



HAL
open science

Synthèse des données et probabilité de détection de l'Arcyptère languedocienne, *Arcyptera brevipennis vicheti* (Brunner von Wattenwyl, 1861), en France (Orthoptera : Acrididae)

Jérémie Février, Benoit Nabholz, Louis Ton

► To cite this version:

Jérémie Février, Benoit Nabholz, Louis Ton. Synthèse des données et probabilité de détection de l'Arcyptère languedocienne, *Arcyptera brevipennis vicheti* (Brunner von Wattenwyl, 1861), en France (Orthoptera : Acrididae). *Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques*, 2023. hal-04892509

HAL Id: hal-04892509

<https://hal.science/hal-04892509v1>

Submitted on 16 Jan 2025

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

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

Synthèse des données et probabilité de détection de l'Arcyptère languedocienne, *Arcyptera brevipennis vicheti* (Brunner von Wattenwyl, 1861), en France (Orthoptera : Acrididae)

Jérémie FÉVRIER¹, Benoit NABHOLZ² & Louis TON^{2,3}

1 : 37 lot. le Domaine de la Chêneraie, F-34160 Restinclières [jefevrier@gmail.com]

2 : Institut des Sciences de l'Evolution, Univ. de Montpellier, CNRS, IRD, F-34090 Montpellier

3 : Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie, 71 place Vauban, F-34000 Montpellier [louiston@ecomail.fr]

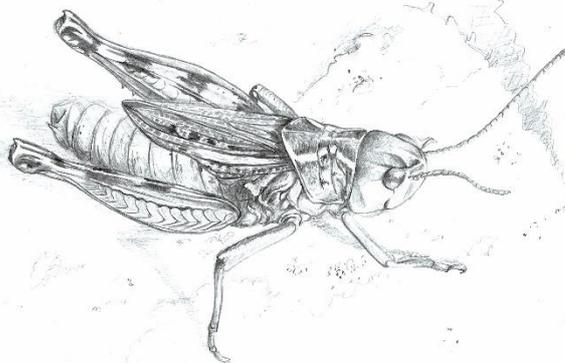
Résumé : L'Arcyptère languedocienne *Arcyptera brevipennis vicheti* Harz, 1975 a une répartition très réduite en France continentale. Sa répartition exacte est difficile à connaître du fait de sa phénologie précoce, de sa durée de vie courte, de sa discrétion ainsi que de sa ressemblance avec une espèce proche (*Arcyptera microptera carpentieri*). Dans cet article, nous proposons de rassembler et d'analyser l'ensemble des données disponibles sur sa répartition. Une analyse de l'évolution temporelle de l'aire occupée, ainsi qu'une série de prospections récentes, montrent un déclin très alarmant de l'espèce. À l'échelle des 53 communes où l'espèce était connue, 16 (30%) n'ont fait l'objet d'aucune observation depuis 2000, et pour 13 autres (25%), la dernière observation est antérieure à 2015. Une analyse sur la probabilité de détection démontre que l'espèce n'est pas si discrète que cela (probabilité de détection $P = 60\%$) et que la diffusion de son chant par l'observateur ("repassé") augmente la probabilité de détecter l'espèce ($P = 70\%$ avec repasse). Les causes possibles de son déclin sont discutées, mais restent très incertaines à ce jour. Nous encourageons les orthoptéristes à prospecter les zones autour des populations connues, de préférence en utilisant la repasse, afin de préciser la répartition de cette espèce menacée. Des suivis des populations actuelles sont également nécessaires pour essayer de comprendre les causes de son déclin.

Mots clés : Arcyptère languedocienne, répartition spatiale, déclin, probabilité de détection, repasse.

Abstract : *Arcyptera brevipennis vicheti* Harz, 1975, has a very restricted distribution in mainland France. Its early phenology, its short lifespan, its stealth as well as its resemblance to a close species (*A. microptera carpentieri*) make it under-recorded by orthopterists and its exact distribution difficult to know. In this article, we propose to gather and analyze all available data on its distribution. An analysis of the temporal evolution of this occupied area, as well as a series of recent surveys, show a very alarming decline. On the scale of the 53 municipalities where the species was known, 16 (30%) have had no sightings since 2000, and for 13 others (25%), the last observation is prior to 2015. An analysis of the probability of detection shows that the species is not that discrete (probability of detection $P = 60\%$) and that the playback of its song by the observer significantly increases the probability of detecting species ($P = 70\%$ with playback). The possible causes of its decline are discussed, but remain very uncertain to date. We encourage orthopterists to survey the areas around known populations, preferably using a spotter, in order to clarify the distribution of this threatened species. Monitoring of current populations is also needed to try to understand the causes of its decline.

Keywords : *Arcyptera brevipennis vicheti*, endangered population, population decline, local extinction, probability of detection, playback.

—oOo—



Arcyptère languedocienne, *Arcyptera brevipennis vicheti*, femelle. © Emilie Bergue

—oOo—

INTRODUCTION

Arcyptera brevipennis Brunner von Wattenwyl, 1861, est un Caelifère réparti de manière discontinue à travers l'Europe méridionale, partant du Monténégro à l'est jusqu'au Nord-Est de l'Espagne à l'ouest, en passant par les Balkans, le Nord de l'Italie et le Sud de la France ((PRESA & *al.*, 2005; REBRINA & TVRKOVIĆ, 2019). Cette espèce est divisée en deux sous-espèces : *Arcyptera brevipennis brevipennis* (Brunner von Wattenwyl, 1861) à l'est, du Monténégro à l'Italie, et *Arcyptera brevipennis vicheti* Harz, 1975, à l'ouest, en France et en Espagne (DEFAUT, 2014 ; PRESA & *al.*, 2007), que nous nommerons Arcyptère languedocienne dans la suite de cet article. La description de la sous-espèce franco-ibérique est basée sur des spécimens de la population française, et se distingue de la sous-espèce nominative sur des critères reposant sur la nervation des élytres (HARZ, 1969). La population espagnole, isolée géographiquement et inféodée à des habitats différents plus alticoles, pourrait peut-être appartenir à une autre sous-espèce (DEFAUT, 2023).

En France, l'espèce présente une morphologie, mais également un chant, très proche de l'Arcyptère caussignarde *Arcyptera microptera carpentieri* (DEFAUT, 2023) et aucun secteur géographique n'abrite de manière certaine les deux espèces. L'Arcyptère caussignarde est présente sur tous les grands causses (Larzac, Méjean et Sauveterre, Causse Noir) ainsi que dans les monts d'Ardèche, alors que l'Arcyptère languedocienne a une aire qui s'étend le long d'une bande allant de l'ouest de Montpellier à l'extrémité est du département du Gard. L'Arcyptère languedocienne est donc une espèce typiquement méditerranéenne de basses altitudes, tandis que l'Arcyptère caussignarde est une espèce sub-méditerranéenne plus alticole.

Les orthoptères constituent, à l'exception des espèces occasionnant des ravages aux cultures, un groupe d'insectes dont la biologie est assez peu étudiée. L'Arcyptère languedocienne n'échappe pas à ces lacunes et peu d'études sont disponibles sur le sujet. Le Brachypode rameux, *Brachypodium retusum*, constitue la nourriture quasi exclusive de l'espèce (90 % des débris végétaux retrouvés dans les déjections (SCHULTNER & *al.*, 2012). Cette poacée est typique des milieux xérophiles méditerranéens ouverts, entretenus par le pâturage, habitat exclusif de l'espèce en France. Contrairement à une large majorité d'orthoptères, dont les adultes apparaissent en été, l'Arcyptère languedocienne est plutôt printanière. Les premières observations de juvéniles s'effectuent dès la fin du mois d'avril et les adultes sont observés de début-mai à début-juillet, avec un pic d'observations entre fin-mai et début-juin selon les années. Le temps de développement des juvéniles est de 19 à 25 jours en captivité (SCHULTNER & *al.*, 2012).

Dans cet article, nous proposons de réaliser une cartographie de toutes les données disponibles de l'espèce en France, récoltées entre 1917 et 2022. Le but de cette cartographie est de préciser l'aire d'occupation de

l'espèce, et d'évaluer une tendance d'évolution des populations dans notre pays. Ce type d'analyse de l'évolution dans le temps d'une aire de répartition reste rare chez les orthoptères de la faune française. Cela a été fait pour *Amedegnatiana vicheti* (DELMAS & RAMBIER, 1950; DELORME, 2013), et, plus récemment, sur plusieurs espèces d'ensifères par le biais de l'acoustique (JELIAZKOV & *al.*, 2016).

Toutefois, la justesse de la carte de répartition d'une espèce dépend de l'effort d'observation mais également de sa détectabilité. Obtenir une vision fiable de la répartition d'une espèce animale ou végétale est une tâche extrêmement complexe. Cela provient du fait que, malgré la présence effective d'une espèce sur un site donné, l'observateur peut malgré tout rater les individus présents. Ces absences de détection peuvent découler d'une combinaison de plusieurs facteurs : une connaissance imparfaite de la biologie de l'espèce étudiée, le comportement discret ou une très faible densité de cette espèce, des caractéristiques de l'habitat (fourrés denses et impénétrables, forêts) rendant la vision ou l'écoute difficile, *etc.* La probabilité qu'a un observateur de détecter une espèce, sachant qu'elle est effectivement présente sur un site, se nomme « probabilité de détection » (MACKENZIE & *al.*, 2002). Cette probabilité se situe entre 0 et 1 et elle s'estime en réalisant plusieurs passages successifs au cours d'une saison sur quelques mailles (tirées aléatoirement de préférence) où l'espèce est présente (MACKENZIE & *al.*, 2006).

