

Chapitre 6. *Gomphocerus sibiricus* (Linnaeus, 1767) et le cortège des orthoptères associé

*Auteur : Emilie Loutfi, contributeurs : Association Locusta Philippe Legay,
Fanny Mallard*

Résumé : Parmi les insectes, les orthoptères sont très sensibles à la température et les espèces caractéristiques des milieux froids sont particulièrement sensibles au changement climatique. De ce fait, travailler sur les communautés d'orthoptères de pelouses de montagne permet de suivre des espèces susceptibles d'apparaître ou de disparaître sous les effets des modifications climatiques.

L'objectif de cette étude est de mettre en place un protocole permettant d'obtenir des éléments de réponses pour les hypothèses émises concernant les effets du changement climatiques sur ces peuplements d'orthoptères de montagne, à savoir : les espèces vont-elles chercher à se maintenir dans des conditions équivalentes en remontant à des altitudes plus élevées ou vont-elles profiter des nouvelles conditions climatiques à une altitude donnée ?

En 2018, une première phase d'exploration de protocole d'échantillonnage a été engagée. La méthode de l'indice linéaire d'abondance par transect de 10 mètres a été testée. La détermination des orthoptères de montagne pouvant s'avérer délicate, il a été envisagé de travailler sur *Gomphocerus sibiricus* – espèce exclusivement montagnarde qu'on ne retrouve en Nouvelle-Aquitaine que dans les Pyrénées – parce qu'il possède une stridulation facilement reconnaissable.

Des prospections ciblées sur cette espèce ont été engagées en vallée d'Ossau, sur des secteurs choisis pour leur accessibilité. La plage d'altitude prospectée était favorable aux espèces d'altitude (1800–2500m d'altitude). L'association LOCUSTA, référente en Aquitaine sur les orthoptères, a été contactée afin de compléter la liste des secteurs pouvant accueillir *Gomphocerus sibiricus*. 4 sites parmi les 5 trouvés en 2018 ont été retenus pour les études de 2019 permettant de couvrir les plages d'altitude de 2000 à 2300 mètres. Un cinquième secteur a été choisi, sans savoir si *Gomphocerus sibiricus* y est présent, en vallée d'Aspe pour couvrir les altitudes plus basses.

En 2019, 4 méthodes complémentaires ont été testées afin d'essayer de dégager une méthode permettant d'acquérir des éléments du cortège d'orthoptères, de dénombrer les individus, d'assurer une replicabilité des relevés d'une session à l'autre, d'une année à l'autre et d'obtenir suffisamment de données pour pouvoir faire un suivi de tendance éventuelle :

- le transect par fauche a permis de détecter 80% des espèces et 11% des individus ;
- le transect acoustique a permis de dénombrer 88% des individus contactés et 2/3 des espèces observées au cours de l'étude ;
- le quadrat n'a apporté que peu d'éléments ;
- le transect voiture a été mis en œuvre mais des contraintes techniques restent à résoudre.

La couverture nuageuse et, dans une moindre mesure, la force du vent semblent impacter les résultats des transects acoustiques. Les résultats des transects fauchés semblent moins sensibles aux modifications de conditions d'étude.

La mise en place d'un protocole permettant de répondre à toutes les hypothèses autres que le changement climatique permettra d'étudier l'adaptation et la suirvie des espèces ou des peuplements. La combinaison de plusieurs protocoles complémentaires semble donc être une solution pertinente.

Mots-clés : acoustique, communautés de pelouses de montagne, fauche, *Gomphocerus sibiricus*, quadrat, orthoptère.

6.1 Introduction

Les insectes réagissent au changement climatique par des changements dans la phénologie, la physiologie et dans leur aire de répartition. Leur réponse est également plus forte que les autres groupes d'organismes généralement considérés comme indicateurs, tels que les plantes, les oiseaux et les mammifères. Ils peuvent parfaitement révéler, illustrer, mesurer la façon dont la biodiversité et la structure des communautés sont touchées par le changement climatique (MENEDEZ, 2007).

Parmi les insectes, les orthoptères sont très sensibles à la température. Le nombre et la diversité d'espèces décroissent avec la latitude, et seules quelques espèces se rencontrent au nord dans des zones subarctiques ou à haute altitude dans les régions alpines (BURTON, 2001). A l'inverse, plusieurs études ont montré un élargissement des aires de répartition de certaines espèces, comme par exemple une réponse presque certaine au réchauffement du climat dans le nord-ouest de l'Europe depuis 1975 par *Conocephalus discolor*. Cette espèce a considérablement étendu son aire au nord de l'Europe occidentale (KLEUKERS *et al.*, 1996).

Les espèces caractéristiques des milieux froids sont particulièrement sensibles au changement climatique (MALLARD, 2016a) et peuvent par conséquent constituer des indicateurs pertinents du changement climatique. Dans ce fait, le choix a été fait de concentrer sur les communautés de pelouses de montagne ; ces habitats abritant des espèces susceptibles d'apparaître ou de disparaître sous les effets des modifications climatiques.

Gomphocerus sibiricus est une espèce exclusivement montagnarde qu'on retrouve en Nouvelle-Aquitaine uniquement dans les Pyrénées. Sa répartition connue aujourd'hui dans les Pyrénées-Atlantiques est essentiellement centrée sur la vallée d'Ossau (Faune-Aquitaine (LPO AQUITAINE, 2019), SIFaune (OAFS, 2019b)), même si quelques données sont également rapportées un peu plus à l'ouest (vallée de Barétous, INPN (MNHN, 2019a)). Clemente *et al.* (1990) citent l'espèce dans les Pyrénées espagnoles dès 1400 m dans la Vallée de Benasque alors que 19 ans plus tard, Poniatowski *et al.* (2012) annoncent qu'elle n'est présente qu'à partir de 1800 mètres. Cette espèce, à l'instar des autres espèces strictement montagnardes, va devoir s'adapter au changement climatique en cours et l'hypothèse émise, au vu des données bibliographiques parcellaires recueillies, est sa remontée progressive vers des altitudes plus élevées afin de se maintenir dans son optimum thermique. En parallèle, des espèces plutôt collinéennes pourraient profiter de ce changement climatique pour occuper des altitudes plus élevées.

Il a été vu par le passé que *Gomphocerus sibiricus* pouvait pulluler en fonction des conditions climatiques (VOISIN, 1986a) puisqu'il s'agit d'un orthoptère qui profite des années de sécheresse (Uvarov 1977, In Voisin 1986b). D'un autre côté, Carron (1996), qui a étudié les phases post-embryonnaires chez 4 espèces montagnardes, dont *Gomphocerus sibiricus*, a montré que malgré les

hautes altitudes, le nombre de stade larvaire et la durée de développement larvaire ne sont pas modifiés par rapport à des espèces de plus faible altitude. En revanche, ces espèces se sont adaptées à une plus courte durée d'activité annuelle par une éclosion précoce, quelques jours après la fonte des neiges (une vingtaine de jours pour *G. sibiricus*). De ce fait, si la fonte des neiges est tardive, une certaine proportion de larves n'auront pas le temps d'atteindre le stade imaginal et mourront sans s'être reproduites. Ainsi, la taille de ses populations semble être favorisée par la sécheresse et défavorisée par un printemps tardif. Le changement climatique pourrait donc se révéler favorable, avec des étés plus secs et plus chauds et des printemps plus précoces.

L'objectif de cette étude est donc de mettre en place un protocole permettant d'obtenir des éléments de réponses sur ces hypothèses de réponses d'adaptation.

6.2 Matériel et Méthodes

6.2.1 Sélection des espèces

En 2018, une première phase d'exploration de protocole d'échantillonnage a été engagée pour étudier les communautés d'orthoptères des pelouses de montagne et des pelouses calcicoles (MALLARD, 2018a). La méthode de l'indice linéaire d'abondance (ILA) (VOISIN, 1980) par transect de 10 mètres a été testée sur un site d'altitude – le Cirque d'Anéou en vallée d'Ossau (Pyrénées-Atlantiques) – et sur un site en pelouse calcicole – la Vallée de Boudouysou (Lot-et-Garonne).

