



Première étude ciblée sur les Coléoptères coprophages dans la steppe de Crau

First study focused on dung beetles in the Crau steppe

Laurent Tatin¹, Etienne Becker¹, Fanny Sauguet² et Pierre Jay-Robert³

¹ CEN PACA
RNN des Coussouls de Crau
boulevard de Provence
13310 Saint-Martin-de-Crau

laurent.tatin@cen-paca.org

² Chambre d'agriculture
des Bouches-du-Rhône
22 Avenue Henri Pontier
13626 Aix En Provence Cedex 2

f.sauguet@bouches-du-rhone.chambagri.fr

³ CEFE-CNRS UMR 5175
Université Montpellier 3
route de Mende
34199 Montpellier 2

pierre.jay-robert@cefe.cnrs.fr

RESUME

Les bousiers constituent un maillon essentiel des écosystèmes pâturés car ils remplissent plusieurs fonctions comme la remise en circulation des nutriments ou la dispersion des graines. La steppe de Crau, habitat d'importance européenne et fortement pâturé, n'a pourtant jamais fait l'objet d'une étude ciblée sur ce groupe. Aussi, la caractérisation du peuplement et l'évaluation de la ressource en matière fécale ont été étudiées. Quatre places de pâturage ont été sélectionnées en regard de l'absence de traitements antiparasitaires à base d'ivermectines depuis au moins cinq ans. Quatre pièges ont été disposés sur les quatre places (soit 16 pièges au total) et collectés à trois reprises au printemps et à l'automne. La disponibilité en excréments apparaît relativement faible puisque les troupeaux déposent en moyenne 0,4 g de crottes/m²/jour. Ces dépôts sont en outre constitués à 95 % de pétoles et seulement à 5 % d'agglomérats. Un total de 1 327 bousiers a été capturé (141 au printemps et 1 186 à l'automne), et 24 espèces ont été identifiées (11 *Aphodiidae* et 13 *Scarabaeidae*). Un changement net de la composition est observé entre le printemps, où 2/3 des insectes sont des *Aphodiidae*, et l'automne où les *Scarabaeidae* représentent plus de huit insectes sur 10. L'abondance est nettement supérieure à l'automne. Des captures plus précoces au printemps devraient être envisagées et une étude de la cinétique de dessiccation des pétoles permettrait d'estimer la ressource réellement disponible pour les bousiers.

MOTS CLES :

pâturage, bousiers, coussouls de Crau, ressource trophique

SUMMARY

Dung beetles are essential in pastures as they are involved in several ecological functions such as nutrients incorporation in soils and seed dispersal. The Crau steppe, a conservation concern habitat which is highly grazed, has never been studied regarding to this group. Thus, we investigated the description of the dung beetles community and the estimation of the dung resource. Four grazing sites were selected regarding to absence of use of ivermectines since at least five years. Four pitfall traps were implemented on the four grazing sites (a total of 16 traps) and collected three times at spring and autumn. Dung availability seems to be low as herds produce 0.4 g/m²/day. Dungs are composed mainly by pellets (95% vs. 5% agglomerates). A total of 1,327 dung beetles was captured and 24 species identified (11 *Aphodiidae* and 13 *Scarabaeidae*). A drastic change in composition is observed from spring (2/3 of insects are *Aphodiidae*) to autumn (80% of *Scarabaeidae*). Abundance is higher in autumn. Further samplings should be conducted earlier in spring and a study on pellet's desiccation kinetics should be implemented in order to estimate the resource really available for dung beetles.

KEY WORDS :

grazing, dung beetles, Crau steppe, feeding resources

 Conservatoire
d'espaces naturels
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Revue éditée par le
Conservatoire d'espaces naturels
de Provence-Alpes-Côte d'Azur
890 chemin de Bouenhoure-Haut
13090 Aix-en-Provence
N°ISSN : 2264-6000

INTRODUCTION

L'histoire naturelle de la plaine de Crau est particulièrement connue pour son avifaune steppique et un habitat naturel, le coussoul (pelouse méditerranéenne mésotherme de la Crau), uniques en France et considérés comme prioritaires en termes de conservation par l'Union Européenne. C'est aussi un haut lieu de l'élevage ovin en France et une activité pastorale y existe depuis au moins le Néolithique (Badan *et al.*, 1995). Depuis plusieurs siècles, le pâturage est de type transhumant en Crau (figure 1). Les troupeaux, principalement présents de mars à juin sur le coussoul, rassemblent sur près de 10 000 ha 30 à 40 000 brebis appartenant à une trentaine d'éleveurs. Chaque éleveur loue ou possède une ou plusieurs places de pâturage, dont les surfaces varient de quelques dizaines à plusieurs centaines d'hectares, qu'il gère selon un mode traditionnel mais aussi une stratégie individuelle, répondant à la disponibilité de la ressource alimentaire, elle-même liée aux conditions météorologiques et à la stratégie de l'éleveur l'année précédente. Ainsi, les dates d'arrivée et de départ sur le coussoul sont différentes entre éleveurs, de même que l'utilisation ou non du coussoul à la descente d'alpage (figure 1). L'habitat naturel steppique de la Crau est donc rechargé régulièrement en matière fécale ovine qui devrait constituer une ressource alimentaire pour les coléoptères coprophages, ou bousiers, maillon essentiel des écosystèmes pâturés (Hanski et Cambefort, 1991). Les bousiers appartiennent à trois familles de coléoptères (*Aphodiidae*, *Geotrupidae*, *Scarabaeidae*) plus ou moins strictement coprophages. Ce groupe s'est particulièrement diversifié depuis le Miocène avec l'apparition de milieux très ouverts (steppes et savanes) et leurs cortèges de grands troupeaux d'herbivores (Scholtz *et al.*, 2009). Ces insectes participent à de

nombreuses fonctions des écosystèmes comme la remise en circulation des nutriments, la pollinisation, la dispersion des graines, etc. (Nichols *et al.*, 2008). Ils rendent également des services écosystémiques comme la destruction des œufs de parasites contenus dans les excréments (Scholtz *et al.*, 2009) et la fertilisation naturelle des parcours par leur action d'aération du sol et d'incorporation de la matière organique dans ce dernier (Bloor *et al.*, 2012). Leurs réponses rapides et significatives aux changements de l'environnement, qu'ils soient d'origine anthropique ou naturelle, en font de bons bio-indicateurs (Horgan, 2005). Par exemple, ils sont particulièrement sensibles à certaines molécules utilisées dans les traitements antiparasitaires des troupeaux domestiques (Barbut, 2002 ; Lumaret et Errouissi, 2002). Deux grandes familles de produits sont particulièrement préoccupantes : d'une part les insecticides, en particulier les organophosphorés (diazinon...) et les pyréthrinoides (deltaméthrine, perméthrine, cyperméthrine...), d'autre part les endectocides systémiques (action à la fois interne et externe), en particulier les avermectines (abamectine, doramectine, ivermectine...) (Lumaret, 2010). Les écosystèmes présents en France abritent quelque 177 espèces de bousiers (Lumaret, 1990 ; Bordat, 1999) mais il n'existe aucune étude ciblée sur les coléoptères coprophages en Crau. Une première analyse bibliographique des travaux réalisés sur les coléoptères dans cette steppe suggère que la richesse en coprophages est faible comparée à d'autres sites pâturés sur le pourtour méditerranéen (Bigot *et al.*, 1983 ; Fadda, 2007). Une enquête récente (Eon *et al.*, 2006) a montré que la gestion du parasitisme interne était conduite de façon raisonnée par les éleveurs : si tous les troupeaux sont régulièrement traités par des antiparasitaires, plus de la moitié font l'objet d'analyses coprologiques et les

