

Etude sur la variabilité morphologique de *Tetrix undulata* (Sowerby, 1806), et réhabilitation de la sous-espèce *gavoyi* Saulcy, in Azam, 1893 (Orthoptera, Caelifera, Tetrigoidea, Tetrigidae)

Eric SARDET

Plan Latour Bas, 07 110 Sanilhac, France <e.sardet@free.fr>

Résumé. A partir d'une étude morphométrique sur des spécimens de *Tetrix undulata* (Sowerby, 1806) de France, la validité de la sous-espèce *Tetrix undulata gavoyi* Saulcy, in Azam, 1893 est reconnue. Le *locus typicus* se trouve sur la commune d'Entragues (Alpes-de-Haute-Provence). La sous-espèce *gavoyi* se caractérise par des mensurations plus faibles que *Tetrix undulata*, et par la longueur du fémur postérieur proportionnellement plus court, critère discriminant pour séparer les deux sous-espèces. La sous-espèce *gavoyi* se distingue également par son écologie, strictement hygrophile et plus thermophile que *T. u. undulata*, en outre, elle se trouve exclusivement sur calcaire. Sa distribution en France se limite aux domaines biogéographiques méditerranéen et subméditerranéens. Les résultats de cette étude montrent également une grande variabilité de *T. u. undulata* dans les Pyrénées (et aussi en Espagne), qui mériterait une étude morphométriques plus approfondie (matériel insuffisant) pour préciser son statut taxonomique. La distribution de *gavoyi/undulata* dans l'ouest et le sud-ouest demanderait également une étude plus précise (matériel insuffisant).

Mots clés. *Tetrix undulata gavoyi* Saulcy, in AZAM, 1893, sous-espèce valide du sud de la France ; étude morphométrique, écologie et distribution en France.

Zusammenfassung. Auf Grundlage einer biometrischen Untersuchung von Individuen von *Tetrix undulata* (Sowerby, 1806) aus Frankreich, wird der Status der Unterart *Tetrix undulata gavoyi* Saulcy, in Azam, 1893 bestätigt. Der *locus typicus* findet sich in der Gemeinde Entragues (Alpes-de-Haute-Provence). Die Unterart *gavoyi* ist durch geringere Maße im Vergleich zu *Tetrix undulata* gekennzeichnet, sowie durch die Länge des Postfemurs, der proportionell kürzer ist und das unterscheidende Kriterium ist, um die beiden Unterarten zu unterscheiden. Die Unterart *gavoyi* unterscheidet sich auch durch ihre Ökologie, da sie stark hygrophil und thermophiler als *T. u. undulata* ist. Weiters findet sich *gavoyi* nur auf Kalk und die Verbreitung in Frankreich beschränkt sich auf den mediterranen und submediterranen Raum. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen weisen zusätzlich auf eine große Variabilität von *T. u. undulata* in den Pyrenäen (und auch in Spanien) hin, welche weitere Untersuchungen notwendig macht (vorliegendes Material unzureichend), um den taxonomischen Status zu klären. Die Verbreitung der nicht zuordenbaren Tiere *gavoyi/undulata* im Westen und Südwesten erfordert ebenfalls weitere Untersuchungen, da das derzeit vorliegende Material unzureichend ist.

Keywords. *Tetrix undulata gavoyi* Saulcy, in AZAM, 1893, Bestätigung# der Unterart in Südfrankreich, Biometrie, Ökologie und Verbreitung in Frankreich

Abstract. Based on a biometric study of individuals of *Tetrix undulata* (Sowerby, 1806) of France, the validity of the subspecies *Tetrix undulata gavoyi* Saulcy, in Azam, 1893 is confirmed. The *locus typicus* is found in the municipality of Entragues (Alpes-de-Haute-Provence). The subspecies *gavoyi* is characterised by its measures, which are smaller in comparison to *T. undulata*. In addition, the postfemur is smaller and proportionally shorter, which is the key criteria to separate the two subspecies. The subspecies *gavoyi* can also be distinguished by its ecology, as it is highly hygrophile and more thermophile than *T. u. undulata*. Moreover, it is found only in limestone regions and its distribution in France is limited within two biogeographical region, i.e. the Mediterranean and Submediterranean region. The results of this study show also the great variability of *T. u. undulata* in the Pyrenees as well as in Spain. Therefore further biometric studies (available material insufficient) are necessary for precisising the taxonomical status. The distribution of unclassified individuals *gavoyi/undulata* in the West and Southwest needs also further inquiries, because the available material is insufficient.

Keywords. *Tetrix undulata gavoyi* Saulcy, in AZAM, 1893, subspecies confirmed in Southern France, biometrics, ecology and distribution in France.

—oOo—

INTRODUCTION

Tetrix undulata est une espèce mésophile à hygrophile largement répandue en Europe (DEFAUT, 1999) : au nord jusqu'en Scandinavie, au sud jusqu'en Espagne méridionale, à l'est jusqu'en Ukraine et Roumanie. Il n'existe pas de type déposé, le *locus typicus* de *Tetrix undulata* se trouve en Angleterre (East Suffolk).

En France, l'espèce est largement distribuée (DEFAUT & al., 2009), elle est toutefois plus commune dans les régions aux substrats acides, notamment dans le massif des Vosges, le Massif Central, les Pyrénées et le Massif Armoricain. Elle fréquente alors une assez large gamme de milieux : les pelouses d'altitude, les prairies +/- humides, les landes, les milieux forestiers (clairières, lisières et chemins) et les tourbières. Sur calcaire, *Tetrix undulata* est beaucoup plus rare et loca-

lisé. Par ailleurs, son hygrophilie *y* semble plus marquée, il fréquente les tourbières, les marais mais surtout les milieux forestiers, où la décomposition de l'humus doit offrir une compensation écologique tant de l'humidité que de l'acidité. En région méditerranéenne, l'espèce est très rare.

C'est en consultant des individus de la collection de Yoan Braud provenant de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur que des difficultés sur la détermination de *Tetrix undulata* me sont apparues. Ces individus présentaient des mensurations bien inférieures aux *Tetrix undulata* que j'avais l'habitude de voir dans le nord-est de la France, et semblaient moins élancés. Les premières mensurations réalisées confirmaient cette première impression, avec des dimensions inférieures à celles indiquées dans la bibliographie française, par exemple : CHOPARD, 1952, DEFAUT, 2001 ou BELLMANN & LUQUET, 2009. En élargissant les recherches bibliographiques, j'ai noté que les dimensions indiquées dans la faune européenne de HARZ (1975) permettaient d'y inclure celles réalisées sur ces exemplaires provenant du sud de la France. En outre, cet auteur évoque une sous-espèce *T. undulata gavoyi* (Saulcy, 1862), présentant des proportions plus faibles que l'espèce nominative. Cependant, HARZ précise que le statut de cette sous-espèce reste à éclaircir.

A partir de ces premiers éléments, j'ai recherché l'historique du taxon *gavoyi* :

- De SÉLYS-LONGCHAMPS, 1862 : cette référence est indiquée dans CHOPARD (1952) et reprise par HARZ (1975), mais il semble que ce soit par erreur, je n'ai trouvé aucune indication sur *gavoyi* dans cette référence. En outre, la faune de France de FINOT (1890) bien postérieure à la publication DE SÉLYS-LONGCHAMPS (1862) ne l'évoque pas non plus. Dans la faune de FINOT, l'espèce *Tetrix undulata* (Sowerby, 1806) n'est pas encore reconnue (elle est confondue avec *Tetrix kraussi* De Saulcy).

