

Identification acoustique des espèces françaises du genre *Rhacocleis* Fieber, 1853 (Orthoptera, Tettigoniidae)

Par Julien Barataud

(julien.barataud@gmail.com)

Résumé

Les stridulations des 5 espèces françaises du genre *Rhacocleis* sont décrites et une clé d'identification acoustique est proposée pour différencier les espèces à l'aide d'un détecteur d'ultrasons à expansion de temps. Des éléments pour faciliter leur recherche sur le terrain et préciser leur écologie et leur répartition sont également proposés.

Abstract

The calling song of the 5 French species of the *Rhacocleis* genus are described ; an acoustic identification key is proposed to differentiate the species using a time-expanding ultrasound detector. Elements to facilitate their research in the field and specify their ecology and distribution are also proposed.



Introduction

Le genre *Rhacocleis* (FIEBER, 1853) compte 5 espèces en France métropolitaine dont 2 ne sont présentes qu'en Corse (SARDET et al., 2015).

Il s'agit de sauterelles souvent difficiles à détecter par des prospections à vue classiques du fait de leur activité strictement nocturne et de leur écologie souvent liée à des habitats arbustifs très encombrés et difficilement accessibles. Leurs stridulations sont peu ou non audibles pour l'oreille humaine à cause de leurs fréquences trop hautes (entre 19 et 36 kHz selon les espèces). Leur recherche à l'aide d'un détecteur d'ultrasons constitue donc une méthode intéressante pour identifier la présence de ces espèces méditerranéennes peu connues.

Des enregistrements de plusieurs espèces présentes en France ont déjà été publiés (SARDET et al., 2015, MASSA et al., 2012) et des descriptions précises des stridulations ont également été faites pour *Rhacocleis germanica* (RAGGE & REYNOLDS, 1998, HELLER, 1988) mais aucune synthèse ne permettait jusque là de mettre en évidence des critères permettant de différencier acoustiquement les espèces françaises.

Cette première synthèse sur le genre *Rhacocleis* est proposée dans le cadre d'un travail en préparation sur l'identification acoustique de l'ensemble des sauterelles de France métropolitaine.



© Julien BARATAUD (22/08/2017)

Figure 1. *Rhacocleis germanica*, l'une des espèces du genre les plus largement répartie en Europe - Tarascon (13)

Matériel et méthode

Enregistrements sur le terrain

Les enregistrements des différentes espèces ont été réalisés avec un détecteur d'ultrasons à expansion de temps : modèle Pettersson D980 de Pettersson Elektronik AB (fréquence d'échantillonnage : 350 kHz et résolution : 8 bits) couplé avec enregistreur à cassettes DAT pour les enregistrements les plus anciens et modèle Pettersson D1000x (fréquence d'échantillonnage 384 kHz et résolution 16 bits) avec carte mémoire CF intégrée pour les enregistrements les plus récents.

Tous les enregistrements ont été réalisés en conditions naturelles, directement sur le terrain. L'ensemble des individus enregistrés ont été contrôlés visuellement afin de vérifier leur identité spécifique par des critères morphologiques.

Le **Tableau 1** liste les dates et lieux d'enregistrement constituant la base de données acoustique ayant servi à cette étude. Plusieurs séquences de *Rhacocleis germanica*, *R.poneli* et *R.annulata* transmises par Yves Bas ont également été analysées dans un second temps et ont permis de conforter les critères mis en évidence par l'analyse des sons de référence.

Tableau 1.

Dates et lieux d'enregistrement des différentes espèces de *Rhacocleis* de France métropolitaine

Espèce	Date	Lieu (Département français ou pays)	Nombre de phases analysées
<i>Rhacocleis bonfilsii</i>	20/08/2001	Asco (2B)	10
<i>Rhacocleis corsicana</i>	25/08/2001	Asco (2B)	12
<i>Rhacocleis germanica</i>	25/08/2001	Asco (2B)	9
<i>Rhacocleis germanica</i>	15/07/2003	Roccaverano (IT)	7
<i>Rhacocleis germanica</i>	22/08/2017	Tarascon (13)	19
<i>Rhacocleis poneli</i>	22/08/2017	Tarascon (13)	42
<i>Rhacocleis poneli</i>	25/08/2017	Collias (30)	22
<i>Rhacocleis annulata</i>	25/08/2017	Collias (30)	25

Terminologie utilisée pour la description des stridulations

Il est très complexe d'adopter une terminologie adaptée pour la description des différentes parties des stridulations des orthoptères et, comme le soulignent RAGGE & REYNOLDS (1998), il existe presque autant de terminologies différentes que de bio-acousticiens ayant travaillé sur ce groupe. Le **Tableau 2** synthétise les principales terminologies récemment utilisées dans la bibliographie relatives aux stridulations d'orthoptères (la plupart des autres terminologies plus anciennes n'ont pas été reprises dans les publications les plus récentes). Les choix terminologiques réalisés ici s'inspirent très largement

des principales références européennes (RAGGE & REYNOLDS, 1998 ; HELLER, 1988, 2006). Cependant, dans cette étude, l'approche avec le détecteur d'ultrasons, l'utilisation de l'expansion de temps, la volonté d'avoir une terminologie adaptée aux enregistrements en direct sur le terrain et un souci de cohérence sémantique ont nécessité quelques ajustements qui sont justifiés ci-après.

Accent : unité de sensation auditive d'une stridulation, correspondant à un pic d'amplitude irréductible auditivement (son appréciation nécessite impérativement un ralentissement de 10 ou 20 fois). Chez les ensifères, un accent correspond à un contact ponctuel entre l'archer (situé sur

la face supérieure du tegmen couvert) et l'une des rides de la râpe stridulatoire (située sur la face inférieure du tegmen couvrant). Ce terme peut être considéré comme synonyme d'impulsion.

Syllabe : évènement sonore généralement constitué par plusieurs accents (seule exception française chez *Cyrtaspis scutata* qui produit des syllabes à un seul accent) et produit par un mouvement simple (va ou vient) de l'appareil émetteur (mouvement des tegmina pour les ensifères chez qui on peut alors distinguer la syllabe d'ouverture et la syllabe de fermeture). La définition d'une syllabe en langage oral est une unité ininterrompue d'où le choix de la réserver à un seul mouvement des tegmina.

Cycle : évènement sonore correspondant à un mouvement double de va-et-vient (cycle d'ouverture et de fermeture des tegmina pour une stridulation d'ensifère). Chez les ensifères, le son produit peut être monosyllabique (frottement de l'archer contre les rides uniquement à l'ouverture ou – cas le plus fréquent – uniquement à la fermeture) ou bi-syllabique (frottement à l'ouverture et à la fermeture, avec une différence d'intensité et/ou de sonorité

perceptible entre les deux mouvements [ralentissement de 10 ou 20 fois souvent nécessaire]).

Phase : succession de cycles analogues (ne différant éventuellement que par des variations d'intensité), séparés par des intervalles réguliers ; on distingue deux phases différentes lorsque la durée d'un intervalle est au moins égale au double de celle de l'intervalle qui précède. L'uniformité de structure des éléments constituant une phase nous semblait incompatible avec la notion de phrase, très liée au langage humain et correspondant à un ensemble composite de caractères très différents.

Strophe : ensemble de phases analogues (strophe homogène) ou non analogues (strophe hétérogène) formant un motif cohérent sur le plan temporel (intervalles entre strophes supérieur à celui entre phases et/ou cycles).

Séquence : ensemble de strophes séparées par des intervalles variables.

La **Figure 2** illustre cette terminologie sur des séquences de *Rhacocleis germanica* à différentes échelles temporelles.

Tableau 2.

Principales terminologies récemment utilisées pour la description des stridulations d'orthoptères et proposition d'une terminologie adaptée à leur étude sur le terrain

Unité	Définition	Barataud, 2018	Ragge & Reynolds, 1998	Heller & al., 2006	Bellmann & Luquet, 2009	Morris & Walker, 1976 - Buzzetti & Barrientos, 2011 (terminologie américaine)
1	Contact ponctuel entre l'archer et l'une des rides de la râpe stridulatoire	Accent	Tooth-impact (impact de dent)	Impulse (impulsion)		Pulse (impulsion)
2	Ouverture des tegmina	Syllabe d'ouverture	Opening hemisyllable (hémisyllabe d'ouverture)	Opening hemisyllable (hémisyllabe d'ouverture)	Accent	Minor pulse train
2'	Fermeture des tegmina	Syllabe de fermeture	Closing hemisyllable (hémisyllabe de fermeture)	Closing hemisyllable (hémisyllabe de fermeture)		Major pulse train
3	Cycle d'ouverture et fermeture des tegmina	Cycle	Diplosyllable (diplosyllabe)	Syllabe (syllable)	Accent double	Phonotome or chirp (phonotome)
4	Succession de cycles analogues	Phase	Echeme (phrase)	Echeme (phrase)	Phrase	Buzz Rattle Tick sequence Zip Smack
5	Ensemble de phases formant un motif cohérent	Strophe	Echeme-sequence (strophe)		Séquence	
6	Ensemble de strophes	Séquence				

