

## Chapitre 6. Mise en place d'un protocole de suivi des réponses de *Gomphocerus sibiricus* (Linnaeus, 1767) et du cortège des orthoptères associé face au changement climatique dans les prairies et pelouses de montagne des Pyrénées-Atlantiques

**Auteur :** Emilie Loutfi, Anouk Glad, **Contributeurs :** Philippe Legay, Association Locusta, 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 climatique sur ces peuplements d'orthoptères de montagne, à savoir : les espèces vont-elles 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 ?

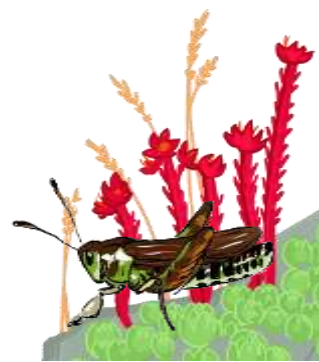
En 2019, 5 sites ont été retenus et font, depuis, l'objet d'un suivi. Deux méthodes complémentaires sont mises en œuvre, le transect par fauche et le transect acoustique. Ces deux techniques sont effectuées sur les mêmes transects, qui sont d'une longueur de 100 mètres.

Par ailleurs en 2021, un protocole de transect acoustique pédestre long a été testé, permettant de couvrir une amplitude altitudinale au sein d'un même massif de plusieurs centaines de mètres de dénivelé. Il consiste en des points d'écoute de 30 secondes tous les 50 mètres.

Enfin, en 2020, le protocole Vigie-SON avait été testé, visant à faire un transect en voiture couvrant une large amplitude altitudinale (plus de 1200 m de dénivelé). En 2021, ce protocole a été maintenu malgré des difficultés de traitement de la grande masse des fichiers-sons obtenus.

Suite aux conclusions de 2020, la combinaison de plusieurs protocoles complémentaires ainsi que l'étude d'un cortège d'espèces ont été les choix validés pour cette année 2021. Les premiers résultats permettent de positionner des indicateurs en termes d'indices de diversité selon les altitudes, d'espèces susceptibles de remonter très prochainement en altitude, d'espèces qui pourraient se retrouver avec de nouveaux concurrents ou des conditions climatiques moins favorables.

**Mots-clés :** acoustique, communautés de pelouses de montagne, fauche, *Gomphocerus sibiricus*, 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). D'une façon générale, le changement climatique est identifié comme affectant le développement, la survie, l'abondance et la répartition des insectes herbivores que sont les orthoptères (BALE *et al.*, 2002). Ainsi, plusieurs études ont montré un élargissement des aires de répartition de certaines espèces face au réchauffement du climat, comme par exemple *Conocephalus fuscus*. Cette espèce a considérablement étendu son aire au nord de l'Europe occidentale (KLEUKERS *et al.*, 1996). De plus, certaines espèces vont avoir tendance à étendre leur répartition altitudinale alors que d'autres auront plutôt tendance à la restreindre (HODKINSON, 2005).

Les espèces caractéristiques des milieux froids sont particulièrement sensibles au changement climatique (MALLARD, 2016a) et peuvent par conséquent constituer des indicateurs pertinents dans le cadre de cette étude. Le choix a été fait de se concentrer sur les communautés de pelouses de montagne, avec l'hypothèse que ces habitats abritent des espèces susceptibles d'apparaître ou de disparaître sous les effets des modifications climatiques.

### 6.1.1 Les études en cours

Des études sont en cours en France pour étudier les effets du changement climatique sur la répartition des orthoptères. Ces études ont mis en place des protocoles variés afin de suivre au plus près les évolutions au cours des prochaines années.

Une première étude sur les déplacements altitudinaux des orthoptères liés au changement climatique dans les parcs nationaux du Mercantour et des Ecrins est menée depuis 2018 (COUTURIER *et al.*, 2019). Elle repose sur d'importantes données bibliographiques (GUEGEN, 1990) et vise à la mise en place d'un protocole d'étude pertinent pour étudier les changements de répartitions altitudinaux et latitudinaux des orthoptères. Le protocole comprend plus de 200 stations situées de 1200 à 2800 mètres d'altitude dans le Parc des Écrins et de 900 à 2800 mètres d'altitude dans les Parc du Mercantour. Sur chaque station, 5 placettes de 6 par 5 mètres sont prospectées à l'écoute (1 minute), à la recherche visuelle (6 minutes), et enfin au filet (2 x 45 secondes). Le travail se fait sur la présence des espèces et non pas sur l'abondance. Il ne s'agit donc pas d'avoir un décompte exact des individus mais plutôt des classes d'abondance. Ceci permet de pouvoir étudier un plus grand nombre de stations et donc d'avoir une meilleure estimation de la répartition des espèces. Les 5 placettes constituent 5 réplicats spatiaux d'une même station, assurant que la composition des communautés est bien décrite statistiquement. L'étude montre que pour obtenir une représentation pertinente du cortège orthoptères 4 réplicats par station sont nécessaires. Malgré d'autres études qui ont montré l'intérêt de la fauche pour obtenir des données pertinentes Gardiner *et al.* (2005), dans le cas de cette étude, la fauche n'apporte que très peu d'éléments complémentaires, peut-être du fait de l'utilisation en dernier (donc suite aux dérangements de la recherche visuelle) ou peut-être parce qu'ils ont utilisé un filet à papillon et non un filet fauchoir.



La grande force de cette étude pour étudier l'évolution des répartitions des espèces repose sur les données bibliographiques (des années 1960 puis 1980) qui permettent d'obtenir une vision passée des cortèges d'orthoptères sur les mêmes stations que celles étudiées en 2018 et 2019. Toutefois, même si les données sont obtenues en classe d'abondance, l'intérêt de l'étude réside, entre autres, dans la quantité de stations étudiées qui permet de couvrir ainsi une très grande variété de paramètres environnementaux et donc de lisser les biais liés aux conditions stationnelles et avoir une vision plus fiable de ce qui se passe au sein des massifs du Mercantour et des Ecrins.

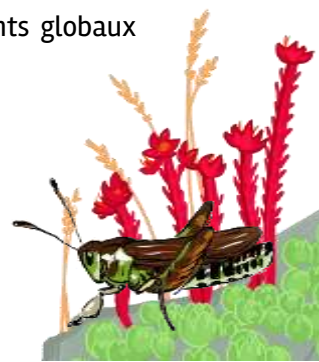
Une seconde étude a été lancée en 2021 visant à mettre en place un protocole d'étude des orthoptères sur la région Grand Est afin de répondre à la question : « Comment évolue l'aire de répartition des espèces en relation avec le changement climatique ? » (OGEB ENTOMOFAUNE, 2021). Pour cette étude qui commence tout juste, un plan d'échantillonnage selon des mailles de 1 Km<sup>2</sup> et stratifié par classe d'altitude et de latitude a été constitué. 6 stations représentatives des différents types prairiaux de chaque maille sont échantillonnées. Les stations sont distantes d'au moins 50 m. D'autres milieux peuvent, en plus, être prospectés sur 6 autres stations. Lors des sessions de terrain, l'observateur reste 10 minutes, une fois passé ce délai, le relevé est arrêté quand aucune nouvelle espèce n'est détectée dans les 5 minutes. Ainsi le temps de relevé minimal est de 15 min et la durée maximale est de 30 minutes. Les prospections de terrain sont répétées 2 fois entre le 1 juillet et le 15 septembre (30 jours minimum entre deux passages).

Cinq méthodes sont employées pour détecter les différentes espèces d'orthoptères :

- La détection à vue ;
- La détection acoustique ;
- La capture au filet fauchoir ;
- Le battage pour détecter et déterminer les espèces arboricoles ;
- La détection à la batbox pour détecter les espèces émettant à haute-fréquence

Cette étude n'en est qu'à sa première année, au cours de laquelle une première campagne de prospection a été menée. Une seconde année de prospection permettra d'augmenter le nombre de stations suivies et ces deux années constitueront une base de connaissance pour la suite de l'étude. Ces prospections seront renouvelées dans 4 ans pour évaluer l'évolution de la répartition altitudinale et latitudinale des orthoptères.

Enfin, D'AGOSTINO & VACHER (2021) ont présenté cette année une étude sur l'évolution temporelle de la répartition des orthoptères dans le massif vosgien. Cette étude, basée sur des données opportunistes répertoriées depuis les années 2000, montre que 5 espèces de basse altitude sont apparues ces dernières années dans des habitats montagnards et que 6 espèces d'affinité montagnarde sont en déclin. En particulier, des espèces comme *Platycleis albopunctata*, *Nemobius sylvestris* ou *Stenobothrus lineatus* ont une tendance à se retrouver à plus haute altitude, alors que *Tettigonia cantans* semble régresser. Par ailleurs, les analyses suggèrent une réduction de l'amplitude altitudinale des espèces montagnardes, ainsi qu'une baisse des effectifs d'espèces des milieux frais et humides de moyenne altitude et une colonisation des espèces de basse altitude vers des altitudes plus importantes. Sans pouvoir conclure sur l'impact unique du changement climatique, ces études montrent à l'instar de LÖFFLER *et al.* (2019) et de ROTH *et al.* (2014) que les changements globaux pourraient avoir une influence sur la répartition des orthoptères de montagne.



### 6.1.2 Éléments sur les espèces

Les données bibliographiques permettent de dresser la liste des espèces inféodées au milieu montagnard (PONIATOWSKI *et al.*, 2009a ; SARDET *et al.*, 2015 ; BONIFAIT & DUHAZE, 2020) (Tab. XXX).

Tab. XXX. Espèces de haute montagne du cortège orthoptère.

Nom latin	Altitude minimale annoncée (Poniatowski et al 2009 ; Sardet et al 2014)	Statut de rareté en Aquitaine (Bonifait & Duhazé, 2020) <sup>3</sup>
<i>Podisma pedestris</i>	1600 mètres dans les Pyrénées	RR
<i>Gomphocerus sibiricus</i>	1800 mètres dans les Pyrénées	RR
<i>Polysarcus denticauda</i>	1500 mètres dans les Pyrénées	RR
<i>Antaxius hispanicus</i>	1200 mètres dans les Pyrénées	RR
<i>Cophopodisma pedestris</i>	1500 mètres dans les Pyrénées	RR
<i>Miramella alpina</i>	1000 mètres dans les Pyrénées	RR
<i>Oedipoda coerulea</i>	1200 mètres	RR – espèce très localisée à la frontière

Elles sont toutes très rares en Aquitaine mais souvent de répartition peu connue dans les Pyrénées-Atlantiques. En effet, la plupart sont discrètes par leur absence de stridulations et donc peu repérables (*P. pedestris*, *A. hispanicus*, *C. pedestris* et *M. alpina*). *O. coerulea* est très localisée et concernant *P. denticauda* seules quelques observations sont recensées depuis 2013 (Bonifait, *comm.pers*). Ainsi *G. sibiricus* est l'espèce de ce cortège de haute montagne qui semble la plus facile à étudier.