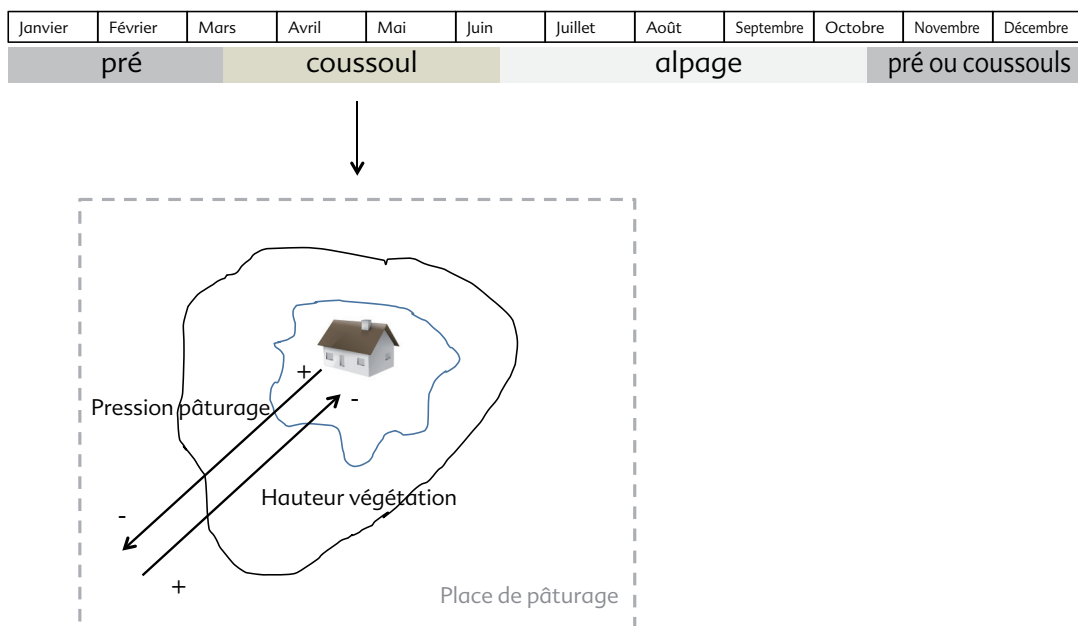


Figure 1 : Pratique du pâturage ovin dans la plaine de Crau (d'après Fabre, 1997).
 Figure 1: Sheep grazing in the Crau steppe (adapted from Fabre, 1997).

avermectines représentent moins de 2 % des traitements. La lutte contre la gale, mise en œuvre par près de 38 % des éleveurs, nécessite des traitements qui se révèlent plus préoccupants en terme environnemental puisque 64 % correspondent à des bains ou à des pulvérisations d'insecticide organophosphoré et 14 % à des injections d'ivermectine. Les bains et pulvérisations ont lieu à proximité immédiate des bergeries et, lorsqu'ils ne sont pas utilisés pour traiter des cultures hors du coussoul, les résidus de traitement servent à désinsectiser les bâtiments. Les injections sont quant à elles pratiquées en juin – peu avant la montée en estive – ou à l'automne – lorsque les brebis sont au pré – ce qui limite le risque de pollution du coussoul (Fabre, 1997). Ces informations tendent à montrer que l'emploi des molécules les plus nocives est restreint sur la steppe, mais cela n'exclut pas un effet significatif de dosages faibles sur l'entomofaune. Enfin, si le coussoul est abondamment pâturé, l'aridité qui y règne et les caractéristiques des excréments déposés par les brebis (crottes petites et peu humides) limitent peut-être considérablement la ressource disponible pour les coléoptères coprophages.

La présente étude a donc pour double objectif :

- 1) de caractériser le peuplement des coléoptères coprophages du coussoul ;
- 2) d'évaluer la ressource dont ceux-ci peuvent disposer au printemps.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Sélection de l'échantillon et collecte des insectes

Les places de pâturage à échantillonner ont été sélectionnées à partir des informations récoltées par le Groupement de Défense Sanitaire des Bouches-du-Rhône. Celui-ci a permis d'identifier sept places dont les troupeaux n'avaient pas fait l'objet d'un traitement aux ivermectines sur le coussoul depuis au moins cinq ans. Parmi ces sept places, le choix s'est porté sur les quatre sites qu'il était possible de prospecter en une journée : Opéra (ivermectine administrée hors coussoul, troupeau non traité depuis au moins cinq ans), Nouveau Carton (ivermectine administrée hors coussoul, troupeau non traité depuis au moins cinq ans), Petit Carton (jamais d'ivermectine) et Peau de Meau (jamais d'ivermectine) (figure 2).

Pour chaque place de pâturage, trois protocoles ont été mis en œuvre (figure 3).

- (1) Estimation de la disponibilité en matière fécale au moment des piégeages : une surface de 50 m² équivalente à celle couverte par les pièges (voir ci-dessous), et située à la même distance de la bergerie que les pièges, a été nettoyée des crottes présentes à j₁, puis les crottes nouvellement déposées ont été collectées à j₃, j₆ et j₉. Les agglomérats (amas compact composé de plusieurs petites crottes) et les « pétoules » (crottes individualisées distribuées en petits groupes) ont été