Sur les pelouses sèches du Lot-et-Garonne, le protocole a été mis en œuvre facilement. Les données récoltées ont permis de calculer des profils de diversité, qui ont montré que le taux de couverture c'est-à-dire un effort d'échantillonnage était suffisant, avec la prise en compte des suivis transects et points d'écoute (MALLARD, 2018a).

En montagne, la problématique était très différente. La richesse spécifique et les effectifs observés étaient très importants. Et du fait de la difficulté que représente l'identification de nombreuses espèces montagnardes, une application rigoureuse du protocole semblait délicate.

En parallèle, les prospections en pelouses sèches n'ont pas permis de détecter des espèces dont la répartition géographique pourrait *a priori* se voir influencer (apparition ou disparition) par les modifications climatiques. Ainsi, en 2019 sur les bases de l'année précédente, une seconde phase d'exploration de protocole d'échantillonnage a été engagée portant uniquement sur les communautés d'orthoptères de montagne.

Toutefois les prospections en montagne étant délicates, il a été envisagé de travailler sur des espèces en particulier. Ainsi, en 2018, le parti pris pour assurer un suivi sur les orthoptères des pelouses d'altitude a été de se focaliser sur des espèces caractéristiques des pelouses d'altitude potentiellement sensibles aux modifications climatiques, suffisamment abondantes et faciles à reconnaître : le Gomphocère des alpages (*Gomphocerus sibiricus*) et la Miramelle pyrénéenne (*Cophopodisma pyrenaica*) ont donc été retenus.

Gomphocerus sibiricus est un criquet qui possède une stridulation audible à plus de 6 mètres (PABLO VALVERDE, 2017) et facilement reconnaissable. Au cours des prospections de 2018, il a donc été facile de dénombrer les mâles stridulant en suivant un itinéraire. Il semblait envisageable de positionner des transects régulièrement sur toute l'amplitude où l'espèce est présente – soit à partir de 1800 m (PONIATOWSKI *et al.*, 2012) – pour suivre aisément le nombre de mâles stridulant.

A contrario, *Cophopodisma pyrenaica* est une espèce qui ne stridule pas. Sur les stations où l'espèce a été détectée en 2018, les densités constatées étaient très faibles. De ce fait, les chances de découvertes en suivant un itinéraire sur un sentier marqué semblaient aléatoires. Par ailleurs, la taille des populations étant peut-être faible, il aurait été compliqué de tenter un suivi statistiquement exploitable. Finalement cette espèce n'a pas été retenue comme espèce sentinelle du climat.

En revanche, en 2019 le suivi uniquement d'une espèce cible en mettant de côté l'ensemble du cortège d'espèces peut s'avérer limitant pour la compréhension des réponses des orthoptères face au changement climatique. Ainsi, plusieurs protocoles ont été testés en 2019 afin de tenter d'intégrer le cortège des orthoptères d'altitude sur les zones de présence de *Gomphocerus sibiricus*.

Gomphocerus sibiricus est un petit orthoptère vert et brun à l'abdomen strié et présentant des massues aplaties à l'extrémité des antennes, également appelé criquet de Sibérie ou criquet Popeye en référence aux tibias antérieurs du mâle très renflés (Fig. 122). Les adultes s'observent assez communément de juillet à septembre dans les pelouses d'altitude (Fig. 123–Fig. 124).



Fig. 122. *Gomphocerus sibiricus* mâle adulte

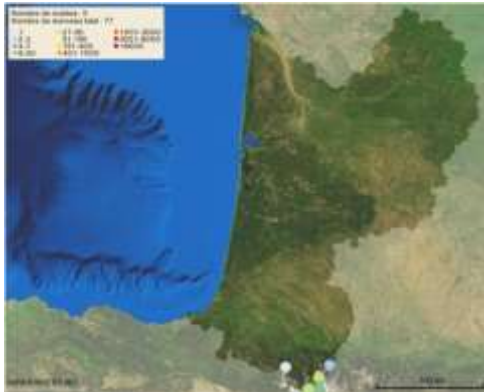


Fig. 123. Répartition de *G. sibiricus* en Aquitaine
(Source : Faune Aquitaine — 2015–2019)



Fig. 124. Répartition de *G. sibiricus* dans les Pyrénées-Atlantiques
(Source : INPN)

6.2.2 Description des sites

En 2018, des prospections ciblées sur *Gomphocerus sibiricus* ont été engagées en vallée d'Ossau sur cinq secteurs différents de la frontière avec les Hautes-Pyrénées à la limite entre l'Espagne et la Vallée d'Aspe (MALLARD, 2018a). Ces secteurs ont été choisis pour leur accessibilité et la plage d'altitude prospectée favorable aux espèces d'altitude (1800–2500m d'altitude). Les secteurs qui bénéficient déjà d'observations ciblées sur d'autres groupes taxonomiques ont été choisis en priorité, permettant ainsi de profiter de données météorologiques de stations déjà installées.

Afin de compléter la liste des sites, l'association LOCUSTA, référente en Aquitaine sur les orthoptères, a été contactée afin de recueillir des données sur d'autres secteurs pouvant accueillir de manière avérée ou potentielle *Gomphocerus sibiricus*.

Au final, 4 sites parmi les 5 trouvés en 2018 ont été retenus pour les études de 2019 (Fig. 125). Ils permettent de couvrir les plages d'altitude allant de 2000 mètres à 2300 mètres (Tab. LV). Un cinquième secteur a été choisi en vallée d'Aspe. Aucune donnée de *Gomphocerus sibiricus* n'y est connue mais ce site possède plusieurs avantages. En premier lieu, il s'agit d'un ancien site de suivi des bourdons de montagne (MALLARD, 2018a) ; les stations météorologiques ont donc été récupérées pour ce nouveau taxon. Par ailleurs, ce site a été choisi au regard des conclusions de 2018 qui précisait que la Miramelle pyrénéenne et le Gomphocère des alpages sont présents au moins jusqu'au massif du pic d'Anie, qui est l'un des derniers hauts massifs dans la partie occidentale de la chaîne pyrénéenne. Le rapport de 2018 précisait qu'il était considéré intéressant d'étudier les évolutions de ces deux espèces sur l'ensemble de leur aire de répartition à l'échelle départementale. Ainsi, le choix de ce dernier site s'intègre dans ce dernier objectif d'un suivi qui ne se cantonne pas à la vallée d'Ossau.

Au sein des sites choisis (Tab. LV), aucun échantillonnage entre 1900 et 2000 mètres d'altitude n'a pu être mis en œuvre, alors que 4 le sont entre 2100 et 2200 mètres. En effet, même si la littérature annonce *Gomphocerus sibiricus* dès 1800 mètres, il a surtout été pour le moment détecté à des altitudes supérieures à 2000 mètres, et essentiellement au-delà de 2100 mètres, ce qui explique cette répartition des zones d'échantillonnage.

Toutefois, deux prospections complémentaires ont été menées afin de trouver des milieux favorables à des altitudes comprises entre 1700 et 2000 m d'altitude :

Le 7 août 2019 au pic de Chérue, 6 mâles de *G. sibiricus* a été entendus entre 1860 m et 1980 m d'altitude (représentant une distance au sol d'environ 400 m). Aucun individu n'a été repéré entre 1980 et 2040 mètres (soit environ 200 m de distance au sol), altitude à partir de laquelle la population est devenue dense avec une soixantaine d'individus recensés jusqu'à l'altitude maximale du Pic de Chérue (2190 m).

Le 23 septembre 2019 au niveau du pic d'Arlas, un trajet de plusieurs kilomètres permettant de couvrir un dénivelé de 1700 m à 2040 m a été effectué. *Gomphocerus sibiricus* n'a certes pas été retrouvé mais la date, avancée dans la saison, peut éventuellement expliquer à elle seule cette absence.

