



HAL
open science

Restauration des communautés d'invertébrés

Jean François Alignan, S. Fadda, Jean Francois Debras, Thierry Dutoit

► **To cite this version:**

Jean François Alignan, S. Fadda, Jean Francois Debras, Thierry Dutoit. Restauration des communautés d'invertébrés. Laurent Tatin; Axel Wolff; Jean Boutin; Etienne Colliot; Thierry Dutoit. La Crau, Écologie et conservation d'une steppe méditerranéenne, Quae, pp.27-72, 2013, 9782759220823. <hal-01328971>

HAL Id: hal-01328971

<https://hal.science/hal-01328971v1>

Submitted on 14 Apr 2026

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Copyright - All rights reserved

Restauration des communautés d'invertébrés

J.-F. Alignan, S. Fadda, J.-F. Debras et T. Dutoit

Le coussoul, un habitat original pour les invertébrés

Par définition, un écosystème est caractérisé par un habitat (ou biotope) et par les communautés végétales et animales (on parle aussi de biocénose) qui y vivent. Ces communautés animales peuvent être dissociées en deux sous-communautés : celles des vertébrés et celles des invertébrés. Les communautés de vertébrés sont représentées par les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères. Les communautés d'invertébrés regroupent quant à elles toutes les autres espèces animales (insectes, araignées, vers, mollusques, etc.). Par leur diversité, celles-ci jouent des rôles majeurs dans les écosystèmes. Le compartiment entomologique est donc important à considérer de par la place qu'occupent les insectes dans le règne animal. En effet, d'après les estimations de l'Opie (Office Pour les Insectes et leur Environnement), il existerait aujourd'hui un peu plus de 1,3 million d'espèces animales dans le monde. Sur ce total, les insectes représentent 1 million d'espèces ! Ainsi, sur un lot de quatre espèces prises au hasard, théoriquement, les insectes en constitueraient trois !

Au niveau national, la richesse en insectes est également impressionnante puisque, d'après les estimations, plus de 35 000 espèces seraient présentes en France (Opie, 2012).

Une telle richesse ne peut s'étudier dans sa totalité. Aussi, lors des recherches effectuées sur les communautés d'invertébrés en Crau sèche, les groupes inventoriés ont fait l'objet de choix très sélectifs.

Historiquement, les communautés d'invertébrés en plaine de Crau sèche ont été étudiées bien plus tard que la végétation, en référence aux travaux de Molinier et Tallon (1950). En effet, ce n'est que dans les années 1980 avec les travaux de Bigot *et al.* (1983) et de Léonide (1983) que les premières recherches scientifiques ont été menées sur ces communautés animales. Ces études ont porté sur des invertébrés bien particuliers : les insectes et les arachnides (araignées). Léonide a ainsi mené ses recherches sur les orthoptères (criquets et sauterelles) dans le cadre de suivis de nuages de criquets. Ces études ont permis de disposer d'une base de données fondamentales puisqu'elles

révèlent qu'en Crau sèche, les coléoptères (coccinelles, hannetons, bousiers, etc.), les orthoptères et les arachnides constituent les biomasses les plus importantes (Bigot *et al.*, 1983). Cependant, peu d'études se sont intéressées à la diversité en invertébrés de cet espace avant le début du *xxi*^e siècle. À la fin du *xx*^e siècle, A. Foucart a mené des études plus poussées sur les orthoptères, permettant de caractériser leur richesse spécifique, leur phénologie et leur abondance. Le *Prionotropis hystrix rhodanica* (ou criquet rhodanien, voir chap. 6), un orthoptère brachyptère endémique de cette plaine, a été également étudié par Foucart *et al.* (1998) et Streiff *et al.* (2005). Les travaux de recherche se sont cependant toujours focalisés sur les orthoptères et les coléoptères.

Ces deux ordres d'insectes ont été pris en considération en raison de la place majeure qu'ils occupent en Crau. En effet, ils représentent une biomasse disponible considérable (Bigot *et al.*, 1983). Celle-ci va constituer ainsi une ressource alimentaire pour les prédateurs (araignées, oiseaux steppiques, lézard ocellé). À titre d'exemple, Tatin *et al.* (2013) ont mis en évidence que les coléoptères et les orthoptères constituaient à eux seuls la moitié du régime alimentaire total du lézard ocellé. D'autre part, le choix s'est arrêté sur ces deux ordres en raison du lien étroit qu'entretiennent ces insectes avec la végétation et du rôle de bio-indicateurs qu'ils peuvent avoir. Les orthoptères sont en effet dépendants de la structure de la végétation (Joern, 1982 ; Fischer *et al.*, 1997 ; Marini *et al.*, 2008). Les coléoptères sont quant à eux dépendants de la structure de la végétation mais également de sa composition, de sa richesse et des conditions microclimatiques qu'elle conditionne localement (Luff et Rushton, 1989 ; Perner et Malt, 2003). De nombreuses espèces de coléoptères sont ainsi inféodées à une espèce végétale bien précise que l'on appelle leur plante hôte. Le rôle de bio-indicateur joué par ces insectes ne repose pas uniquement sur leur lien avec la végétation. Par exemple, les coléoptères de la famille des *Carabidae* sont des insectes très étudiés dans le cadre de perturbations résultant de changement d'usages des terres (Raino et Niemelä, 2003). Les orthoptères sont, eux, de bons bio-indicateurs de la naturalité du milieu, c'est-à-dire du caractère sauvage d'un paysage ou d'un milieu naturel (Báldi et Kisbenedek, 1997).

Contexte des recherches réalisées sur les invertébrés en Crau

Lors de l'intensification des recherches sur les communautés d'insectes au début du *xxi*^e siècle, nous disposions déjà d'une liste d'orthoptères présents en Crau ; ce qui n'était pas le cas pour les coléoptères. Au fil des années d'échantillonnage des coléoptères, il a été possible d'établir une liste d'espèces parmi lesquelles on a ensuite cherché si certaines avaient une valeur patrimoniale.