- Saulcy in AZAM, 1893 : de mon point de vue, il s'agit de la première mention de *gavoyi*. Dans cet article, l'auteur écrit : « *Tetrix Gavoyi* de Saulcy, inéd. – Dans un terrain très humide et herbu, où naît une source, au-dessus de la maison du garde à passage à niveau de Chabrières. On le trouve les 15 premiers jours de mars et, plus tard, fin juin ». Le lieu-dit Chabrières est très répandu dans les Hautes et Basses-Alpes (on le trouve sur une 10^{ème} de communes), toutefois un seul est traversé par une voie de chemin de fer, sur la commune d'Entrages (04), altitude 650 m, X 44,0103° - Y 6,2658° (degrés décimaux, WGS84)

- Saulcy in AZAM, 1901 : dans la clé détermination (p. 51 – probablement rédigée par Saulcy), il est indiqué pour la Var. *Gavoyi* : « Dans le Midi, on trouve une race ou sous-espèce plus petite, avec les articles des antennes plus courts ». Dans les commentaires spécifiques (p. 52), certainement rédigés par AZAM : « C'est plutôt une sous-espèce qu'une variété. Assez commune dans le Midi de la France, mais bien localisée, elle se tient dans les terrains humides et herbeux en

mars et juin. Mont Alaric (Gavoy), Provence (Azam) ». Cet article constitue la première description (très sommaire) de *gavoyi*, avec une incertitude sur le rang taxonomique. En 1893, *gavoyi* est au rang d'espèce, en 1901 Saulcy propose une variété, tandis qu'Azam penche pour une sous-espèce.

- CHOPARD, 1922 & HOULBERT, 1927 : dans leurs faunes respectives des Orthoptères, les auteurs reprennent exactement la description de Saulcy in AZAM 1901.

- GRASSÉ, 1928 : indique à propos de *Tetrix undulata* (*Acrydium Kiefferi* dans le texte), en note infrapaginale : « J'inclinerai volontiers à voir dans *A. Kiefferi* var. *Gavoyi* une espèce ou une sous-espèce méridionale. Jusqu'à ce jour, dans la zone de l'Olivier, je n'ai trouvé que la variété *Gavoyi*. ».

- CARPENTIER, 1942 : cet auteur a réalisé 3 articles remarquables sur les *Tetrix* de Belgique (CARPENTIER, 1942a, b, c). Dans le second, il évoque la « variété » qu'il a étudié à partir de matériel provenant de Belgique et Hollande, mais ne semble pas tellement convaincu de sa validité... Cependant, dans son article suivant (1943c, 3^{ème} partie, dans « corrections et additions », 2^{ème} partie, p. 12), il reconnaît que ce taxon méridional ne peut être trouvé en Belgique ou en Hollande, il lui semble alors plus approprié d'élever *gavoyi* au rang de sous-espèce.

- CHOPARD, 1952, dans sa faune de France des Orthoptéroïdes indique : « s. sp. *gavoyi* Saulcy, 1862, Ann. Soc. Ent. Belg., VI, p156 – Forme mal connue, décrite comme plus petite que le type, les articles des antennes un peu plus courts. Basses-Alpes : Chabrières (Gavoy, Azam) ; Alpes-Maritimes : mont Alaric (Gavoy). ». C'est donc dans cette faune qu'est introduite la référence bibliographique erronée sur la description de *gavoyi* (alors que dans sa faune de 1922, CHOPARD citait bien AZAM, 1901). Ensuite, CHOPARD considère *gavoyi* comme une sous-espèce, sans en justifier ce choix, d'autant qu'il semble lui-même douter de la validité de ce taxon (« forme mal connue »). CHOPARD apporte une précision sur la localité du mont Alaric qu'il situe dans les Alpes-Maritimes. Cependant, cette localité ne semble pas exister dans ce département (ni dans les Alpes). Le Mont Alaric le « plus connu » se trouve dans le département de l'Aude, il en existe un autre dans le département des Deux-Sèvres.

- HARZ (1975) semble le dernier auteur à évoquer *gavoyi*, en précisant que le statut de cette sous-espèce reste à éclaircir. Il ne la retient pas dans sa faune européenne.

Après HARZ, le taxon *gavoyi* n'est généralement plus évoqué, ou bien il est considéré comme synonyme de *Tetrix undulata* (notamment dans le référentiel taxonomique des Orthoptères du monde en ligne : <http://orthoptera.speciesfile.org/>).

L'objectif de cette étude est d'étudier la variabilité des caractères morphologiques de *Tetrix undulata* et de préciser le niveau taxonomique de *gavoyi*.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Biométrie.

Les mensurations ont été effectuées à l'aide d'une lentille micrométrique montée sur une loupe binoculaire. Voici la liste des critères mesurés :

Corps : (1) longueur totale vue de dessus (du vertex à la pointe apicale du pronotum) ; (2) longueur du pronotum ; (3) largeur du pronotum ; (4) élévation de la carène médiane du pronotum par rapport aux carènes latérales (vue de profil) – c'est une mesure délicate, dépendant de l'inclinaison de l'individu, elle est surtout indicative, mais difficile à exploiter comme valeur absolue.

Tête : (5) distance interoculaire ; (6) distance entre le bord externe des yeux (vue de dessus) – on en déduit la largeur d'un œil : $[(6)-(5)] / 2$; (7) projection du vertex en avant des yeux (vue de dessus)

Antennes : (8) largeur et (9) longueur de l'article le plus long, entre le 6 et 9^{ème} article. (10) longueur totale de l'antenne (quand c'est possible, si l'antenne est trop fléchie on renonce à la mesure)

Elytre/aile : (11) largeur et (12) longueur de l'élytre ; (13) longueur de l'aile visible (à partir du bord postérieur de l'élytre, la partie cachée sous l'élytre n'est pas mesurée). Il s'agit d'une mesure délicate, fonction de la préparation de l'individu, seule la moyenne sur une grande série peut apporter une information intéressante.

Fémur postérieur : (14) longueur et (15) largeur (vue de profil)

Fémur médian : (16) longueur et (17) largeur (vue de profil).

Matériel examiné.

(1) Pour les mesures biométriques 135 individus ont été mesurés selon les critères énoncés précédemment, ils proviennent en majorité de la collection de l'auteur (58 ♂♂ et 75 ♀♀) et 5 individus de la collection de Yoan Braud (3 ♂♂ et 2 ♀♀). Il s'agit de matériel récent et dont la préparation des individus a été préalablement réalisée pour que tous les critères à mesurer soient visibles (pattes abaissées). Le détail du matériel (localisation et nombre de spécimens par localité) est donné dans l'**Annexe 1**.

(2) Dans l'objectif de préciser la distribution de *Tetrix undulata* en France, j'ai également consulté du matériel en collection, sans réaliser l'ensemble des mesures. En raison des difficultés liées à la préparation des individus, une partie des critères étant souvent cachée, il aurait été nécessaire de re-préparer une grande partie du matériel. En outre, les mesures biométriques sont particulièrement longues à réaliser. En conséquence, seule la biométrie des fémurs postérieurs a été réalisée, ce critère s'est avéré important pour distinguer les différents « groupes » de *Tetrix undulata*. Le matériel étudié provient en majorité de la collection de l'auteur et des collections de Yoan Braud, Didier Morin et de Bernard Defaut.

Analyses.

Les analyses descriptives et statistiques ont été réalisées avec le logiciel de XLSTAT.

RÉSULTATS

1. Analyse morphométrique.

a) Biométrie.

Les individus mesurés ont été classés *a priori* dans 2 groupes distincts : *undulata* et *gavoyi*. Ce préclasser se base sur l'habitus général mais aussi sur la localisation géographique des stations d'échantillonnage (liste complète en **Annexe 1**).

