

Éléments sur la détermination et la répartition de *Tetrix bolivari* Saulcy in AZAM, 1901, *Tetrix ceperoi* (Bolívar, 1887) et *Tetrix subulata* (Linnaeus, 1758) en Bourgogne-Franche-Comté (Orthoptera, Caelifera, Tetrigidae)

par Guillaume DOUCET¹ & Raphaëlle ITRAC-BRUNEAU²

^{1,2} 8F Rue Maurice Deslandres, F-21000 Dijon

¹ guillaume.doucet@yahoo.fr

² r.itracbruneau@yahoo.fr

Résumé. Les 3 espèces de *Tetrix* du groupe *bolivari* / *ceperoi* / *subulata* sont assez proches d'un point de vue morphologique ce qui induit des difficultés de détermination et donc un nombre restreint de données pour ces 3 taxons. Cela est d'autant plus vrai pour *T. bolivari* qui a des caractéristiques intermédiaires entre les deux autres espèces. L'article présente une étude morphométrique fine sur des individus collectés en région Bourgogne-Franche-Comté afin de proposer des gammes de valeurs précises pour les différents critères classiquement utilisés. Les mesures réalisées sur 214 individus ont permis de séparer les 3 taxons sans ambiguïté et donc de proposer une clé d'identification fiable. Ce matériel a également permis de mieux cerner la phénologie et la répartition des taxons dans la région, et notamment de valider la présence de *T. bolivari* dans le département de la Côte-d'Or et de l'Yonne.

Mots clés. *Tetrigidae*, Bourgogne-Franche-Comté, distribution, étude morphométrique.

Abstract. The 3 species of *Tetrix* in the *bolivari* / *ceperoi* / *subulata* group are quite similar from a morphological point of view, which induces difficulties of determination and therefore a limited number of data for these 3 taxa. This is especially true for *T. bolivari* which has characteristics intermediate between the other two species. The article presents a detailed morphometric study on individuals collected in the Bourgogne-Franche-Comté region in order to propose precise ranges of values for the various criteria conventionally used. The measurements carried out on 214 individuals made it possible to separate the 3 taxa without ambiguity and therefore to provide a reliable identification key. This material also made it possible to better understand the phenology and distribution of taxa in the region, and in particular to validate the presence of *T. bolivari* in the departments of Côte-d'Or and Yonne.

Keywords. *Tetrigidae*, Bourgogne-Franche-Comté, distribution, morphometric study.

—oOo—

INTRODUCTION

Tetrix bolivari Saulcy in Azam, 1901, *Tetrix ceperoi* (Bolívar, 1887) et *Tetrix subulata* (Linnaeus, 1758) sont trois criquets de la famille des Tetrigidae assez semblables dont l'identification est souvent délicate (BARDET & VACHER, 2012 ; SARDET, 2008). Dans la région Bourgogne-Franche-Comté, peu de données d'identification certaine sont disponibles pour le premier taxon (BARDET & VACHER, 2012 ; DEHONDT & MORA, 2013) ce qui rend difficile l'appréciation de sa distribution et de sa rareté. Ainsi, DEHONDT & MORA (2013) écrivaient dans leur atlas : « Les trois tétrix des zones humides mériteraient d'être étudiés pour préciser leur statut respectifs ». Afin d'améliorer les connaissances sur ces taxons, un peu plus de 80 stations ont été échantillonnées dans la région. Une analyse morphométrique a été réalisée sur chacun des individus collectés qui, additionnée de données en provenance de la bibliographie et de collection d'autres naturalistes, a permis de définir précisément des valeurs pour les critères morphométriques classiquement utilisés et d'ébaucher un pattern de

distribution de ces trois espèces dans la région sur la base d'individus identifiés de façon certaine.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. ZONE D'ÉTUDE

L'analyse porte sur la région Bourgogne-Franche-Comté qui est composée de 8 départements (Côte-d'Or, Doubs, Jura, Nièvre, Haute-Saône, Saône-et-Loire, Yonne et Territoire-de-Belfort) pour une superficie totale de 47 784 km². L'amplitude altitudinale y varie de 52 m à 1495 m.

2. SOURCE DES DONNÉES

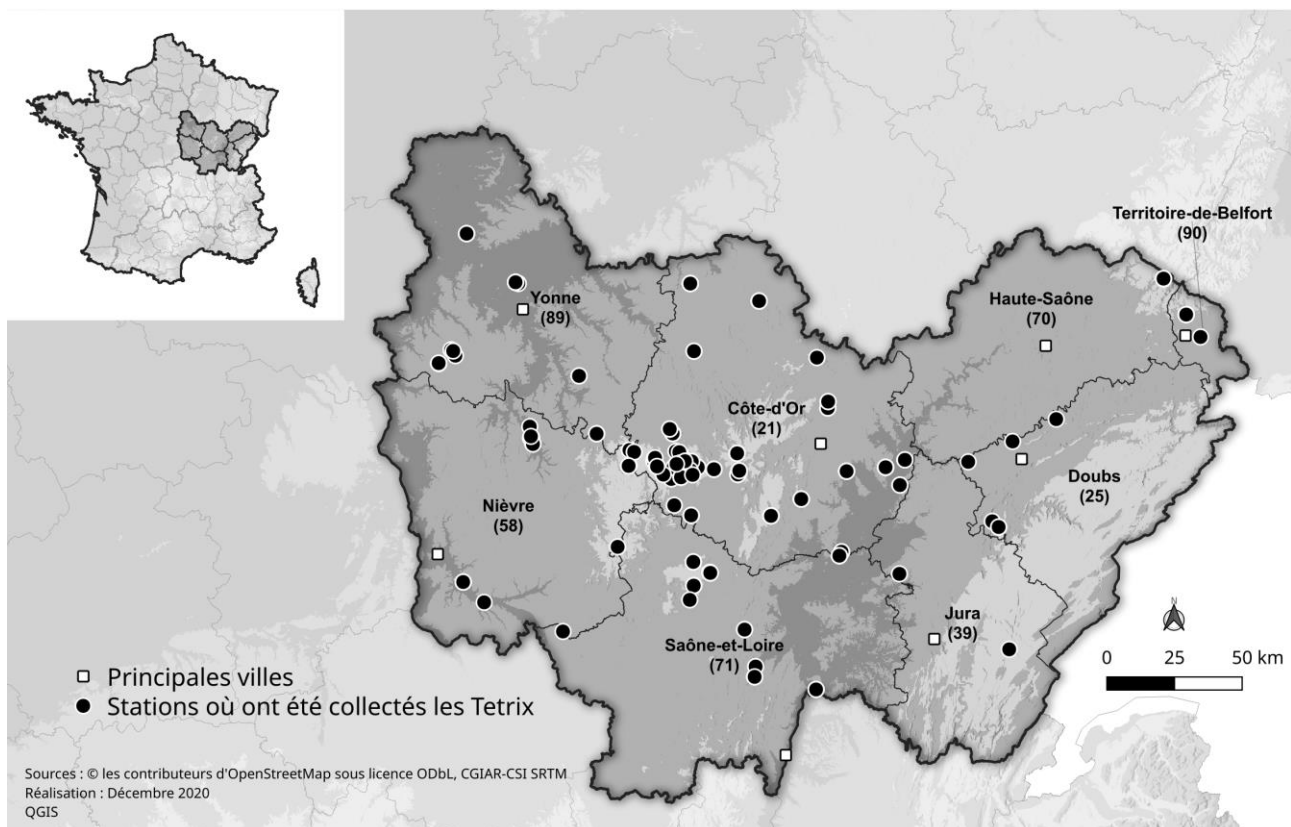
Trois sources de données ont été utilisées pour cette étude : (i) les mentions historiques issues de la bibliographie (BARDET & VACHER, 2012), (ii) des individus issus de la collection d'Éric Sardet et (iii) des individus collectés sur le territoire régional par les auteurs ou transmis par des naturalistes entre 2018 et 2020. La majorité de ces derniers individus ont été collectés de manière opportuniste à l'occasion de différentes missions naturalistes (inventaires

entomologiques, inventaires milieux humides, suivis de végétations en prairie humide...).

Pour les individus à disposition des auteurs (214 individus), des mesures précises ont pu être réalisées et ont permis une analyse morphométrique fine. Les deux autres jeux de données ont été utilisés en complément pour préciser la répartition régionale des taxons et leur phénologie. Ainsi, 250 individus collectés entre 2003 et 2020 ont été étudiés (tableau I). Ils proviennent de 86 stations réparties sur les 8 départements de la région (carte 1). La couverture n'est cependant pas homogène avec, pour les extrêmes, seulement 1 station en Haute-Saône contre 42 en Côte-d'Or. À noter enfin que les individus prélevés sur la Réserve naturelle nationale de la Truchère-Ratenelle ont été collectés en respectant la réglementation en vigueur (suivi scientifique prévu dans le plan de gestion).