L'étude des effets de diverses perturbations d'origine anthropique sur l'écosystème de Crau a fourni le cadre des recherches menées sur les orthoptères et les coléoptères. Une perturbation peut se définir comme « un événement aléatoire et discret dans le temps qui désorganise la structure des écosystèmes, modifie l'allocation des res-

sources et l'environnement physique » (Pickett et White, 1985). Cette définition est à compléter par les écrits de Petraitis *et al.* (1989), qui expliquent que la perturbation joue également sur les processus influant sur les taux de mortalité et de natalité des individus présents sur une zone, soit en entraînant une mort directe des individus, soit en affectant les ressources du milieu, affectant subséquemment la viabilité des individus. Ainsi, en Crau, Fadda *et al.* (2004-2007) ont étudié d'une part l'effet de friches post-culturelles et, d'autre part, l'effet du pâturage sur les communautés de coléoptères. Les cultures en plaine de Crau constituent une perturbation exogène, c'est-à-dire une perturbation issue de facteurs externes à l'écosystème, en l'occurrence issue de l'action anthropique. Le pâturage traditionnel multiséculaire constitue quant à lui une perturbation endogène car cette perturbation est répétitive et chronique, nous parlons alors de régime de perturbation qui se caractérise par son intensité, sa fréquence et son échelle spatiale et temporelle (Hobbs et Huenneke, 1992). L'étude de l'effet du pâturage sur les coléoptères a mis en évidence que, dès lors que des surfaces étaient mises en exclos, les espèces coprophages (qui se nourrissent d'excréments) ne se maintenaient pas sur ces surfaces. Fort logiquement, il a ainsi été prouvé que les espèces coprophages étaient dépendantes de la présence des troupeaux. La survie de ces espèces peut cependant être menacée par l'utilisation de traitements antiparasitaires pour les troupeaux (Lumaret, 1986 ; Lumaret, 2001). Ainsi, en 2012, une étude menée par le Conservatoire d'espaces naturels Paca et le Cefe/CNRS de Montpellier *via* Pierre Jay-Robert a vu le jour et s'attache à étudier la diversité des coprophages en Crau. Cette étude consiste notamment à identifier la richesse, l'abondance et la valeur patrimoniale de ce groupe fonctionnel sur un échantillon de places de pâturage saines du point de vue des antiparasitaires. Sur les différents sites d'études considérés lors des travaux de recherche de Sylvain Fadda, on a recensé en Crau une espèce en forte régression en France en raison des traitements vermifuges rendant les excréments toxiques, le *Gymnopleurus flagellatus* (figure 4.1 planche 7).

Par la suite, les recherches menées sur ces ordres d'insectes ne se sont plus limitées à évaluer les effets de la perturbation mais ont visé à restaurer l'écosystème perturbé grâce à des procédés de restauration et de réhabilitation écologique (voir chap. 3).

Dans les objectifs de restauration écologique, on prend généralement en compte la restauration de divers compartiments de la biodiversité (oiseaux, végétation, mammifères, reptiles, insectes, etc.) et des fonctions de l'écosystème. Néanmoins, dans la pratique, il est rare que plus d'un ou deux compartiments de la biodiversité soient considérés. En règle générale, ce sont la végétation et l'avifaune qui sont surtout étudiées dans le cadre de l'écologie de la restauration. L'originalité des travaux que nous menons dans la plaine de Crau repose donc sur le fait que, dans les suivis de biodiversité, outre la végétation et l'avifaune, les insectes constituent un troisième compartiment de biodiversité considéré. Dans le cadre du projet de réhabilitation et restauration écologiques de l'ancien verger industriel de Cossure (voir chap. 3), nous étudions les orthoptères à travers leur capacité de résilience et les effets des procédés de restauration écologique développés pour la végétation.

Objectifs des recherches

Les objectifs des recherches menées sur les communautés d'invertébrés au cours de ces dix dernières années ont été :

- d'établir une liste d'espèces de coléoptères présents en Crau et d'évaluer si certaines ont une valeur patrimoniale,
- d'évaluer l'impact de friches post-culturelles et du pâturage sur ces communautés de coléoptères,
- enfin, dans le cadre du projet Cossure, d'évaluer les capacités de recolonisation des orthoptères et les effets de procédés de restauration et de réhabilitation écologiques sur ces insectes.

Méthodes de capture des coléoptères et des orthoptères

Lors de l'échantillonnage des invertébrés, il est nécessaire de choisir une méthode qui va permettre d'avoir une bonne représentativité de la communauté ciblée. Par exemple, pour les communautés de coléoptères, la méthode la plus couramment utilisée car la plus efficace est le « piège Barber » (encadré 4.1).

Encadré 4.1. Le piégeage des coléoptères

Dans le cadre de nos recherches sur les coléoptères en plaine de Crau, l'échantillonnage a systématiquement été effectué à l'aide du piège enterré à interception, encore appelé piège Barber. La méthode d'échantillonnage repose sur l'utilisation de pots en plastique qui sont enterrés dans le sol et dont l'ouverture affleure. Pour la faune des arthropodes et plus précisément pour les coléoptères terricoles, ce piège est le plus couramment utilisé (Southwood, 1988 ; Dennis *et al.*, 1997 ; Raino et Niemelä, 2003). C'est une méthode de capture passive destructrice et liée à l'activité des espèces. Il présente l'avantage d'être facilement et rapidement mis en place, d'être actif en permanence (jour et nuit), et ce, quelles que soient les conditions météorologiques (intempéries par exemple).

La taille du pot doit être adaptée à notre milieu d'étude. En plaine de Crau, les pots ont un diamètre de 5 cm permettant de capturer efficacement les petits individus (Work *et al.*, 2002) – qui peuvent être majoritaires sur la Crau – et également d'éviter la capture d'espèces non cibles telles que des petits vertébrés (batraciens, musaraignes) ou des grands invertébrés tels que la lycose de Narbonne. Par ailleurs, ce petit diamètre de piège est compatible avec les troupeaux de moutons qui parcourent les sites d'étude (avec un diamètre plus grand ils risqueraient de détruire le piège ou de se blesser). C'est également pour éviter ce risque qu'aucun dispositif anti-pluie n'a été mis en place.

La pose du piège à interception dans le sol ne suffit pas en elle-même. En effet, il est nécessaire d'ajouter un liquide au fond du pot, sans quoi les individus pourraient s'échapper. Chaque pot est rempli à moitié d'un mélange d'éthylène-glycol, mélange disposant de nombreux avantages : inodore donc peu attractif pour les insectes, peu volatil et bon conservateur.

