes identifiés.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

Lichens

Validation du cortège de macrolichens indicateurs de longue continuité écologique dans les forêts du PNC



Degelia plumbea, une espèce rare et bonne indicatrice de la naturalité des forêts © T. Couturier



Recherche de lichens sur un hêtre © T. Couturier

Certaines espèces de macrolichens pourraient être de bons indicateurs du niveau d'ancienneté et/ou de maturité des peuplements forestiers. Le Parc national des Cévennes souhaite mettre en place une étude visant à établir la liste de ces espèces dans les forêts domaniales situées en zone cœur du PNC. Une telle liste de ces espèces indicatrices permettrait de proposer des plans de gestion forestiers adaptés au maintien d'une continuité écologique de ces forêts anciennes et/ou matures. Toutefois, une fraction importante des lichens sont difficiles à détecter. On peut ainsi suspecter que certaines espèces soient ratées ; Le temps nécessaire pour capter l'ensemble du cortège d'espèces présente sur une unité définie peut alors être considérable. Il dépend notamment du nombre d'arbres échantillonnés par unité et du niveau de compétence des observateurs.

Nous avons donc proposé de mettre en place une étude-pilote en 2021. Elle consiste à réaliser des relevés des macrolichens par plusieurs observateurs sur des placettes composées de différentes essences forestières. Les observateurs relèvent également sur ces placettes des variables liées au degré de maturité et d'ancienneté des peuplements. Les résultats des analyses seront utilisés pour calibrer l'effort à investir pour capter les espèces de macrolichens d'intérêt.

Définition d'une méthode	Collecte données	Analyse données	Rédaction rapport	Révision-publication rapport
--------------------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------------------

4 – Enseignements de la coopération : bilan et perspectives

Ces quatre années de coopération entre l’OFB et le CNRS nous ont permis d’affiner le diagnostic sur la manière dont sont mises en place certaines opérations scientifiques telles que les suivis d’espaces animales et végétales dans les espaces protégés. Nous nous sommes appuyés sur ce diagnostic pour accompagner les gestionnaires dans la mise en place de protocoles robustes. Nous pouvons ainsi tirer un certain nombre d’enseignements sur le diagnostic posé, mais aussi sur les différentes modalités d’accompagnement possibles pour améliorer et amplifier ce type de collaboration entre gestionnaires d’espaces naturels et laboratoires de recherche scientifique en écologie.

Ces enseignements seront particulièrement utiles pour l’OFB et le CNRS dans le cadre du renouvellement de leur coopération à partir du 1^{er} janvier 2022 (convention signée le 9 décembre 2021).

1) De la clarification de la question à la communication sur les protocoles

Lors de cette collaboration, la conception d’une opération scientifique, et son protocole associé, pouvait être déclinée en plusieurs étapes successives (figure 1).



Figure 1 : les différentes étapes pour l’élaboration d’une opération scientifique telle qu’envisagées lors de cette coopération OFB-CNRS.

Clarification de la question

La première étape de définition de la question à laquelle doit répondre l’opération scientifique implique un travail conséquent de concertation entre les porteurs du projet et les référents scientifiques de la collaboration OFB-CEFE. Le retour d’expérience de cette coopération nous montre en effet que les services scientifiques des espaces protégés ont généralement une idée assez vague des contours de la question qu’ils souhaitent traiter. Il s’agit alors de préciser avec eux les paramètres qu’ils souhaitent estimer (abondance, distribution, occupation, tendance, richesse spécifique...) et pourquoi, les variables qu’ils souhaitent étudier pour répondre à certains objectifs (ex : mesurer les effets du réchauffement climatique, de la pollution etc.), les échelles spatio-temporelles d’étude et donc le plan d’échantillonnage associé (ex : tirage aléatoire stratifié). De nombreux allers-retours sont donc nécessaires pour clarifier la question sur laquelle ils souhaitent travailler.

Par ailleurs, nous avons noté que bien souvent, les porteurs de projet souhaitent répondre à une multitude de questions, objectif inatteignable au regard des moyens dont ils disposent. Un travail de hiérarchisation des questions doit alors avoir lieu afin de ne pas diluer les moyens disponibles. Une telle stratégie conduirait en effet à une insuffisance de données pour traiter plusieurs questions et donc l'impossibilité de répondre à une seule d'entre elles. Cependant, ce travail de hiérarchisation, bien que nécessaire, peut poser certaines difficultés lors de la prise de décision. En effet, celles-ci doivent être prises par les porteurs de projet. Du fait du travail de synthèse bibliographique que le CEFE mène au début des sujets, il peut être force de proposition et apporter des éclairages sur la pertinence relative de différents objectifs en regard de la littérature. Cependant la position du CEFE doit rester neutre lors de la hiérarchisation des questions. Il s'agit alors pour le CEFE de rester vigilant sur un éventuel risque à se substituer aux porteurs des projets en orientant les choix dans un sens sans s'en rendre compte.