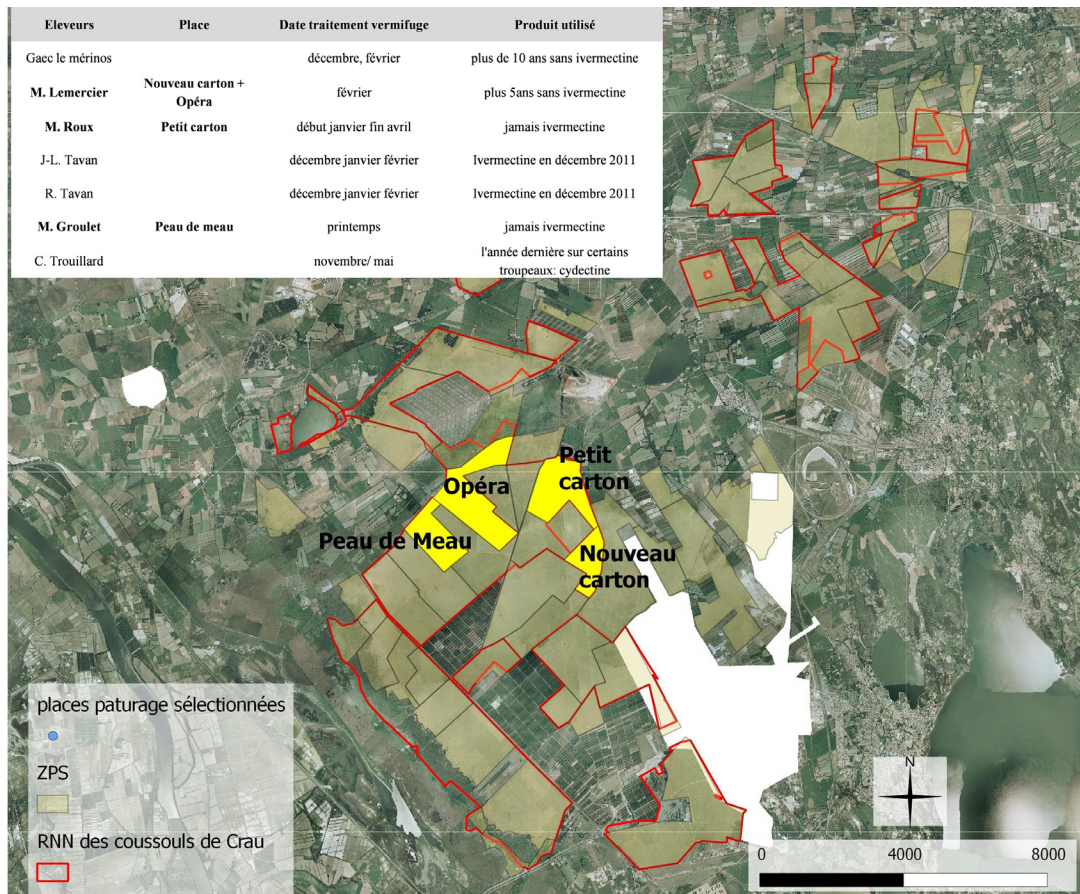


Figure 2 : Places de pâturage sélectionnées pour l'étude (en gras dans le tableau).
 Figure 2: Selected grazing sites for the study (in bold).

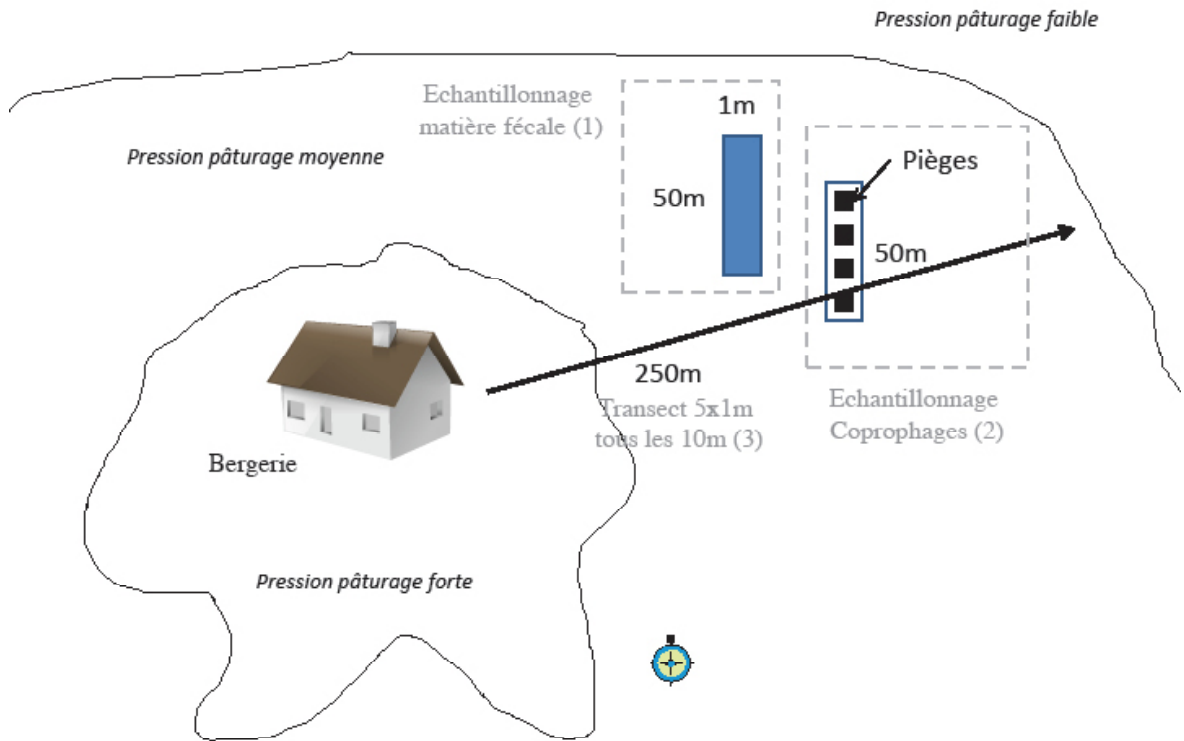


Figure 3 : Schéma de principe du protocole d'étude des coléoptères coprophages en Crau.

(1) : Estimation de la disponibilité en matière fécale pour les coléoptères. La surface de 50m² est nettoyée des crottes présentes à j₁ puis les crottes sont collectées et dénombrées à j₃, j₆ et j₉. Les agglomérats et les pétoles sont collectés dans des sacs séparés. (2) : Echantillonnage des insectes. Les 4 pièges sont visités trois fois à trois jours d'intervalle (j₃, j₆ et j₉) dans une période de conditions météorologiques propices à l'activité des coléoptères coprophages. (3) : Estimation de la densité de crottes afin de vérifier que les pièges ont bien été placés dans une zone de pression de pâturage identique entre les 4 places de pâturage. Ces transects sont réalisés fin juin, après le départ des brebis en alpage.

Figure 3: Design of the protocol used for this study. (1) Estimation of the resource for the dung beetles: dung is removed in a 50m² area at j₁ and dung is collected and counted at j₃, j₆ and j₉. Agglomerates and pellet dung are collected in different bags. (2) Insect sampling: four traps are visited 3 times with a 3 days interval (j₃, j₆ et j₉) during a favorable period for insect activity (meteorological conditions). (3) Dung density estimation used to evaluate the grazing pressure according to the distance to the sheepfold for each trapping site. Those transects are conducted by the end of June, after sheep departure.

collectés dans des sacs séparés. Les sacs utilisés sont des sacs de congélation afin de s'assurer que les crottes ne se déshydratent pas avant passage à l'étuve. La dessiccation des crottes a été réalisée à l'étuve à 60°C pendant 48 h.

(2) *Inventaire des coléoptères coprophages* : quatre pièges à coléoptères coprophages espacés de 10 m ont été installés sur chacune des places de pâturage sélectionnées. Cet effort de 16 pièges est considéré comme suffisant pour détecter au moins 95% de la richesse et de la biomasse présentes à l'échelle du coussoul (Lobo *et al.*, 1998). Les pièges ont été positionnés à environ 200 m des bergeries.

Les pièges visent à attirer les insectes afin de les capturer et de les identifier ultérieurement en laboratoire (Lobo *et al.*, 1988 ; Veiga *et al.*, 1989). Ils sont constitués d'une bassine remplie d'eau salée (avec quelques gouttes de produit vaisselle pour empêcher les insectes de flotter) enfoncée dans le sol de façon à ce que le bord se retrouve au niveau du sol (figure 4). Une grille à grosse maille est placée au-dessus de la bassine, un agglomérat de crottes de brebis est placé au centre de la grille pour attirer les insectes qui tombent dans la bassine d'eau



Figure 4 : Piège à coléoptères coprophages. Photo : L.Tatin.

Figure 4: Pitfall trap used for dung beetle sampling. Picture: L.Tatin.

salée en s'approchant de l'appât.