Pour les orthoptères, d'autres techniques d'échantillonnage peuvent être utilisées et offrent une bonne représentativité de la communauté ciblée (Gardiner *et al.*, 2005). Le critère de choix entre les méthodes repose sur la possibilité de leur mise en place. Le « box quadrat », utilisant une cage fermée avec un plastique transparent, permet d'avoir avec certitude toutes les espèces et tous les individus présents sur la surface de la cage. Cependant, il implique de rester longtemps sur le terrain et ne fournit des informations sur la richesse et l'abondance que pour une surface réduite (généralement 1 m²). Il peut également se révéler très difficile à mettre en place si l'échantillonnage a lieu dans des habitats steppiques à fort ensoleillement. Ainsi, pour l'échantillonnage des orthoptères en plaine de Crau, la méthode utilisée est la capture au filet fauchoir. C'est celle qui est la plus utilisée dans des milieux à végétation rase du type prairie ou steppe (encadré 4.2).

Encadré 4.2. Technique d'échantillonnage au filet fauchoir

La technique utilisée pour échantillonner les orthoptères est celle du filet fauchoir. Cette technique est la plus couramment utilisée dans les milieux steppiques et, plus globalement, dans les milieux à végétation rase car elle permet d'obtenir des estimations précises sur l'abondance relative et sur les espèces présentes sur le site considéré (Gardiner *et al.*, 2005). Le filet fauchoir comporte une poche de 38 cm de diamètre, taille la plus fréquemment utilisée également (Bomar, 2001; O'Neill *et al.*, 2003).

Pour chaque zone où le suivi des orthoptères a été effectué (coussouls, lisière interne, lisière externe, verger, zones réhabilitées, zones restaurées, témoin), trois répliques sont effectuées. Au sein de chacune, 7 pseudo-répliques sont parcourues. Une pseudo-réplique est un transect de 40 mètres de long sur 2 mètres de large sur lequel nous balayons la végétation à l'aide du filet fauchoir. Les pseudo-répliques sont espacées entre elles de 10 mètres pour éviter les effets de dérangement lors de l'échantillonnage (Picaud et Petit, 2007). Au total, en trois années de suivi, 399 transects auront donc été parcourus.

Le balayage au filet fauchoir le long de chaque transect est réalisé en suivant une procédure bien précise. Il consiste en des allers-retours sur 180° devant l'échantillonneur (Evans, 1984; Kemp *et al.*, 1990; Báldi et Kisbenedek, 1997). La personne qui échantillonne est toujours la même afin d'éviter tout biais dû à l'échantillonneur. Les 40 mètres de transect sont parcourus à vitesse constante et le nombre de coups de filet fauchoir est toujours supérieur à 50, ce qui est relativement élevé, pour avoir une bonne densité de peuplement d'orthoptères (Gardiner *et al.*, 2005). L'échantillonnage a lieu au pic d'activité des espèces c'est-à-dire lorsque l'ensoleillement est maximal (Guido et Gianelle, 2001). Il a systématiquement été réalisé au milieu du mois de juillet, période pour laquelle les densités d'adultes d'orthoptères sont très importantes (Foucart, 1997).

Le contenu collecté grâce au filet fauchoir est déversé dans des sacs plastiques qui sont ramenés au laboratoire. Là, les orthoptères sont endormis temporairement à l'aide de CO₂, gaz qui fait office d'anesthésiant (Gilmour et Robinson, 1964; Mead *et al.*, 1988; Dupuy, 2009), puis sont identifiés jusqu'à l'espèce grâce à la *Faune de France* de Chopard (1951) et à la clé d'identification contenue dans l'ouvrage de Bellman et Luquet (1995). Dès le lendemain, les individus capturés sont redéposés dans les zones précises où ils avaient été capturés.

Coléoptères et valeur patrimoniale

Les nombreuses années d'étude des communautés de coléoptères en Crau nous ont permis d'obtenir des données sur la composition, la richesse spécifique, les abondances de ces espèces.

En cinq années d'études sur les coléoptères (2001, 2002, 2004, 2005, 2006), et considérant toutes les zones d'échantillonnage (écosystème de référence, friches, etc.), ce sont 291 espèces qui ont ainsi été comptabilisées. Dans les coussouls de Crau, 169 espèces ont été identifiées, valeur beaucoup plus élevée que celle obtenue par Bigot *et al.* en 1983 (seulement 50 espèces). Cela témoigne de la nécessité d'échantillonner plusieurs années et sur divers sites. Cependant, ces résultats sont à nuancer lorsque l'on compare la communauté de coléoptères de Crau avec des communautés de coléoptères des pelouses sèches du Nord de l'Europe. Pour ces dernières, la richesse et l'abondance peuvent être bien supérieures à celles obtenues en Crau, et ce malgré des efforts d'échantillonnage moindre, des périodes d'échantillonnage plus courtes et en ne considérant parfois qu'une seule famille de coléoptères (tableau 4.1).

Tableau 4.1. Comparaison de l'abondance et de la richesse en coléoptères terricoles capturés par des pièges de type Barber pour des travaux menés dans des pelouses sèches du nord de l'Europe.

Référence	Pays	Familles considérées	Durée de l'étude	Abondance	Richesse
Alignan <i>et al.</i> (ce document)	France	Toutes	18 mois	4 776	169
Asteraki <i>et al.</i> (1995)	Royaume-Uni	<i>Carabidae</i>	8 mois	11 907	40
Krooss et Schaefer (1998)	Allemagne	<i>Staphylinidae</i>	~ 12 mois	53 864	93
Thomas et Marshall (1999)	Royaume-Uni	<i>Carabidae</i>	1 mois	10 732	67
Varchola et Dunn (2001)	États-Unis	<i>Carabidae</i>	3 mois	~ 28 000	32
Perner et Malt (2003)	Allemagne	Toutes	24 mois	77 684	502

Cette faible richesse spécifique peut avoir plusieurs explications. La première vient de la dépendance des coléoptères par rapport aux formations végétales qui constituent à la fois leur source de nourriture et leur habitat. S'il est reconnu que la plaine de Crau constitue un écosystème riche en espèces végétales, la faible richesse en coléoptères s'expliquerait alors par l'homogénéité structurelle de cette végétation et la dominance de certaines espèces peu appétentes pour les coléoptères comme le brachypode rameux (*Brachypodium retusum*). En effet, dans les coussouls, nous ne retrouvons qu'une seule strate herbacée, ce qui limite potentiellement le nombre d'espèces de coléoptères. De plus, la plaine de Crau est isolée géographiquement des autres types d'écosystèmes que nous retrouvons aux alentours. Ces barrières sont, au nord, les Alpilles ; au sud, le golfe de Fos-sur-Mer ; la Camargue à l'ouest et l'étang de Berre à l'est. Elles ont pour effet de restreindre les flux d'espèces (Devaux *et al.*, 1983). Une dernière explication

serait le stress climatique et édaphique. En effet, dans des conditions météorologiques dominées par de fortes chaleurs et une faible pluviométrie, les émergences de coléoptères sont réduites dans le temps. Nous observons ainsi un pic de présence au printemps et à l'automne, probablement lié au développement de la végétation lors des épisodes pluvieux (figure 4.2).