Les résultats, mensurations et quelques rapports morphométriques, sont consignés dans le **Tableau 1**. Les principaux critères discriminants sont présentés ci-dessous :

La majorité des mensurations sont plus faibles chez *gavoyi*, cette différence étant un peu plus marquée chez les femelles. Les valeurs les plus semblables chez les deux taxons sont le rapport longueur/largeur du pronotum (seule valeur exactement identique), la largeur d'un œil, ainsi que la largeur mesurée entre le bord externe des yeux.

Les différences les plus notables sont :

- la **longueur du pronotum**, nettement plus court chez *gavoyi*. A partir de ce critère, il est possible de séparer les deux taxons de manière absolue pour les ♂♂, mais avec un chevauchement assez important pour les ♀♀ (**Figure 1**) sur les valeurs extrêmes [max *gavoyi* – min *undulata*] ;

- le **rapport [longueur/largeur] du fémur postérieur** sensiblement plus faible chez *gavoyi*, se traduit par une réduction plus importante de la longueur par rapport à la largeur. Ce critère est très intéressant, car il permet de séparer les 2 taxons de manière absolue sur l'ensemble des individus mesurés et dans les 2 sexes (**Figure 2**) ;

- longueur de l'**aile visible** bien plus faible chez *gavoyi*, mais comme il a été indiqué dans le chapitre méthodologie, c'est un critère difficile à mesurer et donc délicat à utiliser. Cette mesure dépend d'une part de la préparation des spécimens en collection, mais aussi de la phase du séchage, où l'abdomen en rétractant a tendance à cacher les ailes sous le pronotum. En conséquences, on obtient des mesures très variables (écart-type assez élevé) mais les moyennes ont été calculées sur un échantillon suffisamment élevé pour avoir une valeur statistique (après avoir testé et confirmé la normalité et l'égalité des variances des 2 échantillons, un test de Student a été réalisé [alpha = 0,05] qui confirme que les 2 moyennes sont significativement différentes).

Figure 1 : mensurations longueur /largeur du pronotum pour les ♂♂ et ♀♀.

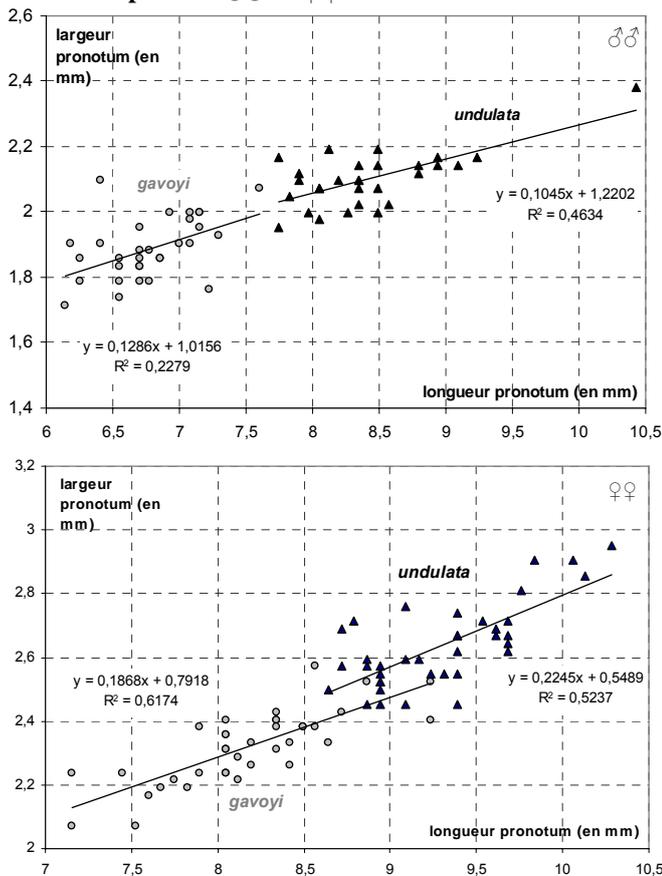
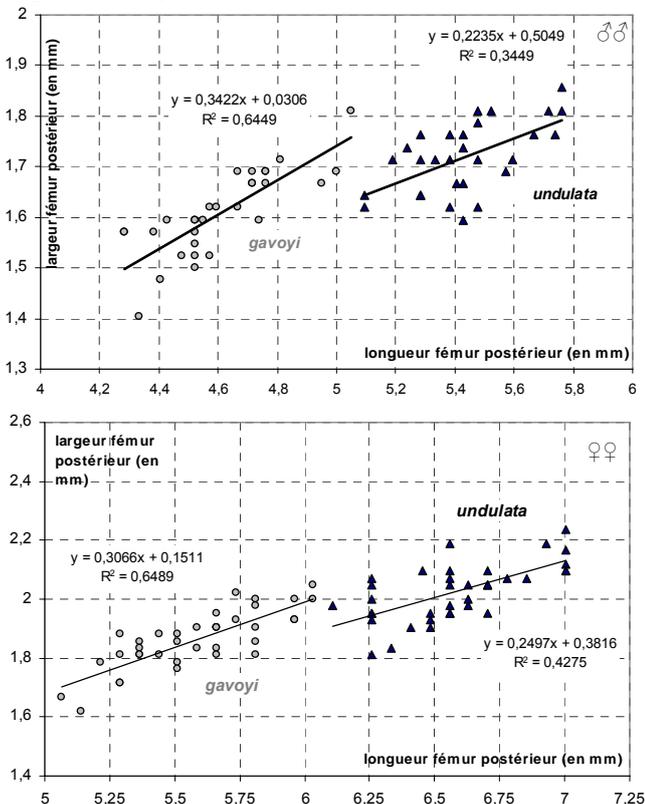


Figure 2 : mensurations longueur /largeur du fémur postérieur pour les ♂♂ et ♀♀.



- **élévation du pronotum** : il s'agit là encore d'un critère assez délicat à évaluer, consistant à mesurer l'élévation maximum de la carène médiane du pronotum par rapport aux carènes latérales. Il apparaît que chez *gavoyi* la carène est moins élevée, avec toutefois un chevauchement assez important des valeurs entre les deux taxons. Ce critère est un indice supplémentaire pour séparer les deux taxons.

- **projection du vertex par rapport aux yeux** : moins projeté chez *gavoyi*, avec un important chevauchement des valeurs ;

- les **antennes** : ce critère est avancé par Saulcy (*in* AZAM, 1901), il indique que les articles des antennes sont plus courts chez *gavoyi*. J'ai réalisé les mesures du plus long article et de l'antenne en son entier (moins les 2 premiers articles d'insertion). Pour les femelles, le raccourcissement chez *gavoyi* est proportionnel avec la longueur du corps. Chez les mâles, le raccourcissement des antennes est légèrement plus important. Ce critère est difficile à apprécier et je préfère ne pas le retenir.

b) Variabilité morphométrique.

A partir des analyses précédentes, il apparaît possible de séparer les deux taxons à partir de plusieurs critères biométriques ou rapports. Cependant, lors des mesures réalisées sur les 135 individus, il est apparu une variabilité de l'habitus assez notable dans les deux groupes.

Dans le groupe *gavoyi*, où des séries assez importantes par station ont été étudiées, j'ai constaté une grande homogénéité de l'habitus sur l'ensemble des stations, à l'exception de celle de Curbans (04), où les individus comportaient des mensurations sensiblement plus fortes, plus particulièrement les femelles. Cette station se situe à 960 m d'altitude, soit l'altitude la plus élevée de notre échantillon.