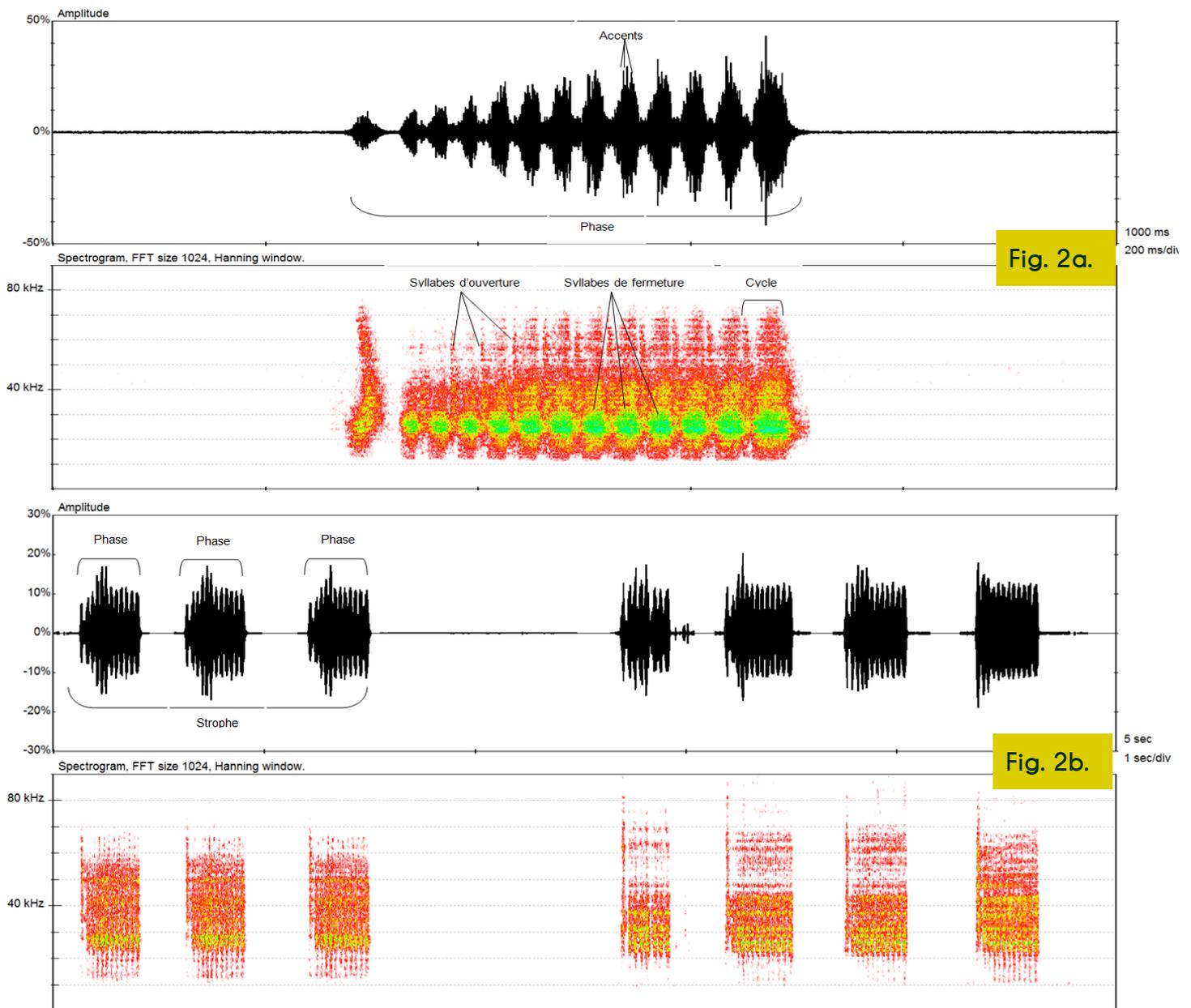


Fig. 2a.

Fig. 2b.

Figures 2a et 2b.
 Illustration de la terminologie utilisée sur des stridulations de *Rhacocleis germanica* à différentes échelles temporelles.
Fig. 2a (en haut) : oscillogramme (partie supérieure) et spectrogramme (partie inférieure) d'une phase ; sur ce dernier les syllabes d'ouverture, courtes et faibles en intensité, sont peu visibles. Enregistrement Julien Barataud, Tarascon (FR-13), 22/08/2017, 22°C .
Fig. 2b (en bas) : oscillogramme (partie supérieure) et spectrogramme (partie inférieure) de deux strophes. Enregistrement Michel et Julien Barataud, Rocaverano (IT), 15/07/2003.

Analyse des séquences et mesures

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel BatSound® (Pettersson Elektronik AB). Différentes mesures ont été effectuées sur l'ensemble des séquences disponibles :

- nombre de syllabes et/ou de cycles ;
- durée des phases ;
- durée des intervalles entre les phases ;

- nombre de phases par strophes ;
- intervalles entre les strophes ;
- fréquence du maximum d'énergie (FME) : cette notion peu utilisée jusque-là dans la bibliographie concernant les stridulations d'orthoptères est d'une aide précieuse pour la différenciation de certaines espèces sur le terrain à l'aide d'un détecteur d'ultrasons.

Elle peut être mesurée sur un logiciel d'analyse par densité spectrale (**Figure 3**) mais peut également être appréciée sur le terrain avec un détecteur d'ultrasons à l'aide de la recherche du battement zéro en mode hétérodyne (voir BARATAUD, 2012). La mesure précise de la FME est parfois problématique sur certaines phases pour lesquelles apparaissent plusieurs pics de fréquence d'intensité similaire. Dans ces cas là, une mesure médiane a été prise (parfois entre deux pics). Dans tous les cas, il est important de mesurer plusieurs phases sur une même séquence et d'avoir en tête que la qualité de l'enregistrement (notamment la présence plus ou moins importante de bruit de fond) peut interférer sur la qualité de la mesure de la FME. L'adéquation des résultats obtenus pour ces différentes variables avec les descriptions disponibles dans la bibliographie a été vérifiée systématiquement (notamment dans RAGGE & REYNOLDS, 1998 ; HELLER, 1988 ; MASSA et al., 2012).

Description des stridulations des différentes espèces

Rhacocleis bonfilsii

Rhacocleis bonfilsii est une espèce endémique de Corse qui a été décrite sur un mâle récolté par Bonfils en 1957 et n'avait pas été retrouvé jusqu'en 2001 où des enregistrements de plusieurs mâles ont pu être réalisés en haute vallée d'Asco (BARATAUD, 2005). Peu de données existent concernant son écologie mais il semble apprécier les landes arbustives à Bruyère arborescente (*Erica arborea*), surtout entre 500 et 1000 m d'altitude et n'a pour l'instant été noté qu'en Haute-Corse. La stridulation est constituée de strophes