Le recours à des « études-pilotes »

Après clarification de la question, nous encourageons la mise en place d'études-pilotes en première année de coopération. Ces pré-études permettent le recueil d'informations relatives aux aspects techniques et logistiques associés à la collecte de données sur le terrain, et également des informations sur la détection des espèces ou encore l'hétérogénéité spatiale des paramètres étudiés. Cette stratégie implique généralement d'effectuer plusieurs passages sur le terrain et de déployer de nombreuses unités d'échantillonnages sur l'emprise du territoire étudié.

Cette coopération nous montre toute l'importance de ces études-pilotes, car elles permettent de faire des tests, de valider des choix méthodologiques et techniques, et ainsi d'éviter certaines erreurs par la suite. Elles permettent par ailleurs de recueillir des premiers jeux de données sur lesquels il est possible de s'appuyer pour réaliser des tests de puissance. Ces tests de puissance permettent de calibrer au mieux le plan d'échantillonnage à poursuivre, et donc d'optimiser les moyens investis dans l'opération scientifique. Parfois même, lorsque ces études-pilotes sont bien menées, les expérimentations sont publiables immédiatement après leur réalisation. Pour ces différentes raisons, nous pensons qu'il est important d'investir des moyens importants pour ces études-pilotes.

Des données collectées avec rigueur sur le terrain

Une visite de terrain de l'ingénieur recruté au CEFE était programmée pour l'ensemble des sujets traités dans le cadre de la coopération (à l'exception du Pic de la Guadeloupe). Cette étape est essentielle pour échanger avec les agents ou personnels techniques qui mettront en œuvre l'opération par la suite. Elle permet de prendre conscience des difficultés potentielles et biais associés à la collecte de données sur le terrain mais aussi en retour de faire passer certains messages aux agents sur les questions d'échantillonnage. Dans un certain nombre de cas, elle incite à revoir certains objectifs afin de ne pas proposer des protocoles irréalistes en termes d'investissement, de pénibilité, de sécurité sur le terrain etc. Cette visite sur le terrain doit ainsi plutôt intervenir en amont de l'étude-pilote à mettre en place dans le cas de nouvelles opérations scientifiques. Dans le cas d'opérations scientifiques déjà existantes, il s'agit surtout de prendre conscience d'éventuelles

variables à prendre en compte dans l'analyse et l'interprétation des données collectées. Finalement, quel que soit le moment où elle est réalisée, cette visite sur le terrain par l'ingénieur est essentielle et doit être systématisée à chaque opération scientifique mise en place.

Une fois le protocole fixé, une animation forte est nécessaire pour assurer la logistique et garantir une collecte et une restitution (saisie, bancarisation) de données de qualité. Cette animation est généralement assurée par des chargés de mission au sein des structures, ou recrutés dans le cadre de financements ponctuels. Dans ce dernier cas, cela peut poser alors certaines interrogations pour la pérennité du protocole en cas de départ de cette personne en charge de l'animation du protocole (voir partie 4-2).

La collecte des données est généralement assurée en interne par les structures, ou par des prestataires. Certaines structures ont parfois recours à un stagiaire. La collecte des données par une seule personne, par exemple un stagiaire, présente l'avantage de limiter les biais observateurs potentiels. Ceci peut s'avérer pertinent dans le cas d'opérations ponctuelles, où les résultats sont produits une seule année. Mais dans le cas d'opérations qui se poursuivent sur plusieurs années, par exemple de suivis à long terme, le recours à une seule personne extérieure, sans mobilisation des équipes internes des structures concernées, présente un certain risque pour la pérennité du protocole (voir partie 4-2). En effet, la réduction des « biais observateur » une année donnée ne limite pas le risque de les voir émerger lors des années suivantes, notamment lorsque les équipes changent régulièrement. Par ailleurs, le recours à une personne extérieure augmente le risque de perte de mémoire de la mise en œuvre concrète du protocole, malgré la description précise de ce protocole dans les rapports méthodologiques. Nous préconisons ainsi d'impliquer plusieurs observateurs dans de telles opérations de suivi à long terme. Il sera alors important de faire tourner ces observateurs sur les différentes unités d'échantillonnage pour limiter les risques d'avoir des effets confondants entre les compétences de l'observateur et certaines variables relatives à l'unité échantillonnée.