On compte 169 espèces de coléoptères dans la zone de coussouls, mais ces communautés sont nettement dominées par deux espèces. *Poecilus sericeus*, un carabique, contribue à lui seul pour 30 % du nombre d'individus total capturé, et *Asida sericea* (figure 4.3 planche 7), un ténébrionide, pour 16 %. De manière plus générale, 4 familles de coléoptères sont majoritairement présentes en Crau : les *Curculionidae* (les charançons, avec 52 espèces), les *Staphylinidae* (37 espèces), les *Carabidae* (35 espèces) et les *Chrysomelidae* (29 espèces).

En ce qui concerne la valeur patrimoniale, toutes zones comprises (écosystème de référence, friches, etc.), 37 espèces sur les 291 présentent un intérêt biologique majeur (tableau 4.2), qui repose sur des critères de rareté et d'aires de répartition réduite ou partiellement connue.

Parmi ces espèces, nous pouvons citer *Vesperus luridus* (longicorne) qui, en France, vit en limite d'aire et où l'espèce n'a été revue qu'en Crau ces derniers quatre-vingts ans (Villiers, 1978). À noter qu'une espèce présente un intérêt biologique important en plaine de Crau mais n'a pas été trouvée durant les différentes campagnes d'échantillonnage : *Acmaeoderella cyanipennis perroti* (figure 4.4 planche 7), un petit bupreste qui évolue sur les capitules du chardon de l'Illyrie (*Onopordon illyricum*).

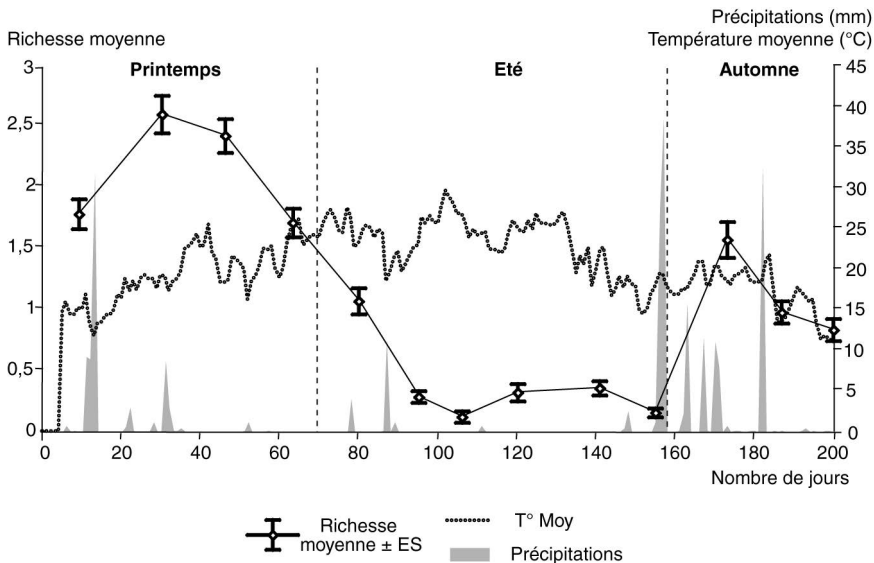


Figure 4.2. Évolution de la richesse moyenne par piège (\pm ES) au cours des différentes campagnes d'échantillonnage dans les friches de 2001, en comparaison des précipitations (mm) et de la température moyenne ($^{\circ}$ C) journalières (d'après Fadda *et al.*, 2004).

Tableau 4.2. Liste et abondance des espèces de coléoptères à valeur biologique élevée et leur répartition au sein des habitats étudiés en Crau.

Familles	Espèces	Steppe		Friches	
		Pâturée	Exclos	Lisière	Centre
<i>Aphodiidae</i>	<i>Eudolus quadriguttatus</i>	1	–	–	–
<i>Buprestidae</i>	<i>Anthaxia cyanescens</i>	1	1	1	–
	<i>Cylindromorphus parallelus</i>	1	2	–	–
	<i>Habroloma triangulare</i>	–	1	–	–
	<i>Sphenoptera gemmata</i>	5	7	1	1
	<i>Trachys goberti</i>	1	–	–	–
<i>Carabidae</i>	<i>Calosoma maderae</i>	–	1	–	–
	<i>Dinodes decipens</i>	2	1	37	4
	<i>Harpalus pygmaeus</i>	1	–	–	1
	<i>Zabrus ignavus</i>	1	12	–	–
<i>Cerambycidae</i>	<i>Vesperus luridus</i>	6	5	2	3
<i>Cryptophagidae</i>	<i>Hypocoprus latridioides</i>	1	–	–	–
<i>Curculionidae</i>	<i>Coniocleonus excoriatus</i>	1	–	–	–
	<i>Conorhynchus mendicus</i>	1	–	–	–
	<i>Cycloderes guinardi</i>	19	3	1	4
	<i>Entomoderus impressicollis colasi</i>	1	–	1	–
	<i>Gronops lunatus</i>	1	–	2	–
	<i>Pachycerus segnis</i>	–	–	1	–
	<i>Phridiuchus spilmani</i>	6	5	8	11
	<i>Pleurodirus obesus</i>	4	3	–	–
	<i>Pseudocleonus grammicus</i>	6	12	8	–
	<i>Rhabdorrhynchus seriegranosus</i>	–	–	1	3
	<i>Styphlus penicillus</i>	–	1	–	–
	<i>Tychius lineatulus</i>	1	1	6	–
	<i>Dasytidae</i>	<i>Dolichosoma simile</i>	–	5	–
<i>Endomychidae</i>	<i>Merophysia formicaria</i>	9	7	5	34
<i>Hydrophilidae</i>	<i>Helophorus porculus</i>	–	–	2	–
<i>Histeridae</i>	<i>Haeterius ferrugineus</i>	–	1	–	–
	<i>Hister grandicollis</i>	–	–	–	–
	<i>Saprinus maculatus</i>	–	–	–	–
<i>Lathridiidae</i>	<i>Cholovocera formicaria</i>	5	5	6	27
<i>Malachiidae</i>	<i>Pelochrus pallidulus</i>	1	–	49	4
<i>Melolonthidae</i>	<i>Amphimallon ruficorne</i>	20	5	13	3
	<i>Rhizotrogus cicatricosus</i>	25	16	2	–
<i>Oedemeridae</i>	<i>Oedemera crassipes</i>	1	25	–	–
<i>Scydmaenidae</i>	<i>Euconnus chrysocomus</i>	1	2	–	1
<i>Staphylinidae</i>	<i>Astrapaes ulmi</i>	–	2	–	–
Total		26	23	18	12