Chaque piège a été relevé trois jours (72 h) après la pose de l'appât à trois reprises (j₃, j₆ et j₉). Les insectes piégés dans la bassine ont été rassemblés dans un tube rempli

d'alcool à 70° modifié. Chaque tube a été numéroté et la date, le numéro du piège et la place de pâturage inscrits sur papier, plongé dans l'alcool. Après décantation (48 h à 72 h), le contenu de chaque tube a été transvasé dans de l'alcool propre afin d'éviter le pourrissement des animaux. L'identification des espèces a été réalisée par Pierre Jay-Robert (Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive-CNRS, Montpellier).

Deux campagnes de piégeage ont été réalisées : une au printemps et une à l'automne pour couvrir les deux principales périodes d'activité des insectes en région méditerranéenne. Les appâts du printemps ont été réalisés avec des crottes fraîches prélevées dans les bergeries des places de pâturage sélectionnées, ceux d'automne avec des crottes fraîches prélevées dans une prairie de fauche puisque les brebis étaient absentes des coussouls (estive). Une attention particulière a été portée pour ne pas transporter des bousiers depuis les prairies de fauche à l'automne.

- (3) *Caractérisation, pour chaque place, de la distribution des dépôts de matière fécale selon la distance à la bergerie* : un comptage des crottes est effectué sur des transects de 5 m de long sur 1 m de large réalisés tous les 10 m sur un gradient de 230 m à partir de la bergerie. Ces transects ont été réalisés fin juin, après le départ des brebis en alpage. Les bergeries, où les animaux dorment chaque nuit, étant approximativement au centre des places de pâturage que l'on peut assimiler à des disques, les portions successives de transect représentent des surfaces de tailles croissantes (par exemple la portion de transect correspondant aux 50 premiers mètres correspond à un disque de 50 m de rayon, soit 7 854 m², tandis que la portion comprise entre 50 m et 100 m constitue un anneau de 23 562 m²). La pression de collecte étant constante tout au long des transects, on s'attend donc à ce que la

densité de crottes diminue régulièrement lorsque l'on s'éloigne des bergeries.

Pression de pâturage

La Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône a réalisé une enquête sur les pratiques vétérinaires et pastorales sous forme de questionnaire. Les données récoltées permettent de mesurer la pression de pâturage et la période de présence des brebis sur le coussoul.

Analyses statistiques

Afin d'étudier la corrélation entre le nombre total de pétoles observées par transect et la pression de pâturage, un test de Spearman a été utilisé. Pour comparer les assemblages d'espèces collectées dans les quatre places de pâturage au printemps et à l'automne, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée à partir de la matrice des effectifs log-transformés ($\ln(x + 1)$). Les insectes collectés dans les quatre pièges d'une même place lors des trois relevés successifs (j_3 , j_6 et j_9) ont été regroupés. Cette analyse permet également de comparer la distribution stationnelle et saisonnière des espèces.

RÉSULTATS

La campagne de printemps s'est déroulée du 21 au 29 avril avec des conditions météorologiques stables, a priori favorables à l'activité des insectes (figure 5). La campagne d'automne, elle, a eu lieu du 2 au 11 octobre avec un épisode pluvieux uniquement pour le dernier relevé du 11 octobre (figure 5). Le nombre d'insectes collectés est de 1 327. Les captures du printemps ont été inférieures à celle d'automne avec respectivement

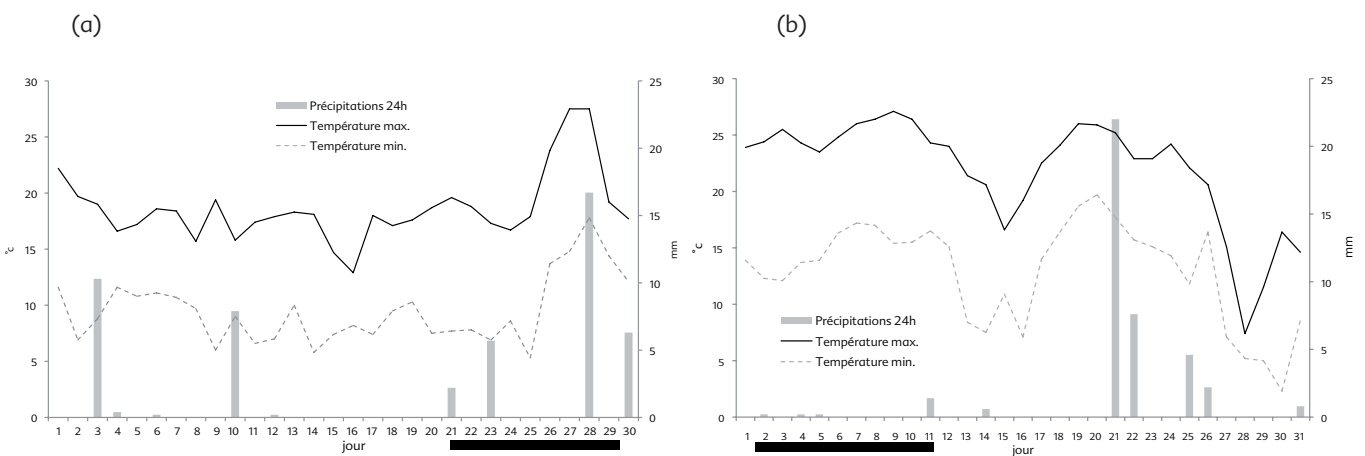


Figure 5 : Températures et précipitations enregistrées à la station météorologique d'Istres en Avril (a) et Octobre (b) 2012. En avril, les précipitations du 21, 23 et 28 ont eu lieu la nuit. Températures max : Température maximale du jour relevée entre 8h et 8h le lendemain. Températures min : Température minimale du jour relevée entre 20h la veille et 20h du jour. Précipitations : Quantité de pluie/neige/grêle (en mm d'eau) qui est tombée entre 8h et 8h le lendemain. Les deux périodes de piégeage sont soulignées. Source : www.météociel.fr

Figure 5 : Temperature and precipitation at the Istres meteorological station in April (a) and October (b) 2012. In April precipitation of the 21, 23 and 28 occurred at night. Temperature max: maximal day temperature between 8h and 8h the next day. Temperature min: minimal day temperature between 20h and 20h the next day. Precipitation: rain/snow/hail quantity (mm) between 8h and 8h the next day. The two trapping periods are underlined. Source : www.météociel.fr

Tableau 1 : Taille des troupeaux, pression et période de pâturage sur les quatre places choisies pour l'étude.
 Table 1: Herd sizes, grazing pressure and grazing period of the 4 grazing sites selected for the study.

	Surface (ha)	Taille troupeau	Arrivée	Départ	Nb jours	brebis.j/ha
Peau de Meau	155	690	04/03/2012	21/05/2012	78	347
Opéra	292	1850*	10/03/2012	22/06/2012	104	659
Petit Carton	214	1000	04/03/2012	28/06/2012	116	542
Nouveau Carton	110	601*	16/03/2012	09/06/2012	85	464

3 insectes/piège ($\pm 1,4$) et 25 insectes/piège ($\pm 33,4$) en moyenne.

Pression de pâturage

Les enquêtes menées auprès des éleveurs ont permis de connaître à la fois la taille des troupeaux présents sur les quatre places de pâturage de l'étude, leurs dates d'arrivée et de départ, et d'estimer la pression de pâturage (tableau 1). Peau de Meau, avec une faible pression de pâturage, et Opéra, avec une pression à peu près deux fois supérieure, constituent les deux extrémités du gradient.