Tableau I : Nombre d'individus collectés en Bourgogne-Franche-Comté par chaque naturaliste

Collecteurs	Nombre d'individus	Dans la collection des auteurs
Poirel Aurélien	5	x
Vacher Alain	6	
Bardet Olivier	6	
Couasné Jean-Philippe & Connan Cynthia	9	x
Foutel Cédric	11	x
Sardet Éric	24	
Itrac-Bruneau Raphaëlle & Doucet Guillaume	28	x
Doucet Guillaume	78	x
Itrac-Bruneau Raphaëlle	83	x
Total	250	214



Carte 1 : Localisation des stations échantillonnées

3. RÉPARTITION DES INDIVIDUS COLLECTÉS EN FONCTION DE L'ESPÈCE, DU SEXE ET DU MODE DE CONSERVATION

Les 214 individus à disposition des auteurs ont été majoritairement conservés dans l'alcool, les autres ayant été épinglés et conservés à sec (tableau II).

Les effectifs sont assez bien répartis entre les espèces et les sexes avec entre 31 et 38 individus pour chaque groupe (tableau II). Au total, cela représente 71 *Tetrax bolivari*, 74 *Tetrax ceperoi* et 69 *Tetrax subulata*.

Tableau II : Répartition des individus collectés en fonction de l'espèce, du sexe et du mode de conservation

	Sexe	Conservation		Sous-total par sexe	Total
		en alcool	à sec		
<i>Tetrix bolivari</i>	♀	32	4	36	71
	♂	34	1	35	
<i>Tetrix ceperoi</i>	♀	29	8	37	74
	♂	34	3	37	
<i>Tetrix subulata</i>	♀	32	6	38	69
	♂	28	3	31	
Total		189	25		214

4. DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Pour certains paramètres ou critères (dépassement du vertex et rapport espace interoculaire / largeur d'un œil), nos mesures ont été comparées avec celles réalisées par Bernard Defaut (BD) sur les individus de sa collection (n = 111) qui a en grande partie servi pour élaborer la Faune de France (DEFAUT & MORICHON, 2015). Le tableau III dresse pour chaque espèce la synthèse du nombre d'individus mesurés. Ils sont tous conservés à sec et proviennent de diverses régions de France métropolitaine et d'Italie. Il est à noter qu'aucun de ces individus n'a été récolté en Bourgogne-Franche-Comté.

Tableau III : Répartition des individus de la collection de Bernard Defaut en fonction de l'espèce et du sexe

	Sexe	Nombre d'individus	Total
<i>Tetrix bolivari</i>	♀	20	33
	♂	13	
<i>Tetrix ceperoi</i>	♀	22	39
	♂	17	
<i>Tetrix subulata</i>	♀	24	39
	♂	15	

5. TERMINOLOGIE ET MESURES

La description des détails morphologiques et le choix des mesures sont inspirés des travaux de DEVRIESE (1996) et TUMBRINCK (2014). Les mesures ont été réalisées à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un oculaire micrométrique gradué. Pour s'assurer de la précision des mesures, il est nécessaire de positionner l'individu dans un plan le plus horizontal possible afin d'éviter des biais dus à la parallaxe.

Pour les individus à disposition des auteurs, les paramètres renseignés sont les suivants (figures 1 et 3A) :

DEP.VER	Dépassement du vertex par rapport au bord antérieur des yeux
EIO	Espace interoculaire
LP	Longueur du pronotum
WO	Largeur d'un œil
WT	Largeur de la tête

Le caractère brachypronotal (individus dont le pronotum est court et atteint tout juste l'apex des fémurs postérieurs [figure 2]) ou non de chaque individu a également été noté. En effet, *Tetrix ceperoi* et *T. subulata* sont connus pour présenter des individus brachypronotaux (DEFAUT & MORICHON, 2015), et il est important de prendre en compte ce paramètre notamment lors de la comparaison de la taille des individus des différentes espèces. Pour *T. ceperoi*, la forme brachypronotale (forme *brachyptera* Ingrisch, 1983) n'est pour l'instant connue que de Sardaigne et de Corse (DEFAUT & MORICHON, 2015). Ainsi, en Bourgogne-Franche-Comté, seul *T. subulata* est susceptible de présenter une forme brachypronotale (forme *attenuata* (Selys, 1862)).

6. CRITÈRES DE DÉTERMINATION

Les quatre principaux critères proposés par SARDET (2008) et DEFAUT & MORICHON (2015) ont été repris pour distinguer les 3 taxons. Ils se divisent en 2 sous-catégories :

- > Les critères basés sur la morphométrie :
 - Dépassement du vertex (DEP.VER).
 - Rapport espace interoculaire (EIO) / largeur d'un œil (WO).
- > Les critères morphologiques (basés sur une analyse visuelle) :
 - Saillie des carènes médiane et latérales du pronotum (figure 4). Ce critère doit s'observer sur le pronotum un peu après l'insertion des pattes postérieures (ligne en pointillés sur Figure 3B).
 - Forme de la carène supérieure des fémurs postérieurs (figure 4).

Les critères morphologiques ont été utilisés pour confirmer les déterminations effectuées sur la base des critères morphométriques.

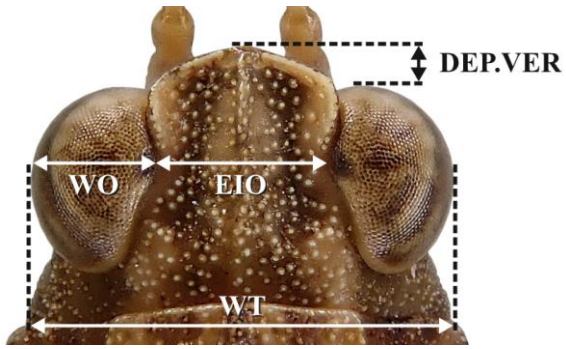
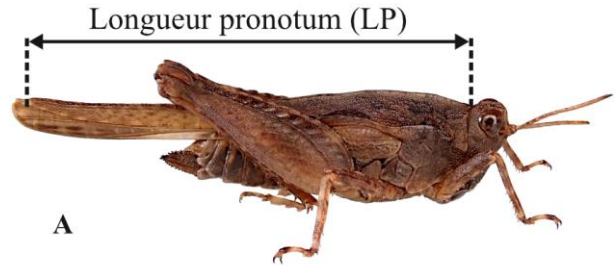
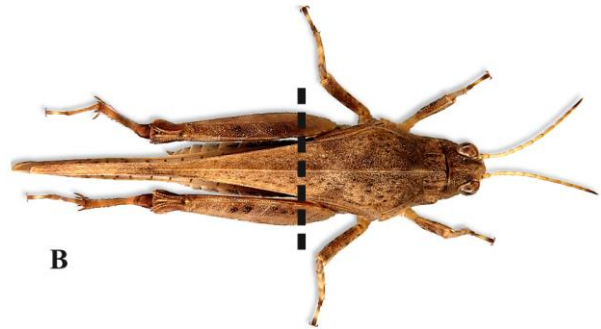


Figure 1 : Mensurations de la tête

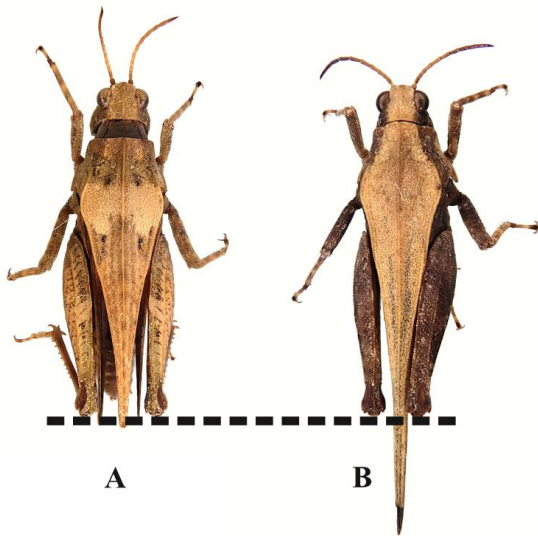


A



B

Figure 3 : Mesure de la longueur du pronotum (A) et zone d'observation du critère des carènes médianes et latérales (B)



A

B

Figure 2 : Différentes formes pronotales (A : individu brachypronotal ; B : individu à pronotum long)

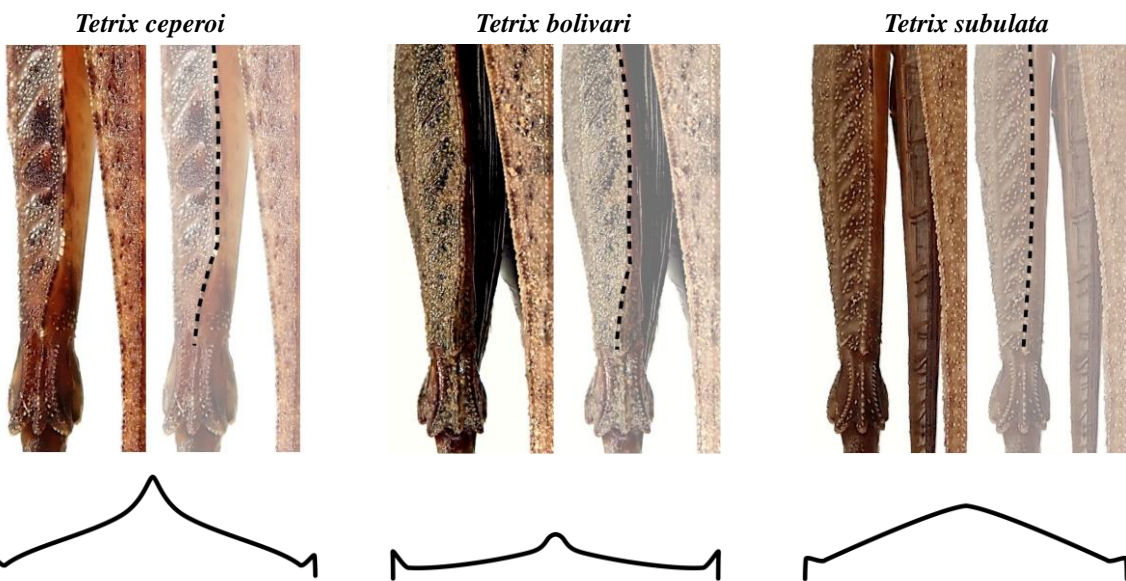


Figure 4 : Carène supérieure des fémurs postérieurs (en haut) et schémas de coupe transversale du pronotum (en bas) chez les 3 espèces