Connaître la probabilité de détection permet de formuler des recommandations pour optimiser la détection de l'espèce et *in fine* d'améliorer plus rapidement les connaissances sur sa répartition.

Les questions auxquelles nous nous intéressons dans ce travail sont les suivantes :

▫ Quelle est la répartition actuelle de l'Arcyptère languedocienne, et comment a-t-elle évolué depuis ces dernières décennies ?

▫ Quelle est la probabilité qu'un observateur ne contacte pas l'Arcyptère languedocienne alors qu'elle est pourtant présente sur le site à une date favorable ? Quelles variables sont susceptibles d'impacter cette probabilité de détection ? Plus globalement, la rareté de cette espèce peut-elle être expliquée par sa faible probabilité de détection sur le terrain ?

L'objectif est d'identifier les conditions optimales pour détecter l'Arcyptère languedocienne et de tester si la diffusion de son chant (« repasse ») permet d'augmenter ce taux de détection, dans l'objectif d'affiner la répartition de façon efficace et rapide.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

CARTOGRAPHIE ET ANALYSES TEMPORELLES DE LA DISTRIBUTION

L'objectif étant de réaliser une cartographie de synthèse de données la plus exhaustive possible, de nombreuses sources ont été consultées. Une demande auprès du Système d'information de l'Inventaire du Patrimoine Naturel (SINP) a, en premier lieu, été effec-

tuée en juin 2020. Ce système d'information partenarial a pour vocation de centraliser l'ensemble des données liées au patrimoine naturel en France. Le portail en ligne OpenObs, qui permet de visualiser et de télécharger les données qui alimentent la base de données de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) a également été interrogé. Les sites internet inaturalist.org et observation.org ont été consultés. Plusieurs bureaux d'études (Biotope, Cabinet Barbanson Environnement – CBE SARL, ECO-MED et NATURALIA Environnement) et plusieurs structures associatives (Conservatoire des Espaces Naturels d'Occitanie, Ecologistes de l'Euzière, Gard Nature, OPIE) ont été sollicités. Par ailleurs, la base de données Faune Occitanie (Collectif Faune-Occitanie in www.faune-occitanie.org/ (24 mars 2023)) a été consultée. Un appel à données a été lancé en novembre 2021 aux membres de l'ASCETE. En plus des données personnelles des auteurs, plusieurs jeux de données de naturalistes ayant répondu à l'appel ont été intégrés : Yves Bas, Guillaume Delcourt, Vincent Derreumaux, Didier Morin et Thomas Morra.

Une synthèse de l'ensemble de ces jeux de données a ensuite été réalisée, et les doublons ont été écartés.

Afin de plus facilement permettre une analyse cartographique de l'évolution temporelle de la répartition de l'Arcyptère languedocienne, toutes les données ont été regroupées par commune (centroïde communal). Sur chaque commune où l'espèce est connue, est mise en évidence la date de dernière observation. Le résultat est ordonné par périodes (avant 2000 ; 2000-2010 ; 2011-2015 et 2016-2022). Les communes ayant fait l'objet de prospections négatives récentes (2021) par les auteurs sont mises en avant.

EFFET DE LA REPASSE SUR LA PROBABILITÉ DE DÉTECTION

Parallèlement au travail de compilation des données historiques et de recherches ciblées de l'espèce présentée ci-dessus, nous avons étudié spécifiquement, via un protocole dédié et sur un nombre restreint de sites, l'impact que pouvait avoir la diffusion du chant de l'espèce ("repassé") sur sa probabilité de détection.

Stratégie d'échantillonnage et récolte des données

Dix sites (fig. 1) ayant fait l'objet d'observations récentes de l'espèce ont été inventoriés dans la partie occidentale de l'aire de répartition de l'espèce. La sous-représentation des sites à l'ouest de Montpellier (Causse d'Aumelas et Montagne de la Gardiole) est due au très faible nombre de stations possédant des données récentes (postérieures à 2013, d'après la base de données Biodiv'Occitanie) par rapport aux garrigues du Lunellois (Carte 1). Le territoire échantillonné correspond à la partie occidentale de l'aire de répartition de l'Arcyptère languedocienne en France. Un site est considéré comme une entité géographique ayant une structure de végétation homogène, séparé d'un autre site par une distance supérieure ou égale à 200 mètres et/ou par un habitat

défavorable. Cette distance a été déterminée d'après des études précédentes faisant état de distances de dispersion en général inférieures à 200 mètres chez des espèces d'orthoptères brachyptères (possédant des ailes mais trop courtes pour permettre le vol) comme *Decticus verrucivorus* (TERRET, 2016) ou *Bicolorana bicolor* (KINDVALL, 2002).

Le nombre de visites nécessaires a été déterminé en considérant a priori une probabilité de détection p entre 0,4 et 0,6, et une probabilité d'occupation élevée Ψ entre 0,7 et 0,9 dans la mesure où tous les sites sont censés contenir l'espèce. Dans ce cas-là, le nombre optimal de visites se situe entre 3 et 5 (MACKENZIE & ROYLE, 2005). Louis Ton a effectué 4 visites par site entre le 15 et le 23/06/2021. Par ailleurs, il est nécessaire d'effectuer des visites rapprochées dans le temps, pour limiter l'influence de la phénologie sur les variations de probabilités de détection. En effet, la période de sortie des adultes est courte, concentrée entre mi-mai et fin juin. De plus, pour chaque site, deux passages ont été effectués le matin et deux autres l'après-midi, afin de limiter un biais lié à la période de la journée.

Lors d'une visite, un transect est réalisé à vitesse de marche lente et constante, le long de la plus grande diagonale du site (longueur allant de 25 à 80 m, en moyenne 50 m). Le nombre d'individus est noté, en distinguant mâles et femelles, vus ou simplement entendus. Quatre covariables sont relevées à chaque visite : utilisation de la « repasse » (diffusion du chant de l'espèce par l'observateur), couverture nuageuse (4 classes égales allant de 0 à 100 %), intensité du vent (en Beaufort), et température (en °C, estimée via le site meteociel.fr sur la commune et l'heure du passage concerné). Ces covariables sont susceptibles de varier à chaque visite, et donc d'impacter la probabilité de détection. La repasse consistait ici à diffuser le chant de l'espèce (SARDET & *al.*, 2015) à partir d'une enceinte bluetooth UE Boom2 au volume maximum, tout le long du transect, lors de deux visites sur quatre : premiers et troisièmes passages sans repasse, deuxièmes et quatrièmes passages avec repasse.

Analyses des données

Un modèle de présence-absence repose sur l'analyse d'un jeu de données binaire (0 ou 1), en prenant en compte ou pas l'effet de certaines variables sur la probabilité de détection (« covariables d'observation ») et/ou de d'occupation (« covariables de sites ») de l'espèce. La probabilité d'occupation a été considérée constante au cours du temps. Plusieurs modèles ont été comparés : un modèle nul (considérant la probabilité de détection constante), des modèles simples (considérant que la probabilité de détection est influencée par une seule variable), des modèles additifs (plusieurs covariables peuvent agir mais sans interaction entre elles), et des modèles multiplicatifs (plusieurs covariables peuvent agir avec des interactions positives ou négatives entre elles). L'intégralité des modèles testés est présentée dans le Tableau 1.

L'AIC (Akaike Information Criterion) est calculé pour chaque modèle. Celui qui possède la valeur d'AIC la plus faible est considéré comme celui décrivant le mieux les données. En cas de modèles aux valeurs d'AIC proches, le poids d'AIC (« AIC weight ») est comparé.

Tableau 1 : présentation des modèles de présence-absence testés pour étudier l'effet de différentes covariables sur la probabilité de détection de l'Arcyptère languedocienne.

Toutes les combinaisons (additives et multiplicatives) de covariables ont été testées.

Nom du modèle	Type de modèle	Covariables d'observation
fm1	nul	aucune
fm2	simple	repassé
fm3	simple	nuage
fm4	simple	vent
fm5	simple	température
fm6	additif	vent+repassé
fm7	additif	vent+nuage
fm8	additif	vent+température
fm9	additif	vent+repassé+nuage
fm10	additif	vent+nuage+température
fm11	additif	vent+repassé+nuage+température
fm12	additif	repassé+nuage
fm13	additif	repassé+température
fm14	additif	repassé+nuage+température
fm15	additif	nuage+température
fm16	multiplicatif	vent*repassé
fm17	multiplicatif	vent*nuage
fm18	multiplicatif	vent*température
fm19	multiplicatif	vent*repassé*nuage
fm20	multiplicatif	vent*nuage*température
fm21	multiplicatif	vent*repassé*nuage*température
fm22	multiplicatif	repassé*nuage
fm23	multiplicatif	repassé*température
fm24	multiplicatif	repassé*nuage*température
fm25	multiplicatif	nuage*température

Les données ont été analysées avec la version 4.2.2 du logiciel R (R Core Team, 2022), en utilisant la version 2021.9.0.351 de l'interface Rstudio (RStudio Team, 2022). Le package « Unmarked » (Fiske & Chandler, 2021) a été utilisé pour réaliser les modèles de présence-absence ; « ggplot2 » (Wickam, 2016) pour la réalisation de graphiques, et « stats » (R Core Team, 2022) pour les tests de Wilcoxon de différences de moyennes.