Dans le groupe *undulata*, la variabilité inter-stationnelle semble plus forte, probablement en raison d'un plus large échantillonnage géographique. En outre, les stations de Pyrénées semblent se distinguer sur plusieurs critères morphologiques ou morphométriques. Dans ce sens, il est judicieux de se demander s'il n'est pas plus prudent de distinguer 3 groupes taxonomiques.

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée pour les mâles et les femelles, en distinguant les individus appartenant au groupe *gavoyi*, des individus du groupe *undulata* (typiques) et les *undulata* des Pyrénées. Cet outil est une approche statistique multivariée et descriptive, permettant une visualisation « simplifiée » de la distribution des individus sur un plan à 2 axes (le nombre réel d'axes est égal au nombre de variables).

Pour les mâles, l'ACP a été réalisée à partir de toutes les variables biométriques sauf les 3 concernant les antennes (mesures (8), (9) et (10)), la matrice comprenant trop de données manquantes. Pour les femelles, toutes les données biométriques interviennent, les quelques données manquantes (6) sur les antennes sont

Tableau 1 : Mensurations ♂♂ et ♀♀ de *Tetrix undulata* / *gavoyi*.

Mensurations en mm										
	♂♂					♀♀				
	<i>undulata</i>		<i>gavoyi</i>		I*	<i>undulata</i>		<i>gavoyi</i>		I*
	nb	MOY ± e-type [MIN-MAX]	nb	MOY ± e-type [MIN-MAX]		nb	MOY ± e-type [MIN-MAX]	nb	MOY ± e-type [MIN-MAX]	
Longueur totale	29	8,42 ± 0,56 [7,75 - 10,43]	31	7,6 ± 0,39 [6,93 - 8,49]	1,11	37	10,29 ± 0,47 [9,39 - 11,47]	37	9,08 ± 0,52 [8,05 - 10,28]	1,13
Pronotum longueur	29	7,56 ± 0,53 [6,85 - 9,54]	31	6,78 ± 0,35 [6,15 - 7,6]	1,12	37	9,3 ± 0,42 [8,64 - 10,28]	37	8,17 ± 0,48 [7,15 - 9,24]	1,14
Pronotum largeur	29	2,1 ± 0,09 [1,95 - 2,38]	31	1,89 ± 0,09 [1,71 - 2,1]	1,11	37	2,64 ± 0,13 [2,45 - 2,95]	37	2,32 ± 0,11 [2,07 - 2,57]	1,14
Elytre longueur	29	1,42 ± 0,09 [1,24 - 1,6]	30	1,18 ± 0,07 [1 - 1,31]	1,21	37	1,7 ± 0,11 [1,48 - 1,95]	37	1,41 ± 0,1 [1,19 - 1,67]	1,20
Elytre largeur	29	0,54 ± 0,03 [0,48 - 0,6]	31	0,46 ± 0,02 [0,4 - 0,5]	1,19	37	0,64 ± 0,05 [0,52 - 0,74]	37	0,53 ± 0,03 [0,45 - 0,62]	1,20
Post-fémur longueur	29	5,43 ± 0,18 [5,1 - 5,76]	30	4,61 ± 0,2 [4,29 - 5,05]	1,18	37	6,58 ± 0,25 [6,11 - 7]	37	5,58 ± 0,26 [5,07 - 6,03]	1,18
Post-fémur largeur	29	1,72 ± 0,07 [1,6 - 1,86]	31	1,61 ± 0,08 [1,4 - 1,81]	1,07	37	2,02 ± 0,1 [1,81 - 2,24]	37	1,86 ± 0,1 [1,62 - 2,05]	1,09
Longueur des ailes visibles	29	2,21 ± 0,28 [1,52 - 2,81]	31	1,53 ± 0,19 [1 - 1,98]	1,44	37	2,57 ± 0,37 [1,62 - 3,29]	37	1,82 ± 0,27 [1,31 - 2,62]	1,41
Distance elytre-apex pronotum	29	4 ± 0,29 [3,43 - 4,57]	31	3,59 ± 0,28 [3,1 - 4,29]	1,11	37	5,07 ± 0,31 [4,43 - 5,67]	37	4,48 ± 0,31 [3,86 - 5,19]	1,13
Élévation du pronotum	29	0,84 ± 0,12 [0,57 - 1,14]	31	0,59 ± 0,08 [0,45 - 0,76]	1,44	37	1,08 ± 0,12 [0,9 - 1,33]	37	0,79 ± 0,14 [0,52 - 1,07]	1,37
Fémur médian longueur	29	1,88 ± 0,08 [1,71 - 2,02]	31	1,64 ± 0,15 [1,48 - 2,19]	1,14	37	2,15 ± 0,1 [1,95 - 2,4]	37	1,86 ± 0,1 [1,67 - 2]	1,16
Fémur médian largeur	29	0,63 ± 0,03 [0,57 - 0,71]	31	0,54 ± 0,03 [0,48 - 0,6]	1,17	37	0,65 ± 0,03 [0,57 - 0,71]	37	0,58 ± 0,19 [0,48 - 1,69]	1,12
Distance entre le bord externe des yeux	29	1,48 ± 0,05 [1,41 - 1,6]	31	1,41 ± 0,04 [1,32 - 1,5]	1,05	37	1,68 ± 0,05 [1,57 - 1,79]	37	1,57 ± 0,04 [1,5 - 1,72]	1,07
Distance interoculaire	29	0,63 ± 0,03 [0,56 - 0,68]	31	0,59 ± 0,03 [0,53 - 0,65]	1,08	37	0,77 ± 0,04 [0,68 - 0,85]	37	0,68 ± 0,03 [0,63 - 0,79]	1,14
Largeur d'un œil	29	0,42 ± 0,02 [0,38 - 0,46]	31	0,41 ± 0,02 [0,38 - 0,45]	1,03	37	0,45 ± 0,02 [0,42 - 0,51]	37	0,44 ± 0,02 [0,4 - 0,48]	1,02
Distance œils/apex vertex	29	0,18 ± 0,03 [0,11 - 0,24]	31	0,15 ± 0,02 [0,11 - 0,18]	1,22	37	0,23 ± 0,04 [0,15 - 0,33]	37	0,19 ± 0,02 [0,14 - 0,22]	1,24
Article antennaire longueur	20	0,3 ± 0,02 [0,26 - 0,34]	28	0,25 ± 0,02 [0,23 - 0,3]	1,18	36	0,31 ± 0,02 [0,26 - 0,37]	36	0,28 ± 0,02 [0,21 - 0,34]	1,10
Article antennaire largeur	20	0,1 ± 0,01 [0,09 - 0,12]	28	0,09 ± 0,01 [0,07 - 0,13]	1,07	36	0,11 ± 0,01 [0,09 - 0,13]	36	0,1 ± 0,01 [0,08 - 0,12]	1,10
Antenne longueur	18	2,69 ± 0,13 [2,48 - 2,9]	23	2,26 ± 0,12 [2,1 - 2,52]	1,19	33	2,76 ± 0,17 [2,33 - 3,19]	33	2,42 ± 0,16 [2,1 - 2,71]	1,14
Rapports morphométriques										
Rapport [longueur/largeur post-fémur]	29	3,16 ± 0,11 [3 - 3,4]	31	2,87 ± 0,09 [2,73 - 3,08]	1,10	35	3,25 ± 0,12 [2,99 - 3,46]	28	3 ± 0,09 [2,81 - 3,21]	1,08
Rapport [longueur/largeur pronotum]	29	3,6 ± 0,18 [3,16 - 4,01]	31	3,6 ± 0,19 [3,06 - 4,1]	1,00	35	3,53 ± 0,13 [3,24 - 3,83]	28	3,52 ± 0,13 [3,2 - 3,84]	1,00
Rapport [distance interoculaire/largeur d'un œil]	29	1,49 ± 0,1 [1,31 - 1,75]	31	1,43 ± 0,11 [1,25 - 1,67]	1,05	35	1,72 ± 0,14 [1,5 - 2]	28	1,54 ± 0,11 [1,33 - 1,89]	1,12
Rapport [long pronotum/long aile visible]	29	3,46 ± 0,46 [2,9 - 4,84]	31	4,49 ± 0,62 [3,54 - 6,71]	0,77	35	3,69 ± 0,61 [2,86 - 5,98]	28	4,56 ± 0,6 [3,19 - 5,71]	0,81