Estimation de la ressource en matière fécale

Les décomptes de crottes le long des transects (figure 6) montrent des différences entre les places de pâturage : alors qu'à Nouveau Carton et Petit Carton, les densités de

crottes sont, comme attendu, maximales à proximité des bergeries, on n'observe aucune tendance à Peau de Meau tandis qu'à Opéra, les dépôts sont très faibles à proximité du bâtiment et maximaux à une centaine de mètres. Dans ces deux dernières places, les troupeaux doivent donc passer peu de temps autour du bâtiment. Ceci peut expliquer le fait que l'on ait dénombré relativement peu de crottes à Opéra où la pression de pâturage est pourtant la plus forte (tableau 1). En conséquence, aucune corrélation n'est observée entre le nombre total de pétoles par transect et la pression de pâturage (Spearman $r=0,4$, $n=4$, $p=0,75$). Quoi qu'il en soit, dans les quatre places, les pièges disposés à environ 200 m des bergeries se trouvent dans des secteurs où la disponibilité en excréments apparaît relativement faible : si l'on se fonde sur les décomptes réalisés sur 50 m² sur 72 h, on peut estimer qu'à cette distance des bergeries, les troupeaux déposent en moyenne 0,4 g de crottes/m²/jour (matière sèche).

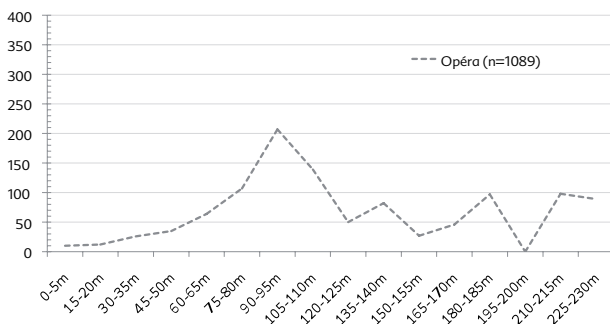
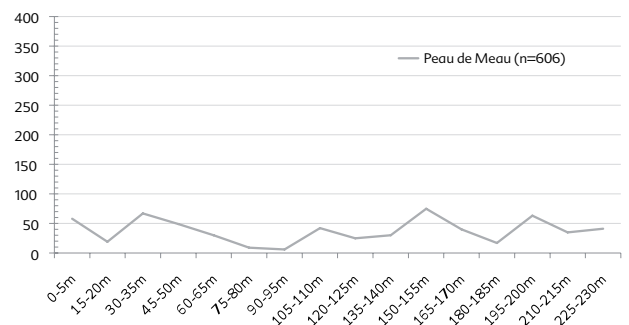
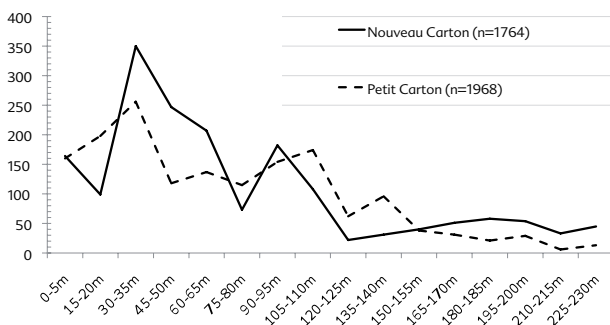


Figure 6 : Distribution du nombre de pétoles le long de transects de la bergerie vers le pâturage (n=nombre total de pétoles par place de pâturage).
 Figure 6: Pellet dung distribution from the sheepfarm to the grazing area (n= total number of pellet dung / grazing sites).

Tableau 2 : Composition, richesse (nombre d'espèces), et effectif de chaque espèce au printemps et en automne.* Espèces emblématiques : les plus thermophiles, peu communes et limitées en France à la région méditerranéenne.
 Table 2: Composition, richness (species number) and species abundance in spring and autumn. * Flagship species: rare, thermophilous and delimited to the Mediterranean in France.

		Printemps	Automne
Composition	<i>Aphodiidae</i>	65%	18%
	<i>Scarabaeidae</i>	35%	82%
Nombre d'espèces		13	17
Effectif total		141	1186
<i>Aphodiidae</i>			
<i>Acrossus luridus</i> (Fabricius, 1775)		19	
<i>Ammoecius elevatus</i> (Olivier, 1789)			3
<i>Aphodius foetidus</i> (Herbst, 1783)		28	71
<i>Bodilus ictericus ghardimaouensis</i> (Balthasar, 1929)			135
<i>Calamosternus granarius</i> (Linnaeus, 1767)		22	
<i>Eudolus quadriguttatus</i> (Herbst, 1783)		11	
<i>Euorodalus paracoenosus</i> (Balthasar & Hrubant, 1960)		11	1
<i>Labarrus lividus</i> (Olivier, 1789)		1	
<i>Otophorus haemorrhoidalis</i> (Linnaeus, 1758)			1
<i>Sigorus porcus</i> (Fabricius, 1792)			2
<i>Subrinus sturmi</i> (Harold, 1870)			4
<i>Scarabaeidae</i>			
<i>Copris hispanus</i> (Linnaeus, 1764)*			1
<i>Euoniticellus fulvus</i> (Goeze, 1777)		1	17
<i>Euoniticellus pallipes</i> (Fabricius, 1798)*			2
<i>Gymnopleurus flagellatus</i> (Fabricius, 1787)*		4	
<i>Onthophagus emarginatus</i> (Mulsant & Godart, 1842)			45
<i>Onthophagus furcatus</i> (Fabricius, 1781)		3	848
<i>Onthophagus lemur</i> (Fabricius, 1781)		3	1
<i>Onthophagus maki</i> (Illiger, 1803)		1	
<i>Onthophagus opacicollis</i> (Reitter, 1893)			26
<i>Onthophagus ruficapillus</i> (Brullé, 1832)		2	
<i>Onthophagus taurus</i> (Schreber, 1759)			8
<i>Onthophagus vacca</i> (Linnaeus, 1767)		35	17
<i>Scarabaeus laticollis</i> (Linnaeus, 1767)*			4

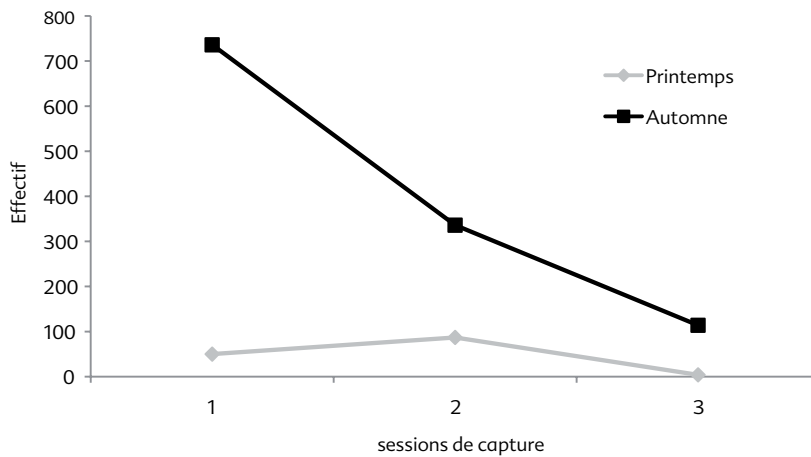


Figure 7 : Évolution des captures au printemps et à l’automne.
 Figure 7: Number of catches during the three consecutive days of trapping in spring and autumn.