Impact des friches post-culturelles sur les communautés de coléoptères

Les friches considérées ont été abandonnées depuis plus de vingt ans. Les communautés de coléoptères qu'on y trouve sont plus riches et plus équilibrées que celles de la steppe. Les friches présentent une structure végétale proche de celle de la steppe puisqu'elles constituent un milieu ouvert, tout comme la steppe. Ainsi, les espèces de coléoptères caractéristiques de la steppe (*P. sericeus*, *A. sericea*, *Biopanes meridionalis*, *Coniocleonus nigrosuturatus*) vont être retrouvées dans les zones de friches mais en plus faibles densités. Cette diminution des espèces caractéristiques peut s'expliquer par trois facteurs :

- la modification des paramètres abiotiques, due à la mise en culture,
- la mise en compétition de ces espèces avec des espèces ubiquistes présentes dans les friches,
- la moindre densité des plantes hôtes de certaines de ces espèces.

Si les communautés de coléoptères retrouvées dans les zones de friches sont plus riches, cela s'explique par le fait que la composition rassemble à la fois les espèces caractéristiques de la steppe mais également des espèces présentes en raison de la nouvelle composition et structure de la végétation.

Impact du pâturage sur les communautés de coléoptères

L'impact du pâturage a été testé à travers la mise en place d'exclos. En ce qui concerne la richesse spécifique, nous ne constatons pas de différence entre une zone pâturée et une zone d'exclos après un abandon récent (cinq à dix ans). Ce résultat est contraire à celui obtenu pour la végétation. En effet, dans les zones d'exclos, la richesse végétale augmente après cinq années d'abandon. En revanche, le pâturage impacte la composition et les densités des espèces de coléoptères. Cet impact se fait indirectement au travers des modifications de la végétation. Lorsque les moutons pâturent, cela entraîne une réduction des parties aériennes de la plante, donc une diminution des ressources disponibles pour les coléoptères. Néanmoins, les moutons procédant à un pâturage sélectif, certaines espèces végétales sont délaissées car elles sont toxiques ou répulsives (euphorbes) mais elles vont pouvoir abriter un nombre important de coléoptères. Dans les zones d'exclos, davantage de surface enherbée est disponible pour les coléoptères mais ces plantes sont peu nombreuses en comparaison des espèces recensées dans la steppe.

Entre une zone pâturée et une zone d'exclos, les densités en espèces de coléoptères changent. Des espèces présentes en forte densité dans la steppe, donc dans la zone pâturée, vont se retrouver en faible densité dans les zones d'exclusion du pâturage. Nous pouvons notamment citer *A. sericea* ou bien *C. nigrosuturatus*. À l'inverse, des espèces en faible densité dans la steppe se retrouvent en grande densité dans la zone d'exclos. C'est le cas de *Microlestes luctuosus*.

Les orthoptères dans le projet Cossure

Le projet de réhabilitation et restauration écologiques de l'ancien verger de Cossure constitue le plus grand projet pour un écosystème terrestre en France métropolitaine (pour la présentation détaillée du projet, voir chap. 3). Au cours de cette opération, de nombreux compartiments de biodiversité ont été considérés (oiseaux, végétation, insectes), permettant ainsi d'avoir une approche écosystémique.

Dès 2008, les orthoptères ont fait l'objet d'un suivi scientifique sur l'ancien verger. Les zones d'échantillonnage parcourues en 2008 et 2009 sont l'écosystème de référence (les coussouls), le verger et les lisières (interne et externe) au niveau des haies brise-vent qui constituaient la démarcation entre l'écosystème de référence et le verger. En 2010, ces mêmes zones sont parcourues à nouveau, l'échantillonnage est complété par les zones restaurées (semis d'espèces nurses, transfert de sol, transfert de foin) et la zone témoin où les arbres ont été arrachés en prévention des risques de maladies des arbres (sharka, etc.), mais où les boutons n'ont pas été nivelés. Nous considérons également trois zones réhabilitées distinctes, qui correspondent aux trois secteurs historiques de mise en place du verger (secteurs A en 1987, B en 1988 et C en 1992).

En trois ans de suivi, 3 216 individus ont été identifiés. L'étude de la richesse spécifique sur les zones de lisière et du verger montre que les espèces recolonisent progressivement le site perturbé (figure 4.5a et b).

La figure 4.5 met en évidence une augmentation continue du nombre d'espèces présentes en lisière interne. La même situation s'observe dans les lisières externes. La figure 4.5c montre que cette recolonisation est progressive durant les trois ans de suivi. Toutefois, entre 2009 et 2010, la richesse spécifique n'augmente plus et se stabilise.

Concernant l'abondance retrouvée dans les quatre zones (coussouls, lisière externe, lisière interne, verger) pour les trois années cumulées, nous observons qu'il y a significativement plus d'individus dans le coussoul que dans la zone de l'ancien verger. Nous observons également un gradient de distribution d'abondance. En effet, plus on s'éloigne du coussoul, plus l'abondance en orthoptères diminue (figure 4.5c).

Lorsque nous comparons l'abondance des orthoptères en fonction de toutes les zones échantillonnées (coussouls, lisières, verger, zones réhabilitées, zones restaurées et témoin), nous observons une opposition entre les zones de coussouls + lisières et les zones situées dans l'ancien verger réhabilité. Cette opposition se traduit par une différence d'abondance nette : alors que dans les zones de coussouls et lisières, les abondances oscillent entre 100 et 350 individus, dans les zones situées sur le verger, elles atteignent au maximum 50 individus (figure 4.5d).