Le détail des analyses et du script R sont disponibles à l'adresse suivante : <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22586068.v1>

RÉSULTATS

UN DÉCLIN PRESENTI : ANALYSE DIACHRONIQUE DES DONNÉES SUR L'AIRE DE RÉPARTITION FRANÇAISE

Précisions sur l'aire de répartition de l'Arcyptère languedocienne

La synthèse bibliographique a permis de recueillir 700 données. Pas moins de 419 d'entre elles concernent le département de l'Hérault (28 communes), et 274 sont localisées dans le département du Gard (29 communes). Les 7 dernières données se rapportent au département de l'Ardèche (3 communes).

Les données s'étalent sur une période comprise entre 1917 et 2022, mais l'essentiel des observations

est réalisé à partir de 2011 (82 % des données). Ceci s'explique par l'engouement grandissant pour les orthoptères sur la dernière décennie, la prise en compte plus systématique des espèces de cet ordre dans les études réglementaires, et par l'apparition d'outils de saisie de données géoréférencées facilitant le pointage systématique des individus contactés sur le terrain.

L'ensemble des données recueillies est retranscrit sur la Carte 2.

Ces données se concentrent autour de Montpellier et Nîmes, notamment sur 3 entités distinctes :

- ✕ Le Causse d'Aumelas et la Montagne de la Gardiole, dans le département de l'Hérault et à l'ouest et sud-ouest de Montpellier ;
- ✕ Les garrigues du nord de Lunel, en limite est du département de l'Hérault, entre les villes de Saturargues, Villetelle et Lunel ;
- ✕ Les garrigues du nord nîmois, dans le département du Gard, et plus précisément les garrigues situées au nord-ouest de l'urbanisation de Nîmes.

Plusieurs autres stations sont connues entre ces trois bastions, notamment autour de Castries dans le département de l'Hérault et de Vergèze dans le département du Gard. De manière plus éloignée, d'autres populations sont renseignées en parties est (entre Estézargues et Sauveterre) et nord (aux alentours de Lussan) du département du Gard. Quelques observations sont citées plus à l'ouest, à la limite entre les départements de l'Hérault et du Gard, au niveau des causses du Larzac et de Blandas, ainsi que dans la Vallée de la Buèges (Saint-André-de-Buèges). Enfin, l'Arcyptère languedocienne est notée de 4 stations dans la partie sud du département de l'Ardèche.

Les stations localisées sur les causses et dans la Vallée de la Buèges sont ici mises en doute. Elles sont distantes de la plaine méditerranéenne et situées dans un contexte biogéographique différent, correspondant au domaine subméditerranéen languedocien. Les observations caussenardes sont situées à environ 600-700 m d'altitude. L'Arcyptère caussignarde est présente localement et correspond probablement à ces observations. La distinction visuelle entre ces deux espèces de criquets est parfois difficile, certaines populations présentant des caractères intermédiaires, notamment en ce qui concerne la longueur des élytres.

Les stations situées dans le département de l'Ardèche sont également considérées comme appartenant très certainement à l'Arcyptère caussignarde, et non à l'Arcyptère languedocienne. Ces stations sont également situées dans le domaine subméditerranéen languedocien. La station proche de Montselgues étant même à la limite avec le domaine biogéographique du Massif-central. Des investigations ont été réalisées ces dernières années sur ces localités par Eric Sardet (com. pers.), qui nous a confirmé la présence de l'Arcyptère caussignarde sur ces communes, comprenant des populations à des altitudes particulièrement basses pour cette espèce (250 m).

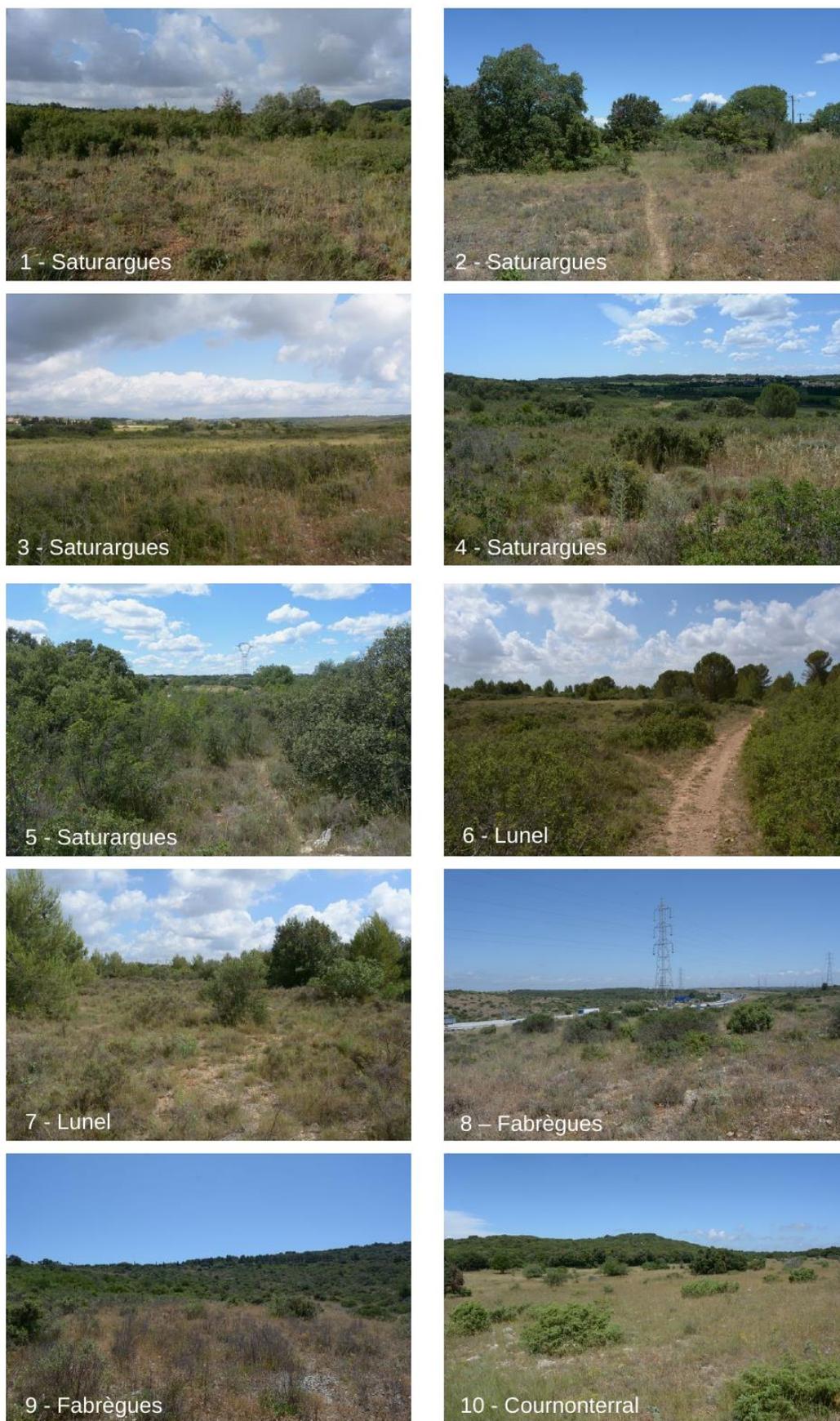
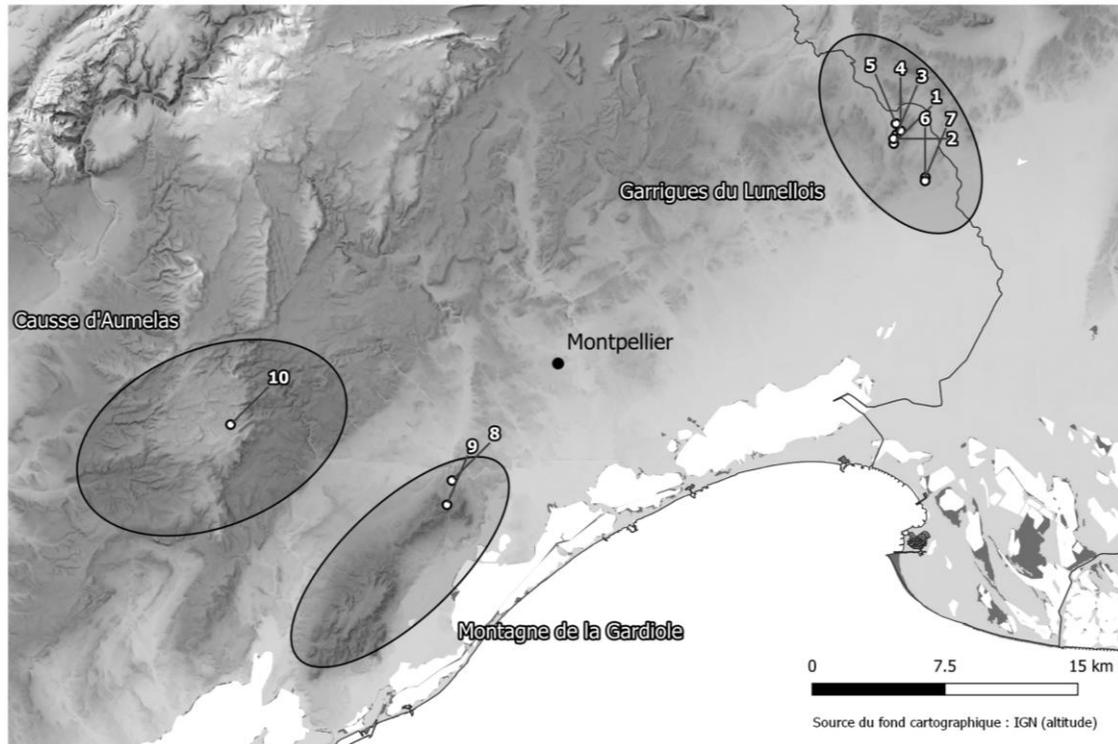