Tab. LV. Situation des secteurs prospectés par classe d'altitude.

Site	Point d'échantillonnage	Classes d'altitude par tranche de 100m de dénivelé						Latitude	Longitude
		1700-1800	1800-1900	1900-2000	2000-2100	2100-2200	2200-2300		
Col des moines	COL DES MOINES_T5					X		42.827919	-0.495558
Col des moines	COL DES MOINES					X	X	42.824323	-0.499126
Cabane du Plaa de Baitch	AZUNS_01	X						42.960639	-0.703477
Pas d'Azuns	AZUNS_02		X					42.963927	-0.706335
Soum de Pombie	POMBIE				X	X		42.827158	-0.426529
Anglas	ANGLAS					X		42.931364	-0.327022
Col d'Arrious	ARRIOUS						X	42.849783	-0.341735
Total général		1	1	0	1	4	2		



Sites validés pour les suivis *Sibiricus* et cortège d'orthoptères de montagne associé.

Fig. 125. Localisation des sites de suivis pour les orthoptères de montagne.

6.2.3 Méthode de relevés

En 2018, suite à un état de l'art des différentes méthodes d'échantillonnage des orthoptères (MALLARD, 2018a), la méthode dite de l'indice linéaire d'abondance (ILA) (VOISIN, 1986b) a été choisie. L'ILA consiste à effectuer différents transects de 10 m établis de façon à ne pas se rapprocher trop près les uns des autres. Ces transects ne se recoupent pas et sont positionnés parallèlement dans le site. Le nombre de spécimens fuyant devant les pas du prospecteur est compté sur une bande d'une largeur environ égale à un mètre. Les orthoptères sont recensés à l'aide d'un filet fauchoir lorsque cela est nécessaire et déterminés *in situ* si possible à l'aide d'une clé de détermination et d'une loupe.

Les conclusions de 2018 préconisaient la réalisation de transects acoustiques étant donné que *Gomphocerus sibiricus* émet une stridulation audible à plusieurs mètres et facilement reconnaissable. En complément, il était également envisager de réaliser des quadrats pour les espèces qui ne strident pas et qui se déplacent peu, comme c'est le cas de la *Cophopodisma pyrenaica*.

Finalement en 2019, plusieurs méthodes ont été testées afin d'essayer de dégager une méthode permettant d'acquérir des éléments du cortège d'orthoptères, de dénombrer les individus, d'assurer une replicabilité des relevés d'une session à l'autre, d'une année à l'autre et d'obtenir suffisamment de données pour pouvoir faire un suivi de tendance éventuelle.

Ainsi 4 méthodes ont été mises en œuvre :

- **Le transect par fauche** (Fig. 126): des transects de 100 mètres ont été dessinés. Ces tracés ont été parcourus sans limite de temps, selon la technique suivante : un nombre de pas déterminé au hasard par le jet d'un dé à 20 faces précédant une section de 25 coups de filet fauchoir donné en avançant de manière régulière. Cette séquence a été répétée 5 fois, de sorte à pouvoir couvrir l'ensemble des 100 mètres. Ces transects ont été faits préférentiellement depuis leur point le plus bas vers leur point le plus haut pour que la fauche soit plus aisée. Dans le cadre de ce transect par fauche, les individus récoltés dans le filet ont été déterminés et comptabilisés après chaque série de 25 coups de filet.

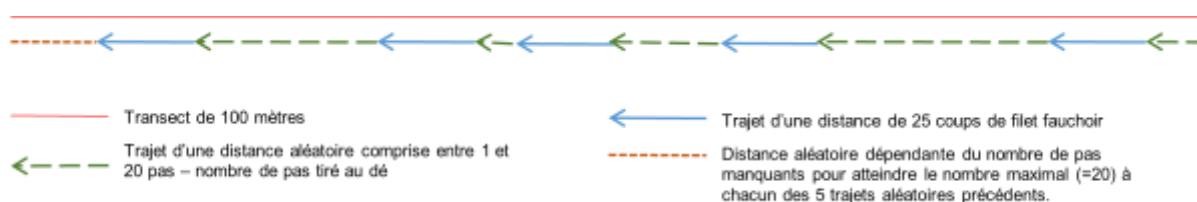
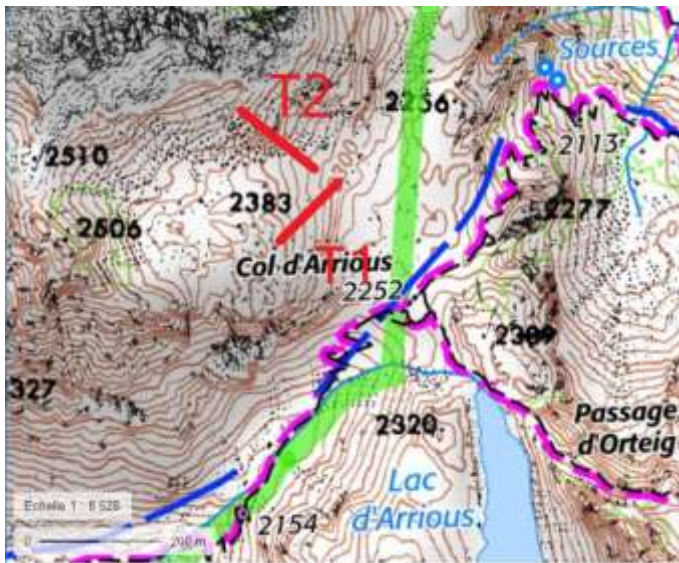


Fig. 126. Schéma de la méthode utilisée : le transect de 100 m est découpé en 5 tronçons. Chaque tronçon est constitué d'un trajet d'une distance aléatoire correspondant à un nombre de pas déterminé au hasard à l'aide d'un dé à 20 faces (flèches en pointillés verts) puis d'un trajet au cours duquel 25 coups de filet sont donnés (flèches pleines bleues). Il reste alors à la fin du transect de 100 m une distance (pointillés orange) correspondant au nombre de pas manquants lors des trajets de distance aléatoire.

- Le transect acoustique (Fig. 127) : les mêmes transects de 100 mètres que les transects par fauche ont été parcourus en sens inverse, après une pause de minimum 5 minutes (généralement 10 minutes). Ces tracés ont été parcourus en 5 minutes (+/- 1min) à pas lent afin d'écouter les orthoptères et de noter les espèces et le nombre de mâles stridulant. Ces transects ont été parcourus depuis leur point le plus haut vers leur point le plus bas afin de pouvoir localiser plus facilement les mâles et de ne pas les compter deux fois. Etant donné la distance de détection acoustique et la faible durée de l'impact du dérangement sur les comportements de stridulation des mâles, il a été considéré que l'impact de la mise en œuvre du transect par fauche sur le nombre de mâles stridulant détectés au cours du transect acoustique serait négligeable.

Un exemple de transect est donné ci-dessous, au niveau du site d'étude au niveau du col d'Arrious.



Ci-dessus : localisation cartographique des transects tracés sur le site d'Arrious.

Ci-contre : le début du transect T2 est repéré par un élément stable du paysage (ici un rocher) et un autre élément du paysage (un col, un pic, un rocher...) permet de suivre la trajectoire. A l'aller, le transect est fauché selon la méthode décrite ci-dessus et au retour le décompte concerne les mâles stridulants.

Fig. 127. Exemple de mise en place d'un transect de suivi.

- **Le quadrat** : un filet carré d'un mètre de côté (Fig. 128) a été construit, escamotable de manière à pouvoir être transporté facilement en randonnée, et solidifié par une structure élastique interne pour pouvoir être déposé au sol grâce à des perches ou jeté. Il constitue alors une surface échantillonnée d'un mètre carré. Il possède une fermeture zippée sur la partie supérieure du filet de sorte à pouvoir attraper les orthoptères en limitant leur fuite. Les orthoptères sont ensuite soit déterminés immédiatement, soit s'ils sont trop nombreux, mis dans des tubes pour être identifiés les uns après les autres sans risque de fuite. Tous les individus pris dans le quadrat sont déterminés et comptabilisés.