Recherche reproductible : stockage et analyse des données

Lors de cette coopération, l'étape d'analyse des données était assurée par l'ingénieur du CEFÉ. Des échanges avec les porteurs du sujet, et/ou certains experts étaient souvent nécessaires pour guider cette étape d'analyse et pour interpréter les résultats obtenus.

L'ensemble des scripts utilisés pour l'analyse des données est conservé. Au lancement de la coopération, ces scripts étaient fournis en annexe des rapports. Mais ces scripts peuvent être amenés à évoluer, par exemple pour une simplification, une amélioration des annotations, lors de l'évolution de packages sous R, de méthodes d'analyse, etc. Or, l'ajout de telles modifications est difficile une fois les rapports publiés. Les scripts d'analyse sont donc désormais accessibles en ligne sur des dépôts (i.e. projets) sous « [Github](#) ». Cet outil permet un suivi des modifications portées aux fichiers (avec conservation de l'historique de ces modifications), notamment ceux produits sous R. Il facilite ainsi le travail collaboratif entre le CEFÉ et les gestionnaires d'espaces naturels. A titre d'exemple, une journée en groupe de travail avait été organisée entre le CEFÉ et le Parc national du Mercantour en février 2020 pour développer un dépôt Github pour l'analyse des données collectées sur les lièvres variables et d'Europe. Ces scripts d'analyse ont pu être modifiés et améliorés directement sur

le dépôt les mois suivants, puis être réemployés pour d'autres analyses conduites par le PNM et par le CEFE.

Un autre outil fortement encouragé depuis un an est l'utilisation du langage Rmarkdown sous R qui permet de produire des rapports automatisés au format html, Word etc. Cela est particulièrement utile pour communiquer rapidement avec les différents interlocuteurs sur des résultats d'analyse.

En perspectives de développement, l'utilisation de rendus dynamiques des résultats sous des interfaces en ligne de type « Flexdashboards » permettrait par exemple de visualiser certaines courbes de réponses ou certaines stations géographiques en sélectionnant par onglets ou clics sur cartographies. Des premiers tests ont ainsi été réalisés pour le projet orthoptères [https://bastien-mourguiart.shinyapps.io/shiny_MSOM/]. Pour aller un cran plus loin, il pourra être utile de développer pour certains sujets des applications « Shiny » qui permettent de saisir les données sur des interfaces en ligne, puis de restituer les résultats d'analyse de manière automatisée.

Les rapports méthodologiques, garants de la capitalisation des protocoles produits

Les rapports méthodologiques détaillent le déroulé de chaque sujet traité, avec toutes les étapes associées à son élaboration et pour le déploiement (ou la poursuite) du protocole. L'ingénieur du CEFE assure la rédaction d'un premier jet de ce rapport, qui est ensuite relu par l'ensemble des parties prenantes du projet : référents scientifiques de la coopération OFB-CEFE, personnel des structures porteuses et experts éventuels associés au projet.

Une fois le rapport achevé, il est soumis à la relecture critique de personnes compétentes sur la thématique et/ou des taxons étudiés. Il s'agit généralement de chercheurs ou d'experts. Cette relecture critique, sous forme de « reviewing », permet d'apporter des éclairages supplémentaires, que ce soit sur des éléments bibliographiques, des appuis à l'interprétation des résultats produits ou encore sur les propositions méthodologiques et techniques. Cette étape de relecture permet ainsi de légitimer la démarche proposée et sera donc à pérenniser. A noter toutefois qu'elle ajoute un délai supplémentaire (un à deux mois) avant publication des rapports, délai qu'il convient d'anticiper.

Communication, diffusion et restitution des résultats : vers une valorisation scientifique et des séminaires en ligne

Le [portail web](#) technique de l'OFB informe des sujets traités dans le cadre de cette coopération et permet le téléchargement des différents rapports méthodologiques produits.