Ces dépôts sont en outre constitués à 95 % de pétéoules et seulement à 5 % d’agglomérats, connus pour être plus attractifs pour les bousiers et séchant moins rapidement que les pétéoules.

Richesse et abondance en bousiers

Sur un total de 1327 insectes collectés (141 au printemps et 1186 à l’automne), 24 espèces ont été identifiées (11 *Aphodiidae* et 13 *Scarabaeidae*, tableau 2). Au printemps comme à l’automne, le nombre d’insectes piégés diminue nettement entre le premier et le troisième relevé (figure 7). On peut donc considérer que les échantillons obtenus à l’issue des neuf jours de piégeage sont représentatifs de l’entomofaune associée à chaque place de pâturage. Les quatre places de pâturage montrent des richesses en espèces équivalentes, oscillant entre 15 et 17 espèces par place (tableau 3). *Onthophagus furcatus*

a été collecté en masse sur la place de pâturage de Petit Carton (n=788, tableau 3). Au printemps, 13 espèces ont été déterminées dont sept représentent 79,4% des effectifs parmi lesquelles *Onthophagus vacca* et *Acrossus luridus* (figure 8). À l’automne *Onthophagus furcatus* (figure 8), présent sur les quatre places, représente à lui seul 71,5% des effectifs des 17 espèces identifiées. Un net changement de la composition est donc observé entre le printemps, où 2/3 des insectes sont des *Aphodiidae*, et l’automne où les *Scarabaeidae* représentent plus de 8 insectes sur 10 (tableau 2). Le cortège d’espèces change fortement entre ces deux saisons (figure 7) : 18 des 24 espèces n’ont été capturées qu’au printemps (n=7) ou qu’à l’automne (n=11). Inversement, seuls *Aphodius foetidus* et *Onthophagus vacca* ont été observés régulièrement au cours des deux saisons. Une grande homogénéité des relevés est observée à l’automne (figure 9).

Tableau 3 : Richesse et abondance des insectes sur les quatre places de pâturage.
 Table 3: Insects richness and abundance of the 4 grazing sites selected for the study.

	Nb espèces	Effectif
Peau de Meau	17	109
Opéra	15	175
Petit Carton	17	936*
Nouveau Carton	15	108

*dont 788 *Onthophagus furcatus* collectés à l’automne

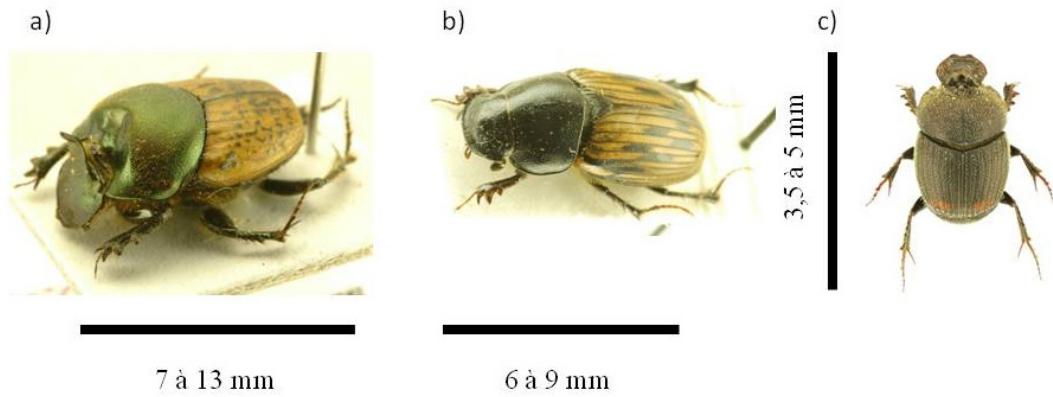


Figure 8 : *Onthophagus vacca* (a, Scarabaeidae) et *Acrossus luridus* (b, Aphodiidae) sont deux espèces majoritaires au printemps, tandis qu'*Onthophagus furcatus* (c, Scarabaeidae) est largement majoritaire à l'automne. Photo : P. Jay-Robert.
 Figure 8: *Onthophagus vacca* (a, Scarabaeidae) and *Acrossus luridus* (b, Aphodiidae) are the two main species in spring, while *Onthophagus furcatus* (c, Scarabaeidae) is the most abundant in autumn. Picture: P. Jay-Robert.

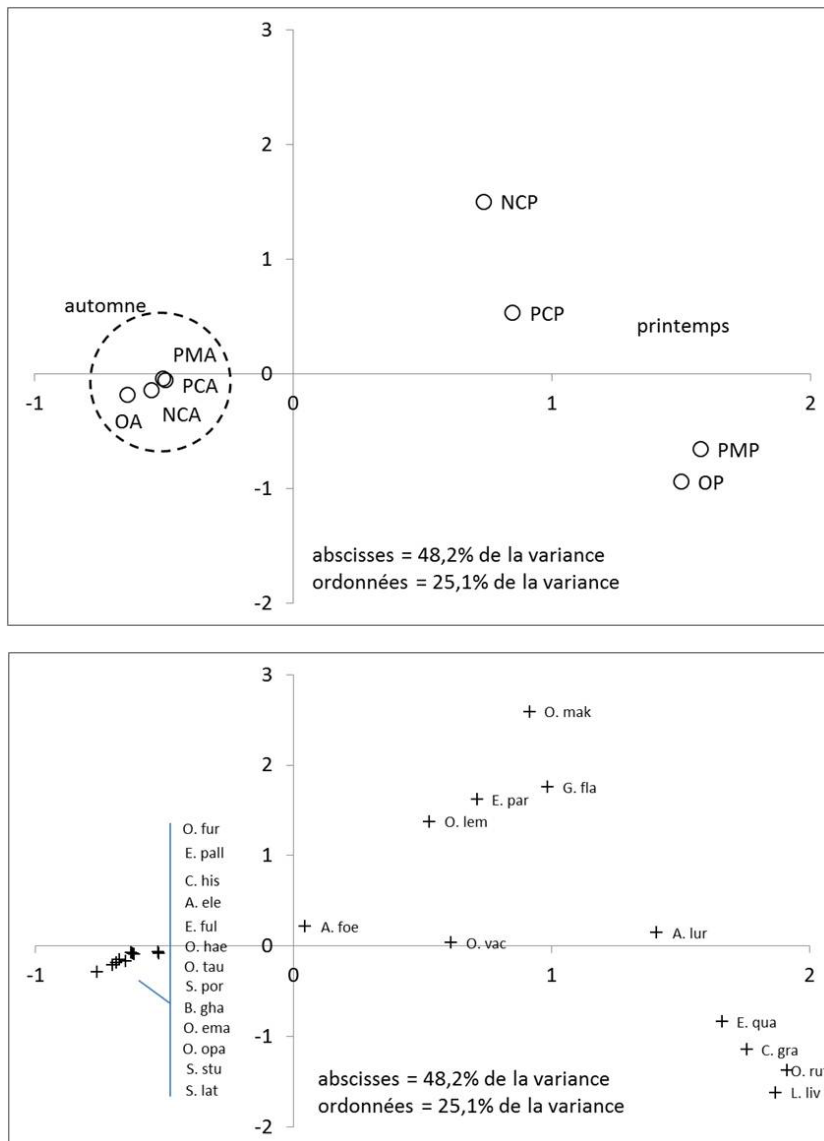


Figure 9 : AFC réalisée à partir du logarithme des effectifs $\ln(x+1)$ des espèces observées dans chaque place de pâturage à chaque saison. La figure supérieure représente les sites (O=Opéra; PC=Petit Carton; PM=Peau de Meau; N=Nouveau Carton; suffixe P = printemps, A = automne). La figure inférieure représente les espèces (les espèces rassemblées le long du trait sont classées selon la valeur de leur ordonnée).
 Figure 9: CA of the observed species for each grazing sites and each period (analysed with the log of the abundance $\ln(x+1)$). The upper part represents the grazing sites (O=Opéra; PC=Petit Carton; PM=Peau de Meau; N=Nouveau Carton; suffixe P = printemps, A = automne). The lower part represents the species (species gathered along the line are sorted according to their position on the y axis).