RÉSULTATS

1. FORMES BRACHYPRONOTALES

Nous n'avons pas détecté d'individus brachypronotaux chez *T. bolivari* et *T. ceperoi*. En revanche, parmi les 69 *T. subulata* analysés, 13 individus brachypronotaux ont été collectés soit près de 19 % des individus. Ce pourcentage est quasi identique entre les mâles (6 sur 31 soit 19,4%) et les femelles (7 sur 38 soit 18,4%).

2. CRITÈRES DE DÉTERMINATION

Le dimorphisme sexuel étant marqué chez ces espèces (DEFAUT & MORICHON, 2015), les analyses ont été réalisées séparément pour chacun des sexes. Pour

chaque critère analysé, la présentation des résultats commence par une analyse des individus en possession des auteurs puis se poursuit par une comparaison de ces résultats avec ceux de Bernard Defaut.

2.1 Dépassement du vertex (DEP.VER)

Résultats généraux

Le tableau IV et la figure 5 présentent les résultats obtenus pour ce paramètre. Les analyses confirment également le dimorphisme sexuel pour les 3 taxons.

Tableau IV : Synthèse des mesures du dépassement du vertex (mm) en fonction de l'espèce et du sexe sur les individus de notre collection

		n	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Test de Wilcoxon	Valeur de p	Significativité
<i>Tetrix bolivari</i>	♀	36	0,058	0,117	0,087	0,013	1080,5	1,4e-07	****
	♂	35	0,047	0,093	0,066	0,013			
<i>Tetrix ceperoi</i>	♀	37	0,035	0,099	0,073	0,016	962	0,0021	**
	♂	37	0,035	0,093	0,062	0,015			
<i>Tetrix subulata</i>	♀	38	0,140	0,233	0,175	0,024	1068,5	5,4e-09	****
	♂	31	0,117	0,190	0,136	0,017			

ns: p > 0,05 | *: p ≤ 0,05 | **: p ≤ 0,01 | ***: p ≤ 0,001 | ****: p ≤ 0,0001

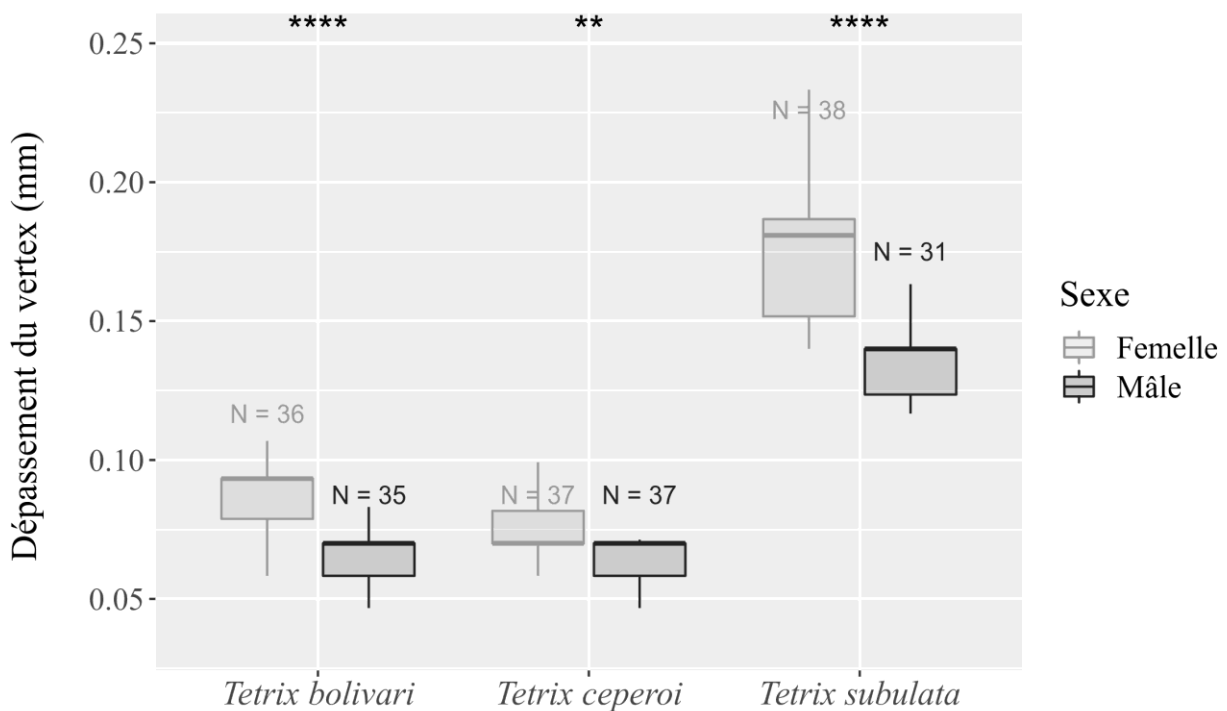


Figure 5 : Dépassement du vertex en fonction du sexe pour les 3 espèces

Comparaison pour les femelles

Les analyses du dépassement du vertex font ressortir deux groupes disjoints (tableau IV et figure 6). Les 38 femelles de *T. subulata* se distinguent des autres espèces par des valeurs de dépassement du vertex supérieures ou égales à 0,14 mm. Pour les 73 individus des deux autres taxons, ces valeurs sont en revanche toutes inférieures à 0,12 mm.

Comparaison pour les mâles

Pour les 103 mâles analysés sur ce critère, on observe également 2 groupes distincts (tableau IV et figure 7) : *T. subulata* d'une part, avec des valeurs supérieures à 0,11 mm pour les 31 individus analysés, tandis que les deux autres taxons présentent tous des valeurs inférieures à 0,10 mm.

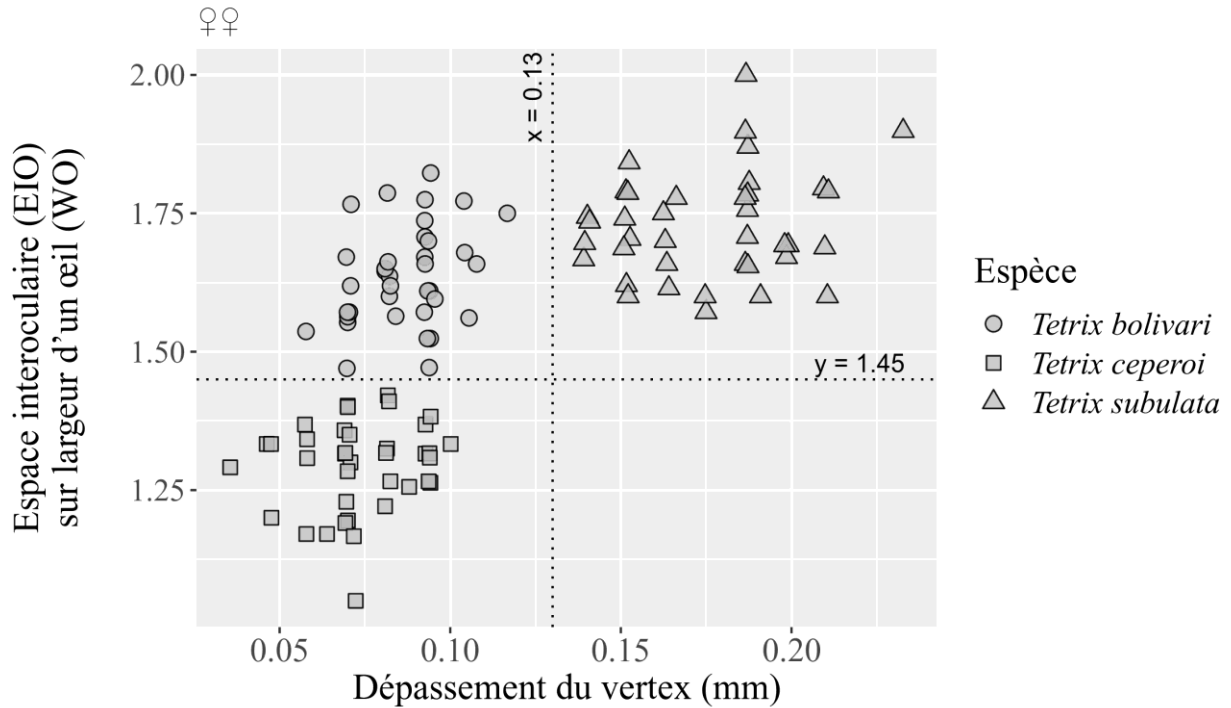


Figure 6 : Dépassement du vertex (mm) en fonction du rapport espace interoculaire (EIO) sur largeur d'un œil (WO) pour les femelles