Figure 1 : photographies des sites échantillonnés © L. Ton.



Carte 1 : Localisation des dix sites échantillonnés, au sein des trois bastions occidentaux français d'Arcyptère languedocienne, pour étudier l'effet de la repasse sur la détection.

Il sera utile d'effectuer d'autres investigations à l'avenir pour confirmer l'identité spécifique des populations sur ces secteurs géographiques. Pour la distinction entre les deux espèces, nous conseillons de se référer à Defaut (2023).

L'aire de répartition de l'Arcyptère languedocienne paraît donc limitée aux départements de l'Hérault et du Gard, et l'essentiel des stations connues à ce jour est situé à proximité des chefs-lieux de Montpellier et de Nîmes sur une bande de 80 km de long et 20 km de large.

Analyse temporelle des données d'Arcyptère languedocienne

La comparaison du nombre d'observations par année ou par période n'est pas pertinente pour faire ressortir des tendances évolutives concernant les populations, étant donné qu'il existe un biais important concernant la pression d'échantillonnage et le mode de saisie des données.

Il nous a semblé plus intéressant de faire ressortir les dernières dates ou périodes d'observation par station, sur l'aire de répartition de l'Arcyptère languedocienne considérée ci-avant. Pour plus de lisibilité, nous avons regroupé l'ensemble des observations par communes. Ainsi, la Carte 3 permet de visualiser les données d'Arcyptère languedocienne par commune et en fonction des dernières observations documentées.

Il ressort que sur les 53 communes des départements de l'Hérault et du Gard où l'espèce est connue avec certitude, 16 ne possèdent aucune observation postérieure à 2000. Sur une autre commune, la période

de dernière observation est située entre 2000 et 2011, tandis que pour 12 autres, aucune donnée après 2015 n'a pu être recueillie. Les données considérées comme très récentes (2016-2022) se répartissent sur 24 communes. Des recherches approfondies mais infructueuses ont été réalisées par les auteurs en 2021 sur 5 communes ne bénéficiant pas de données récentes.

Il existe ainsi un nombre important de communes où l'espèce n'a pas été observée depuis de nombreuses années. Des recherches sur les stations historiques sont indispensables pour mesurer plus justement ce déclin pressenti.

Constat de déclin sur les stations connues

Au-delà de ce constat d'absence d'observation récente sur de nombreuses communes hébergeant l'espèce historiquement, d'autres éléments semblent corroborer un déclin de l'espèce localement.

Sur plusieurs stations suivies, notamment dans le cadre de compensation écologique, est constatée une diminution des densités, voire la disparition de l'espèce. C'est le cas d'une station découverte en 2011 sur la commune de La Rouvière dans le département du Gard, et qui a fait l'objet d'un suivi depuis 2014 (CBE SARL). L'espèce y a été revue en 2014, puis en 2015, 2016 et 2017. Un unique individu a pu être observé en 2017, alors que de belles densités étaient constatées les années précédentes. Le suivi a été poursuivi annuellement entre 2018 et 2022, mais plus aucun individu n'a été détecté au niveau des points d'observation historiques. Les milieux naturels hébergeant l'espèce ont

peu évolué durant la période de suivi et n'ont pas subi de dégradations apparentes pouvant expliquer cette disparition. Des inventaires ciblés ont été entrepris en 2022 à plus large échelle autour des points d'observation historiques, les milieux d'intérêt pour l'espèce étant a priori étendus. Sur les 4 journées d'inventaire, deux stations nouvelles ont pu être découvertes. Les densités y semblaient particulièrement faibles puisque seuls 2 individus ont été notés sur chacun des points.

Un constat similaire est enregistré sur la commune de Sauveterre dans le Gard. Une population assez abondante (10 individus) a été découverte en 2014 en partie sud de la commune (CBE SARL). L'Arcyptère languedocienne a été recherchée au niveau de la station et ses alentours en bonne période biologique et en bonnes conditions météorologiques, en 2018, 2019, 2020 et 2021. Aucun individu n'y a été revu.

Plusieurs secteurs hébergeant historiquement des populations florissantes d'Arcyptère languedocienne font l'objet de suivis par le Conservatoire des Espaces Naturels d'Occitanie, dans le département de l'Hérault (Garrigues de la Lauze, Garrigues de Saturargues) et du Gard (Parignargues). Sur les garrigues de la Lauze, les suivis réalisés par l'OPIE font ressortir la diminution des densités de population, voire la disparition dans certaines stations (LOUBOUTIN & BERTHELOT, 2021).

Benoit Nabholz et Louis Ton ont entrepris la réalisation de prospections ciblées sur 26 stations connues pour héberger l'espèce lors de 14 journées entre mai et juin 2021. Lors de ces investigations une seule station (Lunel) s'est révélée positive. De plus, quelques prospections aléatoires sur des sites d'aspects favorables n'ont révélé aucune nouvelle population. Si l'espèce a pu être observée par ailleurs ces dernières années sur des communes concernées par ces investigations ciblées, le très faible nombre de données obtenues ici semble corroborer un déclin inquiétant de l'espèce dans la région.

EFFET DE LA REPASSE SUR LA PROBABILITÉ DE DÉTECTION

Tout d'abord, rappelons que l'étude de l'effet de la repasse repose sur un jeu de données spécifique et différent de celui présenté plus haut. L'étude des données brutes révèle que 98 % des contacts de l'espèce sont auditifs et concernent uniquement des mâles. L'unique observation visuelle concerne une femelle. Les densités d'Arcyptère languedocienne étaient nettement supérieures sur les sites du Lunellois (3,13 individus pour 100 m de transect, par site et par visite en moyenne) par rapport aux sites d'Aumelas et de la Gardiole (0,61 individu pour 100 m de transect, par site et par visite en moyenne).

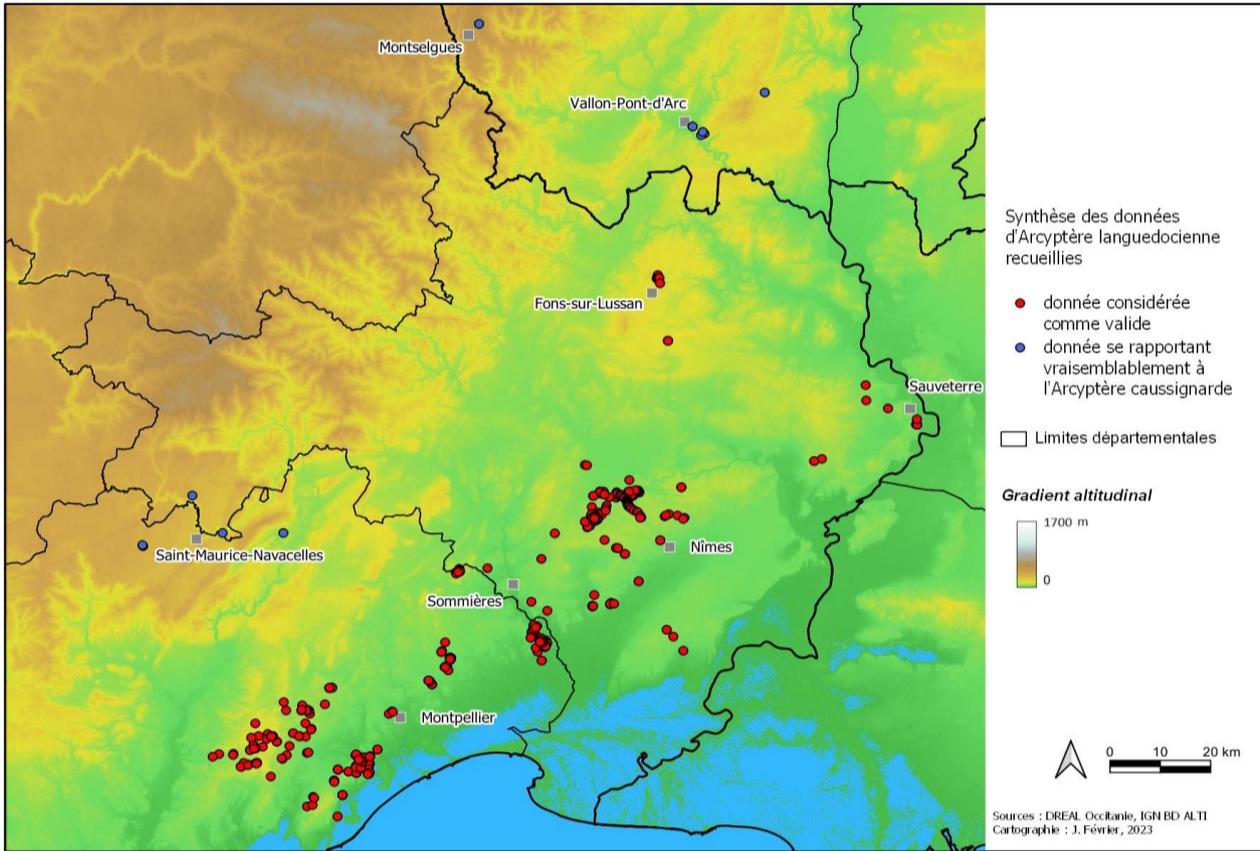
Sur les 10 sites étudiés, 3 n'ont fourni aucune observation. Il s'agit du site 2 (Garrigues du Lunellois) et des deux sites de la Montagne de la Gardiole (8 et 9). La probabilité d'occupation moyenne d'un site est donc de 70% dans cette étude. Cela valide notre hypothèse de départ, qui était que la probabilité d'occupation était