Fig. 128. Filet carré d'un mètre de côté.

- Le transect voiture (Fig. 129): il s'agit de mettre en œuvre le protocole de Vigie-SON, mis en place par le MNHN Paris (MNHN, 2019b). Il s'agit donc de réaliser un transect en voiture en roulant à 30 Km/h, avec un microphone, relié à un enregistreur passif d'ultrasons, sorti par la fenêtre. Dans le cadre de cette étude, l'enregistreur passif est un SM4BAT et le transect vise un gradient altitudinal.

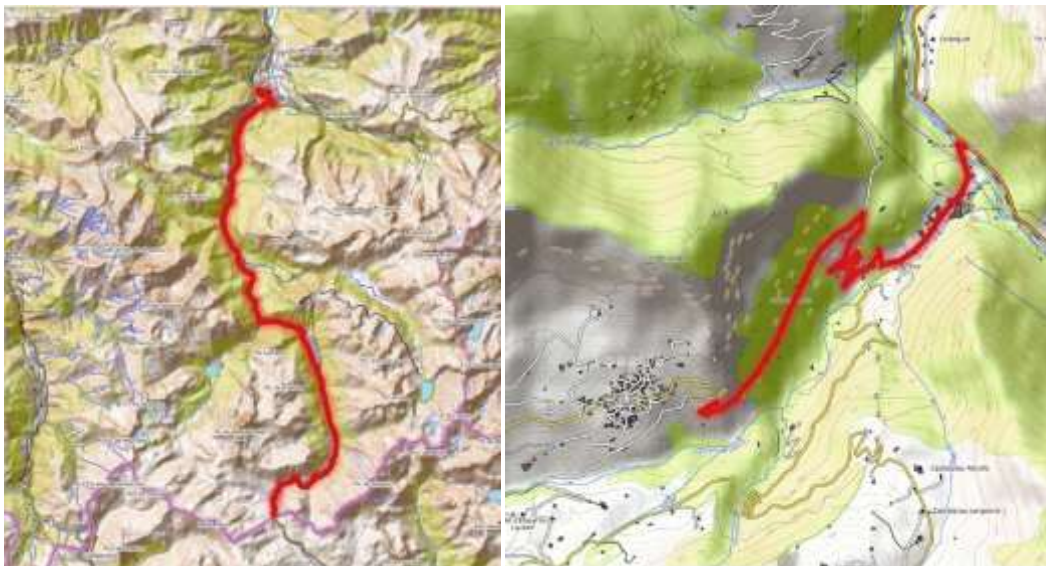


Fig. 129. 2 exemples de transect voiture.

6.2.4 Détermination des espèces

Les espèces sont déterminées à l'acoustique ou à vue, après capture. Les orthoptères sont mis dans des tubes à échantillon à la fin de chaque série de fauchage, de sorte qu'ils ne s'échappent pas par inadvertance. Ils sont par la suite déterminés à l'aide d'une loupe de botaniste de grossissement 10. En cas de difficulté de détermination, des photographies sont prises de l'animal et celles-ci sont soumises à avis extérieur – en particulier aux membres de l'association LOCUSTA. Les orthoptères peuvent également être prélevés pour une détermination ultérieure sous loupe binoculaire.

Les références consultées pour l'identification et la biologie des espèces sont les suivantes :

BELLMAN H. & LUQUET G., 1995. – Guide des Sauterelles, Grillons et Criquets d'Europe occidentale. Editions Delachaux & Niestlé. 383 p.

COSTES A & ROBIN J., 2016. – Carnet d'identification des Orthoptères de Midi-Pyrénées. OPIE Midi-Pyrénées.

DREUX P., 1962. – Recherches écologiques et biogéographiques sur les Orthoptères des Alpes françaises. *Annales des Sciences naturelles et de Zoologie*, 12ème série (3) : 323-766.

PONIATOWSKI D., DEFAUT B., LLUCIA-POMARES D. & FARTMANN T., 2012. – The Orthoptera fauna of the Pyrenean region – a field guide. *Articulata Beiheft*. N°14 (2009), seconde édition, 143 p.

SARDET E., ROESTI C. & BRAUD Y., 2015. – Cahier d'identification des Orthoptères de France, Belgique, Luxembourg et Suisse. *Biotope, Mèze*, (collection Cahier d'identification), 304 p.

SARDET E. & DEFAUT B. (coord.), 2004. – Les Orthoptères menacés en France. Liste rouge nationale et listes rouges par domaines biogéographiques. Matériaux Orthoptériques et Entomocénotiques, 9 :125–137.

6.2.5 Conditions météorologiques requises

Les prospections doivent être effectuées aux périodes de la journée les plus propices aux inventaires c'est-à-dire lorsque les insectes sont les plus actifs, à savoir entre 9 heures et 21 heures. Il est nécessaire de réaliser les suivis avec un ciel dégagé, un vent faible et des températures supérieures à 20°C. Il est déconseillé de faire les prospections par temps trop frais (températures inférieures à 20°C) ou trop chaud (températures supérieures à 35°C) (com. pers. P. Legay) (VOISIN, 1986b).

Dans le cadre du transect en voiture, les espèces visées sont les sauterelles, qui émettent au moins partiellement en ultrasons. Les sauterelles strident essentiellement en soirée pour des températures supérieures à 12°C. Les chutes de températures en fonction de l'heure et de l'altitude étant parfois difficiles à prévoir, le transect est commencé par son point le plus haut vers son point le plus bas.

6.2.6 Nombre de campagne de relevés

Les suivis doivent être effectués de mi-juillet – quand les imagos commencent à striduler de manière importante – et jusqu'à mi-septembre. Idéalement les suivis devraient être faits la troisième semaine de juillet, première quinzaine d'août et fin-août à début septembre, période où les individus adultes rencontrés sont les plus nombreux, toutes espèces confondues et où les nuits ne sont pas encore trop froides.

En 2019, les premières observations effectuées de *Gomphocerus sibiricus* adulte datent du 15 juillet. Pour des questions de plan de charges, les premières prospections protocolées ont débuté le 31 juillet. Dans la mesure du possible, l'objectif était de réaliser 3 passages sur chaque site étudié, toutefois, seuls 2 sites ont pu être échantillonnés 3 fois (Tab. LVI). La saison étant trop avancée pour réaliser les suivis sur les autres sites.

Tab. LVI. Dates des suivis 2019.

Site	Date de la 1ère session	Date de la 2ème session	Date de la 3ème session
Col des moines	14 août	04 septembre	-
Azuns 1–Cabane du Plaa de Baitch	29 juillet	26 août	12 septembre
Azuns 2–Pas d'Azuns	29 juillet	26 août	12 septembre
Soum de Pombie	31 juillet	28 août	-
Anglas	05 août	03 septembre	-
Arrious	22 août	11 septembre	-
TRANSECT VOITURE Laruns - le col du Pourtalet	15 juillet	29 juillet	-
TRANSECT VOITURE Plateau du bénou	07 août	-	-
TRANSECT VOITURE D239 (de Lescun à la RN134)	28 août	-	-

6.3 Résultats

La présentation des résultats concerne essentiellement les méthodes diurnes, le transect voiture étant discuté à part.

6.3.1 Résultats selon les méthodes utilisées

Les quadrats ont apportés peu d'éléments. En effet, les individus échantillonnés par cette méthode ont été particulièrement peu nombreux (N=5). Les raisons de ce manque d'efficacité ne sont pas connues. La littérature (VOISIN, 1986b ; GUEGUEN, 1990) estime pourtant qu'il s'agit là d'une technique fournissant des résultats pertinents même en montagne. Toutefois, peu d'échantillons par rapport à ce qui semble nécessaire dans la littérature ont été réalisés, puisque cette année l'idée était d'évaluer plusieurs méthodes et donc de limiter le temps passé sur chacune d'elles.