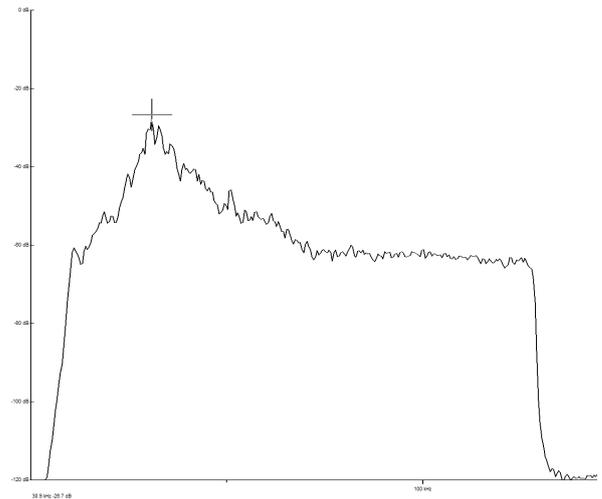
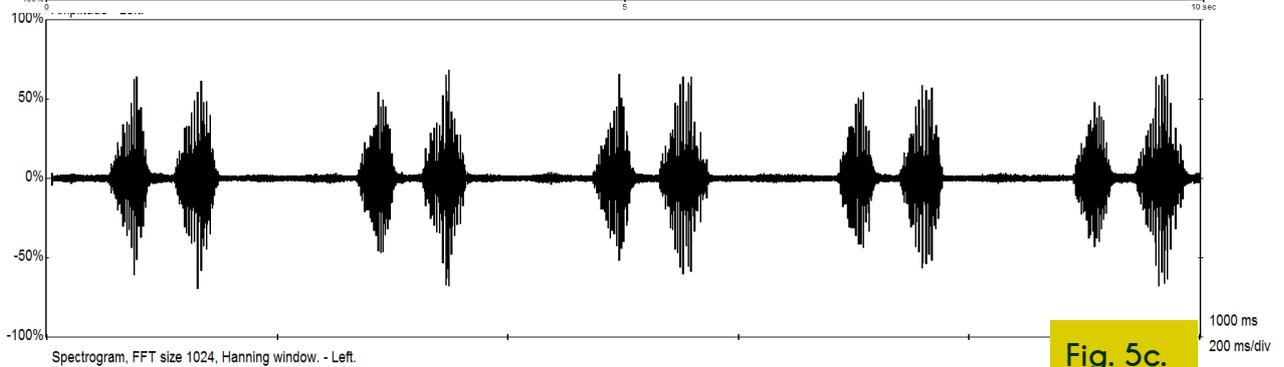
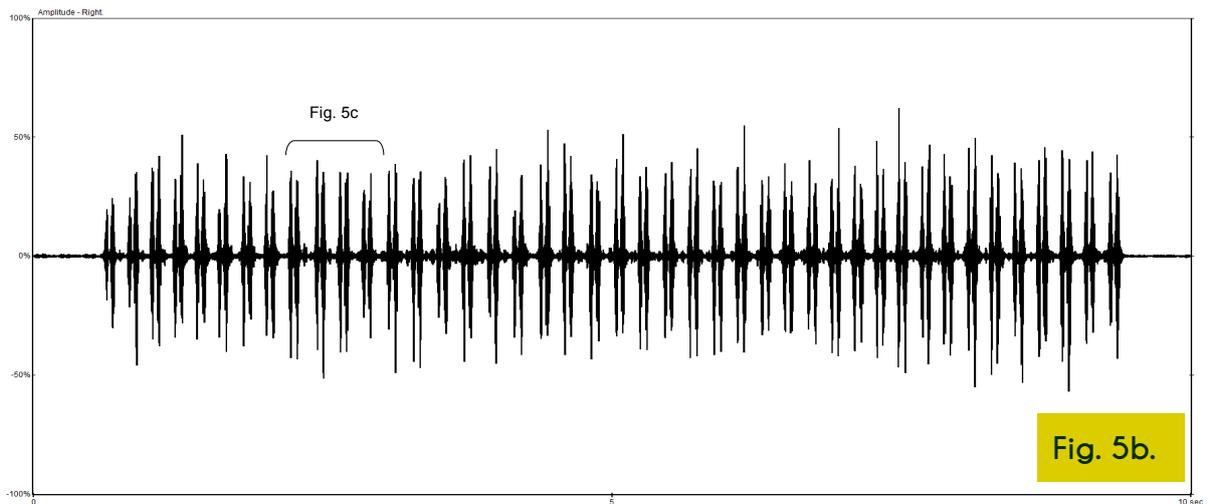
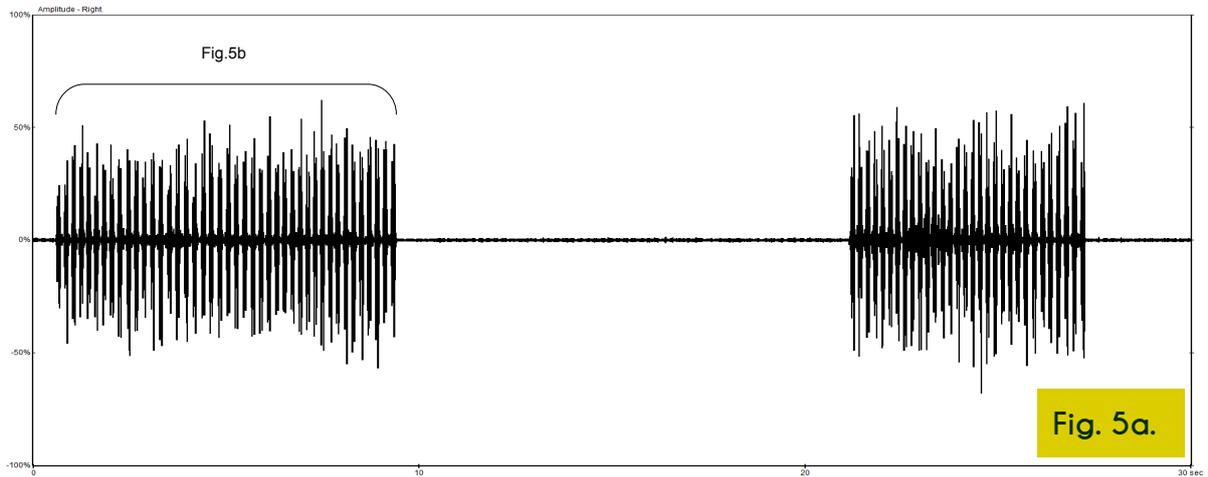


Fig. 3. Mesure de la FME (30,9 kHz) sur un graphe de densité spectrale pour une stridulation de *Rhacocleis bonfilsii*.

de phases bisyllabiques (**Figure 5**) d'une durée généralement comprise entre 5 et 10 secondes. Les intervalles entre strophes sont très variables et irréguliers. Les phases sont constituées par 2 syllabes correspondant à 2 cycles (seules les syllabes de fermeture sont audibles). La durée des phases est de 75 à 90 ms et celle des intervalles entre phases est de 110 à 140 ms. La FME est comprise entre 30 et 32 kHz ; la stridulation est donc inaudible pour l'oreille humaine et ne peut être repérée que grâce à un détecteur d'ultrasons.

Risques de confusion

Cette stridulation diffère nettement de celles des autres espèces du genre présentes en France de part son rythme bisyllabique. Parmi les autres ensifères françaises, elle présente des similarités importantes avec la stridulation de *Tettigonia viridissima* mais cette dernière a une FME beaucoup plus basse (entre 9 et 11 kHz). *Platycleis intermedia* présente également un rythme bisyllabique mais celui-ci est beaucoup plus lent et avec des fréquences également plus basses (entre 17 et 19 kHz).



Figures 5a, 5b et 5c.

Stridulations de *Rhacocleis bonfilsii* à différentes échelles temporelles.

Fig. 5a : oscillogramme d'une séquence constituée de deux strophes.

Fig. 5b : oscillogramme d'une strophe.

Fig. 5c : superposition d'un oscillogramme et d'un spectrogramme montrant le détail de 5 phases bisyllabiques.

Enregistrement de Michel et Julien Barataud, Asco (2B), 20/08/2001.

Rhacocleis corsicana

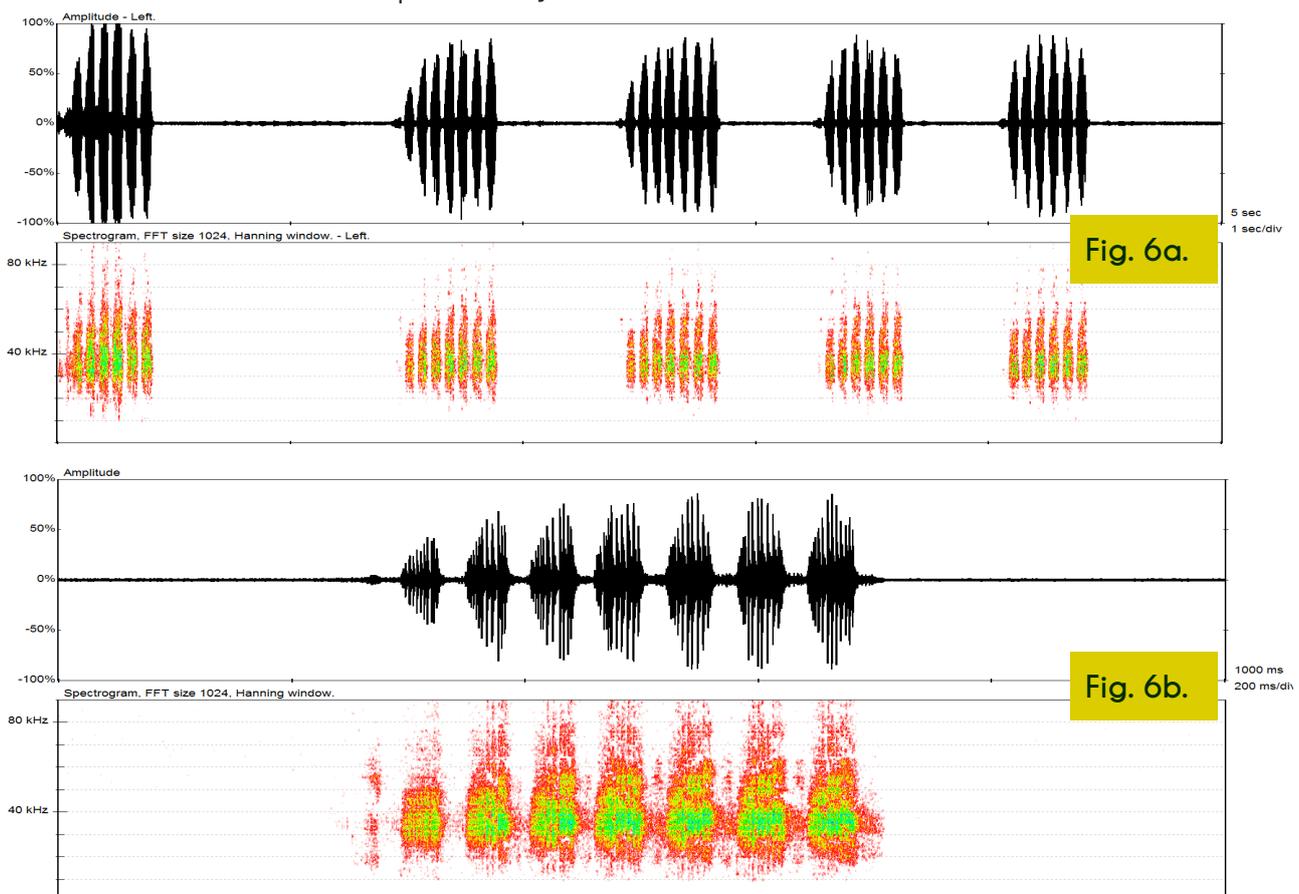
Rhacocleis corsicana est un endémique cyrno-sarde dont la répartition et l'écologie en Corse restent encore à préciser. Toutes les données récentes concernent plutôt des sous-bois à Bruyère arborescente (*Erica arborea*) sous couvert de Pin Laricio (*Pinus nigra ssp. laricio*) entre 800 et 1300 m d'altitude (BRAUD *et al.*, 2002 ; BARATAUD, 2005 ; BOITIER *et al.*, 2006) alors que les données historiques proviennent de la côte sud-est de l'île où les recherches récentes n'ont pas permis de retrouver l'espèce (BOITIER *et al.*, 2006).