comprise a priori entre 70 et 90%, et qui nous a servi à choisir le nombre de passages à effectuer.

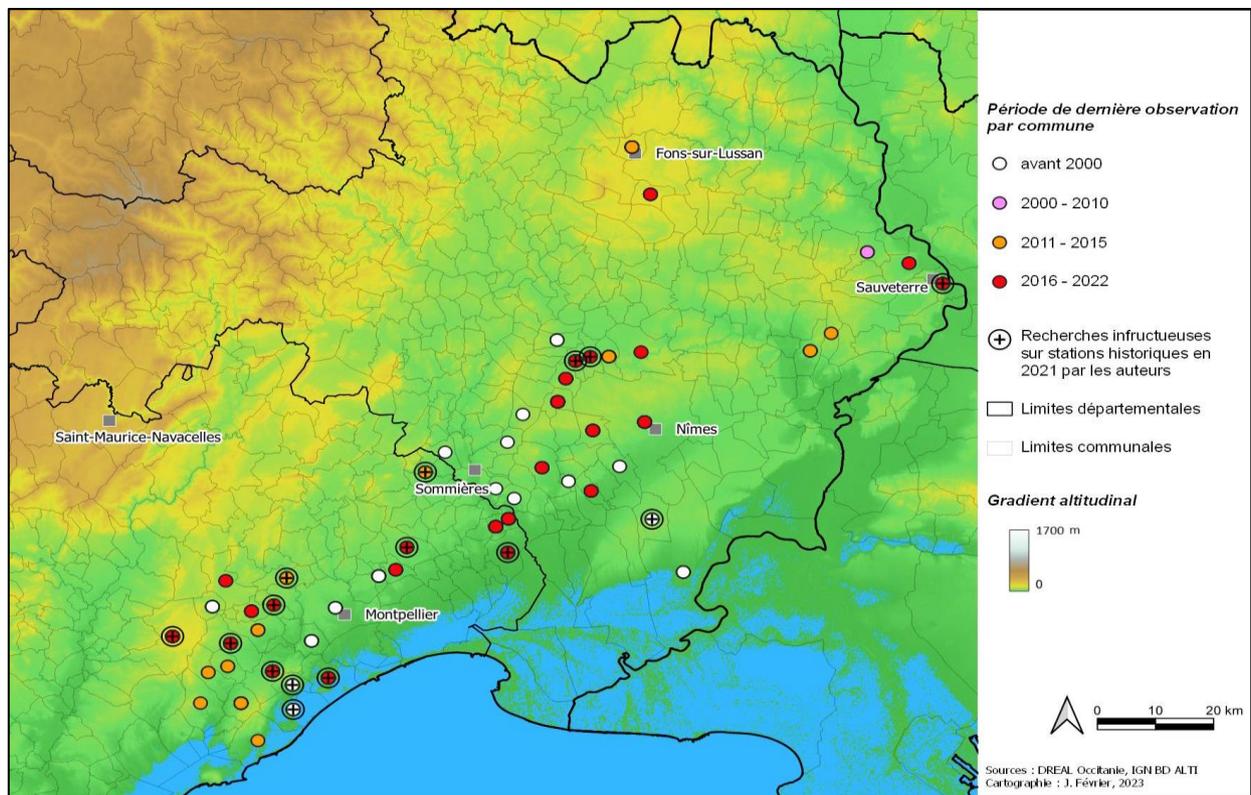
Sur les 20 passages effectués avec la repasse (2 par sites), 60% se sont avérés positifs. Pour les 20 passages sans repasse, cette proportion tombe à 30%. Il n'est cependant pas possible d'affirmer statistiquement que la diffusion de repasse multiplie par deux les chances de contacter l'Arcyptère languedocienne. Cela aurait été possible si tous les sites étaient occupés par l'espèce (i.e. probabilité d'occupation de 100%), ce qui n'est pas le cas ici. Il est donc nécessaire de s'appuyer sur des modèles statistiques pour séparer les deux processus que sont les probabilités de détection (probabilité de détecter un individu sachant qu'il est présent) et d'occupation (probabilité que l'espèce soit réellement présente). Le Tab. 2 montre que c'est le modèle de présence-absence « fm2 » (effet simple de la repasse, voir Tab. 1) qui a la plus petite valeur d'AIC. C'est le modèle qui explique le mieux la variabilité des données récoltées. De plus, c'est ce modèle qui a le poids d'AIC le plus fort (0.21). Viennent ensuite les modèles « fm6 » (effet additif du vent et de la repasse) et « fm23 » (effet multiplicatif de la température et de la repasse). L'effet de la repasse se retrouve dans les trois meilleurs modèles. Par ailleurs, le modèle nul « fm1 », pour lequel on considère que la probabilité de détection est constante sur tous les passages et tous les sites, est loin derrière en dixième position. Cela appuie le fait que la probabilité de détection n'est pas un paramètre constant dans cette étude, et qu'il est influencé par des covariables, dont la repasse est celle qui semble avoir l'impact le plus fort. Il est possible de quantifier l'effet de la repasse, en estimant les probabilités de détection et d'occupation associées au meilleur modèle "fm2", ainsi que l'intervalle de confiance au seuil d'erreur de 5 % de ces estimations. La probabilité de détecter l'Arcyptère languedocienne vaut $60 \pm 6 \%$ sans repasse, contre $70 \pm 4 \%$ avec repasse. La différence est donc faible mais significative, car les intervalles de confiance de ces probabilités ne se chevauchent pas.

Tableau 2 : hiérarchisation des modèles de présence-absence selon leurs valeurs d'AIC.

Modèle	Nombre de paramètres estimés	AIC	Delta AIC	Poids d'AIC	Poids d'AIC cumulé
fm2	3	48.72	0.00	2.1e-01	0.21
fm6	4	49.57	0.85	1.4e-01	0.35
fm23	5	49.95	1.23	1.2e-01	0.47
fm16	5	50.13	1.41	1.1e-01	0.57
fm15	4	50.34	1.62	9.5e-02	0.67
fm3	3	50.42	1.70	9.1e-02	0.76
fm17	5	51.91	3.18	4.4e-02	0.80
fm7	4	52.31	3.59	3.6e-02	0.84
fm25	5	52.34	3.62	3.5e-02	0.88
fm1	2	52.47	3.75	3.3e-02	0.91
fm22	5	52.70	3.97	2.9e-02	0.94
fm4	3	53.65	4.93	1.8e-02	0.96
fm5	3	54.12	5.39	1.4e-02	0.97
fm24	9	54.54	5.82	1.2e-02	0.98
fm20	9	55.22	6.50	8.3e-03	0.99
fm18	5	55.67	6.95	6.6e-03	1.00
fm19	9	57.31	8.58	2.9e-03	1.00
fm21	17	65.51	16.78	4.8e-05	1.00



Carte 2 : synthèse des données d'Arcyptère languedocienne recueillies. Sources des données : voir Matériel et méthodes.