I* : indice calculé à partir des moyennes des 2 taxons considérés, pour un critère donné on divise la moyenne de *undulata* par la moyenne de *gavoyi*. Par exemple, pour le critère « longueur totale » chez les ♂♂, $I = 8,42/7,6 = 1,11$. La valeur est > 1 si la mensuration considérée est supérieure chez *undulata* et inversement

remplacées par « le plus proche voisin ».

Les **Figures 3 et 4** représentent uniquement les projections sur les 2 premiers axes dont les pourcentages expliqués sont très élevés, 76% pour les mâles et 69% pour les femelles. La majorité des variables sont fortement corrélées entre elles, les mesures biométriques réalisées sont effectivement dépendantes.

Dans le cas des ♂♂, seulement 2 individus de notre échantillon proviennent des Pyrénées. Sur la **Figure 3**, ils sont fortement individualisés, et sont plus proches du groupe *undulata* que du groupe *gavoyi*. On note également que les 2 groupes *undulata* et *gavoyi* sont bien séparés sur l'ACP (pour les ♂♂ comme pour les ♀♀).

Pour les ♀♀, 8 individus proviennent des Pyrénées. Sur la **Figure 4**, 2 individus s'individualisent nettement du nuage *undulata* ; 3 sont en périphérie proche et 3 sont confondus nuage *undulata*.

L'analyse des mensurations montre que les individus provenant des Pyrénées (départements de l'Ariège et des Pyrénées-Orientales uniquement), ♂♂ et ♀♀ confondus, s'individualisent par la longueur du corps un peu supérieure, des fémurs postérieurs proportionnellement plus courts, les ailes et les antennes également plus courtes et le vertex plus projeté en avant. En outre, j'ai le sentiment que chaque population possède des caractéristiques morphométriques propres, soit une variabilité inter-population assez importante. Toutefois, dans la mesure où notre échantillon est de faible taille, il n'est pas possible de pousser plus en avant nos analyses. Il est cependant intéressant de retenir que les populations pyrénéennes semblent se distinguer des *undulata* typiques.

c) Les formes macroptères.

La très rare forme macropronotale existe chez *undulata* et *gavoyi*, les ailes dépassent légèrement du pronotum. Ces formes semblent apparaître de manière plus régulière dans certaines localités. Pour *undulata*, cette forme a été observée dans les Ardennes (Rocroi, le 27/03/1999 et le 23/04/2000) et en Alsace (Haguenau, le 27/05/2008 et le 29/08/2008). Pour *gavoyi*, une seule observation a été réalisée à Pépieux (11), le 27/04/2009 (coll. Ch. Roesti).

2. Chorologie en France.

La **Carte 2** est réalisée à partir du matériel utilisé pour les analyses précédente, complété par du matériel provenant de plusieurs collections : Eric Sardet (70 stations supplémentaires), Bernard Defaut (7 stations), Yoan Braud (3 stations) et de Didier Morin (3 stations).

Pour chaque station, 1 individu a été mesuré sur le rapport longueur/largeur du fémur postérieur, critère discriminant dans les deux sexes pour séparer *undulata* et *gavoyi*. Deux stations posent des problèmes sur les critères des mensurations :

- St Jean d'Illac (33), 21/05/1989, D. Morin coll., 1 ♂ : la longueur et la largeur du fémur postérieur (4,76 ; 1,52) correspondent bien à *gavoyi*, mais le rapport longueur / largeur est de 3,13 – soit très légèrement au dessus de la limite supérieure définit dans l'étude biométrique, de 3,08. Les autres critères (habitus) sont assez conformes à *gavoyi*. Toutefois, par mesure de pru-

dence, cette station est signalée par la mention « *undulata/gavoyi* ».

- Cauterets (65), Gave d'Illéou, 1850 m, 28/09/2002, Bernard Defaut coll., 1 ♂. La longueur et la largeur du fémur postérieur (5,19 ; 1,76) correspondent à *undulata*, mais le rapport longueur / largeur est de 2,95 – soit très légèrement en dessous de la limite inférieure définit dans l'étude biométrique précédente, de 3,00. Nous préférons également signaler cette station en « *undulata/gavoyi* ».

Ces exemples amènent deux constats : (1) notre étude biométrique ne prend pas en compte toute la variabilité de ces deux taxons (ce qui est assez logique au regard de la taille de notre échantillon et de la prédominance de stations situées dans l'est de la France) ; (2) les populations pyrénéennes semblent manifester s'individualiser des deux taxons *undulata* / *gavoyi*.

Sur la **Carte 1**, on note qu'*undulata* occupe de manière certaine l'ensemble du domaine néomoral, probablement tout le massif central (par extrapolation à la géologie acide). Les domaines méditerranéen et sub-méditerranéen languedocien semblent exclusivement occupés par *gavoyi*. Les deux taxons coexistent dans le domaine subméditerranéen aquitain ; nous possédons hélas très peu de données pour identifier la limite nord, la distribution devant être liée à la géologie et au climat. Dans le sud du domaine subméditerranéen aquitain et dans les Pyrénées, la répartition entre les deux taxons est plus complexe, avec une grande variabilité des critères morphométriques et un doute sur l'identité taxonomique d'*undulata*.

DISCUSSION

a) Statut taxonomique

A partir de l'étude morphométrique, il semble justifier de reconnaître au minimum un rang de sous-espèce à *gavoyi*. Les mensurations du fémur postérieur et le rapport longueur/largeur étant des critères discriminants très fiables. En outre, l'écologie particulière de cette sous-espèce (thermophilie et hygrophilie plus marquées, uniquement substrat calcaire) conforte sa singularité par rapport à *Tetrix undulata*. La chorologie des deux taxons semble allopatrique, avec éventuellement des zones de contact dans le sud du massif central et en bordure des Pyrénées. Si une parapatricie ne semble pas exclue il n'existe pas aujourd'hui de cas avéré. Si les deux espèces étaient sympatriques, au moins dans le sud de la France, le rang spécifique pour *gavoyi* s'imposerait. La large distribution géographique de la sous-espèce *gavoyi* pourrait également faire pencher pour une bonne espèce. En effet, la majorité des sous-espèces d'Orthoptères co-existantes en France occupent généralement des aires restreintes, correspondant souvent à des massifs montagneux. De cette étude, il ressort également des doutes sur l'identité taxonomique des *Tetrix undulata* dans les Pyrénées et par extrapolation en Espagne (seulement deux individus examinés dans la collection de Didier Morin). L'isolement géographique avec *Tetrix u undulata* est bien réel, les Pyrénées étant « isolés » par

Figure 3 : ACP pour les ♂♂.