*Gomphocerus sibiricus* est un orthoptère vert et brun à l'abdomen strié et présentant des massues aplaties à l'extrémité des antennes et des tibias antérieurs très renflés chez le mâle. 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.* (2009b) 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) dans (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 stades larvaires 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 *Gomphocerus sibiricus*). De ce fait, si la fonte des neiges est tardive, une certaine proportion de larves n'aura 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

<sup>3</sup>RR : très rare, R : rare, AR : assez rare, AC : assez commun, C : commun, CC : très commun



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.

Dans l’hypothèse que les espèces plus thermophiles auraient tendance à se déplacer vers les plus hautes altitudes, l’évolution du cortège des espèces montagnardes tendrait donc vers un enrichissement avec l’arrivée des espèces de plus faible altitude que sont les espèces du cortège de moyenne montagne (Tab. XXXI).

Tab. XXXI. Espèces de moyenne montagne du cortège orthoptère.

Nom latin	Altitudes annoncées (Sardet et al 2014).	Statut de rareté en Aquitaine (Bonifait & Duhazé, 2020)
<i>Tettigonia cantans</i>	De 80 à 2350 m	R
<i>Bicolorana bicolor</i>	De 200 à 2200 m	RR et localisée
<i>Psophus stridulus</i>	De 280 à 2600 m	RR
<i>Euthystira brachyptera</i>	De 180 à 2600 m	R
<i>Arcyptera fusca</i>	De 100 à 2600 m	R
<i>Omocestus viridulus</i>	De 190 à 2910 m	R
<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>	De 140 à 3000 m	RR
<i>Stenobothrus nigromaculatus</i>	De 300 à 2650 m	RR
<i>Pseudochorthippus montanus</i>	De 150 à 2480 m	RR, présence à confirmer
<i>Stauroderus scalaris</i>	De 190 à 2700 m	R

### 6.1.3 Secteurs d’étude

Les orthoptères bénéficient d’une connaissance encore lacunaire à l’échelle de l’ancienne région Aquitaine et c’est particulièrement vrai en ce qui concerne les espèces d’altitude. Si la liste des espèces de la région et leur répartition à une échelle large est bien cernée (DUHAZE & BONIFAIT, 2014 ; BONIFAIT & DUHAZE, 2020), la répartition plus fine des espèces à l’échelle d’un territoire restreint tel que la vallée d’Ossau, par exemple, est bien moins connue. Face à ce constat, et pour pouvoir à l’avenir mieux cibler les sites à prospecter dans le cadre d’un programme tel que les sentinelles du climat, l’initiative a été prise de faire des prospections ciblées dans différents secteurs de la vallée d’Ossau qui répondaient aux contraintes d’accessibilité et dans la mesure du possible de l’existence d’autres suivis sur d’autres espèces d’altitude (lézards de montagne, Marmotte des alpes, Apollon etc.). Ces prospections ont permis le choix de différents sites, l’objectif de cette étude étant de mettre en place un ou des protocole(s) pertinent(s) permettant d’obtenir des éléments sur les réponses des espèces d’orthoptères de montagne au changement climatique.

## 6.2 Matériel et méthodes

Plusieurs protocoles ont été mis en place :

- Des suivis par transects courts ;
- Des suivis par transects longs ;
- Des suivis par transect voiture (sauterelles).

Les prospections ont été effectuées, autant que faire se peut, aux périodes de la journée les plus propices aux inventaires c’est-à-dire lorsque les insectes sont les plus actifs, à savoir entre 10 heures et 18 heures, avec un ciel dégagé, un vent faible et des températures supérieures à 20°C.



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.

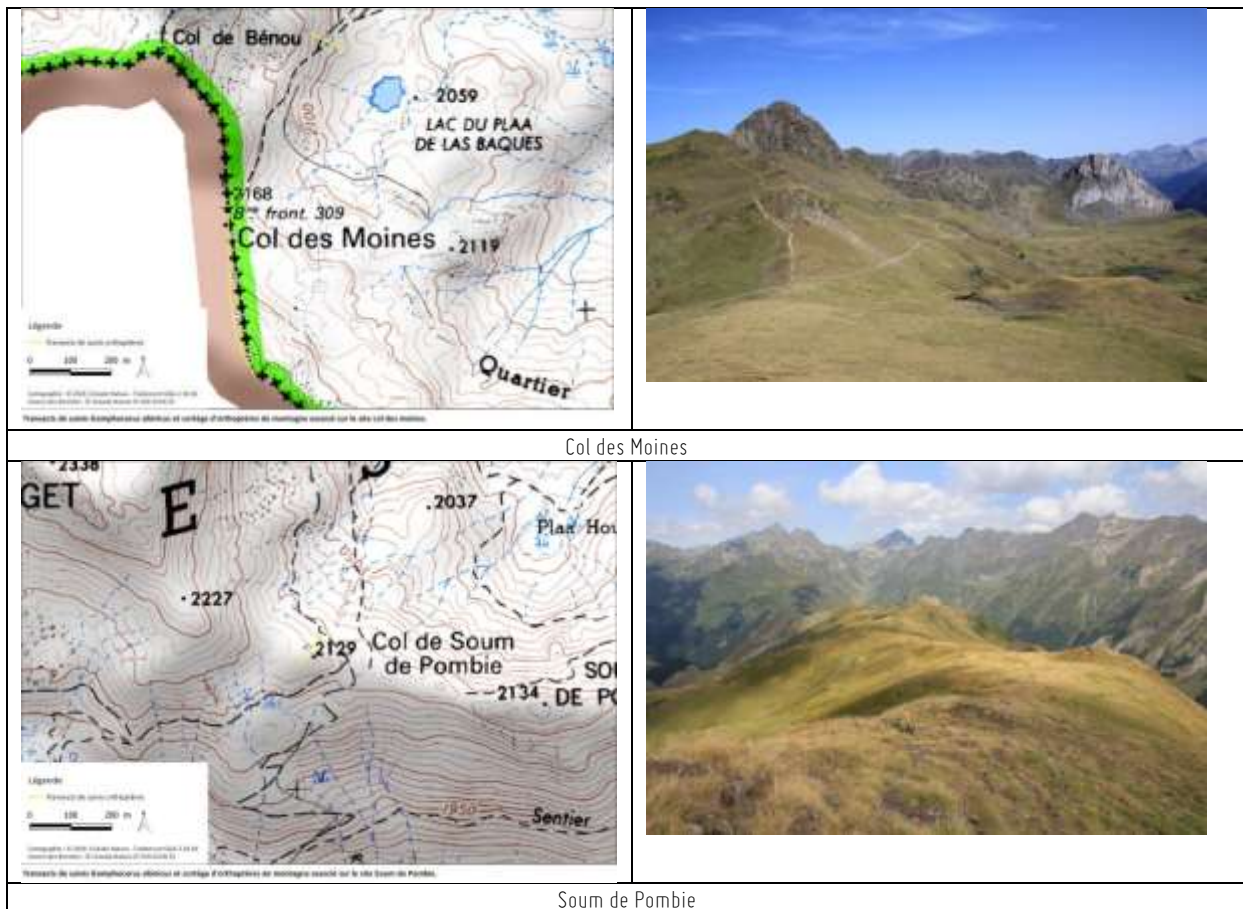
### 6.2.1 Transects fauchés et acoustiques courts

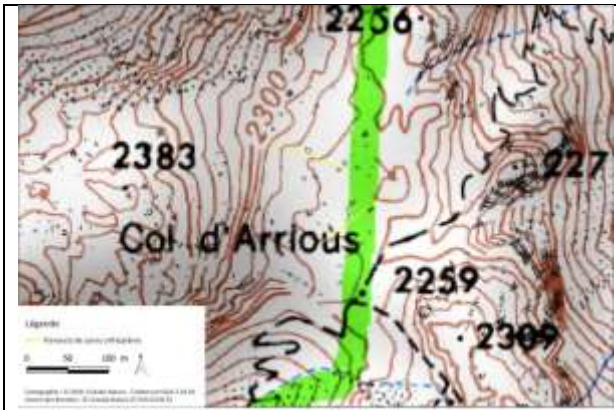
- *Sites d'études*

Les 5 sites retenus pour les études de 2019 ont été maintenus pour l'étude en 2020 et en 2021 (Fig. 116). Ils permettent de couvrir les plages d'altitude allant de 1700 m à 1900 m puis de 2000 m à 2300 m (Tab. XXXII, Tab. XXXIII).

Le secteur de la vallée d'Aspe a été sélectionné, même si aucune donnée de *Gomphocerus sibiricus* n'y est connue, celui-ci serait présent 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. Il semble intéressant d'étudier les évolutions des espèces sur l'ensemble de leur aire de répartition à l'échelle départementale. D'ailleurs, Marly (1969) précise que, du fait de l'humidité plus importante en vallée d'Aspe, les espèces montagnardes sont rencontrées à des altitudes plus faibles que dans les autres vallées.

Tab. XXXII. Localisation des transects courts.