La stridulation est constituée par une succession de phases comptant 5 à 7 cycles (Figure 6). Seules les syllabes de fermeture sont audibles sur les enregistrements réalisés sur le terrain et le premier cycle,

d'une intensité plus faible, est généralement peu audible. La durée des phases est de 190 à 400 ms et celle des intervalles entre phases est de 350 ms à un peu plus d'1 s (500 ms en moyenne). La FME est comprise entre 30 et 36 kHz ; la stridulation est donc inaudible pour l'oreille humaine et ne peut être repérée que grâce à un détecteur d'ultrasons.

Risques de confusion

Cette stridulation diffère de celles des autres ensifères françaises ayant une structure similaire et un nombre de cycles semblable (*Rhacocleis poneli*, *Platycoleis albopunctata*, *Metrioptera* sp., etc.) par ses fréquences beaucoup plus hautes (FME entre 30 et 36 kHz alors que toutes les autres espèces ont une FME inférieure à 30 kHz).



Figures 6a et 6b.

Stridulations de *Rhacocleis corsicana* à différentes échelles temporelles.

Fig. 6a : oscillogramme (partie supérieure) et spectrogramme (partie inférieure) d'une succession de phases.

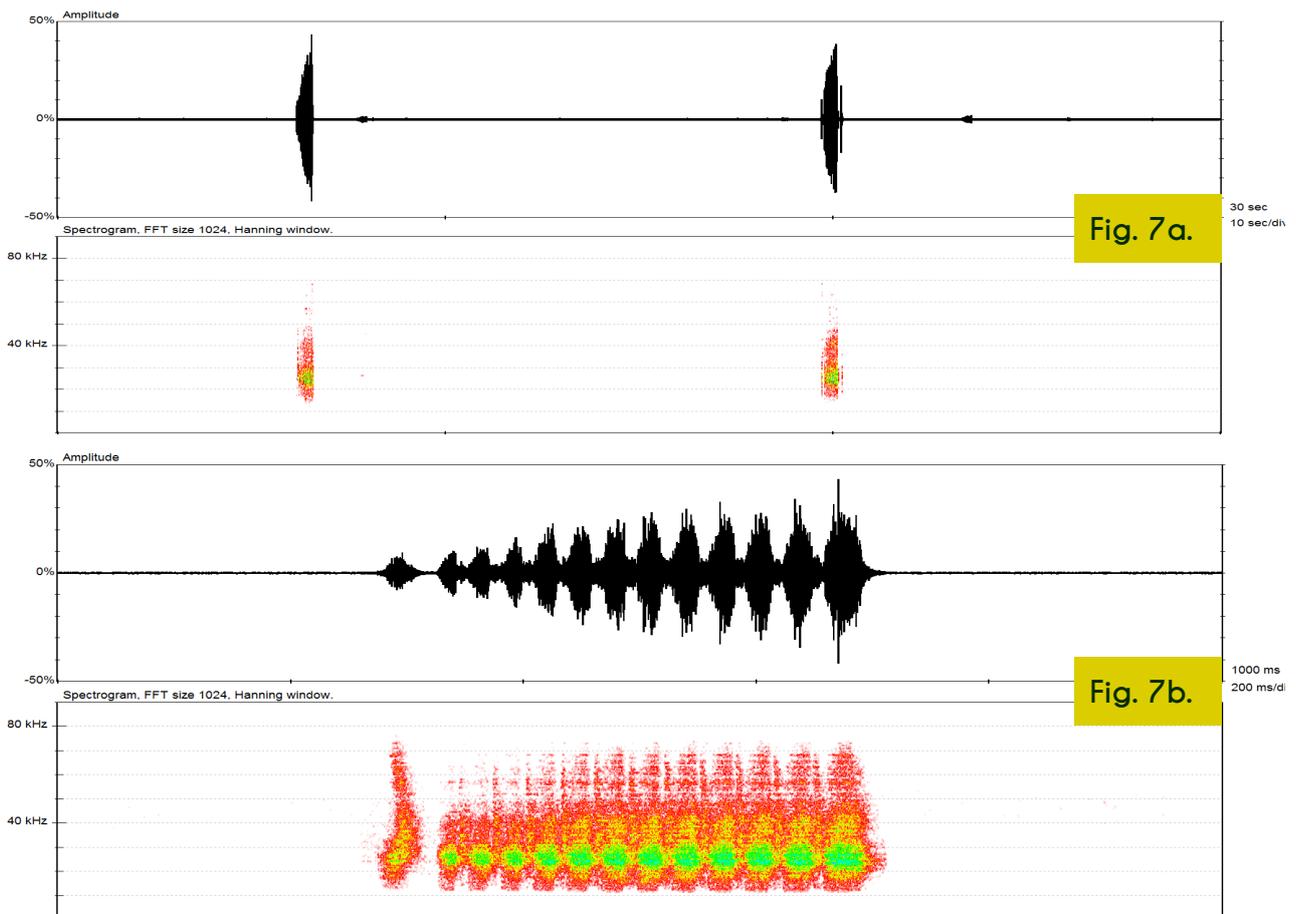
Fig. 6b : oscillogramme (partie supérieure) et spectrogramme (partie inférieure) d'une phase. Enregistrement de Michel et Julien Barataud, Asco (2B), 20/08/2001..

Rhacocleis germanica

Rhacocleis germanica (Figure 1) est l'une des espèces du genre à la plus vaste répartition, de la Provence à la Mer noire, en passant par l'Italie et les Balkans. Il est commun en Corse à basse altitude où il fréquente tous types de milieux buissonnants thermophiles. En France continentale, il est très localisé et n'avait pas été observé pendant plusieurs décennies avant d'être retrouvé par BRAUD (2008) dans le Var. Il a également été trouvé récemment dans les Bouches-du-Rhône, au pied des Alpilles (Sardet, com. pers.).

La stridulation est constituée par des phases comptant 10 à 15 cycles (Figure 7). Les syllabes d'ouverture, bien que

d'intensité plus faible, sont généralement audibles sur les bonnes séquences. La première syllabe, d'intensité un peu plus faible que les suivantes, est suivie d'un court silence conférant à la stridulation une rythmique particulière à l'espèce. Comme chez la plupart des autres espèces du genre, l'intensité de la stridulation augmente crescendo et les derniers accents sont nettement plus forts que les premiers. La durée des phases est de 230 à 520 ms et celle des intervalles entre phases est souvent irrégulière, variant de 600 ms à un peu plus de 12 s. La FME est comprise entre 26,3 et 29,5 kHz ; la stridulation est donc inaudible pour l'oreille humaine et ne peut être repérée que grâce à un détecteur d'ultrasons.



Figures 7a et 7b.

Stridulations de *Rhacocleis germanica* à différentes échelles temporelles.

Fig. 7a : oscillogramme (partie supérieure) et spectrogramme (partie inférieure) d'une succession de phases.

Fig. 7b : oscillogramme (partie supérieure) et spectrogramme (partie inférieure) d'une phase. Enregistrement de Julien Barataud, Tarascon (FR-13), 22/08/2017 ; 22°C.

Sur une séquence enregistrée en Italie (Figure 8), *Rhacocleis germanica* groupe les phases en strophes de 1,5 à 2,5 s, composées de 3 à 4 phases avec des intervalles de 200 à 350 ms entre chaque phase. Cette variation de stridulation n'a jamais été entendue en Provence et en Corse où les phases semblent toujours isolées ou parfois groupées par 2 avec des intervalles restant importants (plus d'1 s).