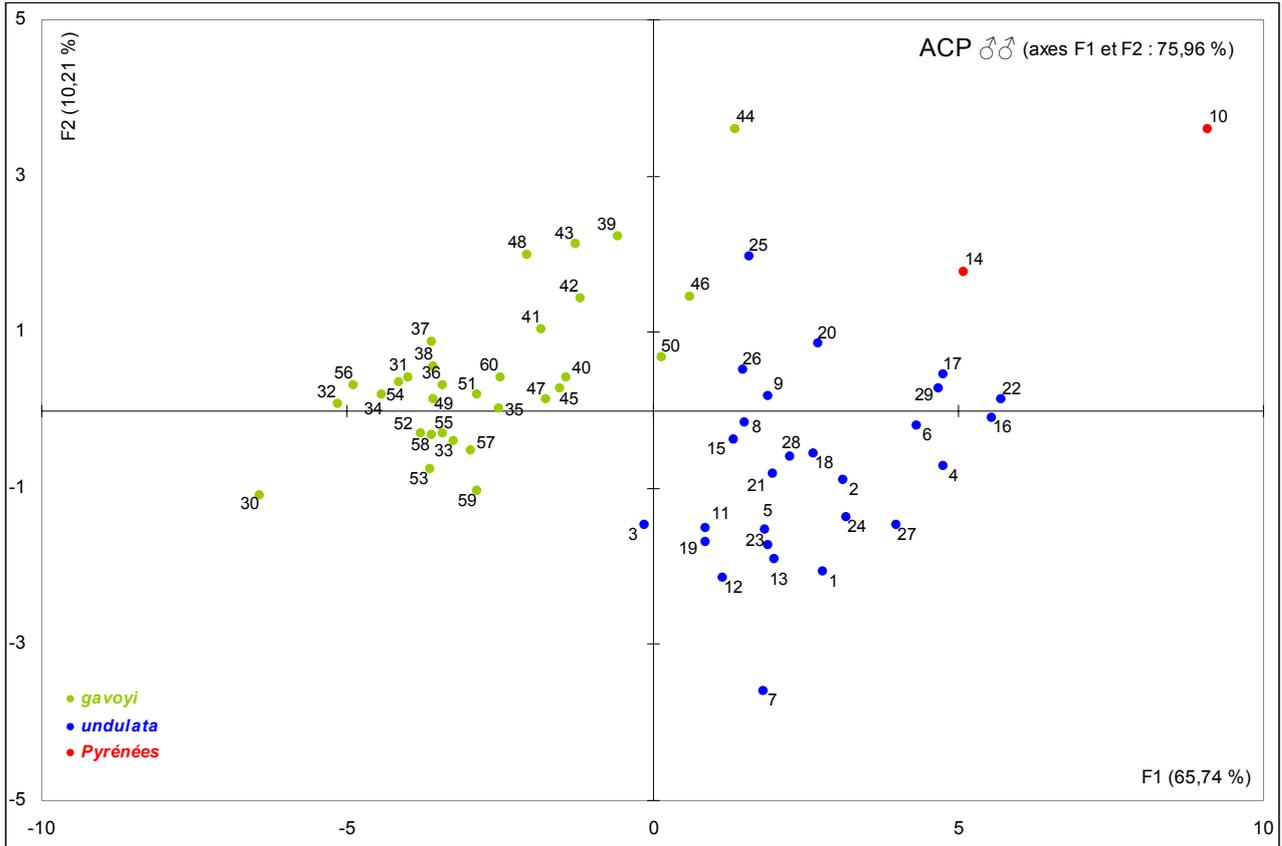
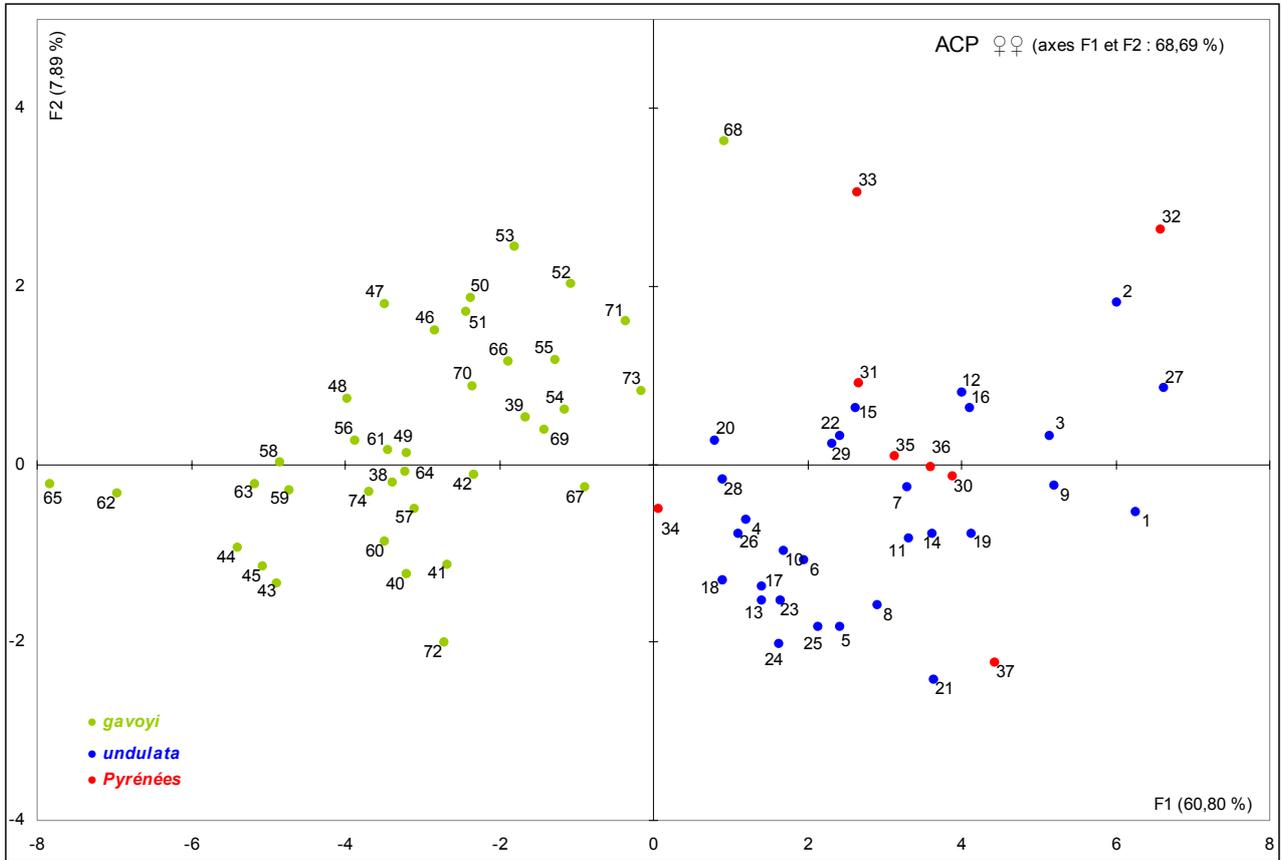
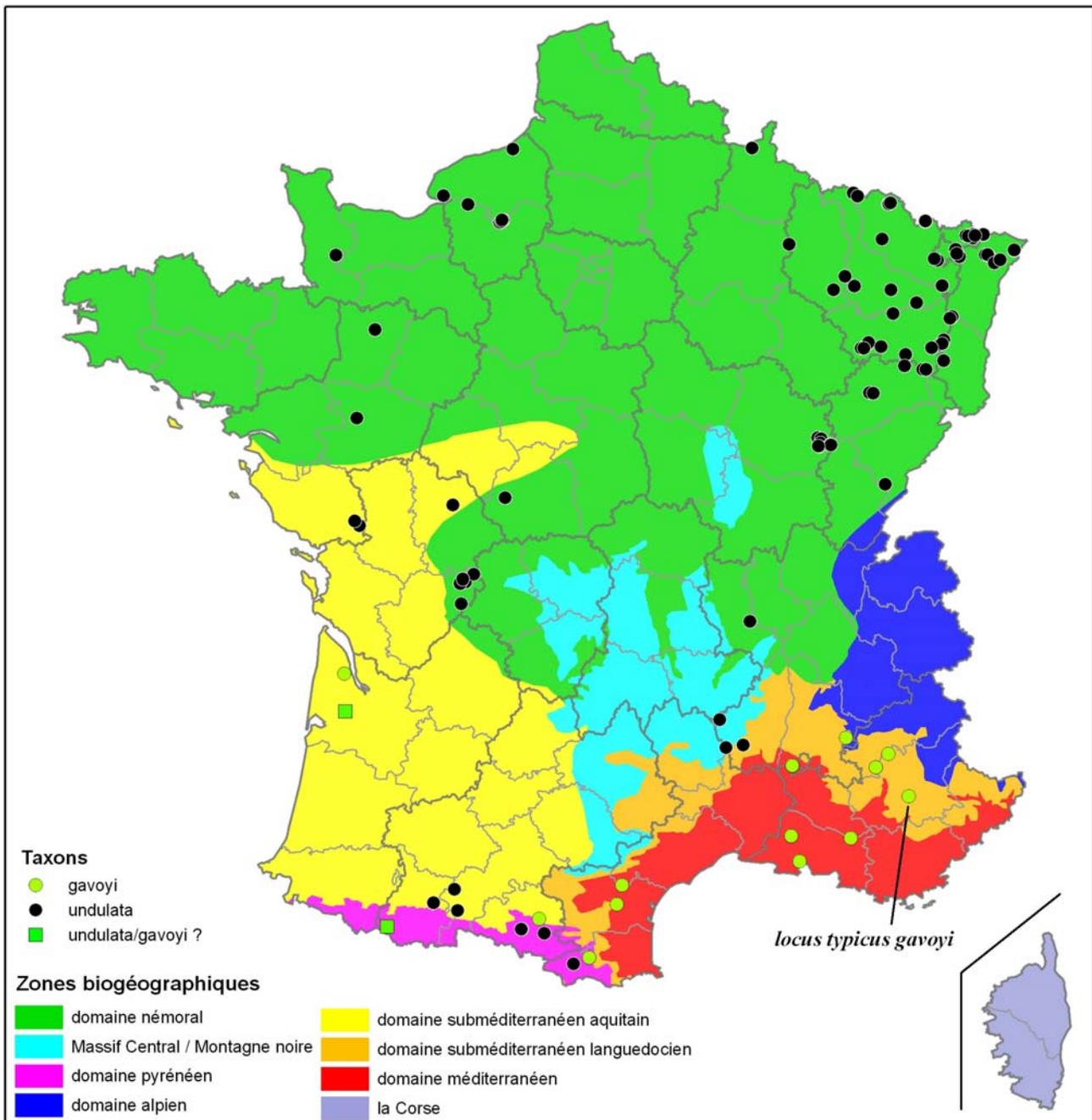