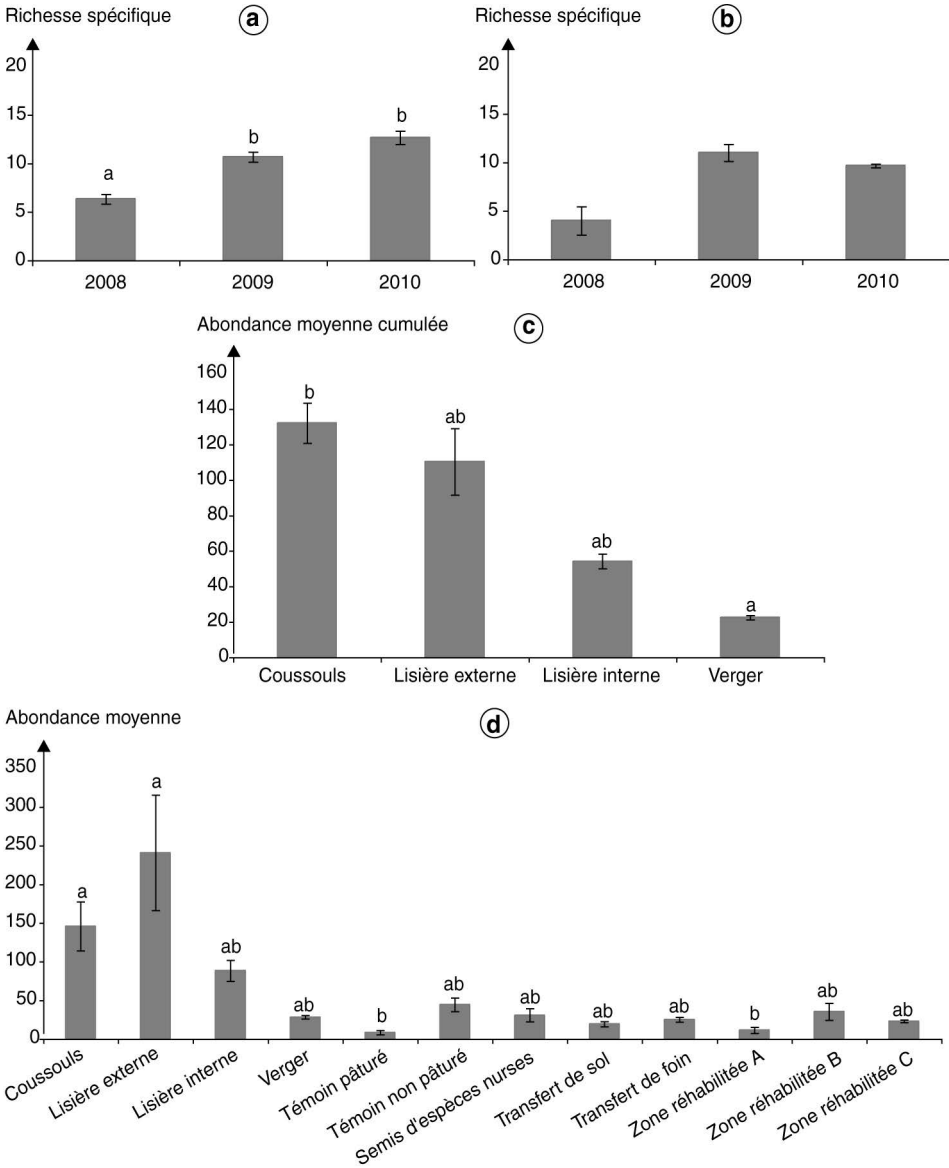


Figure 4.5. Impact de la restauration du verger de Cossure sur les communautés d'orthoptères. Dans chaque graphique, des lettres différentes indiquent des différences statistiques significatives au seuil $p < 0,05$.

- a) Richesse spécifique en lisière interne.
- b) Richesse spécifique globale.
- c) Abondance moyenne cumulée pour les trois ans de suivi.
- d) Abondance moyenne de chaque zone échantillonnée en 2010.

Résilience des orthoptères

Après quatre années d'abandon du verger, la résilience (la capacité à recoloniser le verger comme avant sa création) des orthoptères doit être considérée comme en partie effective. En effet, celle-ci dépend du retour des espèces caractéristiques de l'écosystème de référence et des proportions dans lesquelles nous les retrouvons dans cet écosystème. Nous observons un retour progressif de la richesse spécifique sur les zones perturbées, mais nous avons mis en évidence que le nombre d'individus restait très en dessous de celui recensé dans le coussoul. Cela signifie que le milieu perturbé n'a pas pour le moment la même capacité d'accueil que celui de référence. Il en ressort que seul un suivi continu sur plusieurs années permettra dans le futur de confirmer ou non ces résultats préliminaires.

Parmi les espèces recensées lors de cette étude, aucune ne revêt un caractère patrimonial. Cependant, nous savons qu'en plaine de Crau, deux espèces d'orthoptères protégées à l'échelle nationale sont présentes. Il s'agit du *Prionotropis hystrix rhodanica* (ou criquet de Crau) et de *Saga pedo* (ou magicienne dentelée). Le criquet de Crau est une espèce brachyptère, c'est-à-dire qui a des ailes atrophiées. De plus, il a une répartition en noyaux agrégatifs. Des données historiques font état de la présence de cette espèce au nord du site de Cossure, mais non à proximité immédiate de Cossure. Outre la distance séparant ce noyau de Cossure, l'espèce effectuant son cycle de développement au mois de mai jusqu'à la mi-juin, nous ne pouvons pas capturer le criquet de Crau lors de notre échantillonnage, qui a lieu en juillet. La magicienne dentelée est connue, quant à elle, pour évoluer principalement sur de petits arbustes type ronce. La base de données du Conservatoire d'espaces naturels de Paca montre que le nombre de contacts avec la magicienne dentelée est plus faible que le nombre de contacts avec le criquet de Crau. Cependant, des massifs de ronciers sont présents çà et là sur le site de Cossure mais très certainement de manière trop exceptionnelle pour que l'espèce soit présente sur ce site. Sa présence resterait à vérifier sur ce site dans les années futures au niveau de ces ronciers.