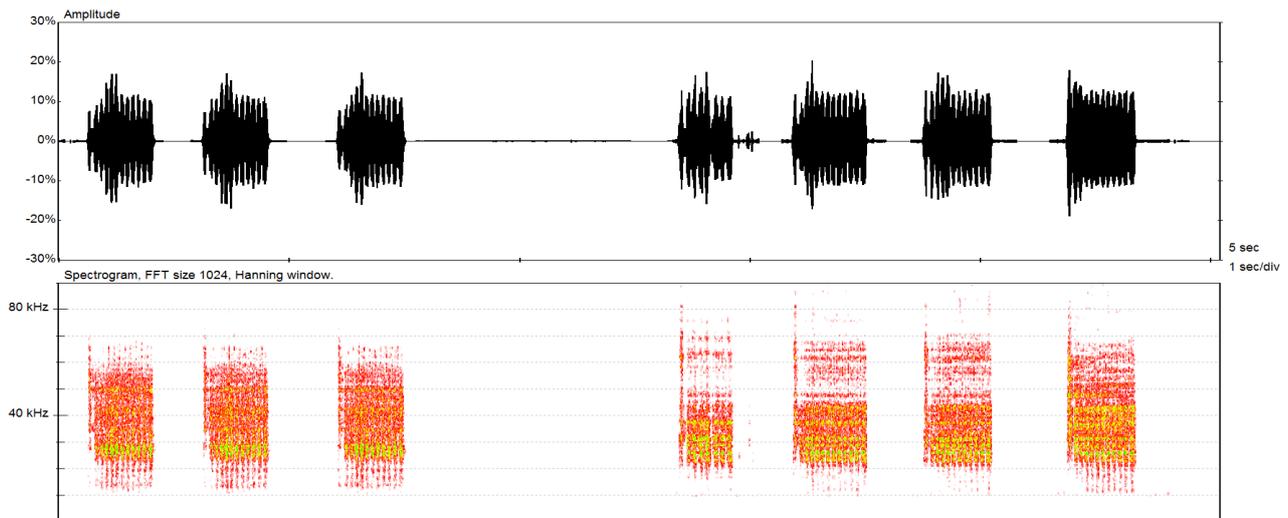


Figure 8

Stridulations de *Rhacocleis germanica* ; variante avec des strophes de 3 à 4 phases. Enregistrement de Michel et Julien Barataud, Rocaverano (IT), 15/07/2003 ; 22°C.

Rhacocleis poneli

Rhacocleis poneli (Figure 9) n'a été découvert en France qu'à la fin des années 1980 dans le Var (PONEL et al., 1988). Il semble depuis connaître une phase d'expansion importante, d'abord dans les départements méditerranéens avec sa découverte en 1998 dans les Alpes-Maritimes (MOSSOT, 1999), puis dans le Vaucluse et les Bouches-du-Rhône (LEMONNIER, 2001), dans le Gard et les Pyrénées-orientales (KOCH & BARDET, 2007) et la Drôme (DUBOIS, 2010). Il a par la suite été découvert sur plusieurs stations du littoral atlantique et du bassin aquitain, d'abord en Gironde et dans le Lot-et-Garonne (DUHAZÉ & BONIFAIT, 2014), puis en Vendée (DESMOTS & RAITIÈRE, 2017) et

Risques de confusion

Le nombre de cycles important et le rythme crescendo sont caractéristiques de cette stridulation qui ne peut guère être confondu avec une espèce d'un autre genre. Elle est par contre très proche de *Rhacocleis annulata* mais en diffère notamment par sa FME plus haute.

en Haute Garonne en 2017 (obs. pers. non publiée).



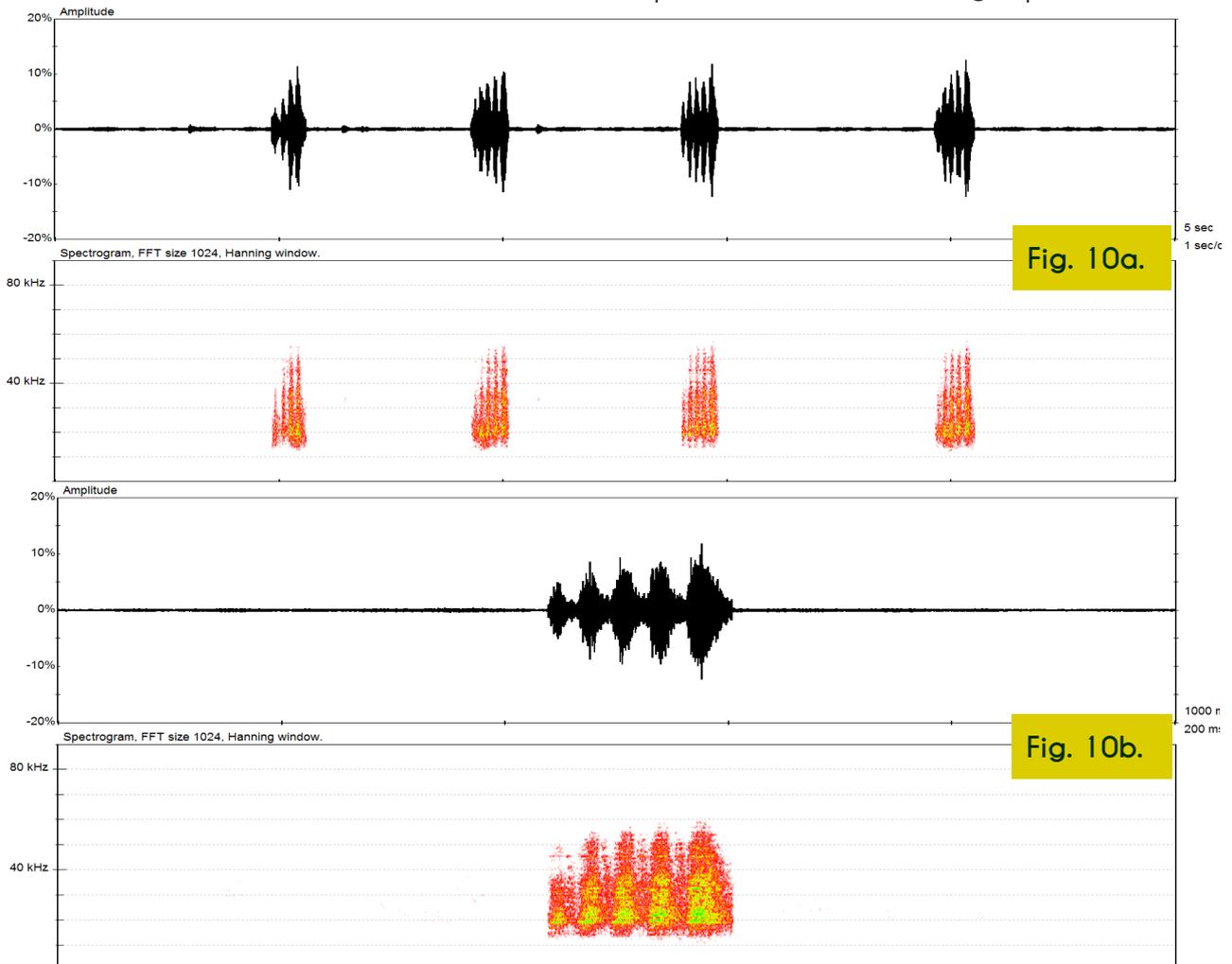
Figure 9. *Rhacocleis poneli*, une espèce en forte expansion - Colias (30)

La stridulation est constituée par des phases de 4 à 6 cycles, généralement groupées par strophes de 3 à 5 phases (**Figure 10**). Les syllabes d'ouverture, bien que d'intensité plus faible, sont généralement audibles en expansion de temps sur les bonnes séquences. Comme chez la plupart des autres espèces du genre, l'intensité de la stridulation augmente crescendo et les derniers accents sont nettement plus forts que les premiers. La durée des phases est de 115 à 250 ms et celle des intervalles entre phases est de 500 ms à 1500 ms. Les intervalles entre strophes sont beaucoup plus longs, de l'ordre de 12 à 20 s. La FME est comprise entre 19 et 23 kHz ; la stridulation est

donc bien plus basse en fréquence que celle des espèces précédentes et peut donc être perçue à l'oreille nue (pour un observateur jeune : en vieillissant l'audition humaine perd les hautes fréquences) à une distance de un à deux mètres.

Risques de confusion

Cette stridulation présente certaines similarités avec celles d'autres espèces de genres différents (*Platycoleis albopunctata*, *Metrioptera* sp., etc...). Les principaux critères distinctifs sont le rythme crescendo, la présence de syllabes d'ouverture faibles mais généralement audibles à fort ralentissement et les phases groupées par 3 à 5 en strophes séparées par des intervalles longs (plus de 10 s).



Figures 10a et 10b.

Stridulations de *Rhacocleis poneli* à différentes échelles temporelles.