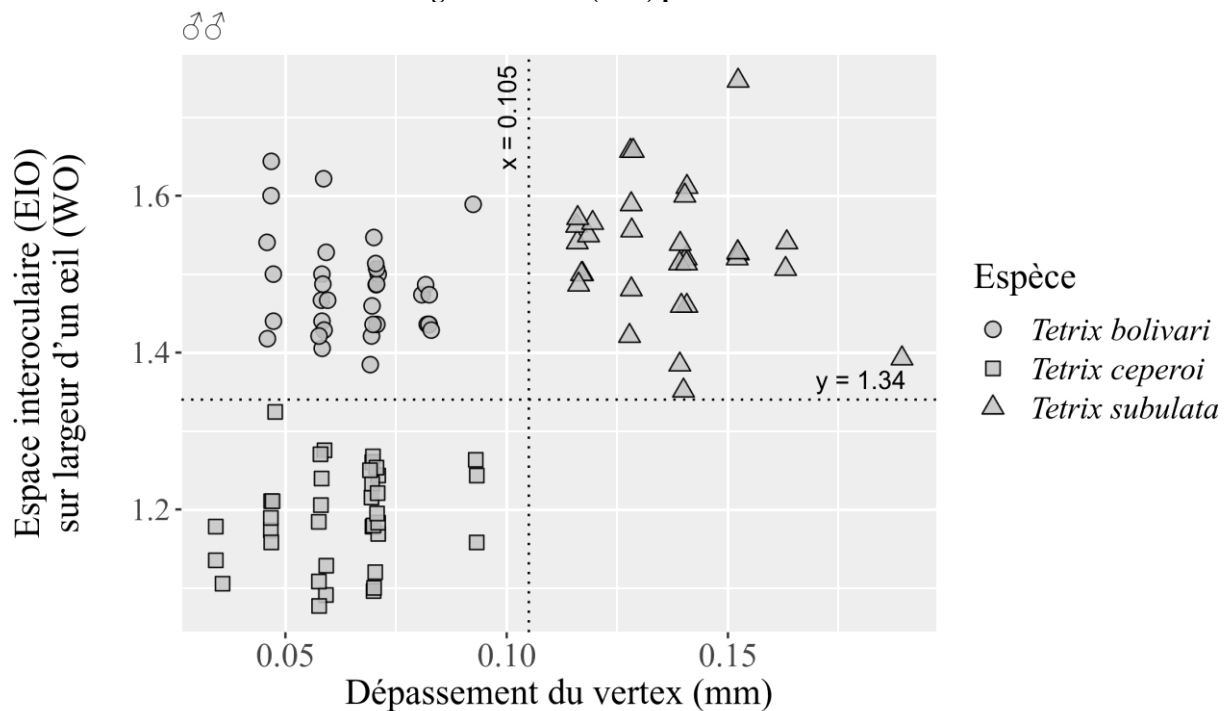


Figure 7 : Dépassement du vertex (mm) en fonction du rapport espace interoculaire (EIO) sur largeur d'un œil (WO) pour les mâles

Comparaison avec les valeurs de la collection de Bernard Defaut

En ce qui concerne les femelles, nos valeurs obtenues pour ce critère sont comparables à celles de Bernard Defaut (tableau V) avec des valeurs minimales de 0,145 mm chez *T. subulata* et maximales de 0,113 mm pour *T. bolivari* et 0,072 mm pour *T. ceperoi*.

Bernard Defaut obtient également des valeurs supérieures à 0,11 mm pour les mâles de *T. subulata* (valeur minimale de 0,113) et inférieures à 0,10 mm pour les deux autres taxons (maximum de 0,097 pour *T. ceperoi* et de 0,072 pour *T. bolivari*).

Ce critère de dépassement du vertex est donc fiable pour séparer *T. subulata* du groupe *T. ceperoi* / *T. bolivari*. Toutefois, un traitement séparé des sexes s'avère nécessaire.

2.2 Rapport espace interoculaire (EIO) / largeur d'un œil (WO)

Résultats généraux

Le tableau VI et la figure 8 présentent les résultats généraux obtenus pour ce paramètre. Le dimorphisme sexuel est une nouvelle fois confirmé pour ce critère pour les 3 taxons étudiés.

Tableau V : Comparaison des mesures du dépassement du vertex entre la collection des auteurs et celle de Bernard Defaut

		Source	n	Min	Max	Moyenne	Écart-type
<i>Tetrix bolivari</i>	♀	Coll. BD	20	0,032	0,113	0,074	0,018
		Coll. auteurs	36	0,058	0,117	0,087	0,013
	♂	Coll. BD	13	0,016	0,072	0,050	0,018
		Coll. auteurs	35	0,047	0,093	0,066	0,013
<i>Tetrix ceperoi</i>	♀	Coll. BD	13	0,016	0,072	0,050	0,018
		Coll. auteurs	37	0,035	0,099	0,073	0,016
	♂	Coll. BD	15	0,032	0,097	0,063	0,016
		Coll. auteurs	37	0,035	0,093	0,062	0,015
<i>Tetrix subulata</i>	♀	Coll. BD	21	0,145	0,290	0,189	0,028
		Coll. auteurs	38	0,140	0,233	0,175	0,024
	♂	Coll. BD	15	0,113	0,161	0,144	0,014
		Coll. auteurs	31	0,117	0,190	0,136	0,017

Tableau VI : Synthèse des mesures du rapport espace interoculaire / largeur d'un œil en fonction de l'espèce et du sexe

		n	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Test de Wilcoxon	Valeur de p	Significativité
<i>Tetrix bolivari</i>	♀	36	1,469	1,823	1,636	0,090	1161,5	1,0e-09	****
	♂	35	1,385	1,644	1,481	0,062			
<i>Tetrix ceperoi</i>	♀	37	1,050	1,421	1,293	0,081	1151	4,7e-07	****
	♂	37	1,077	1,324	1,192	0,062			
<i>Tetrix subulata</i>	♀	38	1,571	2,000	1,727	0,096	1129,5	7,2e-11	****
	♂	31	1,351	1,746	1,527	0,082			

ns: $p > 0,05$ | *: $p \leq 0,05$ | **: $p \leq 0,01$ | ***: $p \leq 0,001$ | ****: $p \leq 0,0001$

Comparaison pour les femelles

Le rapport espace interoculaire / largeur d'un œil permet de séparer les 3 taxons en 2 groupes (figure 6) : ceux dont le rapport est inférieur à 1,45 (cas des 37 femelles de *T. ceperoi* analysées et pour lesquelles la valeur maximum enregistrée est de 1,42) et ceux dont le rapport est supérieur à cette valeur (cas de *T. bolivari* et *T. subulata*, dont les valeurs minimum relevées sont respectivement de 1,47 et de 1,57).

Comparaison pour les mâles

Chez les mâles, bien que la limite soit plus ténue, le rapport espace interoculaire / largeur d'un œil permet également la distinction de 2 groupes (figure 7) : d'un côté *T. ceperoi*, avec des valeurs inférieures à 1,35 (valeur maximum relevée de 1,32), et de l'autre *T. subulata* et *T. bolivari* pour lesquels les valeurs sont supérieures ou égales à 1,35 (valeur minimales respectivement de 1,35 et 1,38).