Au-delà de cette valorisation sous forme de rapports méthodologiques, utiles pour les gestionnaires d'espaces naturels, les opérations scientifiques réalisées doivent conduire à une valorisation scientifique des résultats produits. Plusieurs sujets ont ainsi à ce jour pu être publiés sous forme d'articles scientifiques dans des revues à comité de lecture. Il pouvait s'agir d'articles méthodologiques (ex : Mourguiart *et al.* 2020) ou relatant des résultats écologiques produits lors d'opérations ponctuelles (i.e. sur une année, voir Herrera *et al.* 2020; Moschetti *et al.* 2020). De nombreuses autres opérations scientifiques menées dans le cadre de cette coopération peuvent

être valorisées dès à présent. Les résultats des opérations de suivi à long terme pourront quant à elles être publiés dans plusieurs années. Or, cette valorisation scientifique demande du temps et ce temps n'avait pas été programmé lors de la première convention de coopération OFB-CEFE. Pour répondre à ce besoin de valorisation scientifique, l'ingénieur recruté au CEFE aura dès 2022 du temps dédié à la rédaction et la publication d'articles. A noter toutefois qu'à défaut de recrutement de personnel supplémentaire, cette nouvelle mission conduit à réduire le nombre de sujets à traiter dans cette coopération.

En termes de communication, des interventions lors de séminaires ou au cours de formations universitaires ont permis de faire connaître cette coopération. Par ailleurs, un séminaire d'une journée en 2019 a permis de présenter quatre sujets traités. Cela apparaît insuffisant au regard du nombre de sujets traités et qui méritent d'être portés à connaissance des gestionnaires d'espaces naturels. Par ailleurs, la tenue d'évènements uniques sur un à plusieurs jours présente certaines contraintes, notamment celle de ne pas toucher certaines personnes, gestionnaires ou scientifiques, qui n'ont pas de disponibilité suffisante pour se rendre à de tels évènements. Nous prévoyons donc à l'avenir d'amplifier ces restitutions orales sous la forme de courts « webinaires » (une heure maximum) lorsqu'un sujet sera achevé.

2) Perspectives sur les opérations scientifiques

Pérennité des protocoles

Un premier risque que nous pouvons identifier pour la pérennité des opérations scientifiques proposées, notamment dans le cas des suivis à long terme mobilisant des équipes de terrain nombreuses, porte sur la capacité d'animation des protocoles sur le terrain. En effet, comme nous l'avons rappelé en partie 4-1, bon nombre de ces protocoles reposent sur une animation forte pour former les équipes de terrain, organiser la logistique, centraliser des données etc. Pour plusieurs sujets traités, cette animation reposait sur des financements non pérennes, par exemple des projets Life+ d'une durée limitée. Il sera alors primordial de bien anticiper sur la poursuite de cette animation, par exemple en allouant certaines ressources internes de manière systématique.

L'ensemble des protocoles produits dans le cadre de cette coopération pourraient faire l'objet de modifications au cours du temps en raison d'une évolution des questions, de l'échelle de l'étude, de développements méthodologiques, de l'arrivée de nouvelles techniques de relevés, notamment basées sur les nouvelles technologies (GPS, caméra-trap, drones, ADNe...) etc. Toute modification apportée au protocole entraînera la publication d'une nouvelle version du rapport méthodologique associé. Certains protocoles pourront par ailleurs s'achever dès lors que les résultats produits auront permis de répondre à la question initiale.

Cependant, la modification ou l'achèvement de protocoles pose plusieurs questions, avec en premier lieu la manière dont ces décisions de modification ou d'achèvement du protocole pourront être prises. De telles décisions devront en effet être argumentées et reposer sur un diagnostic solide, qui fera appel à une analyse des données collectées, à la consultation d'experts etc. Se pose alors la

question de savoir à quel moment ce diagnostic pourra être réalisé. S'agira-t-il d'analyser régulièrement les données collectées ? Si oui, à quelle fréquence ? Cette décision de modifier, de poursuivre ou d'arrêter une opération scientifique devra par ailleurs être prise par les porteurs du projet et nécessitera un important travail de concertation entre eux, le CEFE, et toutes les structures susceptibles d'émettre un avis scientifique et/ou d'expert. Or, le temps alloué à ce travail de diagnostic et de concertation autour des protocoles existants n'a pas été programmé dans le cadre de la coopération actuelle et n'a pas été formalisé dans les rapports méthodologiques. Des préconisations sur quand et comment le faire pourraient être proposées à l'avenir. Soulignons enfin que ce travail de poursuite du travail sur les protocoles en cours demande certaines compétences, notamment en analyse des données, pas toujours disponibles au sein des structures porteuses des opérations scientifiques lancées. Il s'agira alors soit d'amplifier la coopération en cours, soit de miser une stratégie permettant d'augmenter l'autonomie des structures concernées.