A l'inverse, les transects acoustiques fournissent, quant à eux, un important nombre d'individus (88% des individus contactés lors de l'étude) et un nombre d'espèces pertinent (2/3 des espèces observées au cours de l'étude) (Tab. LVII).

Les transects fauchés, pour leur part, permettent de détecter 80% des espèces mais en quantité moindre que les transects acoustiques (seulement 11% des individus) (Tab. LVII).

Tab. LVII. Comparaison des méthodes

Méthodes	Nombre de points d'échantillonnage	Nombre d'espèces	Nombre d'individus
Transect acoustique	27	10	660
Transect fauché	28	12	82
Quadrats	25	2	5
TOTAL	80	15	747

Le nombre de points d'échantillonnage est certes à peu près homogène selon les différentes méthodes, mais les surfaces qu'elles représentent ne sont pas comparables : les 25 quadrats constituent un équivalent de 25 m², alors que pour les transects fauchés, la longueur prospectée est de 2800 m soit, en évaluant la bande de fauche de 0,5 m, un équivalent de 1 400 m². En considérant la puissance d'émission de *G. sibiricus* (6 mètres selon Pablo Valverde (2017)), cette surface s'élève à 33 600 m² pour les transects acoustiques.

Hormis pour le transect acoustique dont la durée est délimitée à 5 minutes, la durée de mise en œuvre des autres méthodes sont dépendantes du nombre d'individus. En effet, la détermination des espèces montagnardes peut être délicate et peut s'avérer chronophage. Ainsi, l'évaluation du temps de mise en œuvre de chaque méthodologie et leur comparaison paraît impossible. Tandis que le transect acoustique est très rapide, le transect de fauche doit être d'une durée approximativement équivalente à la réalisation de 5 quadrats (puisque dans un transect de fauche 5 séries de 25 coups de filet sont données).

6.3.2 Résultats par sites

Les efforts de prospections sur les différents sites ne sont pas équivalents, ce qui rend les résultats par site délicats à analyser.

Malgré tout, il est à noter que, hormis pour Anglas qui ne totalise que 4 espèces, les autres secteurs présentent un nombre d'espèces compris entre 7 (Arrious) et 9 (Pombie). Anglas a pourtant subi une pression d'observation *a priori* comparable avec celle d'Arrious ou du Soum et de Pombie (Fig. 130).

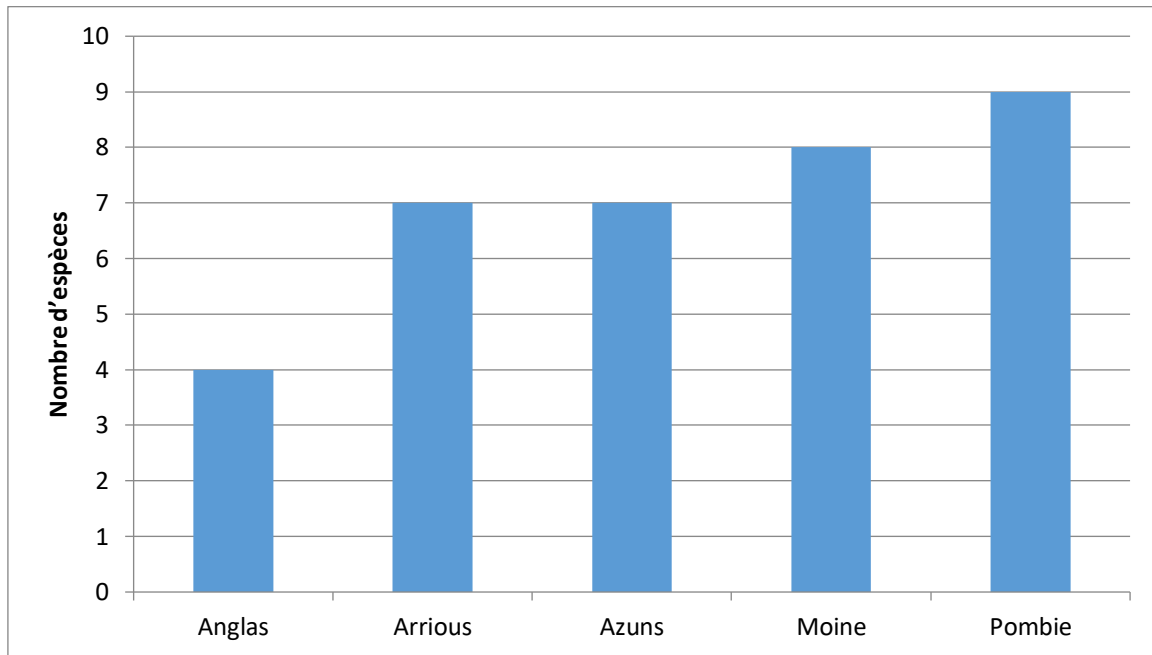


Fig. 130. Nombre d'espèces trouvées, toutes techniques confondues, sur chaque secteur d'études (Azuns pour le cumul des deux sites Azuns 1 et Azuns 2, Moine pour le Col des Moines et Pombie pour le Soum de Pombie).

La pression d'observation n'étant pas la même d'un site à l'autre, les comparaisons restent hasardeuses, cette différence observée sur le nombre d'espèces n'apparaît plus quand on travaille sur le nombre d'individus (toutes techniques confondues) (Fig. 131).

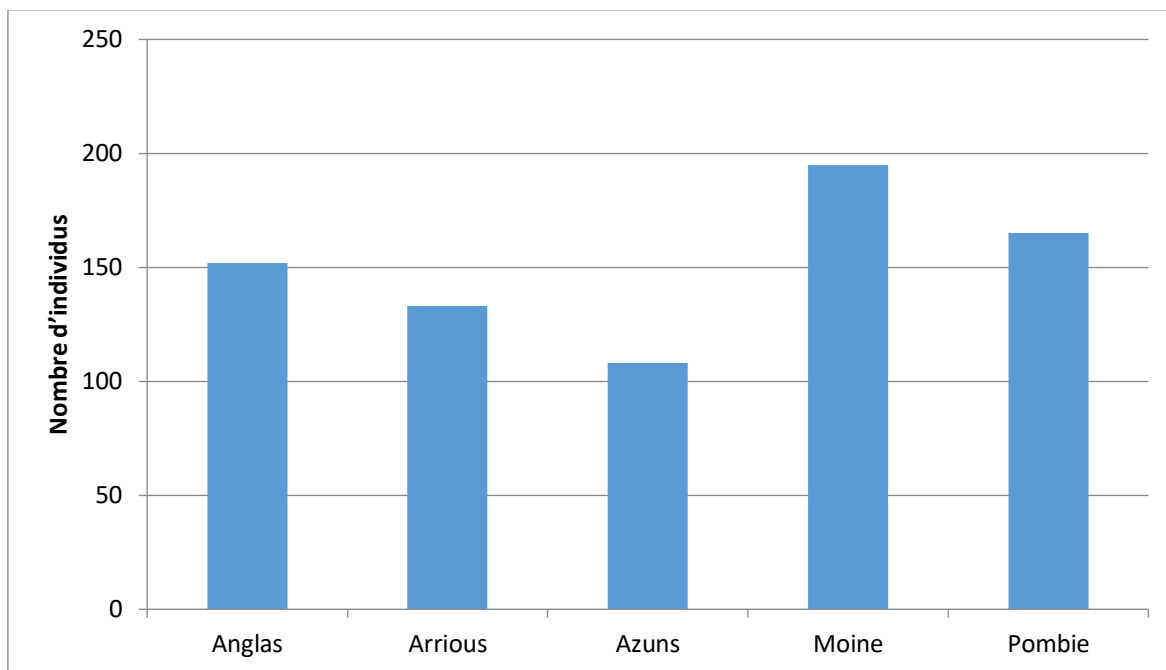


Fig. 131. Individus dénombrés, toutes techniques confondues, sur chaque secteur d'études (Azuns pour le cumul des deux sites Azuns 1 et Azuns 2, Moine pour le Col des Moines et Pombie pour le Soum de Pombie)

3 espèces dominent largement le peuplement observé : *Chorthippus biguttulus* (27% des observations), *Stenobothrus nigromaculatus* (22%) et *Gomphocerus sibiricus* (19%). 3 autres espèces sont observées régulièrement (*Stenobothrus lineatus*, *Decticus verrucivorus*, *Pseudochorthippus parallelus*), les 9 autres espèces recensées n'ont été notées qu'en quelques exemplaires.