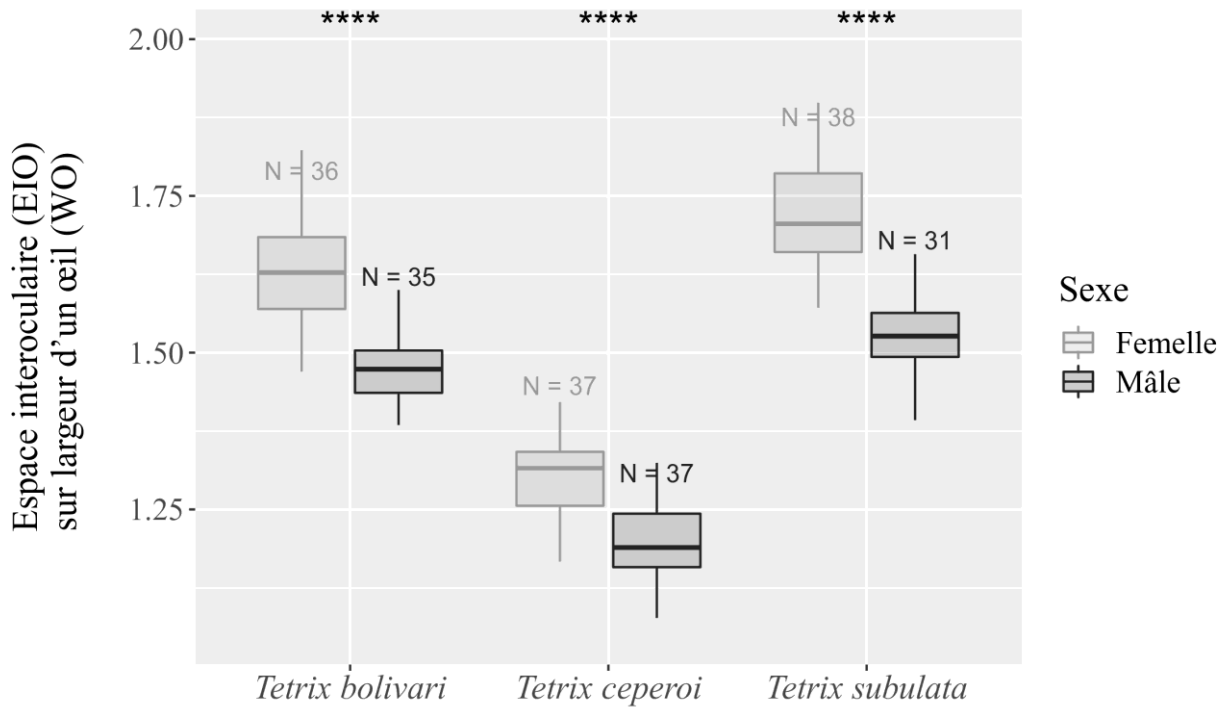


Figure 8 : Rapport espace interoculaire / largeur d'un œil en fonction du sexe pour les 3 espèces

Comparaison avec les valeurs de la collection de Bernard Defaut

Nos valeurs sont nettement supérieures à celles indiquées dans la Faune de France chez les deux sexes (tableau VII, figures 9 et 10), et ce pour toutes les espèces.

2.3 Estimation du biais observateur

Ces résultats laissent à penser que la façon de mesurer certains paramètres est différente d'un observateur à l'autre. En effet, le très faible recouvrement des valeurs entre nos deux jeux de données suggèrent qu'il existe un biais observateur.

Tableau VII : Comparaison des mesures du rapport espace interoculaire (EIO) / largeur d'un œil (WO) entre la collection des auteurs et celle de Bernard Defaut

		Source	n	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Test de Wilcoxon	Valeur de p	Significativité
<i>Tetrix bolivari</i>	♀	Coll. BD	20	1,303	1,510	1,388	0,051	2	9,7e-10	****
		Coll. auteurs	36	1,469	1,823	1,636	0,090			
	♂	Coll. BD	13	1,169	1,489	1,269	0,085	23	2,2e-06	****
		Coll. auteurs	35	1,385	1,644	1,481	0,062			
<i>Tetrix ceperoi</i>	♀	Coll. BD	22	0,979	1,198	1,106	0,062	19	1,0e-06	****
		Coll. auteurs	37	1,050	1,421	1,293	0,081			
	♂	Coll. BD	17	0,978	1,111	1,043	0,049	17	3,4e-07	****
		Coll. auteurs	37	1,077	1,324	1,192	0,062			
<i>Tetrix subulata</i>	♀	Coll. BD	24	1,321	1,610	1,469	0,076	11	8,4e-10	****
		Coll. auteurs	38	1,571	2,000	1,727	0,096			
	♂	Coll. BD	15	1,151	1,381	1,292	0,051	1	6,2e-08	****
		Coll. auteurs	31	1,351	1,746	1,527	0,082			

ns: $p > 0,05$ | *: $p \leq 0,05$ | **: $p \leq 0,01$ | ***: $p \leq 0,001$ | ****: $p \leq 0,0001$

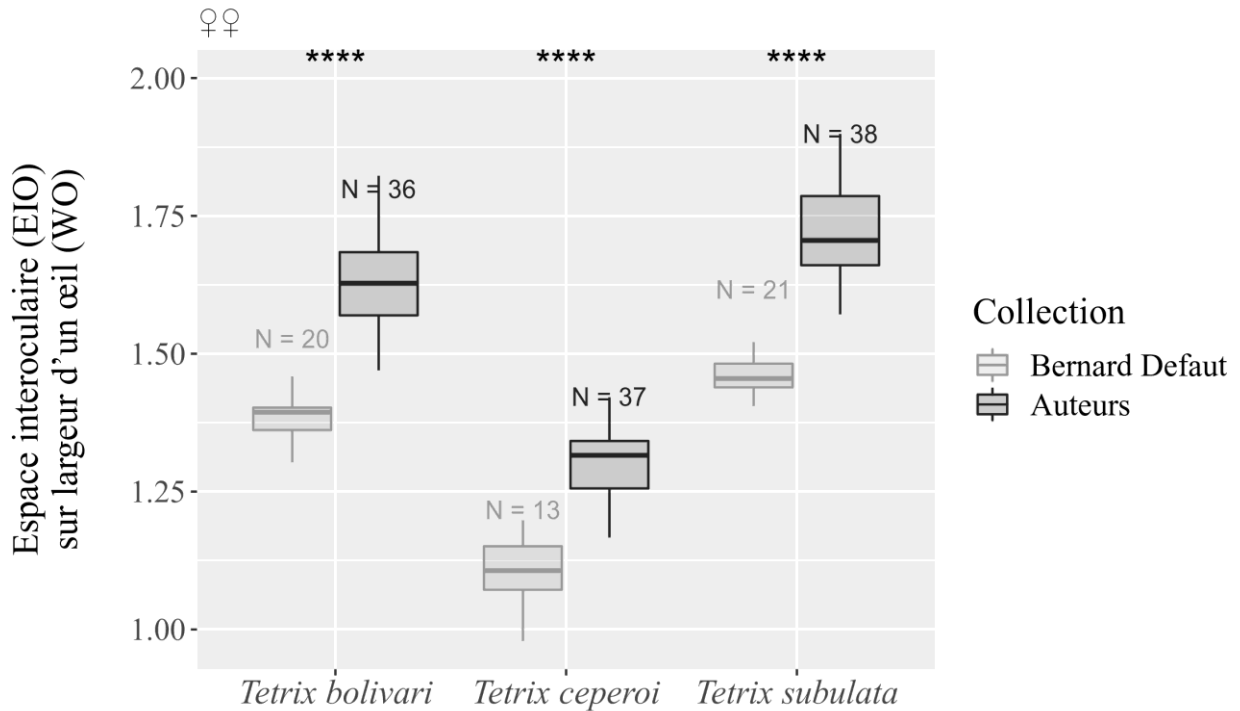


Figure 9 : Rapport espace interoculaire / largeur d'un œil chez les femelles

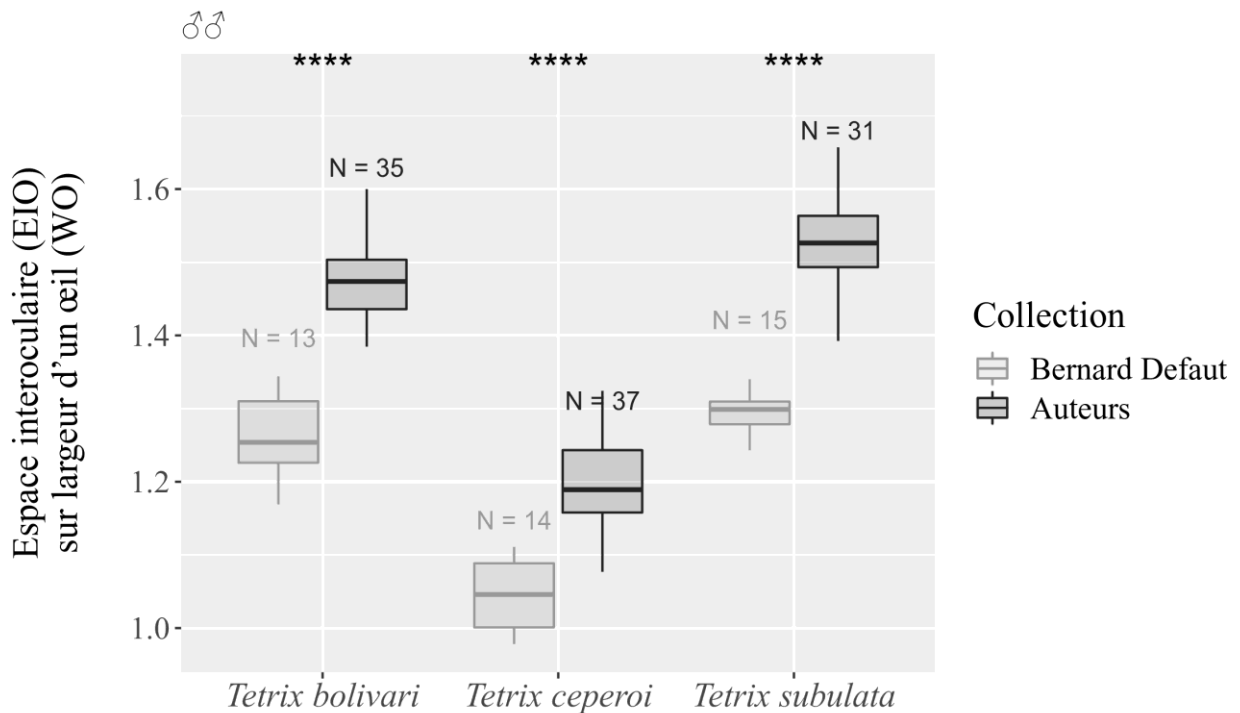


Figure 10 : Rapport espace interoculaire / largeur d'un œil chez les mâles

Comme les mesures du dépassement du vertex sont assez similaires entre nos deux jeux de données, on peut également exclure un biais qui proviendrait du matériel utilisé pour faire les mesures ou du mode de conservation (alcool *versus* sec). Afin de vérifier cette hypothèse, un lot de 13 individus (3 mâles et 1 femelle de *T. bolivari*, 2 mâles et 2 femelles de *T. ceperoi* et 1 mâle et 4 femelles de *T. subulata*) a été envoyé à Bernard Defaut afin de comparer nos mesures aux

siennes sur des individus identiques. Les résultats (Tableau VIII) confirment qu'un biais observateur n'a pas été détecté pour les mesures du dépassement du vertex. En revanche, concernant la largeur de la tête et l'espace interoculaire, il apparaît des différences significatives dans nos mesures respectives. Ces éléments valident notre hypothèse formulée en début de chapitre quant à l'existence d'un effet observateur.