Effet des traitements de restauration

Dans le cadre du projet Cossure, nous nous sommes intéressés aux effets des traitements de restauration et réhabilitation écologiques. Quel que soit le traitement considéré, les techniques mises en place n'ont pas accéléré le retour des orthoptères par rapport à leur dynamique naturelle. Les traitements de restauration écologique montrent des résultats très encourageants pour la végétation (Jaunatre *et al.*, 2012) mais pas pour les orthoptères. Par ailleurs, les trois zones réhabilitées (A, B et C), considérées en fonction de la durée d'exploitation, ne montrent pas non plus de différences significatives pour l'abondance en orthoptères. Ainsi, les différentes dates de mise en place du verger et les durées d'exploitation différentes n'ont pas d'effet sur les abondances des orthoptères après l'abandon de l'exploitation. Nous pouvons

donc supposer que l'abandon du verger et des traitements insecticides associés ont eu un effet plus important en comparaison de l'effet des traitements développés pour accélérer le retour de la communauté végétale caractéristique.

Implications pour la conservation

Les années de suivi des coléoptères nous ont permis de mettre en évidence la faible richesse spécifique des coussouls, en comparaison avec d'autres écosystèmes de pelouses sèches.

L'étude de l'impact de deux perturbations (cultures et pâturage) a mis en évidence que ces perturbations modifiaient les communautés de coléoptères en termes de composition et de structure, et entraînaient une augmentation de la richesse spécifique. Bien que l'on soit tenté de penser qu'un plus grand nombre d'espèces présentes en Crau est plus intéressant d'un point de vue de biodiversité, il faut cependant garder en tête que l'assemblage de coléoptères est caractéristique et unique en plaine de Crau. En effet, même si nous ne retrouvons pas de nombreuses espèces endémiques ou de nombreuses espèces à forte valeur patrimoniale, c'est l'assemblage de toutes les espèces présentes qui constitue l'enjeu de conservation. Celui-ci doit être maintenu grâce à des techniques de conservation biologique et recréé si nécessaire grâce à des techniques d'écologie de la restauration qui doivent permettre d'accélérer le retour des espèces caractéristiques de la Crau et ainsi favoriser le retour de l'écosystème à son état d'avant perturbation.

L'écologie de la restauration est au cœur de nos recherches actuelles dans le cadre du projet Cossure. L'approche écosystémique où plusieurs compartiments de biodiversité sont considérés (oiseaux, végétation, insectes) met en évidence qu'il est essentiel de bien prendre en compte de nombreux compartiments pour pouvoir parler de restauration effective, ou non. Ainsi, si seul le compartiment « oiseaux » avait été considéré comme indicateur de la bonne résilience de l'écosystème, nous aurions pu penser que l'écosystème perturbé était sur la bonne trajectoire de retour à l'écosystème de référence. Néanmoins, l'étude de la végétation et des insectes nous montre que la résilience n'est pas effective pour tous les compartiments de biodiversité et que l'ancien verger de Cossure ne peut pas encore, à l'heure actuelle, être considéré comme restauré mais plutôt seulement réhabilité par rapport à sa fonction d'accueil des oiseaux steppiques.

Par ailleurs, alors que l'écologie de la restauration est une science jeune, une autre science a émergé en parallèle ; il s'agit de l'ingénierie de la restauration. L'ingénierie de la restauration dépend de l'ingénierie écologique, qui repose sur l'utilisation d'organismes ingénieurs de l'écosystème pour restaurer les écosystèmes. En plaine de Crau, des études sont actuellement menées par Adeline Bulot et coll., et visent à utiliser des fourmis moissonneuses (*Messor barbarus*) pour accélérer la restauration de la communauté végétale caractéristique des coussouls de Crau. Ces recherches sont pour l'instant au stade expérimental car l'ingénierie civile est encore nécessaire mais

la recherche en écologie de la restauration est sur la voie de l'utilisation du vivant pour restaurer le vivant. Cela constitue donc une action pour la biodiversité par la biodiversité, ce qui autorise des actions plus durables sur le long terme.

Bibliographie

- Baldi A. et Kisbenedek T., 1997 – Orthopteran assemblages as indicators of grassland naturalness in Hungary. *Agriculture Ecosystems et Environment*, 66: 121-129.
- Bellmann H. et Luquet G., 1995 – *Guide des sauterelles, grillons et criquets d'Europe occidentale*. Delachaux et Niestlé, Lausanne.
- Bigot L., Chemseddine M. et Delye G., 1983 – Contribution à la connaissance de la structure et de la dynamique de la communauté des arthropodes terrestres de la plaine désertifiée (ou coussoul) de la Crau (Bouches-du-Rhône). *Biologie-Écologie méditerranéenne*, 10: 119-144.
- BOMAR, C.R. 2001 – Comparison of grasshopper (*Orthoptera: Acrididae*) communities on remnant and reconstructed prairies in Western Wisconsin. *Journal of Orthoptera Research*, 10:105-112
- Chopard L., 1951 – *Faune de France : Orthoptéroïdes*, vol. 56. Éditions Faune de France, Paris.
- Dennis P., Young M.R., Howard C.L. et Gordon I.J., 1997 – The response of epigeal beetles (Col.: *Carabidae*, *Staphylinidae*) to varied grazing regimes on upland *Nardus stricta* grasslands. *Journal of Applied Ecology*, 34: 433-443.
- Devaux J.-P., Archiloque A., Borel L., Bourrelly M. et Louis-Palluel J., 1983 – Notice de la carte phyto-sociologique de la Crau (Bouches-du-Rhône). *Biologie - Écologie méditerranéenne*, 10: 5-54.
- Dupuy F., 2009 – La perception des mouvements d'air par le système cercal chez le grillon des bois, *Nemobius sylvestris*. Thèse, université François-Rabelais, Tours, France.
- Evans E.W., 1984 – Fire as a natural disturbance to grasshopper assemblages of tallgrass prairie. *Oikos*, 43: 9-16.
- Fadda S., 2007 – Organisation des communautés de coléoptères terricoles en écosystème multi-perturbé : le cas des écosystèmes de pelouses sèches. Thèse, université Paul-Cézanne, Marseille, France.
- Fadda S., Orgeas J., Ponel P., Buisson E., Torre F. et Dutoit T., 2007 – Past cultivation is a factor driving organization of dry grassland ground-active beetle communities. *Environmental Conservation*, 34: 132-139.
- Fadda, S., Orgeas, J., Ponel, P. et Dutoit, T. 2004 – Organisation et distribution des communautés de coléoptères dans les interfaces steppe – friches post-culturelles en Crau. *Ecologia Mediterranea*, 30: 85-104
- Fischer, F.P., Schulz, U., Schubert, H., Knapp, P. et Schmoeger, M. 1997 – Quantitative assessment of grassland quality: acoustic determination of population sizes of Orthopteran indicator species. *Ecological Applications*, 7: 909-920.
- Foucart A., 1997 – Inventaire et dynamique annuelle du peuplement acridien de la plaine de la Crau sèche (Bouches-du-Rhône, France) (*Orthoptera, Acridoidea*). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 102: 77-87.