Vers une montée en compétence des structures

Cette coopération a permis de proposer une démarche pour la mise en place d'opérations scientifiques au sein des aires protégées. Les structures bénéficiaires pourront remobiliser certains grands principes pour d'autres opérations menées au sein de leurs établissements. Le principal enseignement est que la mise en place de protocoles robustes requiert du temps. Ainsi l'ensemble des étapes pour concevoir un protocole nécessitait entre 2,5 et 3,5 mois de temps de travail pour l'ingénieur du CEFE. Ce à quoi il est nécessaire d'ajouter le temps de travail des autres référents scientifiques, du personnel des structures porteuses des sujets pour l'animation et la collecte des données, des experts consultés etc. La coopération sous sa forme actuelle atteint donc certaines limites en termes de nombre de sujets traités mais nous espérons ainsi que cette initiative pourra faire tache d'huile et contribuera à faire évoluer les pratiques lors de l'élaboration de nouveaux protocoles. Pour cela, la valorisation et la communication sont des étapes cruciales pour faire connaître cette coopération et ainsi favoriser ces changements de pratiques.

Certains établissements ont par ailleurs exprimé le souhait de monter en compétence pour gagner en autonomie, notamment pour l'analyse statistique des données collectées. Ainsi, le sujet « Marmottes » proposé par le Parc national du Mercantour est actuellement porté par un technicien au sein de l'établissement, avec l'appui du CEFE lors des différentes étapes de mise en place du protocole. Une telle prise d'autonomie des structures garantira davantage encore la pérennité des opérations scientifiques mises en place.

5 – Références bibliographiques

- BELLARD C., BERTELSMEIER C., LEADLEY P., THUILLER W. & COURCHAMP F. 2012. — Impacts of climate change on the future of biodiversity: Biodiversity and climate change. *Ecology Letters* 15 (4): 365–377. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>
- BLACKBURN T.M., CASSEY P., DUNCAN R.P., EVANS K.L. & GASTON K.J. 2004. — Avian Extinction and Mammalian Introductions on Oceanic Islands. *Science* 305 (5692): 1955. <https://doi.org/10.1126/science.1101617>
- CHEN I.-C., HILL J.K., OHLEMÜLLER R., ROY D.B. & THOMAS C.D. 2011. — Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. *Science* 333 (6045): 1024. <https://doi.org/10.1126/science.1206432>
- CLAVERO M. & GARCIA-BERTHOU E. 2005. — Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology & Evolution* 20 (3): 110–110. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.01.003>
- COUTURIER T., BESNARD A., BERTOLERO A., BOSC V., ASTRUC G. & CHEYLAN M. 2014. — Factors determining the abundance and occurrence of Hermann’s tortoise *Testudo hermanni* in France and Spain: Fire regime and landscape changes as the main drivers. *Biological Conservation* 170: 177–187. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.028>
- COUTURIER T., DEBIZE E., LE MIRE PECHEUX L., GEOFFROY D., MOUSSAY C., JAILLOUX A. & BESNARD A. 2020. — Suivi des tendances de l’occupation de l’espace par une espèce rare et cryptique: l’Eulepte d’Europe *Euleptes europaea* dans les Parcs nationaux des Calanques et de Port-Cros *OFB-CEFE*. p. 55.
- COUTURIER T., GEOFFROY D., JAILLOUX A. & BESNARD A. 2019. — Dynamique de reconquête de la faune et de la flore après incendie du Cap Lardier dans le Parc national de Port-Cros *OFB-CEFE*. p. 49.
- COUTURIER T., MANSONS J., CAVAILHES J., BUNZ Y., DELESTRADÉ A., QUENEY G., JAILLOUX A. & BESNARD A. 2020. — Suivi des changements de distribution hivernale du lièvre variable *Lepus timidus* et du lièvre d’Europe *Lepus europaeus* sur leur zone de contact dans les Alpes françaises en lien avec le changement climatique *OFB-CEFE*. p. 47.
- COUTURIER T., MOURGUIART B., MANSONS J., BRAUD Y., COMBRISSEON D., JAILLOUX A. & BESNARD A. 2020. — Suivi des déplacements altitudinaux des communautés d’orthoptères en lien avec le changement climatique dans les parcs nationaux du Mercantour et des Écrins: 44
- COUTURIER T., PITEAU A., SALAMOLARD M., JAILLOUX A. & BESNARD A. 2019. — Suivi démographique d’une population de Gecko vert de Bourbon (*Phelsuma borbonica*) suite à une translocation pour recoloniser un espace restauré du Parc national de La Réunion p. 38.
- COUTURIER T., PROLHAC E., CAZAL E., JAILLOUX A. & BESNARD A. 2020. — Suivi de la croissance et de la mortalité d’espèces végétales indigènes plantées en vue de reconstituer des habitats de forêt sèche à La Réunion *OFB-CEFE*. p. 49.