Carte 3 : période de dernière observation d'Arcyptère languedocienne par commune. (Sources des données : voir Matériel et méthodes)

DISCUSSION

HYPOTHÈSES POUVANT EXPLIQUER

LE DÉCLIN DE L'ESPÈCE

L'analyse de l'évolution temporelle de la répartition de l'espèce, ainsi que son absence constatée sur de nombreuses stations historiques lors de prospections réalisées en 2020 et 2021, dressent un constat de déclin assez alarmant pour l'Arcyptère languedocienne, qui vient s'ajouter à des conclusions similaires dans des pays proches. Ainsi, à l'échelle européenne, *Arcyptera brevipennis* est considérée comme "vulnérable" (HOCHKIRCH & *al.*, 2016). Elle semble avoir disparu de Slovénie (GOMBOC & SEGULA, 2014), et est considérée comme très rare en Espagne où elle est classée « Vulnérable » sur la liste rouge nationale (PRESA & *al.*, 2005). Sur la récente liste rouge des orthoptères d'Occitanie, dont les conclusions ont tenu compte des résultats en cours de publication de la présente étude, l'Arcyptère languedocienne est classée dans la catégorie "en danger critique d'extinction" (CATIL & COCHARD, 2022).

L'Arcyptère languedocienne présente une aire de répartition particulièrement réduite et soumise à une forte pression anthropique. Les garrigues colonisées par l'espèce ont subi ces dernières décennies de nombreuses pertes liées à la progression de l'urbanisation (Saint-Jean-de-Védas, Castries, Vendargues, Nîmes, Roquemaure, *etc.*), l'extension de carrière (Caveirac, Saturargues, Villeneuve-les-Maguelone, *etc.*), la création de parcs photovoltaïques (Boissières, Grabels, Estézargues, *etc.*). Les aménagements routiers et ferrés ont également notablement empiété sur les habitats de l'espèce dans la région (autoroute A9, Liaison Intercommunale d'Évitement Nord de Montpellier, *etc.*), en plus de les fragmenter et d'isoler les populations. Ces milieux ne seront pas épargnés à l'avenir, plusieurs projets d'aménagements étant positionnés sur des secteurs connus pour abriter l'espèce. C'est le cas de la Ligne Nouvelle Montpellier-Perpignan (TGV) qui traversera les garrigues de la Lauze, déjà bien morcelées par l'urbanisation et les voies de communication, ainsi que de la Montagne de la Gardiole, secteurs concentrant les observations de l'espèce au sud-ouest de Montpellier, mais dont les populations sont déjà dans un état de conservation critique (absence d'observation sur les sites 8 et 9 dans le cadre de cette étude, déclin rapide observé sur un site suivi par l'OPIE et géré par le Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie (Louboutin & Berthelot, 2021)).

Une autre cause possible pour expliquer la disparition de populations est la fermeture naturelle généralisée des milieux de pelouses sèches et de garrigues ouvertes fréquentées par l'Arcyptère languedocienne. Bien qu'il existe un manque de connaissances sur les exigences de l'espèce en termes de biotope de prédilection, et notamment sur sa tolérance à la fermeture de milieux, il semble acquis que l'Arcyptère languedocienne évite les secteurs très fermés. L'abandon du pastoralisme extensif ancestral, pratiqué sur les grandes entités naturelles colonisées par l'espèce, a engendré

une fermeture des milieux et une conversion des pelouses sèches vers les garrigues denses largement dominées par le Chêne kermès et par les matorrals à Chêne vert et Pin d'Alep. Cette évolution naturelle des paysages est très certainement défavorable à l'Arcyptère languedocienne, dont la présence semble dépendre du maintien de zones herbacées. Ce phénomène s'observe un peu partout sur l'aire occupée par l'espèce dans la région. Il est néanmoins intéressant de noter que les sites accueillant les plus fortes densités d'Arcyptères languedociennes, à Saturargues, sont ceux qui présentent le recouvrement arbustif le plus important (Chêne kermès essentiellement). Ces sites (1 à 5) sont gérés par le Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie, qui a commencé par gyrobroyer 40 % de la surface de Chêne kermès sous forme de layons et d'alvéoles afin de permettre au troupeau de se déplacer. Le troupeau en question est constitué de brebis et chèvres, pâturant en fin d'hiver/début de printemps à un chargement élevé de 20-40 bêtes par ha pendant un court laps de temps afin d'avoir un effet sur les repousses de Chêne kermès (Conservatoire d'Espaces Naturels Languedoc-Roussillon, 2018). L'Arcyptère languedocienne ne recherche donc pas nécessairement les habitats les plus ouverts, et le rôle des arbustes comme refuges contre la dent du bétail, mais aussi les fortes chaleurs, dans un contexte d'augmentation des températures, peut être questionné.

A contrario, certaines populations occupant des habitats encore bien ouverts subissent des déclinés tout aussi dramatiques. Le pâturage, qu'il soit mis en place dans une optique de production ou qu'il ait une vocation de gestion conservatoire, peut s'avérer délétère vis-à-vis de l'Arcyptère languedocienne. S'il permet globalement de maintenir ouverts les milieux habités par l'espèce, et qu'il représente un mode de gestion plus écologique, plusieurs paramètres peuvent impacter les populations. Il s'agit en premier lieu du surpâturage qui provoque dégradation de l'habitat (disparition de la strate herbacée) et risques importants de piétinement des individus. La période de passage des troupeaux peut également jouer un rôle, et il est probable que le pâturage printanier soit plus néfaste qu'un pâturage hivernal ou estival. Un autre facteur moins évident et non étudié est celui de l'effet des traitements antiparasitaires sur l'espèce. Celui-ci pourrait en effet représenter une menace supplémentaire pour certaines populations. Si l'écotoxicité de ces traitements n'est plus à démontrer sur certains groupes d'insectes, en particulier les coléoptères coprophages (ERROUSSI & *al.*, 2001; RÖMBKE & *al.*, 2010; WARDHAUGH & RODRIGUEZ-MENENDEZ, 2009; WARDHAUGH, 2005), mais également l'abeille domestique (ZANINOTTO, 2018), aucun lien ne peut être établi aujourd'hui entre le déclin de l'Arcyptère languedocienne et l'utilisation de ces médicaments. Néanmoins, le constat récent de disparition d'une population abondante au niveau des garrigues de la Lauze (commune de Fabrègues) (LOUBOUTIN & BERTHELOT, 2021) suite à un traitement intense à l'ivermectine du troupeau en présence pose

question, et motive à étudier cette possible menace sur l'espèce.

L'entretien mécanique de milieux ouverts peut également être néfaste ponctuellement à l'Arcyptère languedocienne. C'est le cas avec la gestion liée à la Défense des Forêts contre les Incendies (DFCI) et des Obligations Légales de Débroussaillage (OLD), réalisées aux abords des habitations et des routes. Si ces dernières permettent la création et l'entretien de milieux ouverts d'intérêt pour l'espèce, en plus de constituer des corridors entre populations isolées, elles peuvent également représenter des pièges. Cet entretien de la végétation est souvent réalisé au printemps et peut impacter une grande part des effectifs d'une population, jusqu'à la fragiliser. Dans un contexte de garrigue particulièrement dense où les patchs herbacés favorables à la ponte sont relictuels, ces bandes de végétation herbacée peuvent paraître particulièrement attractives et représenter potentiellement des pièges. L'adaptation des pratiques de gestion des bords de pistes est donc une piste intéressante, dans laquelle le département de l'Hérault a choisi de s'engager à partir de 2023 (Yann Morvan, Département de l'Hérault, com. pers.).

En outre, la multiplication des incendies dans la région ces dernières années peut également être pointée du doigt. Les milieux occupés par l'Arcyptère languedocienne sont particulièrement vulnérables face à ce risque. Dans un contexte d'augmentation des températures et de sécheresse associée, ainsi que de forte artificialisation du territoire corrélée à l'augmentation démographique, le risque de feu de garrigue est notablement accru. Le nombre d'incendies par an sur la zone méditerranéenne de l'Occitanie est néanmoins en forte baisse depuis le début des années 1970 (- 40 % sur la période 1973-2019), de même que la surface brûlée annuellement (- 84 % sur la même période). Cette évolution favorable s'explique par une maîtrise plus importante et probablement plus rapide des feux naissants. Cette tendance à la baisse est surtout marquée entre le début des années 1970 et le début des années 1990. Sur une période plus récente (2006-2019), la situation se dégrade tant en nombre d'incendies que de surfaces brûlées (RUDI-DENCAUSSE & MESLIER, 2021). L'année 2022 n'inverse pas la tendance, avec de nombreux feux de garrigues et pinèdes dans l'Hérault et le Gard, sur des secteurs abritant l'espèce (Causse d'Aumelas, garrigues entre Aubais et Gallargues-le-Montueux notamment).

Une large majorité des incendies apparaît en été, et particulièrement durant les mois de juillet et août (49 %). Si les feux qui se déclarent durant le mois de juin sont catastrophiques vis-à-vis de l'espèce et peuvent faire disparaître des populations entières, les incendies qui apparaissent les mois suivants ont un impact probablement moins important. Les flammes traversent en effet souvent très rapidement les milieux herbacés préférés par les femelles lors de la ponte, et on peut imaginer qu'une partie des œufs alors présents sous la surface du sol survit. Dans ce contexte, certains incen-

dies estivaux pourraient même profiter à l'espèce en réouvrant des secteurs rendus défavorables par la progression des ligneux.

Enfin, nous avons constaté de fortes altérations de secteurs de pelouses et garrigues par les sangliers sur une station colonisée par l'espèce sur la commune de Poulx (30). Il est possible que le retournement de sol et le piétinement impactent notablement certaines populations d'arcyptère lorsque les densités de sangliers sont importantes.