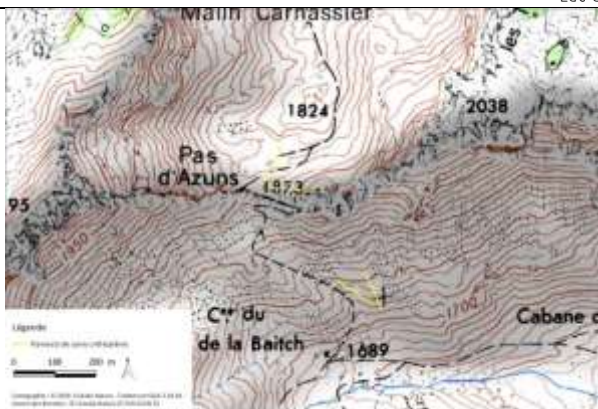




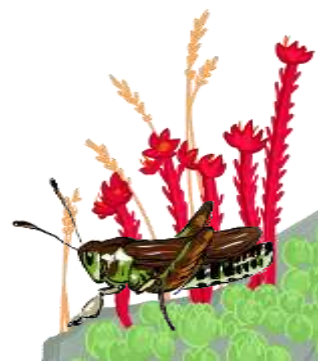
Arriouls



Lac d'Anglas

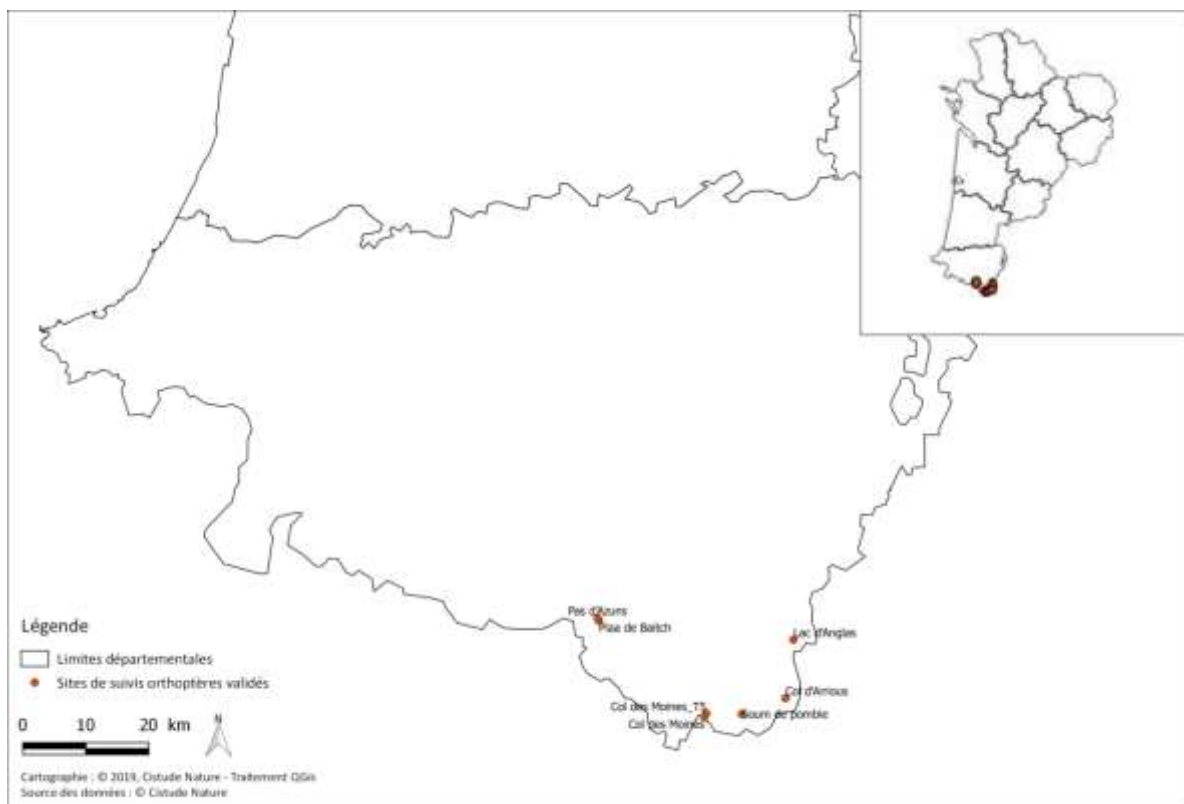


Azuns



Tab. XXXIII. Situation des sites de suivis par transects courts par classe d'altitude.

Site	Point d'échantillonnage	Nombre de transects	Classes d'altitude par tranche de 100m de dénivelé						Latitude
			1700-1800	1800-1900	1900-2000	2000-2100	2100-2200	2200-2300	
Col des moines	COL DES MOINES_T5	1					X		42.827919
Col des moines	COL DES MOINES	4					X	X	42.824323
Cabane du Plaa de Baïtch	AZUNS_01	2	X						42.960639
Pas d'Azuns	AZUNS_02	2		X					42.963927
Soum de Pombie	POMBIE	1					X		42.827158
Anglas	ANGLAS	3					X		42.931364
Col d'Arrious	ARRIOUS	2						X	42.849783
Total général		15	2	2	0	0	7	4	



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

Fig. 116. Localisation des sites de suivis pour les orthoptères de montagne.

● *Principe des transects fauchés*

Des transects de 100 mètres ont été dessinés (Fig. 117). 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 donnés 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.



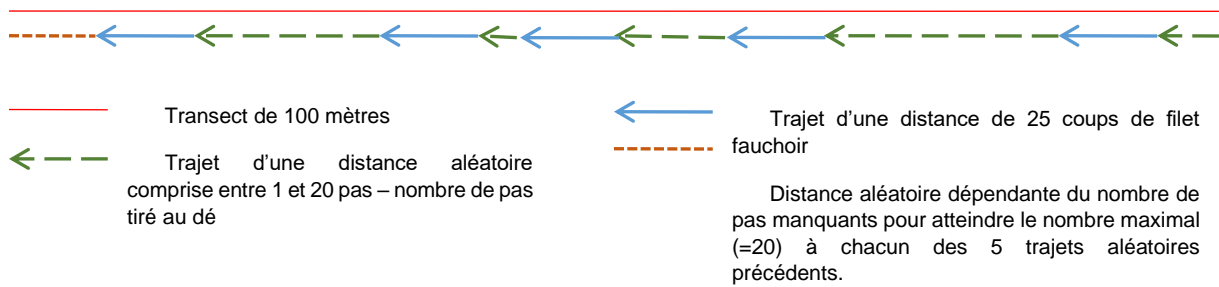


Fig. 117. Schéma de la méthode utilisée : le transect de 100 m est découpé en 5 tronçons. Chaque tronçon est constitué d'un trajet d'une distance aléatoire correspondant à un nombre de pas déterminé au hasard à l'aide d'un dé à 20 faces (flèches en pointillés verts) puis d'un trajet au cours duquel 25 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.

### • *Principe des transects acoustiques*

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 comptabiliser deux fois. Étant données 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 sur le site du col d'Arrious (Fig. 118–Fig. 119).

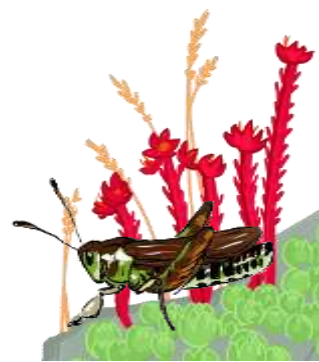




Fig. 118. Localisation cartographique des transects sur le site d'Arrious.



Fig. 119. Repérage du début du transect T2.

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. À l'aller, le transect est fauché selon la méthode décrite ci-dessus et au retour le décompte concerne les mâles stridulants.

- **Analyses de la diversité**

Les indices de diversité de Shannon et de Simpson ont été calculés afin de comparer la diversité entre sites et entre années de suivi. Pour l'indice de Simpson, lorsque qu'aucun individu n'avait été observé lors du passage, la valeur de l'indice par défaut est de 0, ainsi des sites avec aucune espèce observée ou avec un seul individu observé sont équivalents pour cet indice.

Dans un premier temps, les trois années ont été comparées en utilisant les observations des cinq sites du troisième passage (du 15 août au 10 septembre). En effet, les passages précédents n'ont pas été réalisés pour chaque année ne permettant pas une comparaison. Le nombre de transects par site varie d'un transect pour le site de Soum de Pombie à 5 transects pour le site du Col des Moines. Ainsi, trois analyses ont été effectuées avec un tirage aléatoire d'un transect à l'exception du site de Pombie qui a un seul transect. Cette méthode permet d'évaluer les diversités observées pour un effort d'échantillonnage similaire entre les sites et années. Afin d'obtenir une diversité générale, les données de fauche et acoustiques ont été compilées. Les sites et années ont été comparés en utilisant un test de Friedman (données non-indépendantes) et si une différence significative était relevée, un test post-hoc de Nemenyi a été effectué.

Dans un deuxième temps, des analyses ont été effectuées par année. Pour l'année 2019, les sites Anglas, Soum de Pombie et Col des Moines ont été supprimés de l'analyse n'ayant pas un échantillonnage similaire aux autres sites. Les transects ont été comparés entre eux, permettant de ne pas tenir compte des différences d'échantillonnage entre sites. La diversité estimée avec les indices de Shannon et de Simpson a été comparée entre les trois passages sur les transects (passage 1 en juillet, passage 2 début août et passage 3 entre fin août et début septembre). Les différences entre les passages ont été comparées en utilisant un test de Friedman (données non-indépendantes) et si une

différence significative était relevée, un test post-hoc de Nemenyi a été effectué. Pour l'année 2021, les sites Soum de Pombie et Arrious ont été supprimés de l'analyse n'ayant pas un échantillonnage similaire aux autres sites.

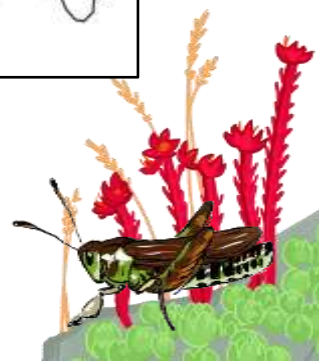
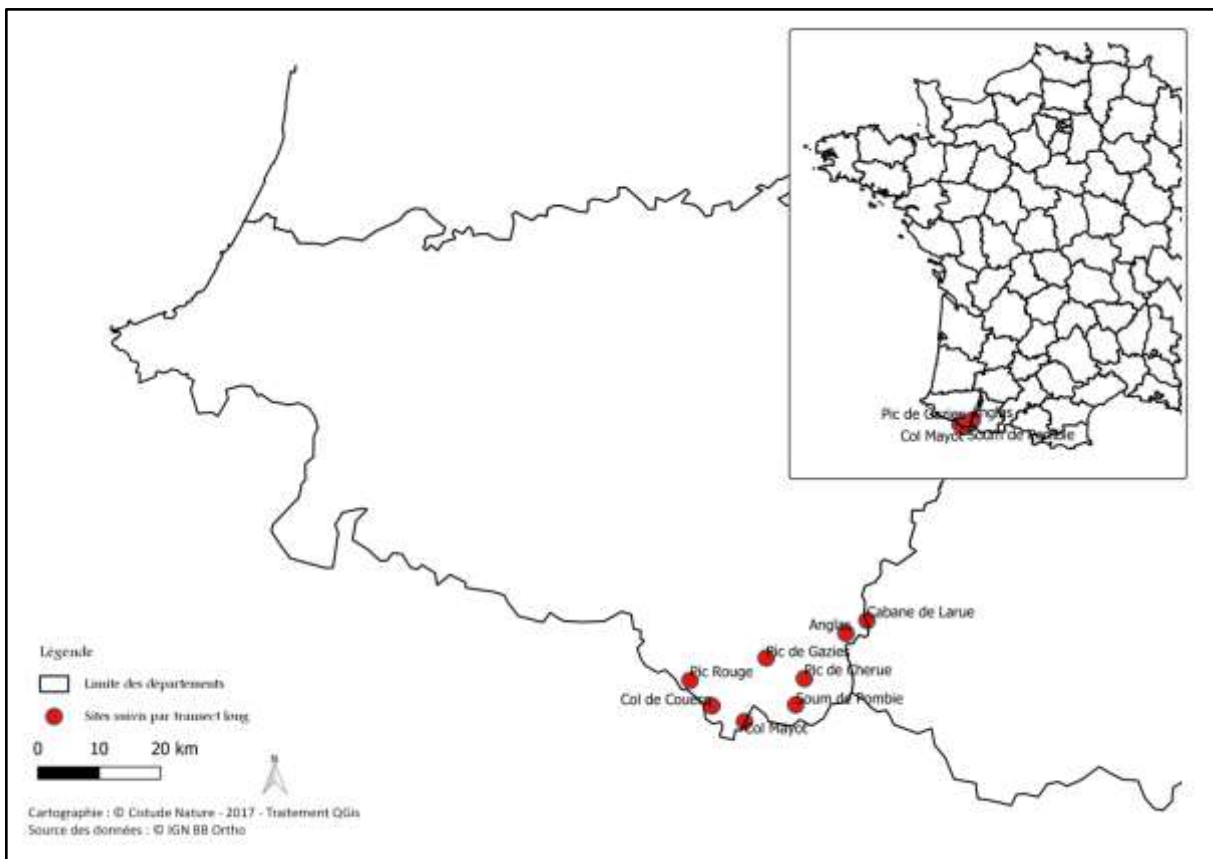
## 6.2.2 Le transect acoustique long

- *Principe*

Au vu des résultats obtenus lors des années d'études précédentes, le transect acoustique est celui qui fournit le maximum de données, permettant à terme une étude statistique plus aisée et plus fiable. Partant de ce constat, des transects acoustiques longs ont été amorcés cette année 2021. L'objectif est de pouvoir couvrir une importante tranche altitudinale selon un protocole reproductible d'une année à l'autre. Ainsi, de la même manière que les transects acoustiques de 100 mètres, il s'agit d'écouter les orthoptères et de noter les espèces et le nombre de mâles stridulant. Ces transects sont constitués de points d'écoute de 30 secondes positionnés tous les 50 mètres. 30 secondes et 50 mètres ont été définis de sorte à éviter les doubles comptes des individus et de pouvoir couvrir une grande amplitude altitudinale dans un temps permettant d'assurer une météorologie à peu près stable d'un bout à l'autre du transect.