DISCUSSION

Cette première étude ciblée sur les bousiers a permis d'identifier 24 espèces présentes dans le coussoul. Une étude récente et générale sur les coléoptères avait détecté 15 espèces de bousiers en Crau mais majoritairement dans les friches puisque 60% de la richesse y était représentée (Fadda, 2007). Ainsi, 18 espèces supplémentaires ont été inventoriées pour l'habitat naturel de la Crau. Le cortège est typiquement méditerranéen et similaire à celui des pelouses semi-arides du Maghreb. Une espèce, qui avait été trouvée dans des fèces de Léopard ocellé *Timon lepidus*, n'a pas été piégée lors de la présente étude : *Geotrupes puncticollis* (Chapelin-Viscardi et al., 2012). L'activité semble singulièrement plus forte à l'automne surtout pour *Onthophagus furcatus* qui voit habituellement son activité réduite à cette période (Muséum national d'Histoire naturelle, 2013).

La richesse et l'abondance observées sont faibles en comparaison d'autres études similaires en région méditerranéenne avec seulement 3 à 25 insectes/piège contre 37 à 90 pour Lobo et al. (1998) et Errouissi et al. (2011). Pourtant l'échantillonnage a été réalisé sur des places de pâturage a priori propices (exemptes d'antiparasitaires écotoxiques). Comme aucune donnée quantitative ancienne n'est disponible, il n'est pas possible de savoir si ces faibles effectifs sont le fruit d'un processus de raréfaction récent. Il n'est pas permis non plus de conclure sur un éventuel effet des antiparasitaires sur les bousiers en Crau. Krüger et Scholtz (1998) ont montré que l'ivermectine pouvait avoir un effet retard sur la richesse et l'équitabilité de la communauté de bousiers en conditions de sécheresse, mais seulement pendant trois mois.

Dans les années 1990, les bains au Diazinon (organophosphoré) ont été faits systématiquement avant le départ en montagne (Eon et al., 2006), mais il existe peu d'information sur le devenir des eaux résiduelles. Une synthèse des conséquences de l'emploi de ces produits ectoparasitocides sur les brebis souligne la contamination des sols qui résulte de l'épandage des eaux résiduelles de ces bains (Beynon, 2010). En Australie, les bains au Diazinon sont interdits depuis 2007 et ceux à base de pyrèthrinoides depuis 2010 en Angleterre. Ce type de traitement est encore utilisé en France mais sa pratique est mal connue en Crau.

La relative abondance de plusieurs espèces à l'automne pose la question de la ressource puisqu'aucune brebis n'est alors présente sur le coussoul. Deux hypothèses peuvent être formulées : soit les insectes capturés à l'automne correspondent, au moins pour une large part, à des émergences temporaires d'insectes immatures conçus au printemps (cas généralement observé en garrigue après les pluies d'automne), soit ce sont des insectes adultes prêts à se reproduire et l'automne serait alors la principale saison de reproduction des bousiers sur le coussoul. En l'état actuel de nos connaissances cette seconde hypothèse n'est pas privilégiée. Pour le vérifier, il faudrait prospecter plus tôt en sortie d'hiver afin de s'assurer qu'il n'y ait pas une reprise d'activité précoce localement.

La variabilité observée le long des transects de comptage des excréments n'est pas surprenante car chaque berger a ses propres habitudes qui conditionnent le parcours journalier (Dureau, 1997). Les caractéristiques des places de pâturage sont aussi déterminantes. Ainsi l'Opéra, où les dépôts à proximité de la bergerie sont faibles, est la plus grande des places de pâturage (près de 300 ha). Globalement, la ressource en matière fécale semble faible. Dans un article de synthèse, Bloor et al. (2012) indique une production d'excréments comprise, pour les ovins, entre 4 et 12 g MS par kg de poids vif et par jour. Pour une brebis Mérinos d'Arles de 50 kg, la production de crottes serait donc comprise entre 200 et 600 g MS/jour. La densité d'excréments mesurée ici (0,4g/m² soit 4 kg/ha) correspondrait donc à une charge de 6 à 20 brebis/ha sensiblement supérieure à la charge globale des places (de 4,5 brebis / ha pour Peau de Meau à 6,3 pour Opéra). Les brebis déposant leurs crottes plutôt le matin, au sortir de la bergerie, après la période de repos (Schlecht et al., 2006), les dépôts devraient être plus denses dans et à proximité immédiate des bergeries. À l'échelle des places de pâturage (100 à 300 ha environ soit un « disque » de 600 à 1000 m de rayon), on peut considérer que les pièges n'étaient pas très éloignés des bergeries (200 m, figure 3). En se plaçant plus près encore, on devrait observer une plus grande densité de ressource mais également un piétinement plus intense. Or le piétinement, dû au stationnement ou au passage régulier du troupeau, n'est pas favorable aux insectes. Un ré-échantillonnage plus proche des bâtiments permettrait donc d'évaluer l'importance respective de la disponibilité de ressource et de la perturbation sur les bousiers. Enfin, il faut remarquer que la quasi-totalité de la matière déposée par les brebis est constituée de petites crottes individuelles (pétoules) qui traduisent la sécheresse de la végétation de la Crau. En effet, les amas de crottes sont plutôt produits lorsque la végétation pâturée présente globalement un taux de matière sèche et un rapport C/N faibles (herbe dite « fraîche »). Le type de crottes et sa vitesse de dessiccation sont deux facteurs qui jouent un rôle important dans l'attraction pour les bousiers : exception faite de quelques espèces qui n'ont pas été observées lors de l'étude, la plupart des bousiers recherchent les agglomérats de crottes qui sèchent moins vite et offrent donc une ressource plus conséquente et plus durable (Lumaret, 1989 ; Sowig et Wassmer, 1994 ; Errouissi et al., 2004). Ainsi, même si la proportion d'eau contenue dans les pétoules et les agglomérats est voisine (respectivement 71.3% ±10.3 et 73.1% ±11.9, Sowig et Wassmer, 1994), les vitesses de dessiccation sont totalement différentes. L'assèchement superficiel entraîne la formation progressive d'une croûte qui limite la diffusion des molécules volatiles émises par les fèces (Dormont et al., 2004), les pétoules perdent rapidement leur attractivité. Une étude plus approfondie de cette cinétique serait donc nécessaire pour estimer la ressource réellement disponible pour les bousiers.