Tableau VIII : Mesure du biais observateur sur 4 critères morphométriques sur un échantillon de 13 individus

Mesures	Min	Max	Moyenne	Écart-type	Test T apparié	Valeur de p	Significativité
Dépassement du vertex (mm)							
BD	0,032	0,225	0,104	0,065	-0,0268	0,98	ns
Auteurs	0,058	0,210	0,104	0,052			
Largeur de la tête (mm)							
BD	1,288	1,736	1,531	0,138	-12,2	4e-08	****
Auteurs	1,353	1,785	1,590	0,128			
Espace interoculaire (mm)							
BD	0,483	0,789	0,617	0,101	-13,8	9,8e-09	****
Auteurs	0,525	0,863	0,687	0,106			
Rapport espace interoculaire sur largeur d'un œil							
BD	1,126	1,666	1,347	0,185	-8,24	2,8e-06	****
Auteurs	1,215	1,897	1,515	0,215			

ns: $p > 0,05$ | *: $p \leq 0,05$ | **: $p \leq 0,01$ | ***: $p \leq 0,001$ | ****: $p \leq 0,0001$

Cette variabilité dans les mesures apparaît également dans les principaux ouvrages proposant des clés de détermination de ces espèces. Dans les ouvrages les plus anciens fréquemment utilisés, il n'est pas indiqué de valeur numérique mais plutôt des formulations qui peuvent laisser de la subjectivité dans l'appréciation du critère, telles que « sommet du vertex à peine plus large qu'un œil » pour *T. ceperoi* et « sommet du vertex plus large que les yeux » pour les deux autres taxons dans (CHOPARD, 1952) ou encore « distance interoculaire aussi large ou à peine plus large qu'un œil » ou « distance interoculaire nettement plus large qu'un œil » dans (DEFAUT, 2001). Plus récemment, (BAUR *et al.*, 2006) indiquent « intervalle entre les yeux généralement plus de 1,25 fois la largeur d'un œil » comme critère pour séparer *T. subulata* de *T. ceperoi*. Dans l'ouvrage de SARDET *et al.* (2015), il est indiqué « distance interoculaire faible, égale à la largeur d'un œil ou tout au plus 1,3 fois » pour séparer *T. ceperoi* de *T. subulata* et *T. bolivari*. Ainsi, lorsque ce critère est utilisé comme critère principal pour différencier plusieurs taxons, il existe un fort risque d'erreur de détermination dû au biais observateur mis en évidence plus haut. De plus, jusqu'à présent, une seule valeur seuil est proposée pour les deux sexes dans la majorité des ouvrages consultés (seule la Faune de France (DEFAUT & MORICHON, 2015) propose des valeurs distinctes). Or, comme pour le dépassement du vertex, il existe un dimorphisme sexuel marqué qui devrait donc induire un seuil différent en fonction du sexe.

3. COLLECTE DES DIFFÉRENTES ESPÈCES EN FONCTION DES MOIS DE L'ANNÉE

Pour 244 individus, une date précise de collecte est disponible. Cela permet de calculer les périodes qui ont

été les plus favorables pour la capture des différentes espèces et de mieux cerner leur phénologie. Afin de tenir compte de l'hétérogénéité de l'intensité de prospection au cours de l'année (figure 11), le nombre d'individus collectés par mois a été pondéré par le nombre de stations échantillonnées sur ce même mois (figure 12).

D'avril à septembre, l'ensemble des taxons ont été observés chaque mois. Ce sont les mois de juin, août et septembre qui sont les plus favorables pour l'observation de ces Tetrigidae, ce qui est en accord avec la bibliographie (BAUR *et al.*, 2006 ; DEFAUT & MORICHON, 2015 ; INGRISCH & KÖHLER, 1998 ; KOČÁREK *et al.*, 2011). Les mois d'avril, mai et juillet permettent également des collectes intéressantes mais dans des proportions plus faibles. La faible collecte du mois d'octobre s'explique principalement par l'arrêt de la plupart des missions de terrain qui ont permis de prélever des individus.

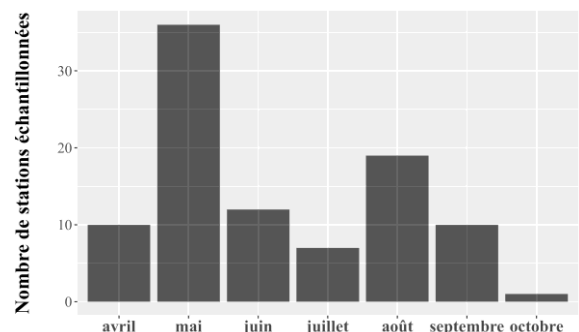


Figure 11 : Nombre de stations échantillonnées en fonction des mois de l'année

Si l'on s'intéresse séparément à chacune des espèces (figure 12), il semble que *T. bolivari* soit plus facilement collecté en avril, mai et août ce qui est en

accord avec les résultats de KOČÁREK *et al.* (2011). SARDET *et al.* (2015) indiquent un pic d'abondance des adultes entre avril et juillet en France, mais d'après nos résultats, ce pic peut se prolonger jusqu'au mois d'août dans la région.

T. ceperoi semble pour sa part plus facile à détecter à partir du mois de juin et jusqu'à la fin de la saison. Il est toutefois possible de l'observer dès le mois d'avril. Ces résultats sont concordants avec la littérature qui indique des observations entre avril et août (CHOPARD, 1952 ; FERREIRA *et al.*, 2006 ; SARDET *et al.*, 2015).

Enfin, pour *T. subulata*, le nombre d'individus collectés pondéré en fonction de l'intensité de prospection est très stable entre avril et septembre et il ne semble pas qu'il y ait une période spécifique plus favorable pour sa capture. Ces données correspondent à ce qui est indiqué dans SARDET *et al.* (2015).

Ces résultats peuvent toutefois varier d'une région à l'autre, notamment en fonction du gradient altitudinal ou du gradient Nord/Sud (exemple du Limousin ; Barataud, com. pers.).

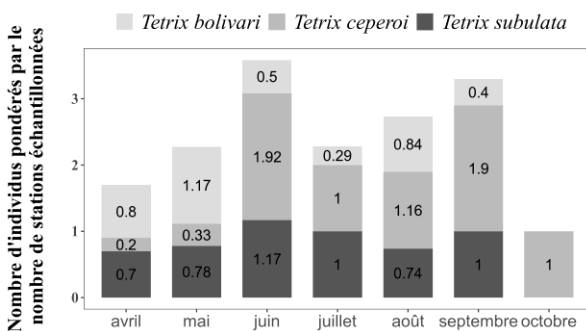


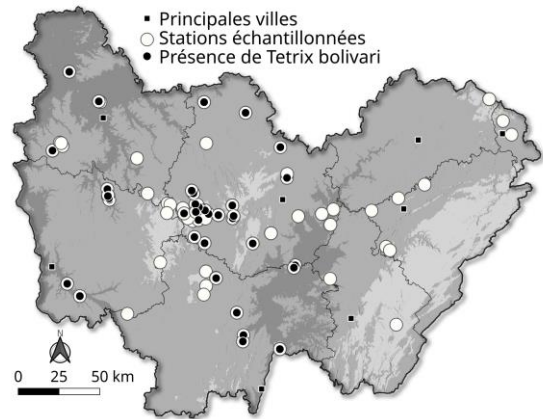
Figure 12 : Nombre d'individus collectés en fonction de l'intensité de prospection pour les différents mois de l'année

4. RÉPARTITION RÉGIONALE DES 3 TAXONS

4.1 Répartition de *Tetrix bolivari*

Sur les 86 stations échantillonnées, 40 stations abritent *T. bolivari*. Ce constat confirme la conclusion de SARDET (2008), « *T. bolivari* n'est pas une espèce aussi rare que les données historiques et bibliographiques pouvaient le laisser penser » et de BARDET & VACHER (2012) « La recherche plus minutieuse encore parmi les *Tetrix* de Bourgogne devrait donc permettre d'allonger la liste des stations de l'espèce ». Sa rareté apparente est principalement due à une difficulté à déterminer l'espèce. Cette étude confirme la présence de l'espèce en Saône-et-Loire et dans la Nièvre (BARDET & VACHER, 2012), et ajoute l'Yonne et la Côte-d'Or comme départements abritant

l'espèce dans la région. Elle semble d'ailleurs largement répartie en Bourgogne. Du côté de l'ancienne région Franche-Comté, une seule donnée validée de l'espèce (non représentée sur la carte 2) est disponible avec un individu collecté en 2008 à Arbois dans le département du Jura (DEHONDT & MORA, 2013).