Pendant, il est indéniable qu'il reste une part non expliquée dans le déclin de l'espèce. Ainsi, de grandes entités de milieux favorables qui n'ont pas vu d'évolution récente, telles que La Rouvière ou le massif de la Gardiole, ont quand même enregistré des déclin. Des hypothèses concernant le changement climatique et la succession d'étés avec des épisodes caniculaires extrêmes peuvent être formulées (températures nocturnes ne baissant plus suffisamment), mais sont difficiles à tester.

EFFET DE LA REPASSE SUR LA PROBABILITÉ DE DÉTECTION

Notre étude démontre que la probabilité de détection de l'espèce est relativement élevée (entre 60 et 70%) et ne peut donc pas expliquer le déclin constaté ici. Une des principales conclusions que l'on peut tirer de cette expérimentation est que l'ouïe est une aide significative pour détecter l'Arcyptère languedocienne. Pour preuve, 98% des contacts de l'espèce ont été auditifs dans cette étude. Ce pourcentage très élevé doit néanmoins être relativisé au regard du protocole utilisé ici, focalisé sur l'écoute plus que sur la vue. Une recherche "classique" à vue aurait probablement mené à une proportion de contacts visuels plus élevée. Il n'en reste pas moins que la connaissance préalable du chant de l'Arcyptère languedocienne est primordiale pour l'observateur, afin d'optimiser les chances de contact de l'espèce.

La modélisation utilisée montre que la diffusion de la repasse a permis d'augmenter légèrement, mais de façon significative, les chances de détecter l'Arcyptère languedocienne. Cette différence entre méthodes (de 10% en moyenne) peut être peu perceptible sur des sites présentant de fortes densités de populations (Garrigues du Lunellois par exemple). En revanche, sur des sites aux densités très faibles, la repasse peut faire la différence en faisant chanter un des rares mâles présents (site d'Aumelas par exemple). De plus, dans cette étude, la repasse est le paramètre influençant le plus la probabilité de détecter l'Arcyptère languedocienne, par rapport à la vitesse du vent, la température ou la couverture nuageuse.

Il convient de rester prudent sur l'interprétation des données des modèles de présence-absence utilisés ici. Premièrement, les probabilités de détection ont été estimées à partir d'un seul observateur. Il serait intéressant de voir à quel point cette différence dépend de l'observateur. Deuxièmement, la longueur des transects est variable entre les sites et n'a pas servi à pondérer

les probabilités de détection qui ont donc pu possiblement être biaisées. Il aurait été plus opportun de standardiser ces distances, ou d'inclure le paramètre « distance du transect » dans l'analyse des données. Troisièmement, les passages « avec repasse » ont tous été effectués le même jour pour tous les sites en alternant entre des journées avec et sans repasses. L'impact du facteur « jour » est donc confondu avec l'effet de la repasse. Cela aurait pu être évité en choisissant aléatoirement à chaque passage sur un site si la méthode de la repasse devait être utilisée. Quatrièmement, les dates de passage ont été tardives (deuxième moitié de juin). Cela ne remet pas forcément en question l'influence de la repasse sur la détection, mais passer en période de pic d'émergence (fin mai à début juin) aurait probablement conduit à une estimation de probabilités de détection supérieures, que ce soit avec ou sans repasse. Enfin, au-delà d'un nombre de covariables supérieur à 10 % du nombre de sites (comme c'est le cas ici), la probabilité que des corrélations entre covariables apparaissent « au hasard » devient importante. Autrement dit, le nombre de covariables étudiées ici (5) est trop important par rapport au nombre de sites échantillonnés (10). Néanmoins, le fait que le paramètre de la repasse apparaisse dans les trois meilleurs modèles (que ce soit de façon simple, ou additive ou multiplicative avec un autre paramètre) rend extrêmement peu probable l'idée que la covariable « repasse » puisse être corrélée « par hasard » à la détection de l'espèce dans notre étude.

Notre étude s'est focalisée sur la recherche de l'espèce au stade adulte, et sur l'utilisation de la repasse pour détecter les mâles chanteurs. Une méthode complémentaire pertinente à mettre en application est la recherche des juvéniles en début de saison (à partir de fin avril). Les densités sont alors plus importantes, et les individus moins camouflés dans la végétation arbustive que les adultes. Cette méthode a donné des résultats intéressants dans les secteurs de Villetelle et Parignargues dans le département du Gard.

CONCLUSION

Dans cette conclusion, nous revenons sur les principaux résultats de ce travail et proposons quelques ouvertures. L'analyse de l'évolution de l'aire de répartition de l'Arcyptère languedocienne indique un déclin. De nombreuses stations où l'espèce était présente semblent avoir disparu et très peu de nouvelles stations ont été découvertes. Ce déclin est très marqué durant ces cinq dernières années. Nous espérons que notre étude incitera les orthoptéristes à attacher une attention particulière à l'espèce et à la rechercher dans des secteurs et à des dates favorables. L'espèce est notamment à rechercher dans des zones abritant *Arcyptera microptera carpentieri* en limite d'aire de répartition.

L'Arcyptère languedocienne est une espèce dont la probabilité de détection est modérée sans l'utilisation de la repasse. Il est cependant peu probable que sa rareté soit expliquée par sa probabilité de détection.

Nous suggérons l'utilisation de la repasse pour les prospections futures, surtout sur les sites à faibles densités d'individus.

Par exemple, cette méthode a été utilisée dans le cadre d'une étude menée en 2022 au Conservatoire d'Espaces Naturels d'Occitanie, visant à mieux caractériser la niche écologique de l'Arcyptère languedocienne. La repasse a été systématiquement utilisée pour maximiser les chances de contact, mais aussi standardiser le protocole en réalisant des points d'écoutes comme cela se fait pour les oiseaux par exemple (TON & LÉPINE, *in prep.*). La recherche de l'espèce au stade juvénile (à partir de fin avril) semble également pertinente pour détecter l'espèce sur un site donné en complément de la recherche des adultes.

À l'heure où les arthropodes sont de plus en plus considérés dans la législation sur l'environnement (IORIO & *al.*, 2022), il serait intéressant de mener ce type d'étude sur d'autres espèces rares et/ou peu connues comme *Gomphocerippus armoricanus provincialis* Defaut & Noguerales, 2019, *Chorthippus jucundus* (Fischer, 1853) ou encore *Oedipoda charpentieri* Fieber, 1853 afin d'améliorer les connaissances et de potentiellement révéler des statuts de conservation défavorables pour certaines espèces.

Remerciements

Nous tenons à remercier Maxime Gaynard et Lionel Pirsoul (CEN Occitanie) pour nous avoir fourni des explications sur la gestion pratiquée par le CEN sur les parcelles du Gard et du Lunellois. Merci également à Aurélie Genries (CEN Occitanie) pour avoir fourni les autorisations de prospection sur les garrigues de la Lauze. Les analyses des données liées aux modèles de présence-absence n'auraient pu être réalisées sans les conseils d'Olivier Gimenez et Olivier Duriez (CEFE CNRS) ainsi que de Pierre Volte. Merci à Stéphane Jaulin et Bastien Louboutin (OPIE Occitanie) pour le partage de données, ainsi que pour leur partage d'expériences sur les causes possibles de déclin de l'Arcyptère languedocienne. Merci à Éric Sardet et Agnès Horn pour leur relecture de l'article, ainsi qu'à Émilie Bergue, auteure du croquis de l'espèce illustrant l'article. Enfin, cet article a été soutenu par un financement issu de l'Appel à projets 2020 pour la connaissance naturaliste de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN).

RÉFÉRENCES

- CATIL Jean-Michel & Pierre-Olivier COCHARD (coord.), 2022. *Liste rouge des Orthoptères d'Occitanie*. Rapport d'évaluation. Nature en Occitanie, Toulouse, 237 p.
- CONSERVATOIRE D'ESPACES NATURELS LANGUEDOC-ROUSSILLON, 2018. *Contournement Nîmes-Montpellier : mise en œuvre des mesures compensatoires*. « Garrigues communales de Saturargues ». "Pioch des Garrigues et Combe Payère".