- DONALD P.F., GREEN R.E. & HEATH M.F. 2001. — Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 268 (1462): 25–29. <https://doi.org/10.1098/rspb.2000.1325>
- DORAZIO R.M., ROYLE J.A., SÖDERSTRÖM B. & GLIMSKÄR A. 2006. — Estimating species richness and accumulation by modeling species occurrence and detectability. *Ecology* 87 (4): 842–854. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[842:ESRAAB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[842:ESRAAB]2.0.CO;2)
- FONDERFLICK J., LEPART J., CAPLAT P., DEBUSSCHE M. & MARTY P. 2010. — Managing agricultural change for biodiversity conservation in a Mediterranean upland. *Biological Conservation* 143 (3): 737–746. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.014>
- HERRERA A., BESNARD A., COUTURIER T. & FONDERFLICK J. 2020. — Sélection multi-échelles des habitats d'alimentation du Crave à bec rouge *Pyrrhocorax pyrrhocorax* dans le Sud du Massif Central. *Alauda* 88 (2): 81–96
- HOFFMANN A.A. & SGRÒ C.M. 2011. — Climate change and evolutionary adaptation. *Nature* 470 (7335): 479–485. <https://doi.org/10.1038/nature09670>
- JAILLOUX A. 2020. — Ingénieur éco-statisticien, un nouveau métier à faire émerger. *Espaces naturels* 72: 42–43.
- KIER G., KREFT H., LEE T.M., JETZ W., IBISCH P.L., NOWICKI C., MUTKE J. & BARTHLOTT W. 2009. — A global assessment of endemism and species richness across island and mainland regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (23): 9322–9327. <https://doi.org/10.1073/pnas.0810306106>
- MOREIRA F. & RUSSO D. 2007. — Modelling the impact of agricultural abandonment and wildfires on vertebrate diversity in Mediterranean Europe. *Landscape Ecology* 22 (10): 1461–1476. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9125-3>
- MORETTI M., DUELLI P. & OBRIST M.K. 2006. — Biodiversity and resilience of arthropod communities after fire disturbance in temperate forests. *Oecologia* 149 (2): 312–327. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0450-z>
- MORETTI M. & LEGG C. 2009. — Combining plant and animal traits to assess community functional responses to disturbance. *Ecography* 32 (2): 299–309. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2008.05524.x>
- MOSCHETTI M., BESNARD A., COUTURIER T. & FONDERFLICK J. 2020. — Grazing intensity negatively affects the maintenance of *Gentiana pneumonanthe* and the survival of *Phengaris alcon* egg-laying. *Journal of Insect Conservation* 24 (2): 343–351. <https://doi.org/10.1007/s10841-020-00220-8>
- MOUILLOT F., RAMBAL S. & JOFFRE R. 2002. — Simulating climate change impacts on fire frequency and vegetation dynamics in a Mediterranean-type ecosystem. *Global Change Biology* 8 (5): 423–437. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00494.x>
- MOURGUIART B., COUTURIER T., BRAUD Y., MANSON J., COMBRISSEON D. & BESNARD A. 2020. — Multi-species occupancy models: an effective and flexible framework for studies of insect communities. *Ecological Entomology*. <https://doi.org/10.1111/een.12991>

MUÑOZ D.J., HESED K.M., GRANT E.H.C. & MILLER D.A.W. 2016. — Evaluating within-population variability in behavior and demography for the adaptive potential of a dispersal-limited species to climate change. *Ecology and Evolution* 6 (24): 8740–8755. <https://doi.org/10.1002/ece3.2573>

PARCS NATIONAUX DE FRANCE 2015. — Les parcs nationaux de France acteurs des territoires pour atténuer les changements climatiques et s'adapter à leurs effets p. 24.