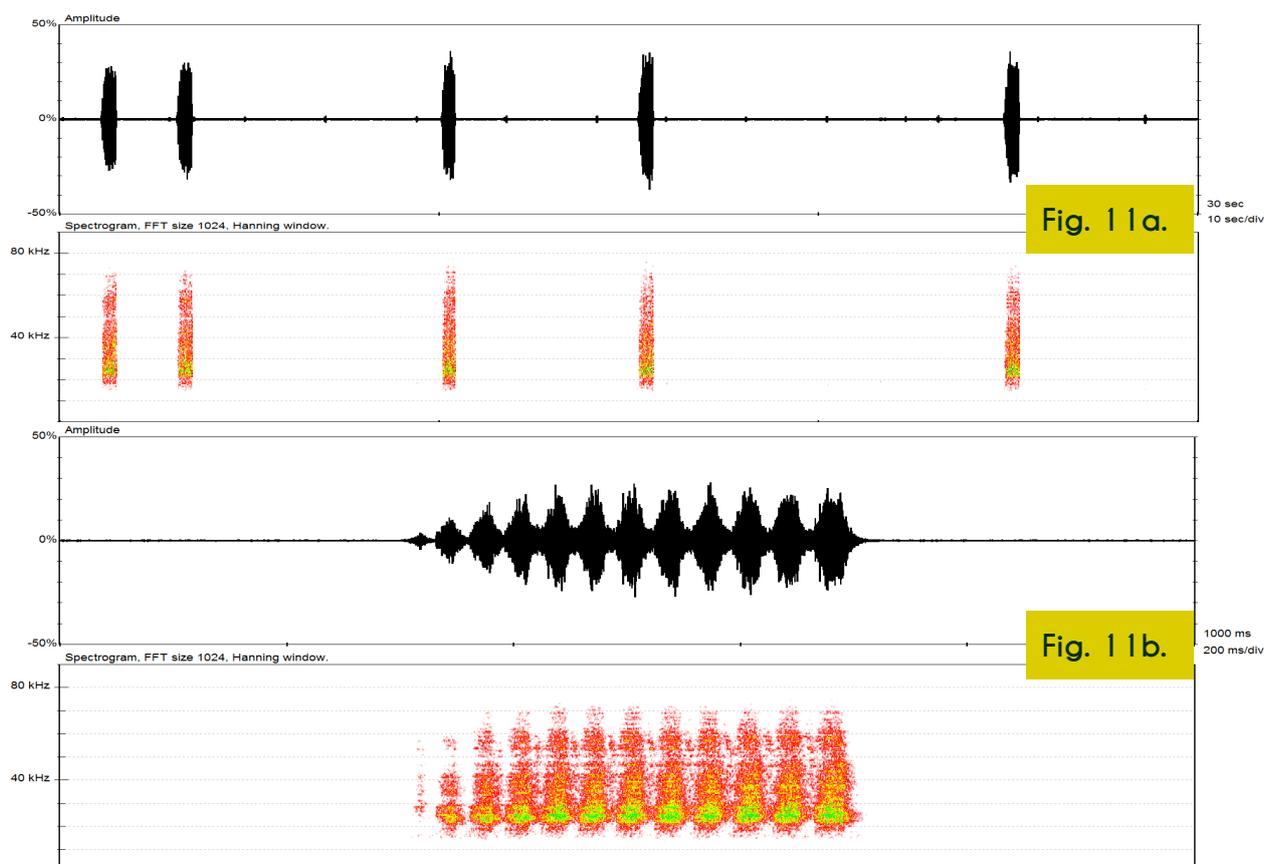
Fig. 10a : oscillogramme (partie supérieure) et spectrogramme (partie inférieure) d'une strophe de quatre phases.

Fig. 10b : oscillogramme (partie supérieure) et spectrogramme (partie inférieure) d'une phase. Enregistrement de Julien Barataud, Tarascon (FR-13), 22/08/2017 ; 19°C.

Rhacocleis annulata

Rhacocleis annulata (Figure 15) n'a été découvert en France qu'en 2002 dans le Gard à proximité d'Anduze (Bardet & Boitier, 2006). Il a depuis été trouvé tout le long de la vallée du Gardon jusqu'au Rhône ainsi que sur l'île de Porquerolles (DUSOULIER et al., 2015), dans l'agglomération toulousaine (www.baznat.net), aux environs de Bordeaux et la région du Médoc (Barberys S., via www.faune-aquitaine.org). Les autres populations connues pour cette espèce sont en Italie (Calabre et Sicile), ainsi qu'à Malte et en Tunisie. La déconnexion apparente entre les populations françaises et le reste de son aire de répartition interroge sur son indigénat dans notre pays. La présence de bambous a souvent été relevée sur les stations de l'espèce

et l'hypothèse d'une dispersion par le déplacement de ces plantes ornementales à été évoquée par BARDET & BOITIER (2006). La stridulation est constituée par des phases d'une durée de 290 à 460 ms, contenant 9 à 12 cycles, le plus souvent 11 ou 12 (Figure 11). Comme chez la plupart des espèces du genre, les syllabes d'ouverture, bien que d'intensité plus faible, sont généralement audibles sur les bonnes séquences ; de même, l'intensité de la stridulation augmente crescendo, les derniers accents étant nettement plus forts que les premiers. Les intervalles entre phases sont très irréguliers, variant de 1 s à près de 30 s (en général autour de 10 s). La FME est comprise entre 22 et 25 kHz et, comme pour *R. poneli*, la stridulation peut être perçue par à l'oreille nue à une distance de un à deux mètres.



Figures 11a et 11b.

Stridulations de *Rhacocleis annulata* à différentes échelles temporelles.

Fig. 11a : oscillogramme (partie supérieure) et spectrogramme (partie inférieure) d'une succession de phases.

Fig. 11b : oscillogramme (partie supérieure) et spectrogramme (partie inférieure) d'une phase. Enregistrement de Julien Barataud, Collias (FR-30), 25/08/2017, 25°C.

Risques de confusion

Le nombre de cycles important et le rythme crescendo sont caractéristiques et ne peuvent guère être confondus avec ceux d'une espèce d'un autre genre. La stridulation de *R. annulata* est par contre très proche de celle de *R. germanica* mais en diffère notamment par sa FME plus basse.

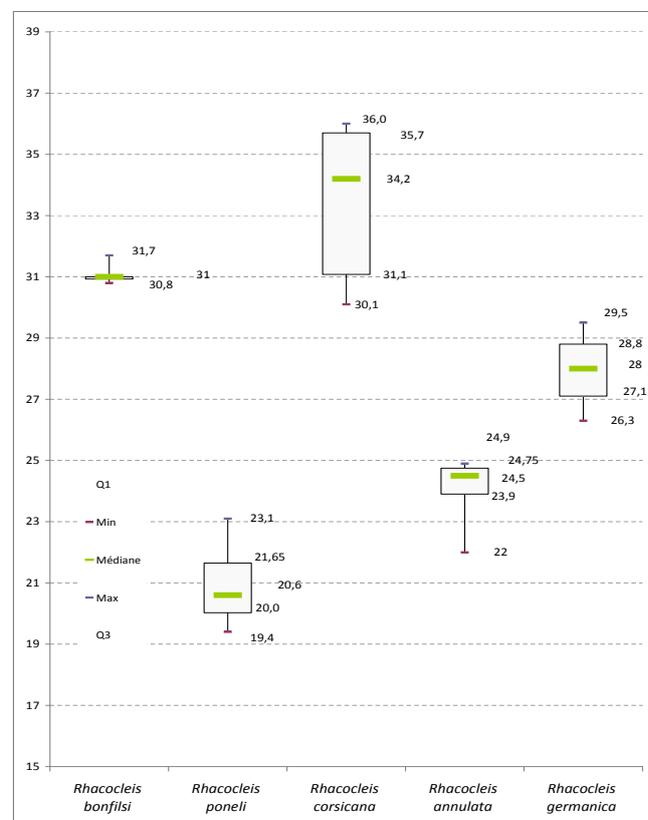
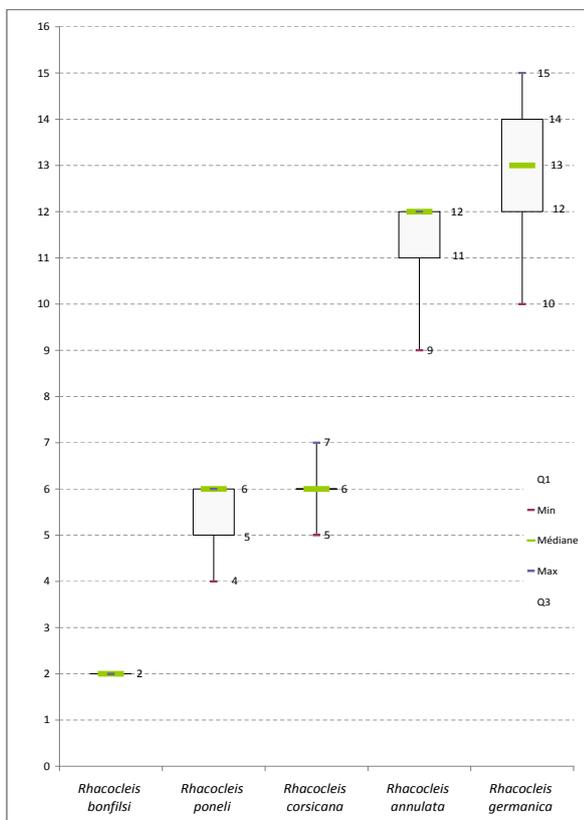
Clé d'identification acoustique des *Rhacocleis* de France métropolitaine

Cette description des stridulations des cinq espèces françaises du genre *Rhacocleis* permet de mettre en évidence que le croisement de seulement deux variables (nombres de cycles par phases et FME) permet de discriminer les espèces les unes par rapport aux autres.