Figure 4 : ACP pour les ♀♀.



Carte 1 : Distribution des taxons *undulata* et *gavoyi* en France.

Tetrax u. gavoyi. Il n'est donc pas à exclure qu'une spéciation soit en cours (le taux d'endémisme dans ce massif est élevé). Le matériel étudié provenant des Pyrénées est cependant trop limité pour aller plus loin dans cette interprétation. Par ailleurs, j'ai le sentiment que les populations possèdent des caractéristiques morphométriques propres, ce qui complique encore un peu plus l'interprétation.

Enfin, concernant la distribution de *gavoyi* et *undulata*, il semble important d'approfondir les connaissances dans la partie ouest de la France, notamment de part et d'autre de l'estuaire de la Gironde qui apparaît aujourd'hui comme la charnière entre les deux sous-

espèces. Si la caractérisation de *gavoyi* semble claire dans le sud-est, sa situation demande d'être précisée dans le sud-ouest, où peu de matériel a été étudié.

b) Critères de détermination

Le **Tableau 2** donne les principaux critères pour distinguer les sous-espèces *undulata* et *gavoyi*. Dans *undulata*, les individus pyrénéens sont inclus, bien que les moyennes et certaines valeurs extrêmes soient sensiblement influencées par les individus provenant des Pyrénées.

Tableau 2 : critères de détermination pour séparer les sous-espèces *undulata* & *gavoyi*.

	<i>gavoyi</i>	<i>undulata</i>
Habitus	Plus petit et d'allure « ramassée », carène médiane du pronotum moins saillante. Vertex moins projeté.	Plus grand et plus élancé, carène médiane du pronotum plus saillante. Vertex plus projeté.
Mensurations	♂♂ Corps < 8,5 mm Pronotum < 7,6 mm Fémur postérieur < 5,1 mm Rapport longueur/largeur fémur postérieur compris entre [2,73-3,1] ♀♀ Corps < 10,3 mm Pronotum < 9,3 mm Fémur postérieur < 6,1 mm Rapport longueur/largeur fémur postérieur compris entre [2,81-3,21]	♂♂ Corps > 7,6 mm Pronotum > 6,85 mm Fémur postérieur ≥ 5,1 mm Rapport longueur/largeur fémur postérieur compris entre [3-3,4] ♀♀ Corps > 9,4 mm Pronotum > 8,7 mm Fémur postérieur ≥ 6,1 mm Rapport longueur/largeur fémur postérieur compris entre [2,99-3,46]
Ecologie	Hygrophile, marais et zones humides herbacées sur calcaire	Mésophile à hygrophile, marais, tourbières, landes sèches sur schistes, milieux forestiers (lisières, clairières, chemins) et zones humides herbacées. Milieux acides , soit par le substrat géologique ou pédologique (argiles), soit par une compensation stationnelle (matière organique).
Chorologie	Départements français en climat méditerranéen et sub-méditerranéen, sur calcaire	Presque toute la France, sur substrat acide. Absent en climat méditerranéen, très rare en climat sub-méditerranéen. Le statut des populations pyrénéennes mérite d'être étudié.

Remerciements

Je remercie tout particulièrement Bernard Defaut pour nos riches échanges sur la bibliographie, la taxonomie et la mise à disposition d'échantillons de *Tetrix undulata*. Nos remerciements vont également à Yoan Braud et Didier Morin pour le prêt de spécimens ; et Lisbeth Zechner pour la traduction du résumé en anglais et en allemand.

RÉFÉRENCES :

- AZAM, J., 1893. Liste des Orthoptères des Hautes et Basses-Alpes. *Annales de la Société entomologique de France*, 62, 1892 : 185-198.
- AZAM, J., 1901. Catalogue synonymique et systématique des Orthoptères de France. *Miscellanea Entomologica*, 9 (2, 3-4, 5-6, 7-8 et 10): 17-160.
- BELLMANN, H., & LUQUET, G., 2009. *Guide des Sauterelles, Grillons et Criquets d'Europe occidentale*. Delachaux et Niestlé édit., Neuchâtel (Suisse) et Paris. 384 p. CD d'identification sonore des orthoptères inclus.
- CARPENTIER, F., 1942a. Les *Acrydium* (Orthoptera) de Belgique. Première partie. *Bulletin du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique*, 18, n° 44 : 1-16, 14 fig.
- CARPENTIER, F., 1942b. Les *Acrydium* (Orthoptera) de Belgique. Deuxième partie. *Bulletin du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique*, 18, n° 57 : 1-16, 36 fig.
- CARPENTIER, F., 1942c. Les *Acrydium* (Orthoptera) de Belgique. Troisième partie. *Bulletin du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique*, 19, n° 49 : 1-19, 54 fig.