PAUSAS J.G., BRADSTOCK R.A., KEITH D.A. & KEELEY J.E. 2004. — Plant functional traits in relation to fire in crown-fire ecosystems. *Ecology* 85 (4): 1085–1100. <https://doi.org/10.1890/02-4094>

SALA O.E., STUART CHAPIN F., III, ARMESTO J.J., BERLOW E., BLOOMFIELD J., DIRZO R., HUBER-SANWALD E., HUENNEKE L.F., JACKSON R.B., KINZIG A., LEEMANS R., LODGE D.M., MOONEY H.A., OESTERHELD M., POFF N.L., SYKES M.T., WALKER B.H., WALKER M. & WALL D.H. 2000. — Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science* 287 (5459): 1770. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>

SPECHT H.M., REICH H.T., IANNARILLI F., EDWARDS M.R., STAPLETON S.P., WEEGMAN M.D., JOHNSON M.K., YOHANNES B.J. & ARNOLD T.W. 2017. — Occupancy surveys with conditional replicates: An alternative sampling design for rare species, in SCHOFIELD M. (ed.). *Methods in Ecology and Evolution* 8 (12): 1725–1734. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12842>

STOATE C., BOATMAN N., BORRALHO R., CARVALHO C.R., SNOO G.R. D. & EDEN P. 2001. — Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63 (4): 337–365. <https://doi.org/10.1006/jema.2001.0473>

TOWNS D.R., ATKINSON I.A.E. & DAUGHERTY C.H. 2006. — Have the Harmful Effects of Introduced Rats on Islands been Exaggerated? *Biological Invasions* 8 (4): 863–891. <https://doi.org/10.1007/s10530-005-0421-z>

URBAN M.C. 2015. — Accelerating extinction risk from climate change. *Science* 348 (6234): 571–573. <https://doi.org/10.1126/science.aaa4984>

VERBURG P.H., ROUNSEVELL M.D.A. & VELDKAMP A. 2006. — Scenario-based studies of future land use in Europe. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 114 (1): 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.023>

WALTHER G.R. 2010. — Community and ecosystem responses to recent climate change. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365 (1549): 2019–2024. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0021>

WALTHER G.-R., POST E., CONVEY P., MENZEL A., PARMESAN C., BEEBEE T.J.C., FROMENTIN J.-M., HOEGH-GULDBERG O. & BAIRLEIN F. 2002. — Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416 (6879): 389–395. <https://doi.org/10.1038/416389a>

WALTHER G.-R., ROQUES A., HULME P.E., SYKES M.T., PYŠEK P., KÜHN I., ZOBEL M., BACHER S., BOTTA-DUKÁT Z. & BUGMANN H. 2009. — Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution* 24 (12): 686–693. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.008>

6 – Annexes

1) Programme de la journée de restitution du 7 février 2019

De la conception à l'optimisation des protocoles de suivi faune et flore : des collaborations à tous niveaux

Rencontre du 7 février 2019 à Montpellier (site AFB Pérois)

Programme prévisionnel

13h30 : Accueil des participants

14h00 : Appui méthodologique aux Parcs nationaux et autres aires protégées : la coopération CEFE-AFB, historique et fonctionnement (A. Besnard, A. Jailloux et T. Couturier)

14h30 : présentation de quatre exemples de sujets traités en 2018 dans le cadre de la coopération

- *La translocation d'espèces pour la recolonisation d'espaces restaurés : Suivi démographique d'une population de Gecko vert des Hauts (A. Piteau, M. Salamolard et T. Couturier)*
- *Changement de distribution du lièvre variable et du lièvre d'Europe dans les Alpes en lien avec le réchauffement climatique (L. Imberdis, J. Cavailhes, J. Mansons et T. Couturier)*
- *Changement de distribution des communautés d'orthoptères dans les Alpes en lien avec le réchauffement climatique (J. Mansons, D. Combrisson et T. Couturier)*
- *Dynamique de reconquête de la faune et la flore après incendie sur le Cap Lardier (D. Geoffroy et T. Couturier)*

15h30 : Pause

15h45 : présentation de trois autres modalités de collaborations de l'équipe du CEFE avec les Parcs nationaux et l'AFB autour des monitorings d'espèces.

- *Création et mise en place d'un suivi national des oiseaux de montagne pour renseigner l'effet des changements climatiques et changements d'usage dans les milieux alpins (J. Chiffard)*
- *Définition de plans d'échantillonnages pour les suivis des colonies d'oiseaux marins nicheurs dans le cadre du programme de surveillance de la DCSMM (E. Dortel)*
- *Optimisation et renouvellement des suivis d'aigles royaux dans les parcs nationaux (T. Chambert)*

16h30-18h : Discussion générale

2) Liste des interventions lors de séminaires ou de formations universitaires abordant la coopération OFB-CEFE

Couturier, Thibaut. « Un protocole oui... mais pour répondre à quelle question? Le plan d'échantillonnage: kosa ilé? » Présenté au Séminaire Life BIODIV'OM - Table ronde: Méthodes d'acquisition de connaissances utiles à la conservation des espèces menacées, La Plaine-des-Palmistes, La Réunion, novembre 2021.