La **Figure 12** illustre la répartition de ces 2 variables sur l'ensemble des séquences analysées. Les deux espèces les plus proches acoustiquement sont *R. germanica* et *R. annulata* qui ne diffèrent que par une différence assez faible de FME. Une attention particulière devra donc être apportée à la discrimination de ces deux espèces sur le terrain (mesure de FME sur plusieurs phases et avec une bonne qualité d'enregistrement). Par prudence et afin de vérifier le non recouvrement de FME entre ces deux espèces, il sera intéressant de multiplier le nombre de séquences vérifiées par une observation visuelle.

Les **Figures 13 et 14** illustrent deux cas de différences entre espèces acoustiquement proches et vivant en syntopie, enregistrées sur une même séquence.

Ces variables discriminantes permettent de construire la clé d'identification présentée page 36.



Figures 12a et 12b.

Distribution des valeurs du nombre de cycles par phase (à gauche) et de la FME en kHz (à droite) pour les 5 espèces françaises du genre *Rhacocleis*.

- Phases composées de 2 cycles de syllabes, émises au sein de strophes d'une durée de 5 à 10 s ; FME entre 30 et 32 kHz : --> *Rhacocleis bonfilsii*
- Phases composées d'au moins 4 cycles de syllabes :
 - Phases de 4 à 7 cycles de syllabes :
 - FME entre 19 et 23 kHz, phases de 4 à 6 cycles, généralement groupées en strophes de 3 à 5 phases : --> *Rhacocleis poneli*
 - FME entre 30 et 36 kHz, phases constituées de 5 à 7 cycles : --> *Rhacocleis corsicana*
 - Phases de 9 à 15 cycles de syllabes :
 - FME entre 22 et 25 kHz, phases de 9 à 12 cycles, isolées ou groupées de manière irrégulière : --> *Rhacocleis annulata*
 - FME entre 26 et 30 kHz, phases constituées de 10 à 15 cycles --> *Rhacocleis germanica*

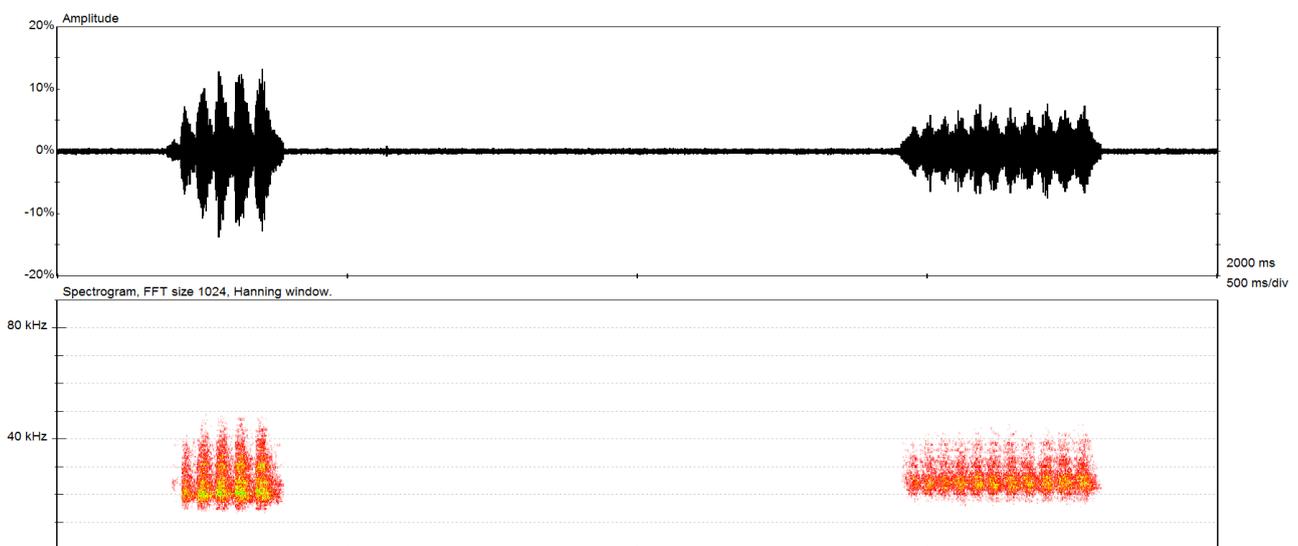


Figure 13.
Phases de *Rhacocleis poneli* (à gauche) et de *Rhacocleis germanica* (à droite).
Julien Barataud, Tarascon (FR-13), 25/08/2017, 22°C.

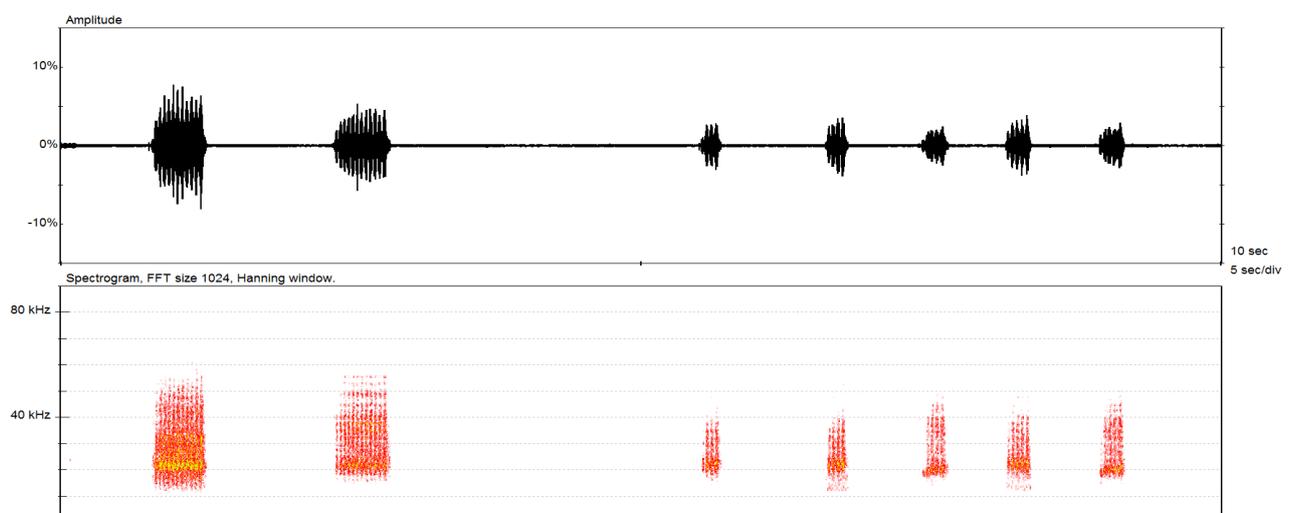


Figure 14.
Phases de *Rhacocleis annulata* (à gauche) et *Rhacocleis poneli* (à droite). Julien Barataud, Collias (FR-30), 25/08/2017, 25°C.

Précisions sur le matériel nécessaire

La collecte des sons sur le terrain

Il existe actuellement plusieurs techniques d'enregistrement des ultrasons, et ce secteur est en plein développement grâce aux études sur les chiroptères. Les enregistreurs automatiques sont peu pertinents car ils ne permettent pas l'écoute en direct des sons en hétérodyne. Les détecteurs manuels et les applications sur tablettes qui permettent l'écoute en hétérodyne et les enregistrements en expansion de temps ou en hautes fréquences sont tous adaptés, et le choix du meilleur rapport qualité/prix doit tenir compte de paramètres importants comme la gamme de fréquences (certains modèles ne descendent pas en dessous de 16 kHz) et la qualité d'écoute. Une revue des caractéristiques et des prix est disponible grâce au lien suivant :

http://ecologieacoustique.fr/wp-content/uploads/Comparatif_d%C3%A9tecteurs-manuels_MB-2018-03.pdf.

L'analyse des sons sur ordinateur

Plusieurs logiciels d'analyse de sons existent. Certains sont gratuits (Syrinx, Audacity,...) mais ils ne permettent pas toutes les mesures (notamment celle de densité spectrale). Le logiciel BatSound utilisé dans cette étude à été conçu spécialement pour l'analyse des ultrasons (de chiroptères) ; il est performant mais payant.

Conclusion

L'analyse des stridulations des cinq espèces françaises du genre *Rhacocleis* permet la mise en évidence de critères simples et facilement mesurables pour discriminer acoustiquement ces différentes espèces. L'élaboration d'une clé d'identification acoustique à l'aide d'un détecteur d'ultrasons permet de proposer un outil pour la recherche de ces espèces discrètes et peu détectables par les méthodes classiques.