Foucart A., et Lecoq M., 1998 – Major threats to a protected grasshopper, *Prionotropis hystrix rhodanica* (Orthoptera, Pamphagidae, Akicerinae), endemic to southern France. *Journal of Insect Conservation*, 2: 187-193.

Gardiner T., Hill J. et Chesmore D., 2005 – Review of the methods frequently used to estimate the abundance of Orthoptera in grassland ecosystems. *Journal of Insect Conservation*, 9: 151-173.

Gilmour D. et Robinson P.M., 1964 – Contraction in glycerinated myofibrils of an insect (Orthoptera, Acrididae). *The Journal of Cell Biology*, 21: 385-396.

Guido M. et Gianelle D., 2001 – Distribution patterns of four Orthoptera species in relation to microhabitat heterogeneity in an ecotonal area. *Acta Oecologica*, 22: 175-185.

Hobbs R.J. et Huenneke L.F., 1992 – Disturbance, Diversity, and Invasion: Implication for Conservation. *Conservation Biology*, 6: 324-337.

Jaunatre R., Buisson E. et Dutoit T., 2012 – First-year results of a multi-treatment steppe restoration experiment in La Crau (Provence, France). *Plant Ecology and Evolution*, 145(1): 13-13.

Joern A., 1982 – Vegetation structure and microhabitat selection in grasshoppers (Orthoptera, Acrididae). *The Southwestern Naturalist*, 27:197-209.

Kemp W.P., Harvey S.J. et O'neill K.M., 1990 – Patterns of vegetation and grasshopper community composition. *Ecologia*, 83: 299-308.

Leonide J.-C., 1983 – Richesse et intérêt du foyer acridien grégarigène et du foyer parasitogène acridiophage de la Crau. *Biologie-Écologie méditerranéenne*, 10: 145-154.

Luff M.L. et Rushton S.P., 1989 – The ground beetle and spider fauna of managed and unimproved upland pasture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 25 : 195-206.

Lumaret J.-P., 1986 – Toxicité de certains anthelminthiques vis-à-vis des insectes coprophages et conséquences sur la disparition des excréments de la surface du sol. *Acta oecologica, oecologica applicata*, 7 : 313-324.

Lumaret J.-P., 2001 – Impacts des produits vétérinaires sur les insectes coprophages : conséquences sur la dégradation des excréments dans les pâturages. *Bulletin de la Société française de parasitologie*, 19.

Marini L., Fontana P., Scotton M. et Klimek S., 2008 – Vascular plant and Orthoptera diversity in relation to grassland management and landscape composition in the European Alps. *Journal of Applied Ecology*, 45: 361-370.

Mead L.J., Khachatourians G.G. et Jones G.A., 1988 – Microbial ecology of the gut in laboratory stocks of the migratory grasshopper, *Melanoplus sanguinipes* (Fab.) (Orthoptera: Acrididae). *Applied and Environmental Microbiology*, 54: 1174-1181.

Molinier R. et Tallon G., 1950 – La végétation de la Crau (Basse-Provence). *Revue générale de botanique*, 56 : 1-111.

O'neill K.M., Olson B.E., Rolston M.G., Wallander R., Larson D.P. et Seibert C.E., 2003 – Effects of livestock grazing on rangeland grasshopper (Orthoptera: Acrididae) abundance. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 97:51-64.

OPIE – Nombre d'insectes dans le monde <http://www.insectes.org/opie/nombre-insectes-monde.html> (consulté le 19.11.2013).

Perner J. et Malt S., 2003 – Assessment of changing agricultural land use: response of vegetation, ground-dwelling spiders and beetles to the conversion of arable land into grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98: 169-181.

Petraitis P.S., Latham R.E. et Niesenbaum R.A., 1989 – The maintenance of species diversity by disturbance. *Quarterly Review of Biology*, 64: 393-418.

Picaud F. et Petit D.P., 2007 – Primary succession of *Acrididae* (*Orthoptera*): Differences in displacement capacities in early and late colonizers of new habitats. *Acta oecologica*, 32: 59-66.

Pickett S.T.A. et White P.S., 1985 – Natural disturbance and patch dynamics: an introduction, p. 3-13, In : *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, New York.

Raino J. et Niemelä J., 2003 – Ground beetles (*Coleoptera: Carabidae*) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*, 12: 487-506.

Southwood T.R.E., 1988 – *Ecological Methods: With Particular Reference to the Study of Insect Populations*, second edition. Chapman and Hall, Londres et New York.

Streiff R., Audiot P., Foucart A., Lecoq M. et Rasplus J-Y., 2005 – Genetic survey of two endangered grasshopper subspecies, *Prionotropis hystrix rhodanica* and *Prionotropis hystrix azami* (*Orthoptera, Pamphagidae*): within- and between-population dynamics at the regional scale. *Conservation Genetics*, 7: 331-344.

Tatin L., Chapelin-Viscardi J.-D., Renet J., Becker E. et Ponel P., 2013 – Patron et variations du régime alimentaire du lézard ocellé *Timon lepidus* en milieu steppique méditerranéen semi-aride (plaine de Crau, France). *La Terre et la Vie (Revue d'écologie)*, 68(1): 47-58.

Villiers A., 1978 – *Faune des coléoptères de France, vol. 1 : Cerambycidae*. Lechevalier, Paris.

Work T.T., Buddle C.M., Luisiana M.K. et Spence J.R., 2002 – Pitfall trap size and capture of three taxa of litter-dwelling arthropods: implications for biodiversity studies. *Environmental Entomology*, 31: 439-448.