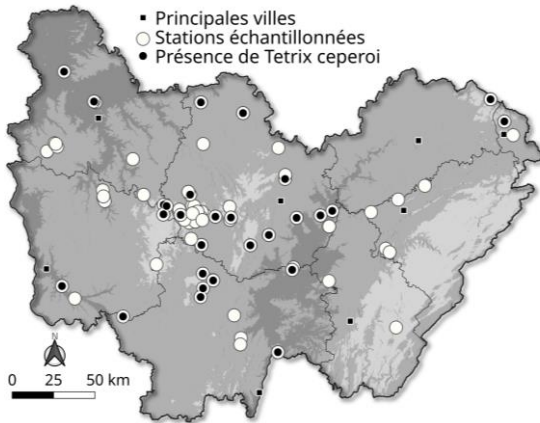
Carte 2 : Stations de *Tetrix bolivari*

Dans notre étude, les stations régionales abritant l'espèce se répartissent entre 71 m et 557 m, avec un maximum des observations dans la tranche 150-250 m. L'altitude pourrait donc être un facteur qui expliquerait sa moindre présence du côté de la Franche-Comté, où une large partie du territoire dépasse les 500 m. Les observations de KOČÁREK *et al.* (2011) en Europe centrale et de SARDET (2008) en France indiquent en effet que l'altitude semble assez clairement représenter un facteur limitant pour l'espèce qui paraît beaucoup plus rare dès que l'on dépasse les 400 à 500 m, avec un maximum dans la tranche 0-200 m. Ces données altitudinales peuvent toutefois varier localement en fonction des zones biogéographiques (Default, com. pers.).

4.2 Répartition de *Tetrix ceperoi*

Ce taxon, bien que sensiblement moins fréquent que les deux autres (détecté sur 31 des 86 stations prospectées), possède une aire d'occurrence importante dans la région avec des stations depuis l'Ouest de la Nièvre et de l'Yonne jusqu'au Nord-Est de la Haute-Saône et du Territoire-de-Belfort (carte 3). Les données les plus basses se situent à 71 m et les plus élevées à 605 m.

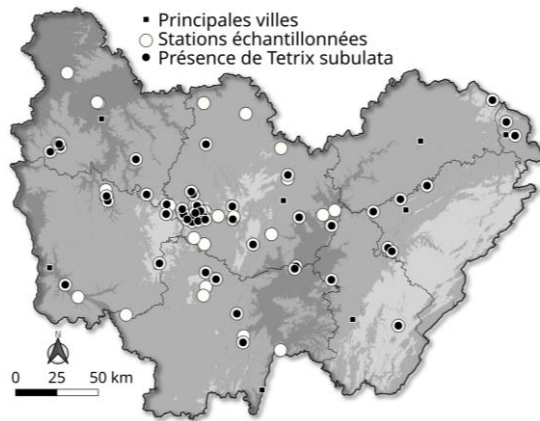
Il a été noté régulièrement sur des milieux thermophiles, très peu végétalisés (gravières en fin d'exploitation, carreau de carrière, zone de marnage de réservoirs) et ensoleillés, ce qui est conforme avec les observations de GRÖNING *et al.* (2007) et DEHONDT & MORA (2013).



Carte 3 : Stations de *Tetrix ceperoi*

4.3 Répartition de *Tetrix subulata*

T. subulata est l'espèce la plus fréquente des 3 espèces étudiées puisque présente sur plus de 60 % des stations prospectées (53 stations sur 86). Son aire d'occurrence est importante dans la région avec des stations depuis la frange Ouest jusqu'à l'extrême Est (carte 4). Les inventaires menés en Franche-Comté confirment ce constat (DEHONDT & MORA, 2013). Les stations sont comprises entre 160 m et 809 m.



Carte 4 : Stations de *Tetrix subulata*

5. SYMPATRIE DES DIFFÉRENTES ESPÈCES SUR LES STATIONS

L'étude de la présence des espèces au sein d'une même station d'échantillonnage donne les résultats suivants (tableau IX). Dans 63 % des cas, les espèces sont trouvées seules sur les biotopes prospectés. Cela est d'autant plus vrai chez *T. subulata* qui a été trouvée seule dans plus d'un tiers des stations (36 %), les pourcentages des 2 autres espèces étant relativement similaires (12 et 15 %). La cohabitation de 2 espèces concerne 31 % des cas. Celle-ci est quasi-identique entre *T. bolivari* + *T. subulata* et entre *T. bolivari* + *T. ceperoi* avec respectivement 13 et 12 % des cas recensés. Cette dernière cohabitation n'avait pas été notée dans l'étude de KOČÁREK *et al.* (2011) réalisée

en Europe centrale mais était en revanche documentée dans l'article de SARDET (2008). Celle de *T. ceperoi* + *T. subulata* semble en revanche moins fréquente (6 %). Enfin, la cohabitation des 3 taxons au sein d'une même station a été observée sur 6 stations seulement (soit 7 % des stations échantillonnées).

Tableau IX : Sympatrie des 3 taxons sur les stations échantillonnées

	Nombre de stations	% de stations
<i>T. bolivari</i> seulement	13	15%
<i>T. ceperoi</i> seulement	10	12%
<i>T. subulata</i> seulement	31	36%
<i>T. bolivari</i> + <i>T. ceperoi</i>	10	12%
<i>T. bolivari</i> + <i>T. subulata</i>	11	13%
<i>T. ceperoi</i> + <i>T. subulata</i>	5	6%
Les 3 taxons ensemble	6	7%
Total	86	

DISCUSSION

1. CRITÈRES DE DÉTERMINATION

L'étude met en avant des divergences entre les mesures de la largeur de la tête et de l'espace interoculaire (et donc en conséquence du rapport de l'espace interoculaire / largeur d'un œil) réalisées sur notre lot d'individus et celui étudié dans le cadre de l'élaboration de la Faune de France. Cela a également été constaté sur un lot d'individus identiques qui a bénéficié d'une double mesure. Trois paramètres peuvent expliquer ces différences :

- > Le matériel optique utilisé.
- > La différence de mode de conservation des individus.
- > La méthode de délimitation et de mesure de l'espace interoculaire et de la largeur de la tête.

Comme nos mesures du dépassement du vertex par rapport au bord antérieur des yeux sont comparables à celles effectuées par Bernard Defaut sur sa collection ainsi que sur le lot d'individus que nous lui avons transmis, nous pouvons exclure un éventuel biais lié au matériel optique utilisé ou au mode de conservation. Il semble donc que ce soit la mesure précise de la largeur de la tête et de l'espace interoculaire qui pose problème. Il se pourrait que le mode opératoire soit légèrement différent d'un observateur à l'autre ce qui induirait des variations dans les mesures. Ceci est conforté par des données transmises par Éric Sardet

(com. pers.) dont les mesures réalisées pour ce critère sur sa collection sont intermédiaires entre les nôtres et celles de Bernard Defaut. En outre, il existe une difficulté supplémentaire dans la mesure de la largeur de la tête (ou de la largeur d'un œil) en raison de la forme sphérique des yeux qui complique l'appréciation de leurs bordures externes. En effet, à de forts

grossissements, la profondeur de champ est souvent limitée.

Devant ce constat, la démarche pour séparer les adultes des 3 espèces qui nous paraît la plus sûre est présentée dans la clé de détermination suivante (figure 13).