- *Sites d'études*

Plusieurs sites d'études ont été testés cette année. Afin d'obtenir une répartition au sein de l'aire de répartition de *Gomphocerus sibiricus* plus large. On évalue différents secteurs des Pyrénées-Atlantiques (Fig. 120, Tab. XXXIV, Tab. XXXV).



Tab. XXXIV. Sites testés pour le transect acoustique long.

Nom du site	Plage altitudinale couverte	Nombre de points d'écoute correspondant	Date de mise en place
Soum de Pombie	1800-2100 m	24	05/08/2021
Pic de Chérue	1814-2182 m	26	11/08/2021
Pic de Gaziès	1876-2434 m	49	20/08/2021
Anglas	1714-2200 m	13	23/08/2021
Col Mayot	1800-2033 m	15	19/10/2021
Cabane de Larue	1700-2100 m	29	20/10/2021
Pic Rouge	1720- 2100 m	27	27/10/2021
Col de Couecq	1780-2070 m	22	28/10/2021

Par ailleurs des tests ont également été effectués au Col des Moines le 06/08 et au col d'Arrious le 09/08. Outre la difficulté de mettre en place un transect couvrant une large plage altitudinale sur le Col des Moines, il imposerait alors de passer sur des secteurs très pâturés. Ceci induirait un cortège limité aux espèces tolérant bien ces conditions, ce qui constituerait un biais important pour l'étude.

Au col d'Arrious, le transect devrait traverser un important pierrier sur environ 200 m de long, ce qui semble être une barrière notable pour la progression éventuelle des espèces de moyenne altitude vers des altitudes plus hautes, constituant là aussi un biais potentiel important pour l'étude.

Tab. XXXV. Récapitulatif des altitudes prospectées par sites.

	Soum de Pombie	Pic de Chérue	Pic de Gaziès	Anglas	Col Mayot	Cabane de Larue	Pic Rouge	Col de Couecq
1700-1800				x		x	x	x
1800-1900	x	x	x	x	x	x	x	x
1900-2000	x	x	x	x	x	x	x	x
2000-2100	x	x	x	x	x	x	x	x
2100-2200		x	x	x				
2200-2300			x					
2300-2400			x					
2400-2500			x					

### • Analyses

Malgré la mise en place récente de ce type de transect, des premières analyses ont pu être faites. Le nombre d'individus de chaque espèce par tranche altitudinale de 200 m a été calculé permettant de comparer visuellement les altitudes mais aussi les sites échantillonnés. Comme pour les transects courts, les indices de Shannon et de Simpson ont été calculés par tranches altitudinale de 200 m. Les différences entre sites pour les tranches altitudinales 1900-2100m et 2100-2300m ont été analysées à l'aide d'un test de Kruskal-Wallis pour tous les sites. Les différences entre ces deux tranches altitudinales ont aussi été comparées à l'aide du même test. Afin d'avoir un échantillonnage comparable, le deuxième passage sur le site de Soum de Pombie n'a pas été pris en compte ainsi que le passage sur le site d'Anglas (mauvaise météo). Les différences entre trois tranches d'altitudes ont pu être comparées avec les données des sites Soum de Pombie (Passage 1), Chérue et Gaziès. Les différences éventuelles entre les deux passages du site Soum de Pombie ont été évaluées avec un test de Kruskal-Wallis. Le premier passage sur ce site a eu lieu le 05/08/2021 (P1) et le deuxième passage le 24/08/2021 (P2).

## 6.2.3 Le transect voiture

### • Principe

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 (Fig. 121) 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. Le trajet est également enregistré par GPS avec la prise de points toutes les 5 secondes. Ce pas de temps correspond à la durée de chaque fichier-son pour le protocole Vigie-SON. Ainsi, chaque fichier-son couvre une quarantaine de mètres.



Fig. 121. Exemple de transect voiture (Pourtalet-Laruns).

- *Sites d’études*

Deux transects ont été mis en œuvre en 2020 et 2021. Il s’agit de la route reliant le Pourtalet à Laruns d’une part et le Col d’Aubisque à Laruns d’autre part (Tab. XXXVI).

Tab. XXXVI. Situation des transects voitures.

Site	Altitude de départ	Altitude de fin	Distance
Pourtalet - Laruns	1794 M	514 M	29 KM
Aubisque - Laruns	1709 M	514 M	17 KM

## 6.3 Résultats

### 6.3.1 Transects fauchés et acoustiques courts

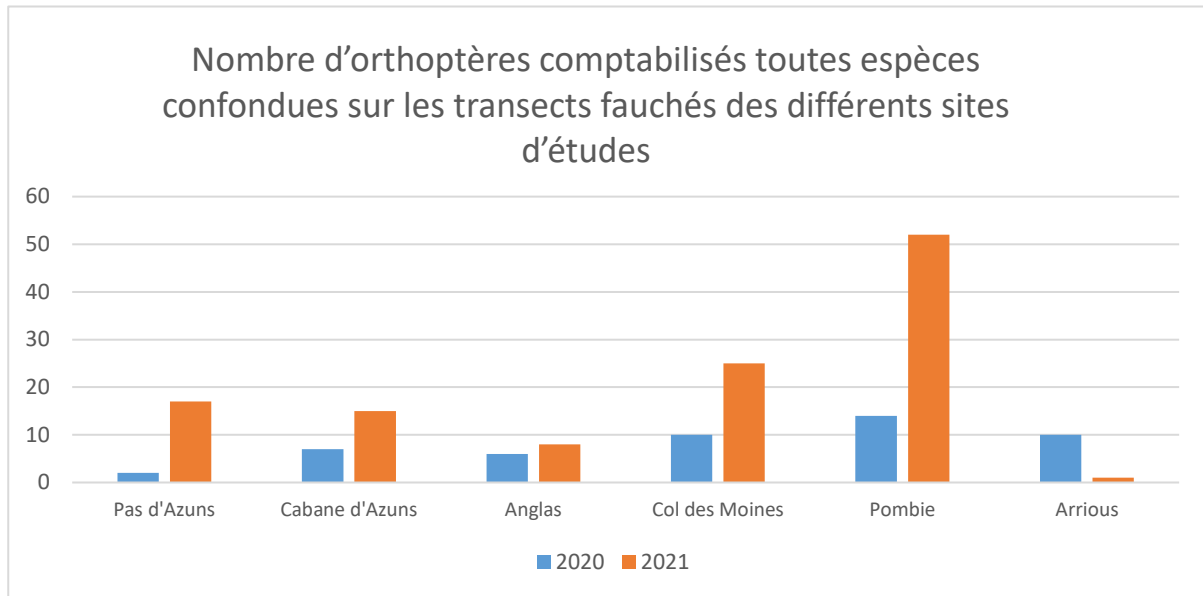
- *Transects fauchés*

La méthode des transects fauchés a permis de comptabiliser 118 individus d’orthoptères en 2021 répartis en 9 espèces différentes sur les 15 espèces recensées cette année. Les graphiques ci-dessous (Fig. 122–Fig. 123) présentent la répartition des nombres d’individus et d’espèces notées pour chaque site d’étude.

Le site de Pombie totalise à lui seul près de la moitié des données récoltées, en termes de nombre d’individus. En 2021, 2 autres transects ont été positionnés sur ce site, afin d’étoffer l’échantillonnage.

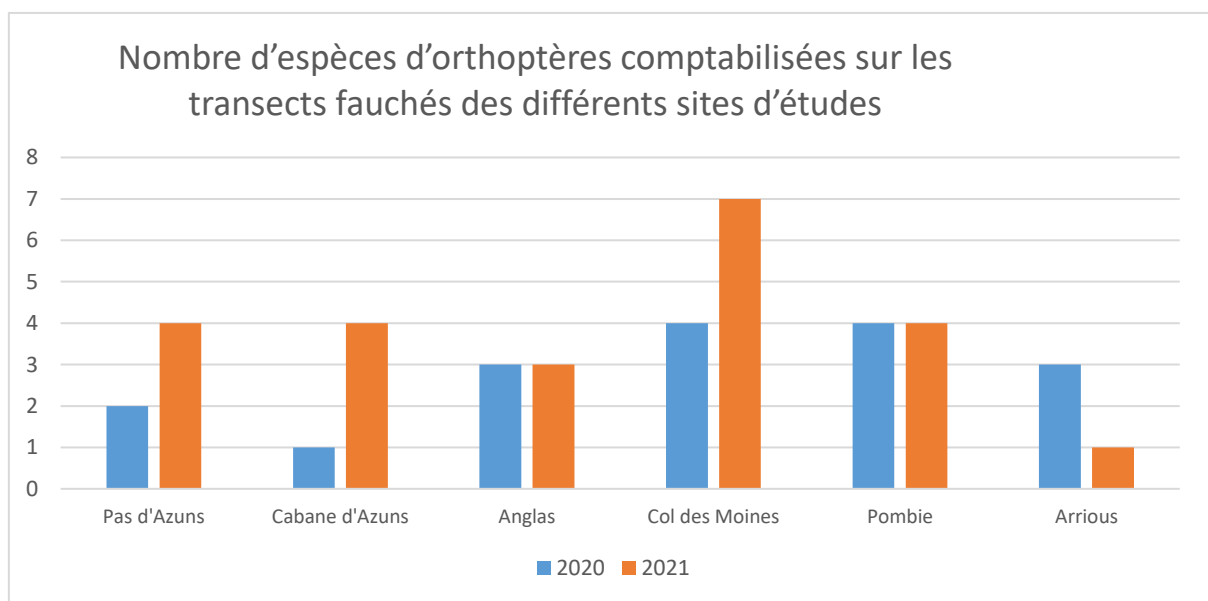


Le site d'Arrious présente cette année une densité d'individus particulièrement faible. Il semblerait que les neiges de début juillet aient particulièrement impacté le peuplement orthoptérique de ce vallon froid de haute altitude. Le site de Pombie quant à lui n'a probablement pas souffert de cette chute tardive de température du fait de son exposition plein sud et à proximité du col versant espagnol qui procure des températures plus chaudes à ce site.