Globalement, les cortèges d'espèces sont très équivalents d'un site à l'autre. Toutefois des différences un peu plus marquées sont notables pour les sites d'Azuns. En effet, 4 espèces n'ont été observées que sur ce secteur. En particulier, *Tetrix undulata* a été noté à Azuns 1. Il s'agit d'une espèce dont les altitudes maximales annoncées dans la bibliographie restent modérées (1650 m selon Sardet *et al.* (2015); et jusqu'à 2100 m dans les Pyrénées mais à la faveur d'une configuration particulière de la vallée d'Aure selon Defaut & Morichon (2015)). Cette espèce semble donc être en limite altitudinale haute de son aire de répartition, ce qui en fait une donnée intéressante à suivre. A l'inverse, *Cophopodysma pyrenaea*, également recensée à Azuns (Azuns 2) est quant à elle connue à partir de 1500 à 1600 m dans les Pyrénées Atlantiques (PONIATOWSKI *et al.*, 2012 ; DEFAUT & MORICHON, 2015) et se situe donc dans la partie altitudinale basse de son aire de répartition.

Sur le site d'Arrious, situé à 2200 m, *Omocestus rufipes* a été observé. Cette espèce n'est généralement citée que jusqu'à une altitude de 2000 m (SARDET *et al.*, 2015). Il peut s'agir d'un individu isolé ou profitant d'une opportunité temporaire. Il peut aussi s'agir d'une espèce qui est en cours d'expansion vers des altitudes plus élevées. Un suivi sur plusieurs années permettra de contrôler la récurrence de l'événement.

6.3.3 Résultats selon la date

Les prospections ont commencées fin juillet, alors que les premiers *Gomphocerus sibiricus* ont été repérés dès le 15 juillet sur Arrious et sur le Soum de Pombie. L'idée était d'attendre d'avoir une taille de population adulte suffisamment importante pour pouvoir faire des relevés représentatifs.

En regardant l'évolution du nombre d'individus contactés, toutes méthodes confondues au cours du temps (Fig. 132), l'augmentation de la taille de la population est constante tout au long de la saison. Deux éléments peuvent expliquer ce phénomène. La première est qu'au-delà du 20 août l'augmentation nette est liée au moins pour partie à l'ajout de transects acoustiques qui n'étaient pas effectués jusque-là. Ce protocole fournissant beaucoup de données, l'augmentation du nombre d'individus détectés ne reflète donc pas nécessairement une augmentation de la taille de la population entre le début de la période d'étude et la fin.

En revanche, l'augmentation observée au-delà de cette date semble bien liée à l'accroissement de la taille de la population. Le maximum de la population (ou de sa détection) semble ainsi se situer fin août-début septembre.

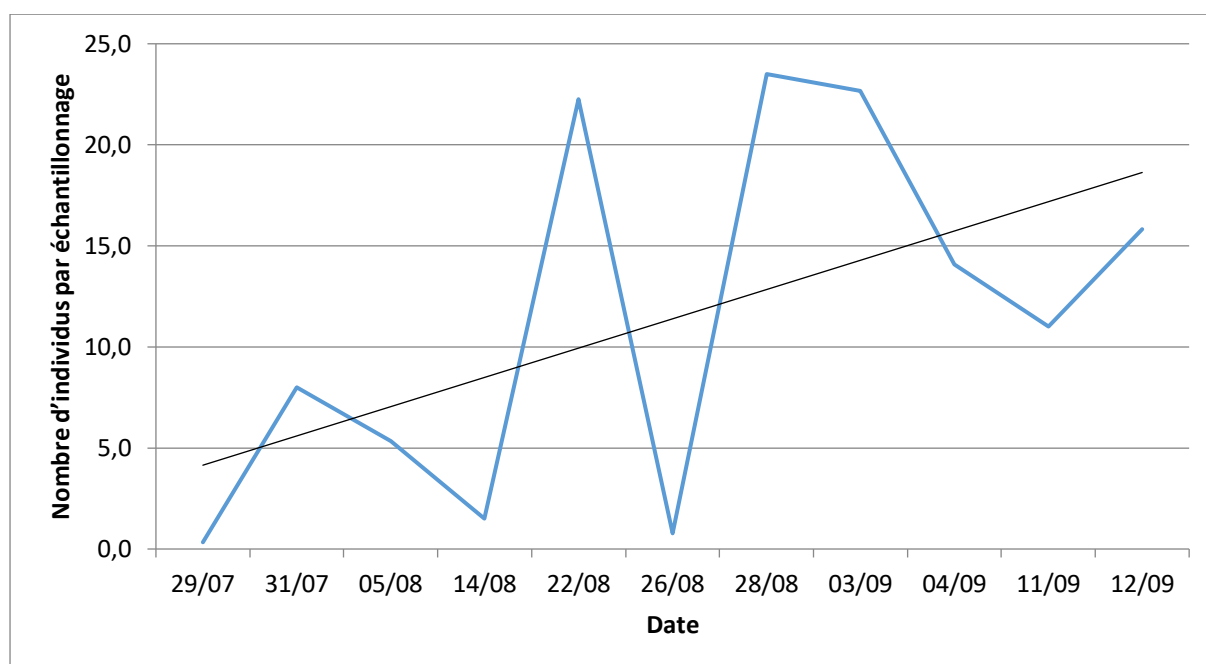


Fig. 132. Nombre d'individus dénombrés, toutes techniques confondues, suivant la date de relevé. En noir, la droite de tendance associée.

6.3.4 Résultats selon les conditions météorologiques

Les études de terrain ont été, dans la mesure du possible, réalisées dans des conditions favorables : à savoir entre 9 heures et 21 heures, heures où les insectes sont actifs, par conditions météorologiques propices soit avec un ciel dégagé, un vent faible et des températures supérieures à 20°C et inférieures à 35°C.

Une rapide observation de la répartition des données selon les conditions météorologiques (rapportées à la pression d'observation faite pour chaque variable) confirme la nécessité de faire attention à certains paramètres. En particulier, la couverture nuageuse semble impacter fortement les résultats des transects acoustiques. La chute d'activité semble moins marquée pour les résultats des transects fauchés. De la même manière mais dans une moindre mesure, la force du vent influe sur les résultats. Même si les écoutes peuvent être réalisées avec un vent de 2 Beaufort, le nombre d'individus par échantillonnage semble moins important que lors de prospections faites sans vent (Fig. 133).

Concernant la température, les résultats sont plus difficiles à interpréter. En effet, seuls quelques relevés ont été effectués en dehors de la tranche 19–25°C. On peut simplement noter que les orthoptères sont actifs dès 19°C (Fig. 133).

6.3.5 Le transect voiture

La mise en œuvre de ce protocole a été testée sur différents sites montrant un gradient altitudinal pertinent (plusieurs centaines de mètres). Certaines routes ont été évitées pour des questions de sécurité et la limite altitudinale est dépendante des routes empruntées. Par ailleurs, certaines contraintes techniques sont encore à gérer (effet du matériel de détection choisi, mode de traitement des données obtenues, etc.).