Un travail en cours selon la même méthodologie va permettre de réaliser une clé d'identification acoustique de l'ensemble des espèces de sauterelles de France métropolitaine et ainsi ouvrir de nouvelles perspectives :

- pour les chiroptérologues qui souhaitent transformer le bruit de fond désagréable des stridulations de sauterelles dans le détecteur d'ultrasons en nouvel objet de recherche et d'apprentissage ;
- pour les orthoptéristes qui souhaitent mieux détecter et améliorer les connaissances sur les sauterelles nocturnes et discrètes qui émettent dans les fréquences ultrasonores.



© Julien BARATAUD (25/08/2017)

Figure 15.

Rhacocleis annualata – Colias (30)

Des séquences sonores (wave standard) de *Rhacocleis*, enregistrées au détecteur d'ultrasons sur le terrain, à écouter et à télécharger :

Rhacocleis annulata :

- Enregistrement en hétérodyne :

[R-annulata_het_23°_Collias\(30\)_2017-08-25_23-55-53](#)

- Enregistrement en expansion de temps x10 :

[R-annulata_x10_25°_Collias\(30\)_2017-08-25_22-38-59](#)

Rhacocleis bonfilsii :

- Enregistrement en hétérodyne :

[R-bonfilsii_het_Asco\(2B\)_DAT9_2001-08-20_00-55-37](#)

- Enregistrement en expansion de temps x10 :

[R-bonfilsii_x10_Asco\(2B\)_DAT9_2001-08-20_00-56-17](#)

Rhacocleis corsicana :

- Enregistrement en hétérodyne :

[R-corsicana_het_Asco\(2B\)_DAT9_2001-08-25_01-19-20](#)

- Enregistrement en expansion de temps x10 :

[R-corsicana_x10_Asco\(2B\)_DAT9_2001-08-25_01-20-18](#)

Rhacocleis germanica :

- Enregistrement en hétérodyne (avec *Platycoleis intermedia* et ses phases bisyllabiques) :

[R-germanica_het_Asco\(2B\)_DAT10-04_2001-08-25](#)

- Enregistrement en expansion de temps x10 :

[R-germanica_x10_22°_Tarascon\(13\)_2017-08-22_21-34-56](#)

- Enregistrement en expansion de temps x10, variante avec des strophes de 3 à 5 phases

[R-germanica_x10_Rocaverano\(IT\)_DAT11_2003-07_00-43-10](#)

Rhacocleis poneli :

- Enregistrement en hétérodyne :

[R-poneli_het_19°_captif_2017-08-28_22-56-21](#)

- Enregistrement en expansion de temps x10 :w

[R-poneli_x10_19°_Tarascon\(13\)_2017-08-23_00-33-54](#)

Séquences plurispécifiques :

- Enregistrement en expansion de temps x10, *Rhacocleis annulata* (phases les plus longues) et *Rhacocleis poneli* (phases les plus courtes)

[R-annulata_R-poneli_x10_25°_Collias\(30\)_2017-08-25_23-53-06](#)

- Enregistrement en expansion de temps x10, *Rhacocleis poneli* (phases les plus courtes) et *Rhacocleis germanica* (phases les plus longues)

[R-poneli_R-germanica_x10_22°_Tarascon\(13\)_2017-08-22_21-49-58](#)

Remerciements

Merci à Michel BARATAUD pour m'avoir transmis le virus naturaliste, pour avoir réalisé avec moi les premiers enregistrements de *Rhacocleis* corses en 2001 et pour ses conseils avisés lors de la rédaction de cet article. Merci à Audrey BENAVENT pour sa patience et son soutien lors de mes nombreuses escapades nocturnes. Merci à Yves BAS pour sa relecture,

pour la vérification de l'adéquation des critères proposés avec ses enregistrements personnels et pour l'envoi de séquences complémentaires. Merci également à Eric SARDET pour m'avoir indiqué des stations provençales de *Rhacocleis germanica* et à Vincent DERREUMAUX pour m'avoir accompagné sur le terrain à plusieurs reprises.

Bibliographie

BARATAUD J., 2005. Eléments sur le peuplement orthoptérique de la haute vallée d'Asco (Corse – France). *Matériaux entomocénologiques*, 10 : 35-40.

BARATAUD M., 2012. *Ecologie acoustique des chiroptères d'Europe. Identification des espèces, études de leurs habitats et comportements de chasse.* Biotope, Mèze ; Muséum national d'histoire naturelle, Paris (collection Inventaires et biodiversité), 344 p.

BARDET O. & BOITIER E., 2006. *Rhacocleis annulata* Fieber, 1853, espèce nouvelle pour la France (Orth., Tettigoniidae). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 111 : 474.

BELLMANN H. & LUQUET G., 2009. *Guide des Sauterelles, Grillons et Criquets d'Europe occidentale.* Delachaux & Niestlé, Paris, 383 p.

BOITIER, E., PETIT, D. & BARDET, O., 2006. Contribution à la connaissance des Orthoptéroïdes de Corse (Orthoptera, Phasmoptera, Mantodea). - *L'Entomologiste*, 62 (5-6): 129-145.

BRAUD Y., SARDET E. & MORIN D., 2002. Actualisation du catalogue des Orthoptéroïdes de l'île de Corse (France). *Matériaux entomocénologiques*, 7 : 5-22.

BRAUD Y., 2008. Sur la présence de *Rhacocleis germanica* (Herrich-Schaeffer, 1840) et de *Rhacocleis poneli* Harz & Voisin, 1987 en France continentale (Orthoptera, Ensifera, Decticinae). *Matériaux Orthoptériques et Entomocénologiques*, 12 : 65-72.

BUZZETTI F.M. & BARRIENTOS-LOZANO L., 2011. Bioacoustics of some Mexican Orthoptera (Insecta: Orthoptera: Ensifera, Caelifera). *Bioacoustics*, 20: 193-213.

DESMOTS D. & RAITIÈRE W., 2017. *Rhacocleis poneli* Harz & Voisin, 1987, nouvel orthoptère pour les Pays de la Loire (France) (Orthoptera, Tettigoniidae). *Invertébrés Armoricains*, 2017, 16 : 37-40.

DUBOIS Y., 2010. La Decticelle varoise (*Rhacocleis poneli*) dans la Drôme, La SAGA, *bulletin de liaison des entomologistes de l'association Miramella* n°10 : 11-12.

DUHAZÉ B. & BONIFAIT S., 2014. Contribution à la connaissance des Orthoptères d'Aquitaine : nouvelles données et considérations écologiques (Ensifera et Caelifera). *Matériaux Orthoptériques et Entomocénologiques*, 19 :81-97.

DUSOULIER F., NOËL F. & SÉCHET E., 2015. Découverte de *Rhacocleis annulata* Fieber, 1853 dans l'île de Porquerolles (Hyères, Var) (Orthoptera : Tettigoniidae). *Matériaux Orthoptériques et Entomocénologiques*, 20 :109-110.

HELLER K.G., 1988. Bioakustik der europäischen Laubheuschrecken. *Ökologie Forschung Anwendung*, 1: 1-358.

HELLER K.-G., KORSUNOVSKAYA O. S., SEVGILI H., ZHANTIEV R. D. 2006. Bioacoustics and systematics of the Poecilimon heroicus-group (Orthoptera: Phaneropteridae:Barbitistinae). *Eur. J. Entomol.* 103: 853-865.

KOCH V. & BARDET O., 2007. Observation de la Decticelle varoise (*Rhacocleis poneli* Harz & Voisin, 1987) dans les Pyrénées-orientales (Orthoptera Tettigoniidae), *Entomologiste* 63 (4) :191-193.

LEMONNIER M., 2001. Sur la présence de *Rhacocleis poneli* Harz et Voisin, 1987 (Orthoptera : Decticinae) dans la vallée de la Durance (France). *Biocosme mésogéen*, Nice, 17 (3) : 197-199.

MASSA B., FONTANA P., BUZZETTI F.M., KLEUKERS R. & ODÉ B., 2012. *Fauna d'Italia. Orthoptera.* Calderini Edizioni, 563 p.

MORRIS, G. K. & WALKER, T. J. 1976. Calling songs of *Orchelimum* meadow katydids (Tettigoniidae). I. Mechanism, terminology, and geographic distribution. *Can. Entomol.*, 108, 785-800.

MOSSOT M., 1999. Présence de *Rhacocleis poneli* Harz et Voisin, 1987 (Orthoptera, Decticinae), dans le département des Alpes-Maritimes (France). *Biocosme Mésogéen*, Nice, 15 (4).

PONEL P., HÉBRARD J.-P. & VOISIN J.-F., 1988. *Rhacocleis poneli* Harz et Voisin, 1987, nouvelle espèce d'Orthoptère Decticinae du sud-est de la France. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 1987, 92 (9-10) : 277-283. **RAGGE D.R. &**

REYNOLDS W.J., 1998. *The songs of the grasshoppers and crickets of Western Europe.* Harley Books & The Natural History Museum, London, 591 p.

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

Pour citer cet article :

BARATAUD, J. 2018.

Identification acoustique des espèces françaises du genre *Rhacocleis* Fieber, 1853 (Orthoptera, Tettigoniidae). *Plume de Naturalistes 2* : 23-40.

ISSN 2607-0510

Pour télécharger tous les articles de Plume de Naturalistes : www.plume-de-naturalistes.fr