**Fig. 122. Nombre d'orthoptères comptabilisés sur les transects fauchés des différents sites d'études.**

En ce qui concerne le nombre d'espèces, le Col des Moines sort un peu du lot avec 7 espèces recensées au filet, alors que les autres sites sont plutôt à 3-4 espèces. Cette diversité peut être liée au nombre de transects sur le Col des Moines (n=5) plus important que sur les autres sites (généralement 2 ou 3). A l'inverse, le site d'Arrious ne fait état cette année que d'une seule espèce, alors que l'année précédente, la diversité était plus moyenne. Cet élément est à corrélérer bien sûr au nombre d'individus observés en 2021 sur ce site.



**Fig. 123. Nombre d'espèces d'orthoptères comptabilisées sur les transects fauchés des différents sites d'études.**



- *Transects acoustiques*

La méthode des transects acoustiques a permis de comptabiliser 416 individus d'orthoptères en 2021 répartis en 10 espèces différentes sur les 15 espèces recensées cette année. Les graphiques ci-dessous (Fig. 124–Fig. 125) présentent la répartition des nombres d'individus et d'espèces notées pour chaque site d'étude.

Contrairement aux transects fauchés où les résultats entre les différents sites étaient relativement comparables, les transects acoustiques font état de grandes variations, avec un nombre d'individus pouvant aller de 1 pour Arrious à 182 pour Pombie. Comme pour les transects fauchés, on retrouve cette année particulièrement peu favorable aux orthoptères sur Arrious, alors que sur Pombie, les individus n'ont pas eu de difficulté de survie.

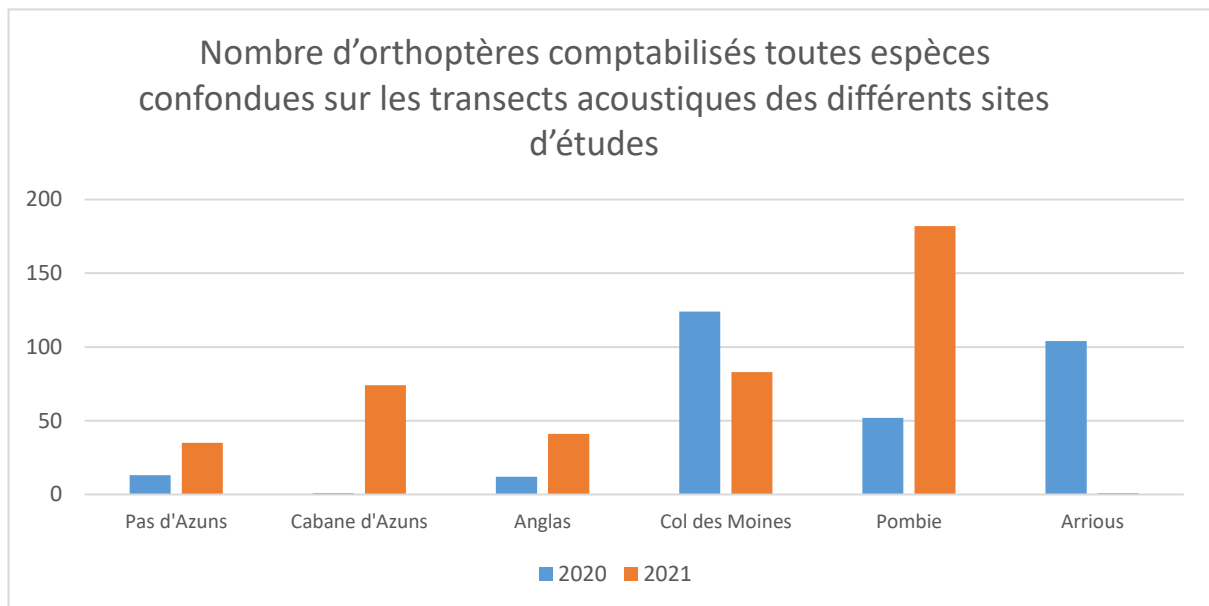
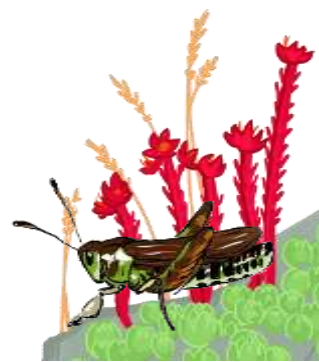


Fig. 124. Nombre d'orthoptères comptabilisés sur les transects acoustiques des différents sites d'études.

Concernant le nombre d'espèces recensées à l'acoustique, là encore le Col des Moines domine avec 8 espèces. Le nombre plus important de transects peut expliquer le plus grand nombre d'espèces répertorié. Les sites de la Cabane de Plaa de Baïtch (Cabane d'Azuns) et de Pombie totalisent toutefois 7 espèces avec un nombre de transects cette année de 2 et 3 respectivement.



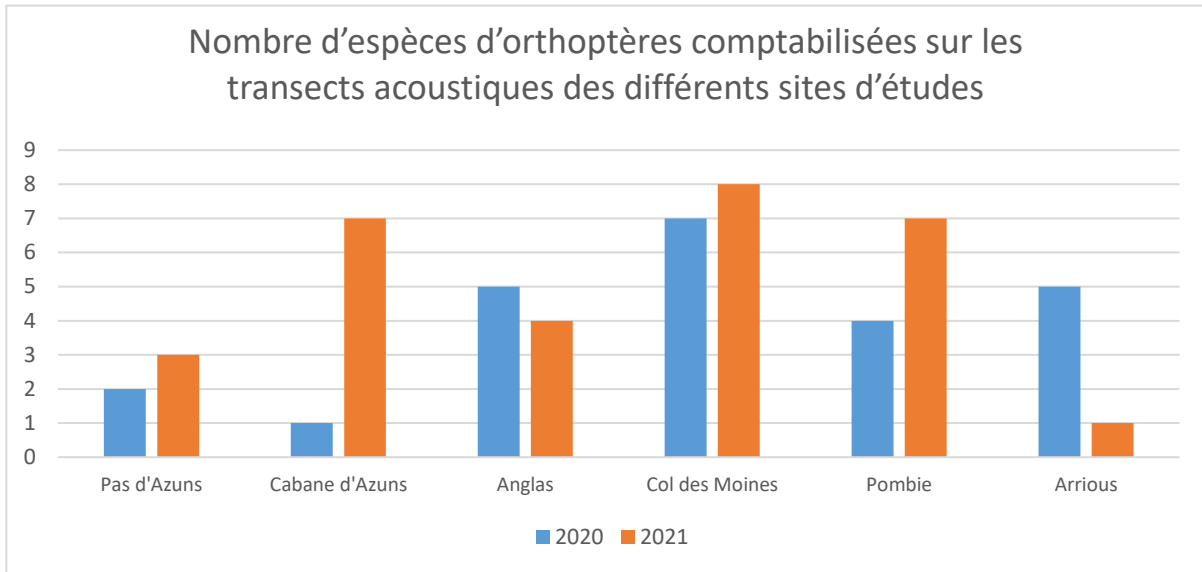


Fig. 125. Nombre d'espèces d'orthoptères comptabilisées sur les transects acoustiques des différents sites d'études.

• *Analyses de diversité*

Les sites ont été comparés entre eux à l'aide de trois jeux de données de tirage aléatoire des transects. Pour les trois tirages testés, des différences significatives ont été constatées pour les deux indices de diversité (Tab. XXXVII).

Tab. XXXVII. p-values obtenues pour la comparaison des sites avec le test de Friedman

	Tirage 1	Tirage 2	Tirage 3
Shannon	0.0218	0.0245	0.0232
Simpson	0.0218	0.0245	0.0232

Les tests post-hoc de Nemenyi montrent des différences significatives entre certains sites (Tab. XXXVIII, Fig. 126). Pour les trois tirages et les deux indices, une différence significative de diversité est observée entre le site Soum de Pombie et le site du Pas d'Azuns. Une différence entre le site de Soum de Pombie et la Cabane d'Azuns est aussi observée pour le tirage 1. On observe aussi une différence possible entre les sites du Col des Moines et du Pas d'Azuns (p-value=0.09874).

Tab. XXXVIII. Différences significatives observées entre sites pour les trois tirages et les deux indices de diversité.

Tirage	Indice de diversité	Sites	p-value
Tirage 1	shannon	Soum de Pombie - Azuns (cabane)	0.037537
		Soum de Pombie - Azuns (pas)	0.04853
	simpson	Soum de Pombie - Azuns (cabane)	0.04853
Tirage 2	shannon	Soum de Pombie - Azuns (pas)	0.021807
	simpson	Soum de Pombie - Azuns (pas)	0.02875
Tirage 3	shannon	Soum de Pombie - Azuns (pas)	0.21807
	simpson	Soum de Pombie - Azuns (pas)	0.02875