- CHOPARD, L., 1922. *Orthoptères et Dermaptères*. Faune de France, 3, I-VI + 1-212, 466 fig. dans le texte, 1 pl. Paul Lechevalier édit., Paris.
- CHOPARD, L., 1952. *Orthoptéroïdes*. Faune de France, 56, 1951 : 1-359, 531 fig. dans le texte. Paul Lechevalier édit., Paris.
- DEFAUT B., 1999. Synopsis des Orthoptères de France. *Matériaux Entomocénologiques*, n° spécial, 2^e édition, 87 p.
- DEFAUT, B., 2001. *La détermination des Orthoptères de France*. Edition à compte d'auteur, F-09400 Bédéilhac. Deuxième édition, 85 p.
- DEFAUT, B., SARDET, E. & BRAUD Y., (coordinateurs au titre de l'ASCETE), 2009. *Catalogue permanent de l'entomofaune française, fascicule 7, Orthoptera : Ensifera et Caelifera*. U.E.F. éditeur, Dijon, 94 p.
- HARZ K., 1975. – *Die Orthopteren Europas* : 2. – W. Junk, La Haye, 939 p.
- HOULBERT, C., 1927. Thysanoures, Dermaptères et Orthoptères de France et de la faune européenne. Tome deuxième. *Encyclopédie scientifique, Bibliothèque de Zoologie* : I-VIII + 1-357, 46 fig. dans le texte, 15 pl. Octave Doin, Gaston Doin et C^{ie} libr.-édit., Paris.
- FINOT A. (1890). – Faune de la France. Insectes orthoptères. Thysanoures et orthoptères proprement dits. Fontainebleau. France. 322 p + planches.
- GRASSÉ, P.-P., 1928. Supplément au catalogue des Orthoptères de Dordogne. *Bulletin de la Société entomologique de France*, [(8)], 33 (10) : 165-168.
- (DE) SÉLYS-LONGCHAMPS, M.-E., 1862. Catalogue raisonné des Orthoptères de Belgique. *Annales de la Société entomologique de Belgique*, 6 : 130-158.

ANNEXE 1 : localités et nombre de spécimens du matériel mesuré (cordonnées géographiques en degré décimaux, WGS84)

Commune	Lieu-dit	dép/pays	Date	Altitude	X	Y	Collection	♀	♂
<i>Tetrix undulata undulata</i>									
Aizier	talus haie, bord village	27	31/08/2007	40	0,624	49,429	Sardet Eric	2	1
Audun le Tiche	site CSL	57	23/05/2003	400	5,97586	49,46034	Sardet Eric	1	
Beire-le-Fort	Forêt Dom. de Beire (partie ouest)	21	09/09/2009	200	5,252733	47,244811	Sardet Eric		1
Bitche	camp militaire de Bitche	57	10/08/2001	300	7,5332	49,0557	Sardet Eric	1	2
Bitche	scierie	57	03/09/2001	300	7,4588	49,0456	Sardet Eric		
Flammerans	Bois de Flammerans	21	04/06/2004	197	5,47223	47,2176	Sardet Eric	2	4
Flammerans	Bois de Flammerans	21	10/05/2004	197	5,47223	47,2176	Sardet Eric		
Foussais-Payré	Pont de la Taillée	85	28/05/2007	54	-0,695985	46,488953	Sardet Eric	1	
Frasne	sur les Moulins (tourbière)	25	25/06/2004	840	6,16353	46,84242	Sardet Eric		1
Haguenuau	Sonnenplan	67	27/05/2008	160	7,71887	48,855481	Sardet Eric	4	1
Haut-du-Thrm-Château-Lambert	La Plaine (Étang)	70	03/06/2006	690	6,73671	47,86184	Sardet Eric	2	
Kerling-les-Sierck	Forêt Dom. de Sierck	57	19/06/2009	270	6,4031	49,3762	Sardet Eric		4
Lubine	la Bassotte	88	10/09/2009	586	7,1423	48,30979	Sardet Eric		1
Magny-Montarlot	Bois défendu	21	10/06/2004	230	5,3371	47,24112	Sardet Eric	1	
Martot	mare, ancienne carrière	27	24/05/2007	35	1,085216	49,279781	Sardet Eric	3	1
Matemale	Barrage, rive droite	66	04/08/2007	1540	2,1051	42,5673	Sardet Eric	2	
Mécleuves	La Corvée Devant	57	18/08/2005	190	6,28855	49,061	Sardet Eric	2	1
Mertzwiller	Murbbruch	67	27/05/2008	160	7,70253	48,860442	Sardet Eric	1	1
Montferrier	les Monts d'Olmes	09	31/07/2007	1490	1,7476	42,8426	Sardet Eric	2	2
Montselgues	les Narcettes/tourbière	07	02/08/2009	1040	4,0083	44,5106	Sardet Eric	1	
Neuchâtel (Suisse)	vallée de la Brévine	CH	21/07/1999	800	6,91	47,138	Sardet Eric	1	1
Percy	Calvaire du Mont Robin	50	20/09/2009	276	-1,16131	48,92923	Sardet Eric	1	
Rocroi	Hiraumont/forêt	08	23/04/2000	200	4,546	49,929	Sardet Eric		1
Rogerville	marais/vallon de Rogerville	76	27/05/1999	35	0,279	49,501	Sardet Eric		2
Saurat	Marais de Loumet	09	19/08/1998	1180	1,4673	42,8747	Sardet Eric	1	
Saurat	Marais de Loumet	09	01/10/2008	1180	1,4673	42,8747	Sardet Eric	3	
la Petite Pierre	Étang de Donnenbach	67	27/07/1998	265	7,288	48,89	Sardet Eric	1	
Soirans	Bois de Mondragon	21	10/05/2007	200	5,309100	47,21320000	Sardet Eric	3	1
St-Aubin-du-Cormier	Bois d'Uzel	35	21/09/2009	110	-0,58972	48,26778	Sardet Eric		1
Saint-Augustin-des-bois	La bottellerie	49	26/04/1998	60	-0,79	47,46	Braud Yoan		1
Yonneuil-sur-Vienne	sommière sur Riveau d'A.	86	26/08/1999	127	0,5104	46,7007	Sardet Eric	2	
<i>Tetrix undulata gavoysi</i>									
Beaurières	les Boulligons (marais)	26	22/04/2007	650	5,51319	44,56432	Sardet Eric	6	1
Curbans	Entre Col de Blaux et La Lauze	04	01/05/2009	960	6,03491	44,40382	Sardet Eric & Braud Yoan	5	10
Meyrargues	Repentance, étang des jonquiers	13	18/04/2003	197	5,52489	43,6553	Braud Yoan	1	
Mison	lac de Mison S	04	24/04/2007	630	5,870824	44,289199	Sardet Eric	4	3
Pépieux	Lac de Jouarres, NE	11	27/04/2009	44	2,69812	43,27599	Sardet Eric	3	10
Ribaute	Riv. de l'Orbieu (amont village)	11	27/04/2009	90	2,62833	43,10589	Sardet Eric & Roesti Christian		1
Suze-la-Rousse	marais de St Louis	26	30/04/2007	100	4,831908	44,329045	Sardet Eric	18	6