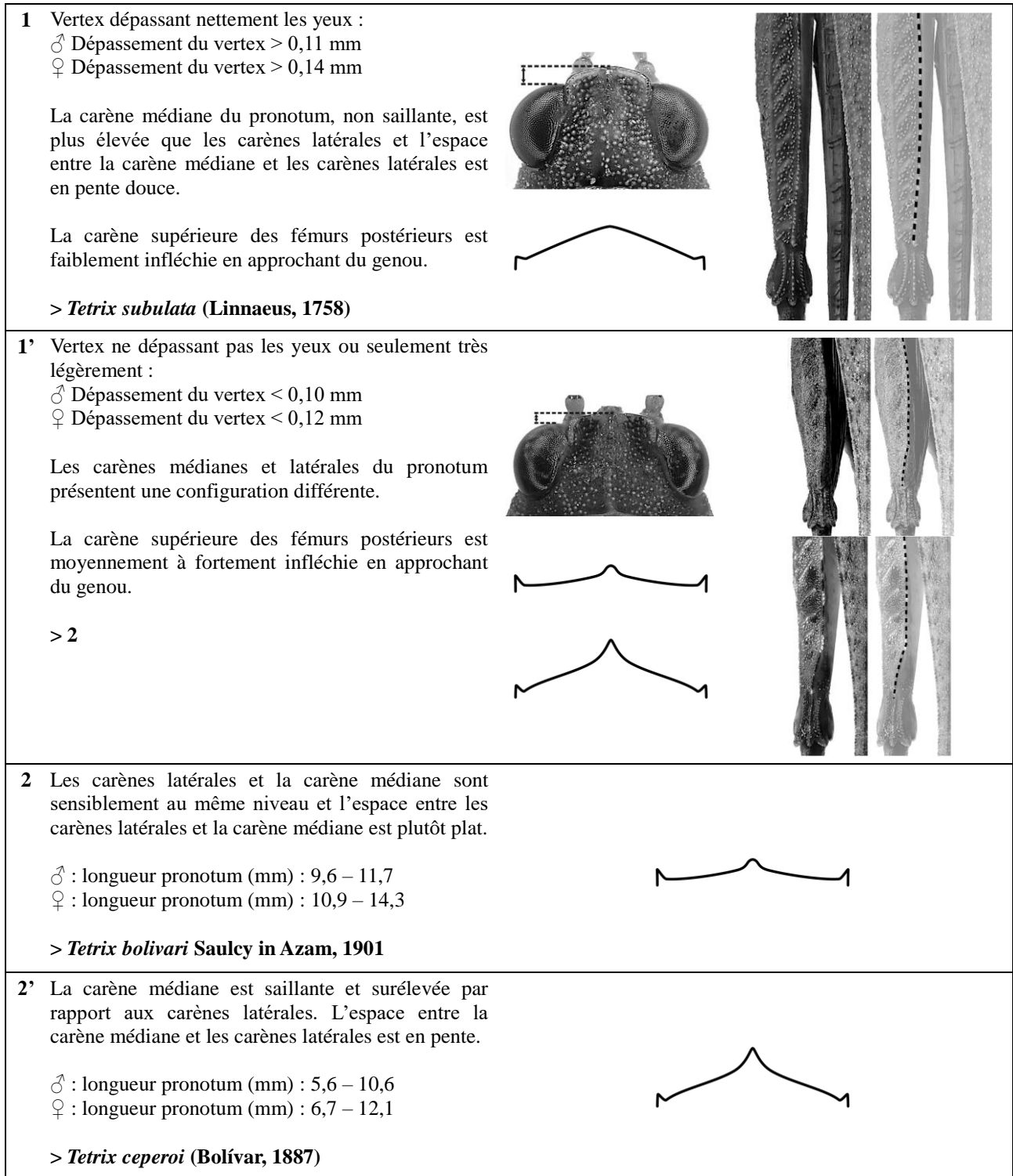


Figure 13 : Proposition de clé de détermination pour séparer les adultes des 3 espèces

2. PÉRIODE OPTIMALE POUR LA RECHERCHE DES 3 TAXONS

Aucune recherche n'ayant été effectuée durant les mois de janvier, février, mars, novembre et décembre, il est normal qu'aucun effectif ne soit répertorié sur le graphique pour ces mois. Il serait intéressant de programmer des prospections durant ces périodes de l'année afin de voir si les espèces y sont potentiellement détectables. Des prospections supplémentaires durant le mois d'octobre permettraient également d'affiner les résultats.

3. RÉPARTITION DES 3 TAXONS

Il est évident que des prospections et des collectes supplémentaires sont nécessaires pour affiner la connaissance de la répartition de ces 3 criquets dans la région. Ceci est particulièrement vrai pour la partie francomtoise du territoire d'étude qui a fait l'objet d'une pression de collecte très faible dans notre étude. Par exemple, la confirmation de la présence de *T. bolivari* sur des prairies bordant la Saône en Côte-d'Or doit inciter à rechercher l'espèce dans les prairies humides bordant cette rivière et ses affluents dans le Jura et la Haute-Saône.

En complément, une étude des collections d'entomologistes abritant des *Tetrix* de ce groupe et collectés dans la région pourrait également être menée afin de peaufiner la connaissance sur la chorologie de ces taxons.

4. ÉCOLOGIE DES ESPÈCES

L'étude de la sympatrie des taxons semble indiquer que *T. ceperoi* et *T. subulata* ont des exigences légèrement différentes. La première espèce, un peu plus méridionale que la seconde (DEFAUT & MORICHON, 2015), semble préférer les habitats les plus ouverts (zones dénudées ou écorchées) alors que *T. subulata* se retrouve plutôt dans des habitats plus végétalisés et donc moins chauds. *T. bolivari* semble posséder des exigences intermédiaires ce qui explique sa cohabitation régulière avec l'une ou l'autre des deux précédentes espèces sans préférence notable. Enfin, la cohabitation des 3 taxons sur certaines stations s'explique souvent par la présence d'une mosaïque d'habitats sur celles-ci, regroupant à la fois des milieux pionniers thermophiles favorables à *T. ceperoi* et des végétations plus denses favorables à *T. subulata*. Une étude complémentaire pourrait s'intéresser plus finement à la description physique des différentes stations pour confirmer ces hypothèses et affiner la caractérisation des biotopes favorables à chaque taxon.

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas pu être aussi abouti sans l'aide des différentes personnes qui ont collecté du matériel permettant d'améliorer la couverture géographique de l'étude et que nous tenons à remercier ici : Cynthia Connan, Jean-Philippe Couasné, Cédric Foutel et Aurélien Poirel. Merci également à Olivier Bardet, Eric Sardet et Bernard Defaut qui ont accepté de partager leurs jeux de données, ce qui a grandement facilité les comparaisons avec nos propres résultats. Nous remercions enfin Julien Barataud et Bernard Defaut pour leurs remarques avisées qui ont permis de bonifier le manuscrit.

RÉFÉRENCES

- BARDET Olivier & Alain VACHER, 2012 — Le Tétrix caucasien, orthoptère nouveau pour la Bourgogne. *Revue scientifique Bourgogne-Nature*, **15**: 35-39.
- BAUR Bertrand, Hannes BAUR, Christian ROESTI, Daniel ROESTI & Philippe THORENS, 2006 — *Sauterelles, grillons et criquets de Suisse*. Haupt, Berne, 352 p.
- CHOPARD Lucien, 1952 — *Faune de France Vol. 56 : Orthoptéroïdes*. Éd. Lechevalier, Paris, 359 p.
- DEFAUT Bernard, 2001 — *La détermination des Orthoptères de France, deuxième édition*. Éd. B. Defaut, Bédeilhac, 85 p.
- DEFAUT Bernard & David MORICHON, 2015 — *Criquets de France (Orthoptera, Caelifera), Faune de France, Volume 1*. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, Paris, 695 p.
- DEHONDT François & Frédéric MORA (coord.), 2013 — *Atlas des sauterelles, grillons et criquets de Franche-Comté: illustrations commentées du peuple chantant de l'herbe*. Naturalia Publications / Opie Franche-Comté, Turriers, 190 p.
- DEVRIESE Hendrik, 1996 — Bijdrage tot de systematiek, morfologie en biologie van de West-Palearktische Tetrigidae. *Nieuwsbrief Saltabel*, **15** (1): 2-38.
- FERREIRA Sonia, José Manuel GROSSO-SILVA, Patricia SOARES-VIEIRA & Pedro SOUSA, 2006 — Contribution to the knowledge of the Tetrigidae (Orthoptera) in continental Portugal. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, **38**: 141-144.
- GRÖNING Julia, Sascha KRAUSE & Axel HOCHKIRCH, 2007 — Habitat preferences of an endangered insect species, Cepero's ground-hopper (*Tetrix ceperoi*). *Ecological Research*, **22** (5): 767-773. <https://doi.org/10.1007/s11284-006-0315-2>
- INGRISCH Sigfrid & Günther KÖHLER, 1998 — *Die Heuschrecken Mitteleuropas*. Westarp Wissenschaften, Magdeburg, 460 p.
- KOČÁREK Petr, Jaroslav HOLUŠA, Šárka GRUCMANOVÁ & David MUSIOLEK, 2011 — Biology of *Tetrix*

bolivari (Orthoptera: Tetrigidae). *Open Life Sciences*, **6** (4): 531-544.

<https://doi.org/10.2478/s11535-011-0023-y>

SARDET Éric, 2008 — *Tetrix bolivari* Saulcy in Azam, 1901, espèce mythique ou cryptique? (Caelifera, Tetrigoidea, Tetrigidae). *Matériaux Orthoptériques et Entomocénétiques*, **12**: 45-54.

SARDET Éric, Christian ROESTI & Yoan BRAUD, 2015 — *Cahier d'identification des orthoptères de France, Belgique, Luxembourg & Suisse*. Biotope, Mèze, 304 p.

TUMBRINCK Josef, 2014 — Taxonomic revision of the Cladonotinae (Orthoptera: Tetrigidae) from the islands of South-East Asia and from Australia, with general remarks to the classification and morphology of the Tetrigidae and descriptions of new genera and species from New Guinea and New Caledonia, *In Biodiversity, Biogeography and Nature Conservation in Wallacea and New Guinea. Volume II*, Telnov, D. (Éd.), The Entomological Society of Latvia, Riga, pp. 345-396.