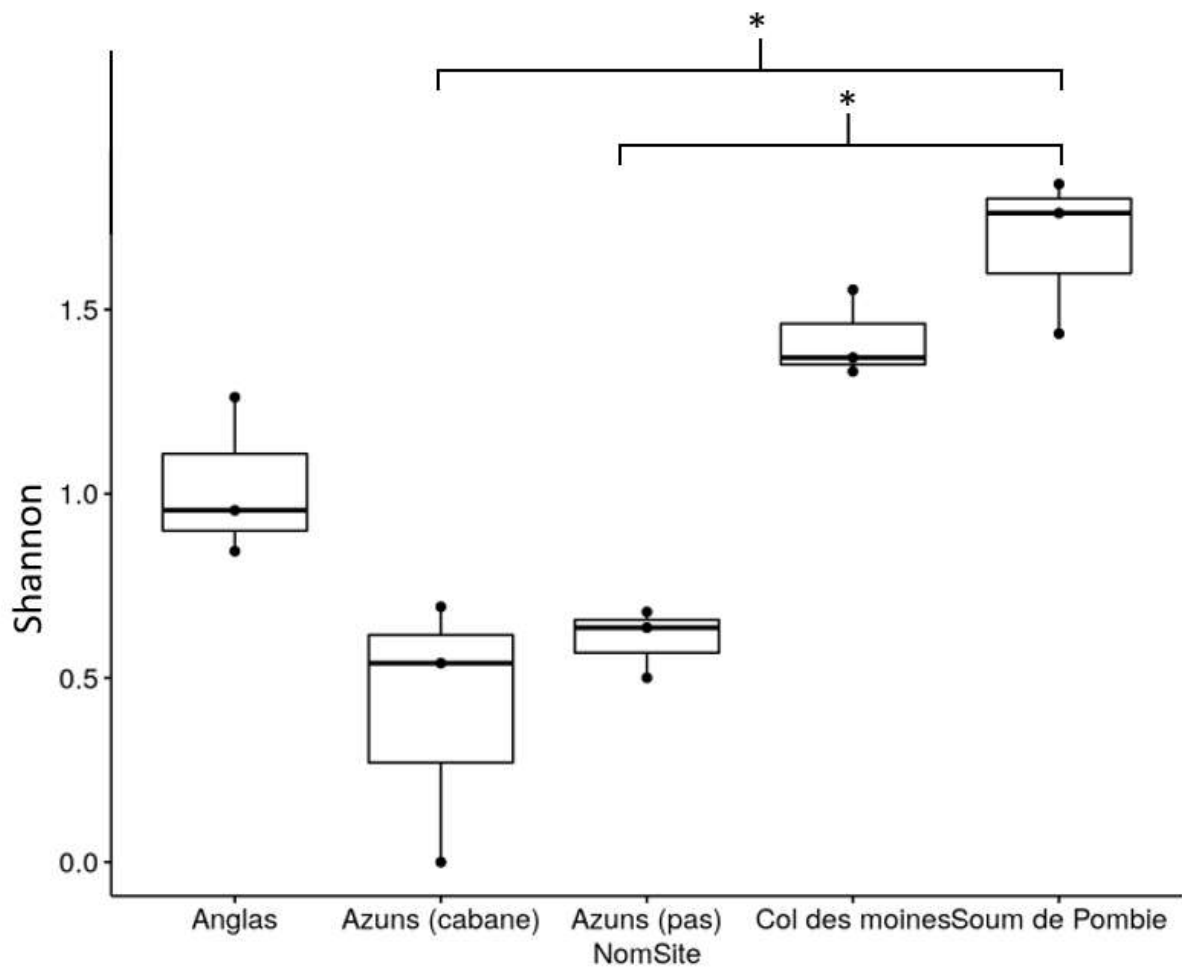
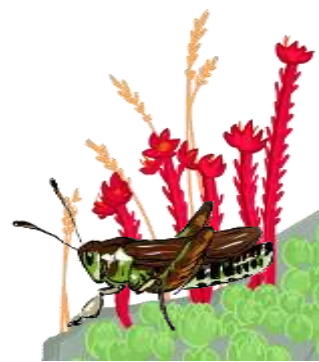


Fig. 126. Indice de diversité de Shannon calculé pour chaque site et année (tirage 1). \* indique une différence significative avec une p-value <0.05.

La comparaison des trois années de suivi pour la période de fin d'été n'a pas montré de différences significatives pour les indices de diversité de Shannon et de Simpson (3 tirages).

La diversité estimée au cours des trois passages a été comparée pour les années 2019 et 2021. Pour l'année 2019, aucune différence significative n'a été observée entre les passages 2 et 3 (le passage 1 n'étant pas évalué pour cette année). La comparaison des transects pour cette année 2019 ne montre pas non plus de différence significative (p-value 0.305 pour l'indice de Shannon et p-value de 0.125 pour l'indice de Simpson). En revanche pour l'année 2021, une différence significative de diversité est observée entre les passages 1 et passage 3 (p-value= 0.00439 pour l'indice de Shannon et p-value de 0.00225 pour l'indice de Simpson (Fig. 127)). La comparaison des transects pour l'année 2021 ne montre pas non plus de différence significative (p-value 0.118 pour l'indice de Shannon et p-value de 0.140 pour l'indice de Simpson).



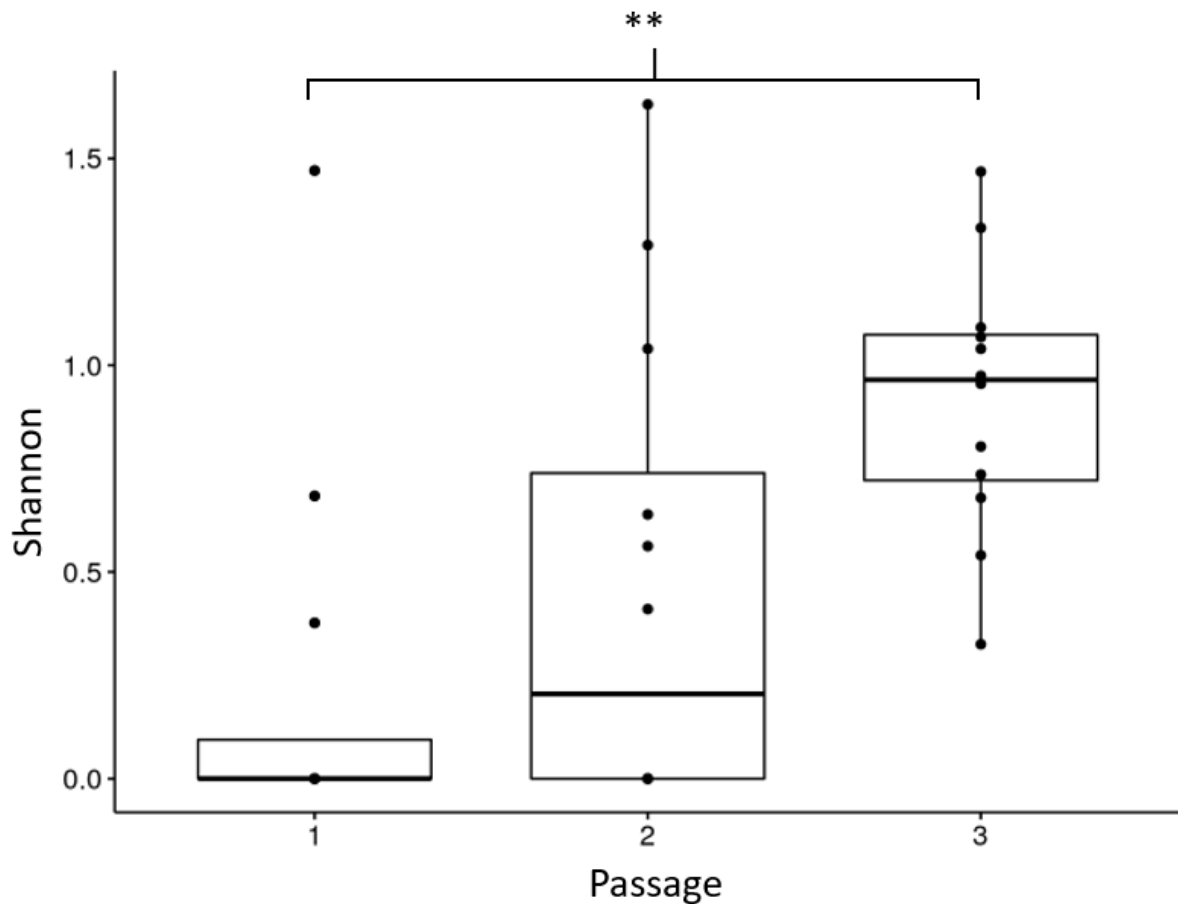


Fig. 127. Diversité estimée par l'indice de Shannon pour les trois passages de l'année 2021. \*\* indique la différence significative entre deux passages (p-value <0.01).

La comparaison des transects n'a pas montré de différences significatives en 2019 (Shannon : p-value=0.305 et Simpson : p-value=0.125) et en 2021 (Shannon : p-value=0.180 et Simpson : p-value=0.140). Cependant, l'ensemble des sites n'a pas pu être utilisé pour cette analyse.

### 6.3.2 Les transects acoustiques longs

En 2021, des prospections ont été menées visant à trouver des zones potentiellement intéressantes, c'est à dire offrant une grande plage altitudinale avec un habitat herbacé à arbustif sur son ensemble, et pouvant donc accueillir de manière pertinente un transect long. Les transects qui ont été testés cette année sont ceux qui ont été mis en place lors des sessions de terrain menées pour les transects courts. Les autres transects ont été positionnés trop tardivement dans la saison. Ainsi, le Pic de Chérué, le Pic de Gaziès et le Soum de Pombie ont fait l'objet d'un test complet, c'est à dire sur l'ensemble de leur trajet. En effet, lors du test effectué sur le transect positionné à Anglas, la météo s'est dégradée, ne permettant pas d'écoute en dessous de 2000 mètres d'altitude (couverture nuageuse de 100%).

Au total, ce sont 539 données d'orthoptères qui ont été récoltées sur les 3 transects qui ont fait l'objet d'un test complet, soit près d'un tiers des éléments récoltés en 2021. 11 espèces ont été recensées par cette méthode, sur les 15 notées cette année.

La répartition altitudinale des espèces a donc été établie à partir de ces premiers passages. Les graphiques ci-dessous (Fig. 128) présentent les résultats de transects qui ont pu être testés sur toute leur longueur. Le Soum de Pombie a fait l'objet de deux passages : les 5 et 24 août.

Certaines espèces ne sont observées qu'à haute altitude telles que *Gomphocerus sibiricus* (altitude médiane 2143 m, quantile 10= 1975.9, quantile 90 =2345.2, Tab. XXXIX). L'altitude la plus basse répertoriée pour cette espèce est de 1888 m (site de Chérue) et l'altitude la plus haute 2401 m (site de Gaziès). Le plus grand nombre d'individus est d'ailleurs observé sur ce site. D'autres espèces sont plutôt de moyenne altitude (*Arcyptera fusca*, *Decticus verrucivorus* ou *Stauroderus scalaris*, Tab. XXXIX).

Ces graphiques montrent également que certaines de ces espèces de moyenne altitude peuvent faire des incursions à plus haute altitude : la majorité des effectifs de la population restant à moyenne altitude, quelques individus supportant des altitudes plus élevées. C'est le cas, par exemple de *Decticus verrucivorus*, particulièrement visible sur le site de Gaziès. A l'inverse, une espèce comme *Arcyptera fusca* marque un arrêt net des individus détectés sans individus isolés à plus haute altitude.

Enfin, les deux passages sur le Soum de Pombie montrent une différence altitudinale dans la phénologie des espèces : les espèces sont repérées plus tardivement dans la saison à plus haute altitude. Ainsi *Decticus verrucivorus*, *Stauroderus scalaris* et *Stenobothrus nigromaculatus* deviennent plus abondantes à haute altitude qu'à moyenne altitude avec l'avancée de la saison.