- Commune de Saturargues (34). Plan de gestion 2018-2022.* Montpellier, 152 p.
- DEFAUT Bernard, 2023. Révision biométrique des taxons français du genre *Arcyptera* Audinet Serville, 1838, sous-genre *Pararcyptera* Tarbinsky, 1930. *Matériaux Orthoptériques et Entomocénologiques*, **28**: 5-30.
- DEFAUT Bernard, 2014. Biométrie des types des Caelifères de France (Orthoptera). 4. Mensurations chez les Acrididae Gomphocerinae. - 5. Corrections et suppléments. *Matériaux Orthoptériques et Entomocénologiques* **19** : 5–56.
- DELMAS Robert & Amédée RAMBIER, 1950. Notes orthoptérologiques. *Bulletin de la Société Entomologique de France*, **55** (3) : 35–40.
- DELORME Quentin, 2013. Éléments d'écologie et de répartition d'une espèce endémique peu connue : *Amelegnatianna vicheti* (Delmas & Rambier, 1950) (Orthoptera : Tettigoniidae, Tettigoniinae). *Matériaux Orthoptériques et Entomocénologiques* **18**: 59–65.
- ERROUSSI Faiek, ALVINERIE Michel, GALTIER Pierre, KERBOEUF Dominique, LUMARET Jean-Pierre, 2001. The negative effects of the residues of ivermectin in cattle dung using a sustained-release bolus on *Aphodius constans* (Duft.) (Coleoptera : Aphodiidae). *Veterinary Research*, **32** (5): 421–427. <https://doi.org/10.1051/vetres:2001134>
- FISKE Ian, CHANDLER Richard, 2021. unmarked: An R Package for Fitting Hierarchical Models of Wildlife Occurrence and Abundance. *Journal of Statistical Software*, **43** (10): 1–23.
- GOMBOC Stanislav & SEGULA Blaz, 2014. *Pojoce kobilice Slovenije/Singing Orthoptera of Slovenia*. EGEA, Ljubljana, 240 p.
- HARZ Kurt, 1969. *Die Orthopteren Europas*. Vol. 2, DR. W. Junk N.V. ed. La Hague, 939 p.
- HOCHKIRCH Axel, Direction générale de l'environnement (Commission européenne), International Union for Conservation of Nature (IUCN), SZÖVÉNYI Gergely, LEMOS Paulo, PUSKÁS Gellért, BARROS Francisco, OLMO-VIDAL Josep María, RUTSCHMANN Florin, PUSHKAR Taras, KOČÁREK Petr, TUMBRINCK Josef, SAVITSKY Vladimir, MASSA Bruno, CÁLIX Marta, MONNERAT Christian, PRUNIER Florent, MORIN Didier, WILLEMSE Luc, ODÉ Baudewijn, CORDERO TAPIA Pedro J., IORGU Ionuț Ș, CHOBANOV Dragan, GARCÍA MARÍA Dolores, IVKOVIĆ Slobodan, KARJALAINEN Sami, GUTIÉRREZ-RODRÍGUEZ Jorge, GOMBOC Stanislav, FERREIRA Sónia, KRIŠTÍN Anton, KORSUNOVSKAYA Olga, CORREAS José R., STALLING Thomas, ZUNAKRATKY Thomas, HELLER Klaus-Gerhard, BARAT Domenech Joan, ROESTI Christian, GARCÍA CRIADO Mariana, LIANA Anna, BUSHELL Mark, KATI Vassiliki, NIETO Ana, BRAUD Yoan, CLEMENTE María Eulalia, KLEUKERS Roy, PAPANAVLOU Kelly P., BARRANCO VEGA Pablo, SKEJO Josip, PRESA ASENSIO Juan José, HOLUŠA Jaroslav, TZIRKALLI Elli, FONTANA Paolo, BUZZETTI Filippo M., DEFAUT Bernard, FARTMANN Thomas, VEDENINA Varvara, DUSOULIER François, HOCHKIRCH Axel, ILICH Inge, ŞIRIN Deniz, LÓPEZ Heriberto, LEMONNIER-DARCEMONT Michèle, 2016 – *European red list of grasshoppers, crickets and bush-crickets*. Office des publications de l'Union européenne, 94 p.
- IORIO Etienne, DUSOULIER François, SOLDATI Fabien, NOËL Franck, GUILLOTON Jean-Alain, DOUCET Guillaume, PONEL Philippe, DUPONT Pascal, KRIEG-JACQUIER Régis, CHEMIN Stéphane, TILLIER Pierre, TOUROULT Julien, 2022. Les Arthropodes terrestres dans les études d'impact : limites actuelles et propositions pour une meilleure prise en compte des enjeux de conservation. *Naturae*, **2022** (4): 43–99.
- JELIAZKOV Alienor, BAS Yves, KERBIRIOU Christian, JULIEN Jean-François, PENONE Caterina, LE VIOL Isabelle, 2016. Large-scale semi-automated acoustic monitoring allows to detect temporal decline of bush-crickets. *Glob. Ecol. Conserv.* **6**, 208–218.
- KINDVALL Oskar, 2002. Dispersal in a metapopulation of the bush cricket, *Metrioptera bicolor* (Orthoptera: Tettigoniidae). *Journal of Animal Ecology*, **68** (1) : 172–185.
- LOUBOUTIN Bastien & BERTHELOT Stéphane (OPIE), 2021. *Suivi des peuplements d'Orthoptères et de Lépidoptères rhopalocères, dans le cadre de la mise en place de mesures compensatoires au doublement de l'autoroute A9 aux garrigues de la Lauze à Fabrègues (34)*. CEN Occitanie, Montpellier, 40 p.
- MACKENZIE Darryl, NICHOLS James, LACHMAN Gideon, DROEGE Sam, ROYLE J. Andrew, LANGTIMM Catherine A., 2002. Estimating Site Occupancy Rates When Detection Probabilities Are Less Than One. *Ecology*, **83** (8): 2248–2255.
- MacKenzie Darryl, Royle J. Andrew, 2005. Designing Occupancy Studies : General Advice and Allocating Survey Effort. *Journal of Applied Ecology*, **42** : 1105–1114.
- MACKENZIE Darryl, NICHOLS James D., ROYLE J. Andrew, POLLOCK Kenneth H., BAILEY Larissa L., HINES James E., 2006. *Occupancy Estimation and Modeling : Inferring Patterns and Dynamics of Species Occurrence*. Elsevier Inc. ed., 343 p.
- PRESA Juan-José, Maria-Dolores GARCIA & M. Eulalia CLEMENTE, 2005. *Arcyptera brevipennis* (Brunner von Wattenwyl, 1861), in: Verdu J.R., Galante E., Eds. *Libro Rojo de Los Invertebrados de España*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino, Madrid, 1318 p.
- PRESA Juan-José, Maria-Dolores GARCIA & M. Eulalia CLEMENTE, 2007. Catalogue of Orthoptera Caelifera from the Iberian Peninsula and Balearic Islands (Orthoptera: Caelifera). *J. Orthoptera Res.* **16** (2), 175–179.
- R CORE Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- REBRINA F. & N. TVRTKOVIĆ, 2019. First overview of Orthoptera and Mantodea of the Sniježnica Konaoska Mountain. *Nat. Croat.* **28**, 131–146.

- RÖMBKE J., A. COORS, Á.A FERNÁNDEZ, B. FÖRSTER, C. FERNÁNDEZ, J. JENSEN, Jean-Pierre LUMARET, M.Á.P. COTS, & M. LIEBIG, 2010. Effects of the parasiticide ivermectin on the structure and function of dung and soil invertebrate communities in the field (Madrid, Spain). *Appl. Soil Ecol.* **45** (3), 284–292.
- RSTUDIO Team, 2022. RStudio: Integrated Development Environment for R. PBC, Boston.
- RUDI-DENCAUSSE Anne-Sophie, MESLIER Violaine, 2021 – *Surfaces incendiées en Occitanie. Comment évolue la dégradation des habitats naturels et semi naturels ?* ARB Occitanie, 7 p.
- SARDET Éric, Christian ROESTI & Yohann BRAUD, 2015. *Orthoptères de France, Belgique, Luxembourg et Suisse*. Biotope, Mèze, 304 p.
- SCHULTNER Eva, BLANCHET Elodie, PAGES Christine, LEHMANN Gerlind, LECOQ Michel, 2012 – Development, reproductive capacity and diet of the Mediterranean grasshopper *Arcyptera brevipennis vicheti* Harz 1975 (Orthoptera: Caelifera: Acrididae: Gomphocerinae). *Annales de la Société Entomologique de France*, **48** : 299–307.
- TERRET Pierre, 2016 – Etude d'une population de Dectiques verrucivores (*Decticus verrucivorus*) dans une pelouse sèche calcicole d'altitude dans le massif du Jura français (Orthoptera, Ensifera, Tettigoniidae). *Bourgogne Nature*, **23** : 151–168.
- TON Louis & LÉPINE Fabien, *in prep.* Précision de la niche écologique de l'Arcyptère languedocienne *Arcypterabrevipennis vicheti* Harz, 1975 (Orthoptera, Caelifera) : vers une meilleure prise en compte de l'espèce dans les mesures de gestion des espaces naturels.
- WARDHAUGH Keith G. & RODRIGUEZ-MENENDEZ Herminia, 2009 – The effects of the antiparasitic drug, ivermectin, on the development and survival of the dung-breeding fly, *Orthelia cornicina* (F.) and the scarabaeine dung beetles, *Copris hispanus* L., *Bubas bubalus* (Oliver) and *Onitis belial* F. *Journal of Applied Entomology*, **106** (1-5) : 381–389.
- WARDHAUGH Keith G., 2005 – Insecticidal activity of synthetic pyrethroids, organophosphates, insect growth regulators, and other livestock parasiticides : an Australian perspective. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **24** (4) : 789–796.
- WICKAM Hadley, 2016 – *ggplot2 : Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag, 182 p.
- ZANINOTTO Vincent, 2018 – *Comment les pesticides utilisés dans les élevages menacent les abeilles*. UNAF, 53 p.