Plusieurs observations singulières de *Gymnopleurus flagellatus* dans des fientes d'Outardes canepetières *Tetrax tetrax* sur le site de Calissane aux mois de mai 2012 et 2013 (Tatin et Jay-Robert, comm. pers.) pourraient être

un effet de la sécheresse sévère qui règne sur le coussoul et mériteraient une attention particulière.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement les éleveurs qui ont contribué à cette étude et permis la mise en place du dispositif sur leur pâture, Laure Eon pour les informations transmises sur les pratiques vétérinaires et sa relecture, ainsi que les personnes qui ont participé à la détermination des insectes. Cette étude a été réalisée dans le cadre du plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale des Coussouls de Crau qui bénéficie d'une dotation de la DREAL PACA. Les auteurs remercient Stéphane Bence pour sa relecture critique de l'article.

BIBLIOGRAPHIE

- Badan O., Congès G., Brun J.-P., 1995. Les bergeries romaines de la Crau d'Arles. Les origines de la transhumance en Provence. *Gallia* 52, 263-310.
- Barbut B., 2002. *Impact environnemental des endectocides sur la pédofaune*. Thèse doctorale vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Toulouse, Université Paul Sabatier - Toulouse III Toulouse, 107 p.
- Beynon S.A., 2010. Potential Environmental Consequences of Administration of Ectoparasiticides to Sheep. *Veterinary Parasitology* 189, 125-135.
- Bigot L., Chemseddine M., Deyle G., 1983. Contribution à la connaissance de la structure et de la dynamique de la communauté des arthropodes terrestres de la plaine désertifiées (ou coussoul) de la Crau (B. du Rhône). *Biologie-Ecologie méditerranéenne* 10, 119-143.
- Bloor J., Jay-Robert P., Le Morvan A., Fleurance G., 2012. Déjections des herbivores domestiques au pâturage : caractéristiques et rôle dans le fonctionnement des prairies. *Productions Animales* 25, 45-56.
- Bordat P., 1999. *Aphodius (Bodilus) arvernicus* Hoffmann, 1928, espèce fabuleuse de la Faune de France (Coleoptera, Aphodiidae). *Bulletin de la Société Entomologique de France* 104, 343-345.
- Chapelin-Viscardi J.-D., Ponel P., Becker E., Tatin L., 2012. Le Lézard ocellé *Timon lepidus* (Daudin 1802), un agent inattendu pour la détection d'insectes cryptiques dans la plaine de la Crau (Coleoptera ; Hymenoptera Formicidae). *Nature de Provence* 1, 49-57.
- Dormont L., Epinat G., Lumaret J.P., 2004. Trophic preferences mediated by olfactory cues in Dung Beetles colonizing cattle and horse dung. *Environmental Entomology* 33, 370-377.
- Dureau R., 1997. Impact de la conduite du troupeau sur la structure de la végétation. In CEEP et Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône, *Patrimoine naturel et pratiques pastorales en Crau*. Saint-Martin-de-Crau, 90-97.
- Eon L., Buronfosse T., Wolff A., 2006. *Enquête sur les pratiques sanitaires appliquées au cheptel – Site n°5 « Crau et Marais »*. Rapport Life Nature : Restauration du Vautour percnoptère dans le sud-est de la France N°LIFE03NAT/F/000/03, 25 p.
- Errouissi F., Haloti S., Jay-Robert P., Janati-Idrissi A., Lumaret J.P., 2004. Effects of the attractiveness for Dung Beetles of dung pat origin and size along a climatic gradient. *Environmental Entomology* 33, 45-53.
- Errouissi F., Labidi I., Jay-Robert P., Nouïra S., Lumaret J.P., 2011. Dung beetle assemblages organization in two contrasted areas of the Mediterranean region: affinities and divergences. *Annales de la Société Entomologique de France* 47 (3-4), 402-417.
- Fabre P., 1997. La Crau depuis toujours terre d'élevage. In : CEEP et Chambre d'Agriculture des Bouches-du-Rhône. *Patrimoine naturel et pratiques pastorales en Crau*. Saint-Martin-de-Crau, 34-44.
- Fadda S., 2007. *Organisation des communautés de Coléoptères terricoles en écosystème multi-perturbé :*

- le cas des écosystèmes de pelouses sèches*. Thèse de Doctorat, Université Paul Cézanne Aix-Marseille III, Marseille, 106 p.
- Hanski I., Cambefort Y., 1991. *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton (USA), 481 p.
 - Horgan F.G., 2005. Effects of deforestation on diversity, biomass and function of dung beetles on the eastern slopes of the Peruvian Andes. *Forest Ecology and Management* 216, 117-133.
 - Muséum national d'Histoire naturelle. Inventaire national du Patrimoine naturel. *Onthophagus furcatus*, [En ligne]. <<http://inpn.mnhn.fr> (2013)
 - Krüger K., Scholtz C.H., 1998. Changes in the structure of dung insect communities after ivermectin usage in a grassland ecosystem. I. Impact of ivermectin under drought conditions. *Acta Ecologica* 19, 425-438.
 - Lobo J.M., Martín-Piera F., Veiga C.M., 1988. Las trampas pitfall con cebo, sus posibilidades en el estudio de las comunidades coprofagas de Scarabaeidae (Col.) I. Características determinantes de su capacidad de captura. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 25, 77-100.
 - Lobo J.M., Lumaret J.-P., Jay-Robert P., 1998. Sampling dung beetles in the Mediterranean area: effects of abiotic factors of and farmland practices. *Pedobiologia* 42, 252-266.
 - Lumaret J.P., 1989. Sécheresse et stratégies comportementales chez les Scarabéides coprophages. *Bulletin d'Ecologie* 20, 51-57.
 - Lumaret J.P., 1990. *Atlas des Scarabéides Laparosticti de France. Inventaire de Faune et de Flore, 1*. Secrétariat Faune-Flore, MNHN, Paris, 420 p.
 - Lumaret J.-P., 2010. Traitements vétérinaires conventionnels : des risques pour l'entomofaune et un nécessaire réajustement des pratiques. In : Lumaret J.-P. (dir.), *Pastoralismes & entomofaune*. AFP, CEFE et Cardère éditeur, Lirac, 83-90.
 - Lumaret J.-P., Errouissi F., 2002. Use of anthelmintics in herbivores and evaluation of risks for the non target fauna of pastures. *Veterinary Research* 33, 547-562.
 - Nichols E., Spector S., Louzada J., Larsen T., Amezcuita S., Favila M.E., 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation* 141, 1461-1474.
 - Schlecht E., Hiernaux P., Kadaouré I., Hülsebusch C., Mahler F., 2006. A spatio-temporal analysis of forage availability and grazing and excretion behaviour of herded and free grazing cattle, sheep and goats in Western Niger. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 113, 226-242.
 - Scholtz C.H., Davis A.L.V., Kryger U., 2009. *Evolutionary ecology and conservation of dung beetles*. Pensoft Publisher, Sofia, 567 p.
 - Sowig P., Wassmer T., 1994. Ressource partitioning in Coprophagous beetles from dung sheep: phenology and microhabitat preferences. *Zoologische Jahrbuecher Systematik* 121, 171-192.
 - Veiga C.M., Lobo J.M., Martín-Piera F., 1989. Las trampas pitfall con cebo, sus posibilidades en el estudio de las comunidades coprofagas de Scarabaeidae (Col.) II. Analisis de efectividad. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 26, 91-109.