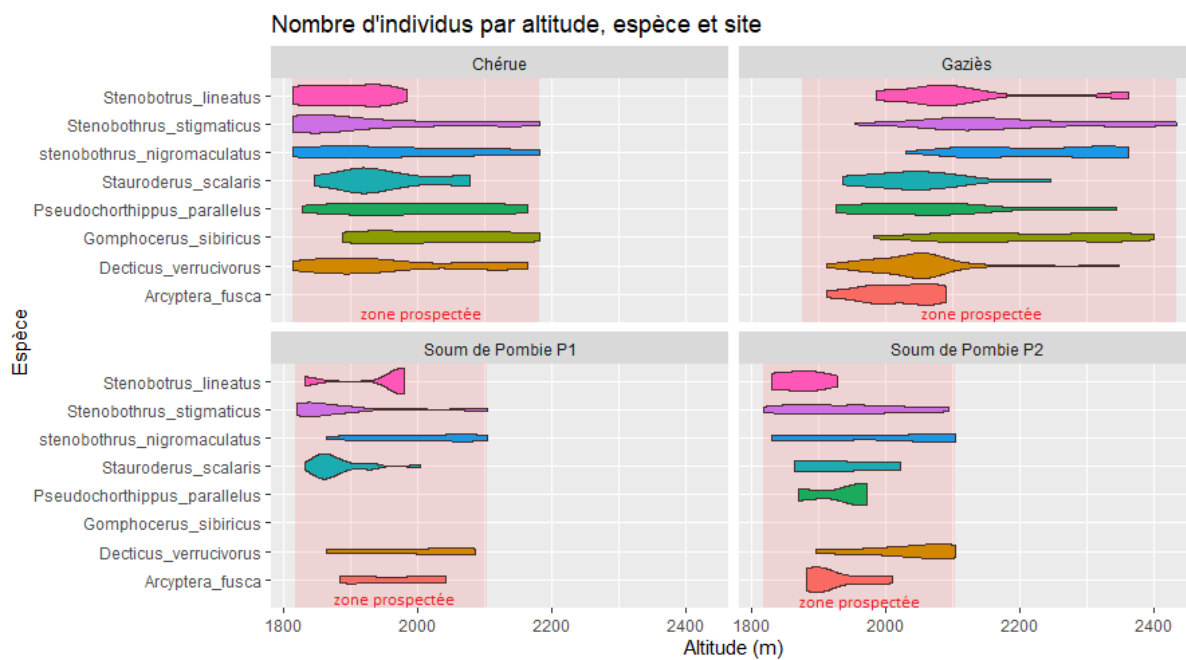


Fig. 128. Répartition altitudinale des espèces le long des transects longs testés en 2021.



Tab. XXXIX. Altitudes moyennes, médianes, quantiles 10 et quantiles 90 pour les espèces observées

Espèce	Quantile 10	Altitude moyenne	Altitude médiane	Quantile 90
<i>Arcyptera fusca</i>	1883	1978.767	1987	2070
<i>Chorthippus biguttulus</i>	1950.3	2003.5	2003.5	2056.7
<i>Decticus verrucivorus</i>	1867	2006.407	2018.5	2106
<i>Gomphocerus sibiricus</i>	1975.4	2160.878	2143	2345.2
<i>Platycleis albopunctata</i>	1918.1	1938.5	1938.5	1958.9
<i>Pseudochorthippus parallelus</i>	1872	2037.536	2038.5	2174.5
<i>Psophus stridulus</i>	2061.6	2072.333	2072	2083.2
<i>Stauroderus scalaris</i>	1854	1969.322	1951	2084.4
<i>stenobothrus nigromaculatus</i>	1864	2077.422	2086	2318
<i>Stenobothrus stigmaticus</i>	1836	2039.442	2055	2239.5
<i>Stenobotrus lineatus</i>	1831	1986.789	1973	2137.4

Par ailleurs, les analyses des données récoltées montrent qu’il existe des variations pour chaque espèce entre les sites. Une espèce n’est ainsi pas forcément répertoriée sur chaque site malgré une altitude et un milieu qui lui est en théorie favorable. Par exemple pour *Staudoreus scalaris* la plus basse altitude répertoriée est de 1831m (site de Soum de Pombie P1) et l’altitude maximale est de 2246m (site de Gaziès) (Fig. 128).

La comparaison de la diversité avec les indices de Simpson et de Shannon montre qu’il n’y a pas de différences significatives entre les tranches d’altitude 1900–2100m et 2100m–2300m (respectivement p-value=0.564 et p-value=0.248). La comparaison des sites à partir de ces deux tranches d’altitude ne montre pas de différences significatives (p-value=0.139 et p-value=0.3). Cependant, il n’y a que deux mesures par site, et on peut remarquer que le Col des Moines montre le cortège le moins diversifié (Fig. 129). La comparaison des tranches d’altitude avec les sites Chérie, Soum de Pombie et Gaziès ne montre pas non plus de différences significatives entre les tranches 1700–1900 m, 1900–2100 m et 2100–2300 m (shannon p-value=0.118 et simpson p-value=0.288) (Fig. 130). La tranche 1700–1900 m montre le plus de disparités entre les sites et la tranche 1900–2100m montre les plus hautes diversités en moyenne.

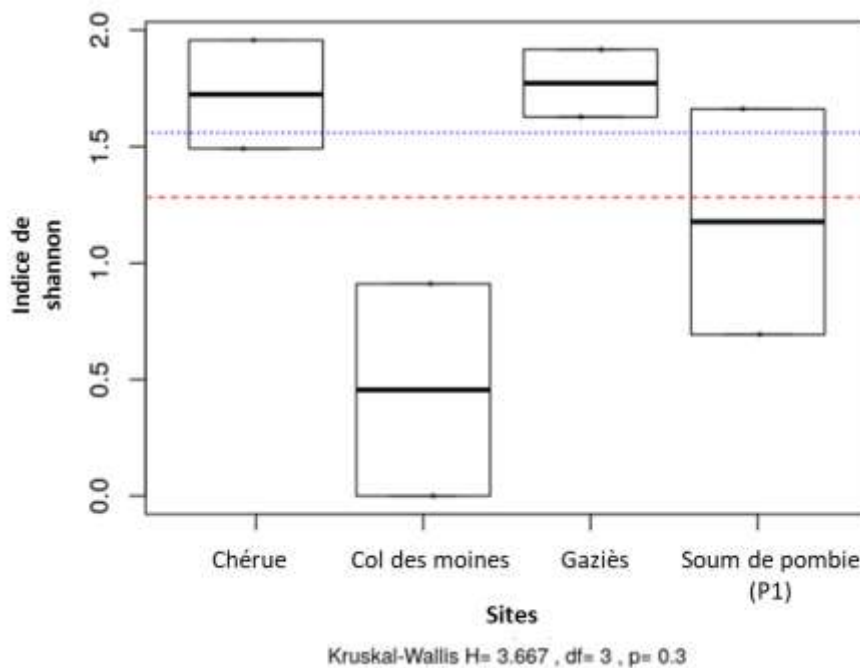


Fig. 129. Comparaison des tranches d'altitude pour les sites Chérué, Soum de pombie et Gaziès avec l'indice de diversité de Shannon.

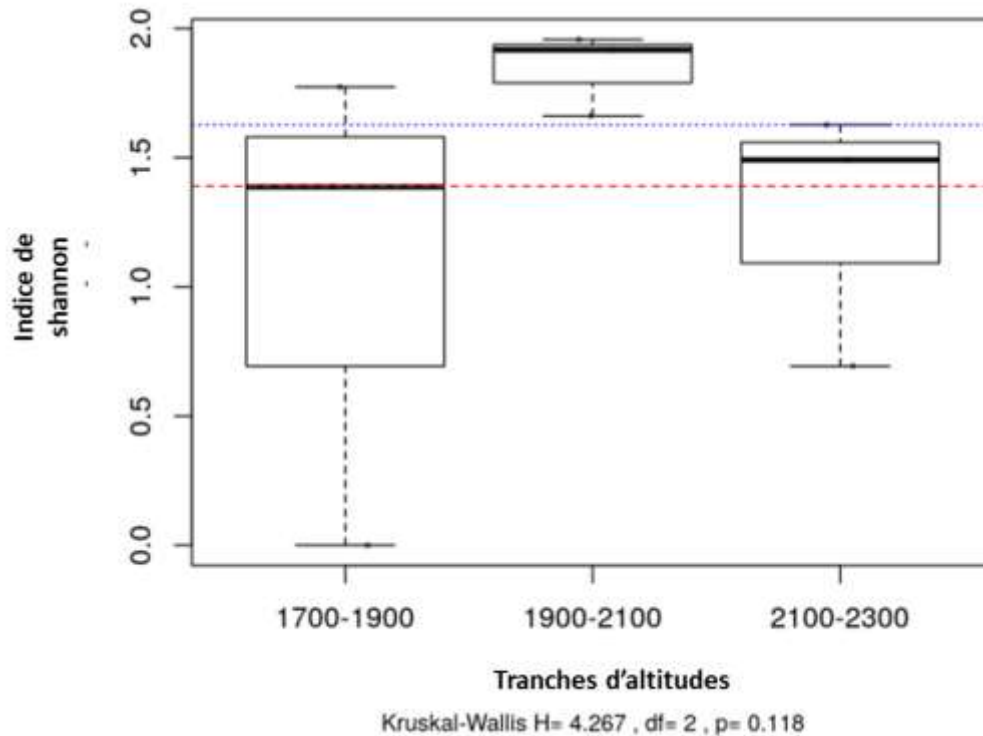


Fig. 130. Comparaison de l'indice de Shannon calculé pour deux tranches d'altitude (1900–2100m et 2100–2300m) pour les transects longs.

Concernant le site de Soum de Pombie, aucune différence significative entre les deux passages sur le site n'a été observée (Shannon : p-value=0.827 et Simpson : p-value=0.513).

### 6.3.3 Le transect voiture

Le tableau ci-dessous (Tab. XL) présente les dates et les conditions météorologiques des passages effectués. Il précise également l'heure de début et de fin du transect.

Tab. XL. Dates et conditions de température des transects voiture en 2021.

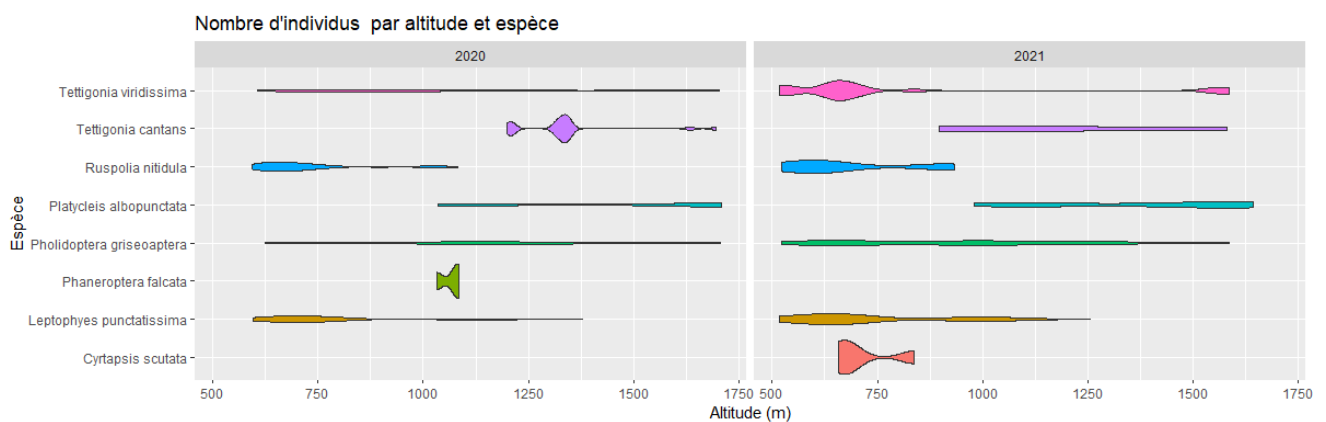
Site	Date de prospection	Heures de début et de fin du transect	Conditions météorologiques en début et en fin de transect
Pourtalet - Laruns	19/07/2021	22H26 23H27	15°C, temps couvert 18°C, temps couvert
	08/08/2021	21H45 22H50	12°C, temps clair 12°C, temps clair
	24/08/2021	21H23 22H28	16°C, temps clair 18°C, temps clair
Aubisque - Laruns	21/07/2021	22H30 23H07	18°C, temps couvert 21°C, temps couvert
	09/08/2021	21H59 22H43	13°C, temps clair 18°C, temps clair
	05/09/2021	20H57 21H34	16°C, temps clair 18°C, temps clair

Afin de traiter de manière équivalente l'ensemble des fichiers sons recueillis au cours de ces transects voitures, un travail de mise en œuvre du logiciel de détermination automatisé des espèces a



été amorcé. Il s'agit du logiciel Tadarida, développé par le MNHN. Il requiert la constitution d'une base de données de sons préalablement identifiés à l'espèce. Ce travail est en cours.