Pour l'heure aucun résultat n'est à présenter, même s'il a bien été noté des différences intéressantes à suivre quant à la répartition altitudinale de différentes espèces. En particulier *Ruspolia nitidula* n'a été notée qu'à des altitudes basses (autour de Laruns – 500 mètres d'altitude, à Bielle en dessous du Plateau du Bénou – soit à moins de 800 mètres). Une séparation plus ou moins nette de la répartition de *Tettigonia viridissima* et *Tettigonia cantans* a été notée avec *T. viridissima* située globalement dans les zones plus basses que *T. cantans*. D'autres espèces ont été entendues, certaines sont présentes sur l'ensemble du transect et donc peu utilisables comme indicateurs, d'autres espèces semblent plus anecdotiques ou plus délicates à percevoir en voiture.

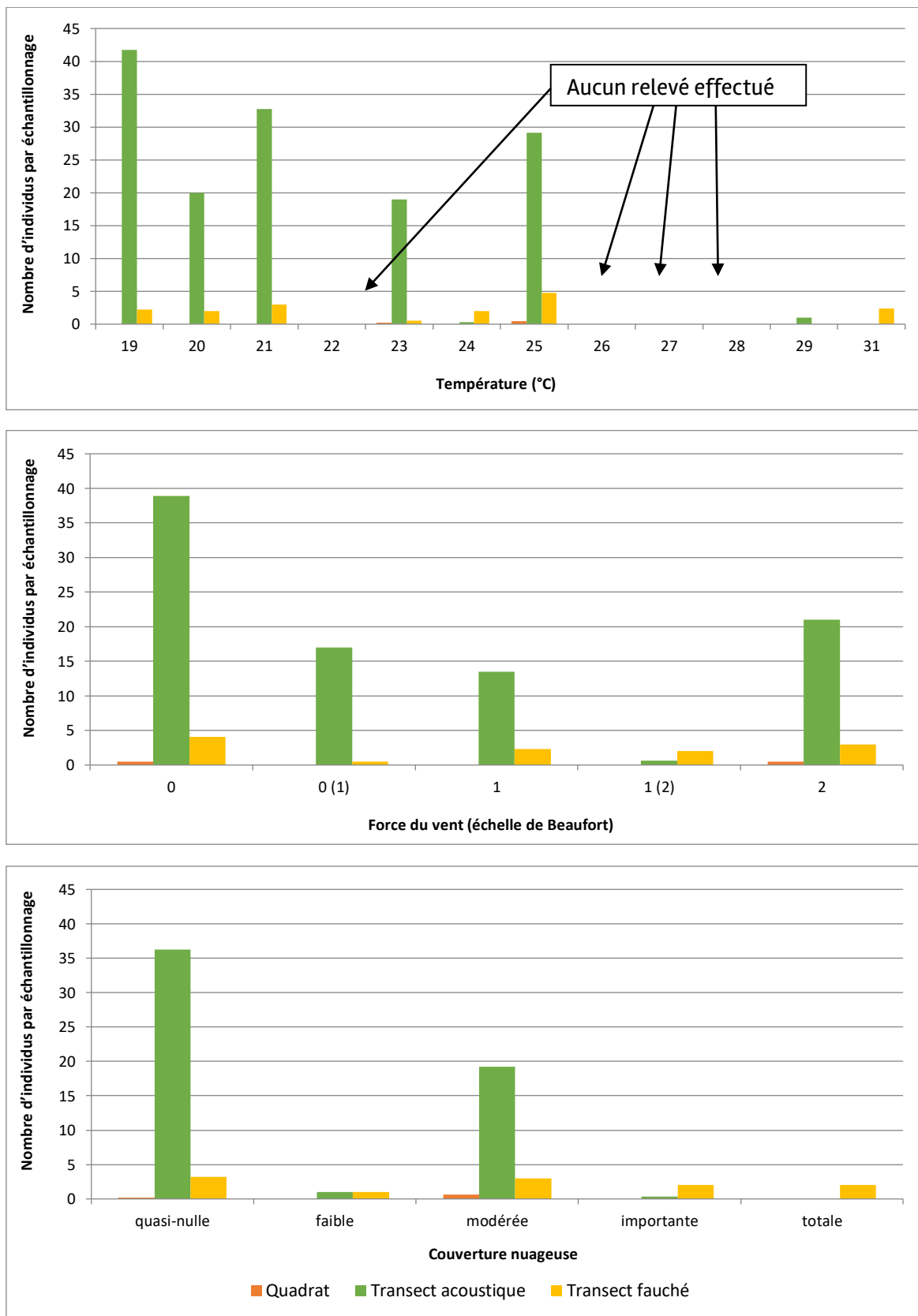


Fig. 133. Nombre d'individus dénombrés, toutes techniques confondues, suivant les conditions météorologiques des relevés (la température, la force du vent et la couverture nuageuse).

6.4 Discussion

6.4.1 Le choix des espèces

Gomphocerus sibiricus est une espèce facilement audible à une distance d'environ 6 mètres. Sa stridulation est caractéristique et permet une reconnaissance sans le moindre doute. La mise en œuvre du transect acoustique a donc été assez aisée, tant sur l'identification que sur le décompte des mâles stridulant. La puissance d'émission permet de localiser sans doute les individus et éviter une double comptabilisation lors du déplacement le long du transect.

G. sibiricus a été noté en très grande majorité du temps au-delà de 2000 m, alors que les recherches bibliographiques précisent qu'il est présent dès 1800 m dans les Pyrénées. Les observations faites en montant au Pic de Chérue montrent que certaines stations basses de cette espèce existent. Ces stations en particulier, parce qu'extrêmes, sont susceptibles de faire état plus rapidement des modifications éventuelles de populations liées au changement climatiques. Elles sont donc à rechercher et si possible à intégrer dans l'étude.

Au cours des transects acoustiques, d'autres espèces ont été entendues. Elles sont généralement assez facilement identifiables si les conditions d'études sont optimales, toutefois en cas de vent ou si la température est un peu fraîche, le rythme des stridulations change (puisqu'il est dépendant de la température de l'animal) et parfois certaines stridulations peuvent devenir difficiles à identifier. Dans le cadre de ces écoutes, les conditions météorologiques d'études sont donc importantes à respecter afin de limiter les biais liés à une éventuelle mauvaise identification.

En travaillant sur l'ensemble du cortège, 15 espèces ont été notées sur l'ensemble des sites suivis. Il a d'ailleurs été vu que parmi ces espèces, certaines se situent en limite altitudinale haute ou basse de leur aire de répartition. Le suivi de ces espèces pourrait apporter des éléments pertinents quant aux modifications au sein des peuplements à une altitude donnée ou quant à la taille des populations en place.

D'un autre côté, travailler sur l'ensemble du cortège induit des difficultés de détermination pour certaines espèces. En effet, la clé de détermination des orthoptères est parfois délicate et l'identification n'est pas toujours possible pour 100 % des individus. L'expérience de l'observateur est donc à prendre en compte et le soutien par des personnes compétentes afin de croiser les avis peuvent être très important. Ainsi, la participation de l'association LOCUSTA a été très appréciée et les échanges avec ce partenaire doivent, autant que possible, se maintenir.

6.4.2 Le choix des sites

Le site d'Anglas présente une diversité moins importante que sur les autres sites. En revanche, la densité d'orthoptères ne semble pas particulièrement plus faible que dans d'autres secteurs. Ce site a la particularité de subir un pâturage équin constant (les animaux sont restés tout l'été 2019), ce qui pourrait éventuellement expliquer une plus faible diversité. Toutefois l'impact du pâturage est très marqué partout dans les Pyrénées et l'ensemble des sites y est plus ou moins assujetti.