Couturier, Thibaut. « Cadres méthodologiques pour la mise en place d'opérations scientifiques dans les aires protégées ». Présenté lors d'une formation de l'Office Français de la Biodiversité, Montpellier, France, octobre 2021.

Couturier, Thibaut. « Cadres méthodologiques pour l'évaluation de programmes de conservation et la mise en place d'opérations scientifiques dans les aires protégées ». Présenté lors de l'unité d'enseignement ESO4 Sciences de la conservation (Master 2 EPHE), Montpellier, France, septembre 2021.

Couturier, Thibaut. « Appui méthodologique pour l'élaboration d'opérations scientifiques dans les espaces naturels protégés ». Présenté aux 10es journées des gestionnaires d'espaces naturels de Bourgogne-Franche-Comté, janvier 2021.

Couturier, Thibaut. « Démarche d'évaluation des programmes de conservation et monitoring ». Présenté lors de l'unité d'enseignement UE HMBE381 Sciences de la conservation (Master 2 IEGB), Montpellier, France, décembre 2020.

Couturier, Thibaut. « Principes généraux des méthodes de suivis de biodiversité ». Présenté lors de la formation « principes et méthodes d'inventaire et de suivi de biodiversité forestière », Autrans, France, octobre 2020.

Couturier, Thibaut. « Démarche d'évaluation des programmes de conservation et monitoring ». Présenté lors de l'unité d'enseignement UESO4 Sciences de la conservation (Master 2 EPHE), Montpellier, France, septembre 2020.

Couturier, Thibaut. « Appui méthodologique pour l'élaboration d'opérations scientifiques dans les espaces naturels protégés: une coopération OFB-CEFE fructueuse ». Présenté à la réunion de département « Dynamique et Conservation de la Biodiversité » du CEFE, Montpellier, France, janvier 2020.

Couturier, Thibaut. « Démarche d'évaluation des programmes de conservation et monitoring ». Présenté lors de l'unité d'enseignement UE HMBE381 Sciences de la conservation (Master 2 IEGB), Montpellier, France, décembre 2019.

Couturier, Thibaut. « Concevoir des protocoles de suivi faune et flore dans les espaces naturels protégés. Exemple de la coopération AFB-CEFE ». Présenté lors du colloque « Améliorer le suivi de la biodiversité en forêt en France métropolitaine: pourquoi? comment? » Paris, France, décembre 2019.

Couturier, Thibaut. « Coopération AFB – CEFE. Les sujets "lièvres" et "orthoptères" ». Présenté lors d'un groupe de travail « Remue-méninges changements climatiques », Juvignac, France, décembre 2019.

Couturier, Thibaut. « Coopération AFB-CEFE. Accompagnement des espaces protégés pour la conception de protocoles de suivi faune et flore ». Présenté à la Commission scientifique des parcs nationaux du Conseil scientifique de l'AFB, Florac, France, juin 2019.

Couturier, Thibaut. « Coopération AFB-CEFE: Accompagnement des espaces protégés pour la conception de protocoles de suivi faune et flore ». Présenté au séminaire « Changement climatique, recherche et espaces naturels protégés » - 3es rencontres « Espaces naturels protégés - Recherche », Annecy, avril 2019.

Couturier, Thibaut, Aurélien Besnard, et Adrien Jailloux. « Appui méthodologique aux Parcs nationaux et autres aires protégées: la coopération CEFÉ-AFB, historique et fonctionnement ». Présenté lors d'une journée de rencontres « De la conception à l'optimisation des protocoles de suivi faune et flore: des collaborations à tous niveaux », Pérols, France, février 2019.

Couturier, Thibaut, Anouk Piteau, Marc Salamolard, Ludovic Imberdis, Jérôme Cavailhes, Jérôme Mansons, Damien Combrisson, et David Geoffroy. « Présentation de quatre exemples de sujets traités en 2018 dans le cadre de la coopération ». Présenté lors d'une journée de rencontres « De la conception à l'optimisation des protocoles de suivi faune et flore: des collaborations à tous niveaux », Pérols, France, février 2019.