L'analyse de deux passages sur le transect Aubisque-Laruns a été effectuée (manuellement pour le moment), afin de présenter le type de résultats attendus par ce protocole. Il s'agit d'un passage fait le 20/08/2020 et du passage du 05/09/2021. Le graphique ci-dessous (Fig. 131) présente la répartition altitudinale des espèces contactées. Certaines espèces sont très ponctuelles (*Cyrtapsis scutata* ou *Phaneroptera falcata*). Pour les autres espèces, on retrouve des espèces de basse altitude (*Ruspolia nitidula* et *Leptophyes punctatissima*) et des espèces de moyenne altitude (*Platycleis albopunctata* et *Tettigonia cantans*). Deux espèces sont présentes sur l'ensemble du transect : *Pholidoptera griseoaptera* et *Tettigonia viridissima*.



**Fig. 131. Répartition altitudinale des espèces le long du transect voiture d'Aubisque à Laruns le 20/08/2020 et le 05/09/2021.**

## 6.4 Discussion

Dans cette étude, différents protocoles ont été testés afin de pouvoir analyser les effets du changement climatique sur la répartition altitudinale des orthoptères en montagne. Trois protocoles ont été testés et des premières analyses ont été effectuées malgré le fait que seulement une ou deux années de suivis ont été faites.

### 6.4.1 Interprétation transects courts

Les transects courts ayant été réalisés pendant deux années avec trois passages sur plusieurs sites, ils ont permis de faire des comparaisons de diversité. En effet, les analyses de diversité ont montré des différences significatives entre sites, avec une diversité plus importante mesurée pour le site Soum de Pombie et une diversité plus faible pour le Pas d'Azuns. Les différences observées peuvent être dues à la différence d'altitude entre les sites, bien qu'une plus grande diversité fût attendue pour les sites de basses et moyennes altitudes. D'autres facteurs peuvent influencer la diversité, tels que la localisation au sein du massif (le Soum de Pombie se situant en exposition sud à proximité immédiate de la frontière espagnole), le type de végétation ou l'intensité du pâturage, et expliquer les différences de diversité obtenues (KENYERES & CSERVENKA, 2014). Il est intéressant de noter que pour l'année 2021 une

différence importante de diversité est observée entre le premier passage en juillet et le dernier passage entre fin août et début septembre. Le passage en début de saison permet ainsi de comptabiliser les espèces les plus précoces du cortège. Ainsi avec 3 passages, la grande majorité des espèces du cortège pourra être détectée.

Ces analyses de diversité permettent de constituer un point de départ pour évaluer à long terme l'évolution de la diversité par tranche altitudinale. En effet, les changements globaux pourraient à terme induire des modifications sur la diversité selon les altitudes.

#### 6.4.2 Interprétation transects longs

En première approche, cette méthode présente plusieurs avantages par rapport aux autres. En premier lieu, il a été vu que les transects acoustiques permettaient de recueillir beaucoup plus de données que les autres méthodes, ce qui rend les études statistiques plus robustes. Cela a aussi été montré par l'étude de (COUTURIER *et al.*, 2020) pour qui l'ajout d'un transect fauche n'ajoutait pas d'informations supplémentaires sur le cortège. Par ailleurs, la couverture d'une plus large variation altitudinale permet de suivre sur chaque site un cortège d'espèces plus important, rendant ainsi plus probable de détecter des modifications de comportement des espèces. De plus, l'altitude a été montrée comme un élément important pour expliquer la composition des cortèges dans le Jura (FOURNIER *et al.*, 2017). Le choix des transects longs permet aussi d'avoir une vue plus globale par vallée/pic, ce qui peut permettre de détecter plus facilement un éventuel impact des conditions climatiques par tranches altitudinales.

Ce protocole offre de nombreux avantages et notamment en termes d'interprétation des résultats. C'est une méthode d'étude qu'il sera pertinent de conserver lors des prochaines années de suivis. En effet, les tous premiers résultats, alors même que cette année, seuls des tests ont été menés, offrent déjà des hypothèses qu'il conviendra de confirmer ou d'infirmer avec le temps :

- Une espèce comme *Decticus verrucivorus*, pourrait être en phase de remontée altitudinale, avec la présence *a priori* d'individus isolés à plus haute altitude que le cœur de la population.
- A l'inverse, des espèces comme *Arcyptera fusca* ou *Stenobothrus lineatus* marquent un arrêt net des individus détectés sans individus isolés à plus haute altitude. On perçoit déjà des variations selon les massifs puisque *Stenobothrus lineatus* remonte plus haut sur le Pic de Gaziès (au-dessus de 2000 m). Ceci rejoint l'étude de D'AGOSTINO & VACHER, 2021 qui observent une remontée en altitude de *Stenobothrus lineatus*. L'enjeu de ces prochaines années sera de tenter d'en connaître les raisons qui peuvent être multiples : microclimats plus favorables, présence de micro-habitats pour l'espèce ou bien autres facteurs qui seront à déterminer.

Concernant *Gomphocerus sibiricus* en particulier, 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, Poniowski *et al.* (2009b) annoncent qu'elle n'est présente qu'à partir de 1800 mètres. Aujourd'hui, nous n'avons pu l'observer en dessous de 1888 m sur le massif du Pic de Chérue, mais 90% de la population observée se retrouve au-dessus de 1975 m. Ces éléments laissent penser que cette espèce monterait progressivement vers des altitudes plus élevées. Des suivis sur le plus long terme pourront confirmer ou infirmer cette tendance.

À terme, trois passages sur chaque transect long sont envisagés. Il conviendra de faire attention aux dates de passage. En effet, la phénologie des espèces faisant succéder les espèces dans le temps, avec des espèces tardives et des espèces plus précoces, et par ailleurs, la phénologie d'une même



espèce étant variable selon les conditions microclimatiques et altitudinales, des dates de passage d'une année à une autre trop différentes induira des biais.

### 6.4.3 Interprétation transects voiture

Ces transects demandent une grande technicité pour la détermination des sons et beaucoup de temps. La mise en œuvre d'une base de données pour pouvoir faire les analyses avec Tadarida sur le site d'études demande beaucoup de temps. Toutefois, les tous premiers résultats, même s'ils restent encore très parcellaires offrent des perspectives intéressantes en termes d'analyse et d'interprétation. Par exemple, les analyses de diversité par tranche altitudinale pourront être envisagées.

Ce protocole a également l'intérêt de permettre de travailler sur les espèces de basse altitude (Laruns se situe à quelque 500 mètres d'altitude) et d'atteindre 1800 m soit la moyenne montagne. Ces premiers résultats, bien que non représentatifs, permettent de positionner les espèces au sein de leur tranche altitudinale actuelle.

On retrouve sur ces transects des espèces de basse altitude (*Ruspolia nitidula* et *Leptophyes punctatissima*) et des espèces de moyenne altitude (*Platycoleis albopunctata* et *Tettigonia cantans*). Or, D'AGOSTINO & VACHER, 2021 précisent justement que des glissements de répartition de ces deux dernières espèces semblent se dessiner. En effet, *Platycoleis albopunctata* serait retrouvée à plus haute altitude alors que *Tettigonia cantans* aurait tendance à régresser. Par ailleurs, ils ont observé aussi une remontée des espèces de basse altitude.

Certaines espèces ne sont pas réparties de manière homogène tout au long du transect, les causes de cette répartition hétérogène ne sont pas connues, elles peuvent être le signe d'une incursion à plus haute altitude que l'optimum altitudinal de l'espèce, avec la remontée progressive de quelques individus ou bien plus simplement marquer un passage dans un habitat moins favorable lors du transect. Les prochaines années de suivi pourraient permettre de comprendre si cette hétérogénéité est présente chaque année ou s'il s'agit juste d'une variation liée à la date ou à l'année du passage.

Le protocole Vigie-SON semble adapté pour répondre à ces questionnements avec la détection d'espèces possiblement indicatrices sur une tranche altitudinale grande.



## 6.5 Conclusion

La mise en place de protocoles permettant de répondre à toutes les hypothèses sur les impacts du changement climatique permettra d'étudier l'adaptation et la survie des espèces ou des peuplements. La combinaison suivis d'espèces et du cortège associé semble être une solution pertinente :

- D'un côté, la bibliographie indique que *G. sibiricus* est une espèce sensible aux conditions climatiques qui pourrait profiter des périodes sèches et d'une fonte des neiges précoce. Plusieurs populations sont suivies par acoustique comme par fauchage ; cette espèce, étant facilement audible et comptabilisable. Elle peut 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 ? ». Au cours de notre étude, cette espèce n'a pas été contactée à une altitude inférieure à 1888 mètres, avec des variations notables selon les massifs.
- D'un autre côté, suivre l'évolution d'un cortège d'espèces 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. En ce sens les transects longs et les transects en voiture apportent une vision beaucoup plus globale que les autres protocoles. Les premiers résultats permettent de positionner altitudinalement dans chaque vallée les différentes espèces, permettant à terme de suivre les éventuelles modifications.

En 2022, de nouvelles prospections devraient être réalisées pour trouver des nouveaux transects longs couvrant la tranche altitudinale 2100 m–2300 m, même si les secteurs favorables sont a priori relativement peu nombreux, mais par exemple le Pic de Pene Blaque (2299 m) pourrait être un site intéressant, parce que plus à l'ouest, avec un habitat a priori favorable à la présence des orthoptères. Des prospections visant à préciser la répartition de *Gomphocerus sibiricus* pourraient nous permettre d'avoir une vision plus globale de la présence de l'espèce au sein de la Nouvelle-Aquitaine, avec par exemple une nouvelle prospection sur Arlas en plein saison d'activité des orthoptères, voire le pic d'Orhy.

Enfin, le transect voiture nécessite encore quelques ajustements afin de s'assurer que les données puissent être traitées de manière automatique. Là, encore d'autres transects pourraient être testés plus à l'ouest, comme par exemple vers le col de la Pierre-Saint-Martin (1764 m) ou le Port de Larrau (1575 m). Ce qui permettrait de couvrir d'autres zones et évaluer les différences d'Ouest en Est.