Le secteur d'Azuns (sites Azuns 1 et 2), même si *G. sibiricus* n'a pas été trouvé, constitue un secteur pertinent de part le chevauchement de deux cortèges d'espèces qui s'y retrouvent. D'un côté des espèces des étages collinéens (*T. undulata*) et d'autre part des espèces boréo-alpines (*C. pyrenaea*). De

la même manière, le site d'Arrious peut abriter des espèces des altitudes plus basses (*O. rufipes*) qu'il pourrait être intéressant de suivre.

Les sites de Soum de Pombie et du Col des Moines fournissent des résultats concernant *G. sibiricus* en termes de nombre de données qui pourront par la suite permettre de pratiquer des analyses statistiques plus robustes.

Il a été vu qu'il manquait dans la tranche altitudinale d'études (1700–2300 m) la tranche 1900–2000 m et que les tranches 2100–2300 étaient plus représentées que les autres. Dans cette optique des prospections complémentaires ont été menées en 2019. En effet, il serait intéressant d'avoir *a minima* la tranche 1900–2000 m représentée au moins une fois. Dans l'idéal, la liste des sites devrait être un peu plus équilibrée, mais ceci représente une contrainte de temps très importante.

6.4.3 Le choix des protocoles

Aucune des méthodes testées ne permet d'obtenir l'ensemble des 15 espèces recensées au cours de l'ensemble de l'étude.

Le fauchage fournit toutefois la plus grande richesse avec notamment la détection d'espèces non stridulantes (*Myrmeleotettix maculatus*, *Tetrix undulata*, *Cophopodisma pyrenaea*). Ces espèces apportent des éléments complémentaires qui pourraient s'avérer très intéressants par la suite. En particulier, certains sites accueillent des espèces en limite altitudinale haute et basse de leur aire de répartition. Ces espèces pourraient donc devenir à terme des indicateurs pertinents, même si aujourd'hui leur détection reste marginale.

Les transects fournissent un nombre de données qui paraît exploitable en termes d'études statistiques et de suivis à long terme. Ce n'est pas le cas des quadrats. Toutefois, ces derniers prospectant une plus faible surface, ils pourraient probablement fournir un jeu de données plus important au prix d'un effort de prospection beaucoup plus intense. Malgré tout, constituer un échantillon permettant d'obtenir des données statistiquement exploitables serait très chronophage et semble peu compatible avec d'autres contraintes que sont : un seul observateur, des conditions météorologiques favorables, un nombre de sites suffisant, par exemple.

Les transects acoustiques permettent de recueillir un grand nombre de données espèces (espèces et nombre d'individus) dans un espace sonore. La particularité de l'espace sonore est de ne pas être fixe mais variable en fonction de la puissance d'émission des orthoptères. Dans le cas de *G. sibiricus*, il s'agit d'un espace de 6 mètres de part et d'autres du transect mais pour d'autres espèces, cet espace sera plus faible (notamment *Stenobothrus lineatus* ne s'entend *a priori* qu'à 2 ou 3 mètres). Ceci étant, cet espace reste reproductible : les espèces n'émettent généralement pas plus fort d'un site à l'autre ou d'une année à l'autre. Cette méthode semble la plus complète, pourtant elle ne permet de comptabiliser que les mâles et uniquement les espèces stridulantes. Ainsi, la structure de la population (sex-ratio par exemple) et les espèces silencieuses sont des données totalement occultées par cette technique. Les modifications liées au changement climatique peuvent pourtant concerner ces paramètres.

6.4.4 Choix des conditions d'études

Les études de cette année 2019 ont montré que la taille de la population avait atteint un pic fin août–début septembre. Ainsi, réaliser des relevés entre début août et mi-septembre semble pertinent. D'ailleurs mi-septembre est encore une date pouvant permettre de poursuivre l'étude, la taille de la

population étant encore conséquente en 2019, toutefois les conditions climatiques au-delà de cette date paraissent plus aléatoires d'une année à l'autre. Les nuits peuvent se rafraîchir fortement à haute altitude, comme l'a montré la neige observée au col d'Arrious à 2300 m le 12/09/2019. Même si les orthoptères peuvent supporter quelques nuits fraîches, les résultats de comptage seront probablement plus fortement soumis à la météorologie qu'à la climatologie au-delà de mi-septembre au moins à haute altitude.

Concernant les conditions climatiques, les données de cette année, obtenues dans les conditions considérées favorables (entre 9 heures et 21 heures, ciel dégagé, vent faible et des températures comprises entre 20 et 35°C), montrent que la couverture nuageuse peut avoir un impact important sur l'activité des orthoptères, en particulier sur l'activité stridulatoire. Ainsi le protocole acoustique apparaît un peu plus sensible aux conditions météorologiques lors des relevés que le protocole de fauche. Concernant les quadrats, il est difficile d'évaluer ces paramètres du fait du faible nombre de données recueillies. Toutefois, il semble envisageable de penser que les résultats des quadrats présentent une sensibilité équivalente à ceux des transects fauchés.

6.4.5 Cas du transect voiture

Au vu des difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre du transect voiture et de l'analyse des données recueillies, il peut être pensé de ne travailler que sur un couple d'espèces (par exemple *Tettigonia viridissima/Tettigonia cantans*) et d'évaluer l'évolution de leur répartition le long du gradient altitudinale. Ce travail pourrait également être réalisé avec *Ruspolia nitidula* qui est une espèce qui n'est pour le moment notée qu'à faible altitude.

De nouveaux tests devront être menés l'année prochaine afin d'affiner la mise en œuvre du protocole, de se pencher sur le traitement des données et ainsi d'évaluer sa pertinence en fonction des résultats qu'il aura fourni.

6.5 Conclusion

La mise en place d'un protocole permettant de répondre à toutes les hypothèses en plus du changement climatique permettra d'étudier l'adaptation et la survie des espèces ou des peuplements. En effet, aucun des protocoles testés en 2019 ne semble permettre d'avoir une vision suffisamment large du peuplement en place et de récolter une quantité de données suffisamment importante pour être statistiquement pertinent.

Malgré tout, la combinaison de plusieurs protocoles complémentaires pourrait être une solution pertinente :

- D'un côté, il a été vu que *G. sibiricus* est une espèce sensible aux conditions climatiques qui pouvait profiter des périodes sèches et d'une fonte des neiges précoce. Suivre cette espèce, facilement audible et comptabilisable, peut donc apporter des éléments importants pour répondre à la question : « les orthoptères sont-ils capables de profiter des nouvelles conditions climatiques, à savoir hiver plus court et été plus chaud, pour augmenter la taille de leur population ? ».
- D'un autre côté, suivre un cortège d'espèces, avec des espèces qui atteignent leur limite altitudinale de répartition, permet d'apporter des éléments de réponse à l'hypothèse concernant leur éventuelle remontée progressive vers des altitudes plus élevées afin de se maintenir dans des conditions climatiques équivalentes.

D'autres prospections doivent être réalisées afin de trouver des sites situés sur les portions les plus basses et venir combler la tranche altitudinale manquante (1900–2000 m). En particulier, le secteur du col d'Aubisque est connu pour abriter *G. sibiricus* et une nouvelle prospection sur Arlas en plein saison de stridulation de l'espèce pourrait être tentée. Le pic de Chérue a montré une très faible densité de *G. sibiricus* à faible altitude et pourrait être intégré au protocole lors de sa mise en œuvre en 2020. Enfin, même si *G. sibiricus* n'est pas noté, il peut être pertinent de suivre des sites à plus basses altitudes, à l'instar des sites d'Azuns, afin de récolter des données sur d'autres espèces.

Enfin, le transect voiture nécessite encore quelques ajustements afin de s'assurer que les données puissent être traitées. Ces ajustements pourront être réalisés l'année prochaine. Ce protocole a l'intérêt de pouvoir suivre les sauterelles des bords de route, dont les écologies sont différentes. De part leur localisation en milieu souvent perturbé, il est fort probable que les modifications à l'œuvre dans les milieux plus stables que sont les pelouses d'altitude y soient plus rapidement observables.