



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار - عنابة  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA



FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THESE EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLOME DE DOCTORAT L.M.D

Spécialité: ECOLOGIE ANIMALE

Intitulé

Composition et organisation du peuplement de  
Scarabéidés Coprophages dans le Nord-Est Algérien :  
Occupation de l'espace et rôle écologique

Présenté par: M. EL Aichar Mehdi

**Membres de Jury:**

Khabbeb Med El Hadi	Prof.	Président	Université Annaba
Benyacoub Slim	Prof.	Directeur de thèse	Université Annaba
Ouakid Mohamed Laid	Prof.	Examineur	Université Annaba
Benhouhou Salima	Prof.	Examineur	E.N.S.A Alger
Ben Achour Karima	MCA	Examineur	Université Constantine I
Chalabi Ghania	MCA	Examineur	Université El Taref

Année universitaire: 2013/2014

## **Remerciements**

*C'est pour moi un réel plaisir de remercier toutes les personnes qui m'ont, de près ou de loin, d'une manière ou d'une autre, permis, par leur collaboration, leur soutien et leur avis judicieux, de mener à bien ce travail.*

*Je voudrais remercier tout particulièrement mon encadrant monsieur le professeur Slim Benyacoub qui m'a dirigé tout au long de ces cinq années de thèse. Il a toujours été disponible, à l'écoute de mes nombreuses questions, et s'est toujours intéressé à l'avancée de mes travaux. Les nombreuses discussions que nous avons eues ainsi que ses conseils y sont pour beaucoup dans le résultat final de ce travail. Sa capacité d'analyse et son enthousiasme m'ont montré que le monde de la recherche pouvait être un univers passionnant. Enfin, ses nombreuses relectures et corrections de cette thèse ont été très appréciables. Cette thèse lui doit beaucoup. Pour tout cela merci.*

*Une très grande reconnaissance va au Professeur El Hadi KHEBBAB d'Annaba pour l'honneur qu'il nous fait de présider le jury de cette thèse et pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à notre travail.*

*J'adresse également mes sincères remerciements au professeur Laid OUAkid d'Annaba d'avoir accepté de juger ce travail et d'apporter ses critiques tant constrictives.*

*Je remercie chaleureusement le professeur Salima BENHOUHOU d'I.N.A Alger, pour avoir bien voulu examiner ce travail et de contribuer par ses conseils tant souhaités.*

*Comme je remercie infiniment Mme Karima Benachour Maitre de conférences de rang A à l'Université de Constantine I, d'avoir accepté de prendre part à l'appréciation de ce travail et d'apporter ses suggestions congruentes.*

*Je tiens également à exprimer ma sincère reconnaissance à Mme Ghania CHALABI Maitre de conférence de rang à l'université de Taref, d'avoir accepté de juger ce travail et d'apporter ses remarques aussi constructives.*

*Je tiens à remercier monsieur le docteur faek Erouissi de m'avoir accueilli dans le laboratoire Biodiversité et Biologie des Populations à Tunis, ainsi que la thésarde imene Labidi pour son accompagnement et ses efforts d'identifications de mes spécimens.*

*A titre plus personnel, Je remercie chaleureusement, fadia Kahalerras, pour la grande patience, l'encouragement et la confiance qu'elle m'a témoignée dont elle a fait preuve à la relecture de mon manuscrit. Je tiens à la remercier surtout pour son soutien moral ininterrompu et ses nombreux conseils tout le long de ma thèse.*

*Finalement je remercie mes parents pour leurs soutiens qui m'ont été bien utiles durant ma thèse.*

*Il est maintenant admis que l'espèce humaine est apparue dans les savanes, milieux aux conditions écologiques très particulières ... Or, sans les grands mammifères, pas de savane ... et sans les bousiers, pas de grands mammifères ... De là à considérer que les bousiers sont à l'origine de l'humanité, il n'y a qu'un pas ...*

*Yves Cambefort*

# LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°1 : Données climatiques d'El Kala pour la période (1992-2002).....	39
Tableau n°2 : Résultat de coefficient correcteur.....	41
Tableau n°3 : Données pluviométriques corrigées (1992-2002).....	41
Tableau n°4 : Corrections des températures mensuelles de la station Djebel El Ghorra.....	43
Tableau n°5 : Quotient pluviométrique pour les deux stations.....	44
Tableau n°6 : Proportions des différentes sous-familles de Coléoptères Scarabéidés coprophages capturées dans la région d'El Kala.....	69
Tableau n°7 : Effectifs des différentes sous-familles de Coléoptères Scarabéidés coprophages..	71
Tableau n°8 : Valeurs globales de la diversité de Shannon (H') et de l'équitabilité (E) pour les stations étudiées.....	72
Tableau n°9 : Répartition annuelle des guildes des Scarabéidés coprophages dans les stations d'études.....	76
Tableau n°10 : Variations saisonnières de la composition des noyaux fonctionnels successifs à Boumalek.....	84
Tableau n°11 : Variations saisonnières de la composition des noyaux fonctionnels successifs à Djebel El Ghorra.....	85
Tableau n°12 : Variations saisonnières de la composition des noyaux fonctionnels successifs à Brabtia.....	86
Tableau n°13 : paramètre de structure des peuplements des stations étudiées.....	95
Tableau n°14 : Principaux facteurs de disparition d'un dépôt de fèces.....	101

---

# LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cycle de la matière organique dans un écosystème.....	12
Figure 2 : Représentation schématique de la massue antennaire d'un Coléoptère scarabéidé.....	18
Figure 3 : Exemples de Scarabéidés coprophages. A: Aphodiidae; B: Geotrupidae; C: Coprinae; D: Scarabaeinae.....	19
Figure 4 : Cycle de vie d'un insecte scarabéidé coprophage.....	20
Figure 5 : Représentation de différents acteurs participatifs à la dessiccation d'une bouse.....	25
Figure 6 : Représentation schématique de différentes guildes des coléoptères Scarabéidés coprophages.....	26
Figure 7 : Délimitation de la région d'étude.....	38
Figure 8 : Climagramme d'Emberger.....	47
Figure 9 : Diagrammes ombrothermiques : (A).El Kala / (B). Djebel El Ghorra.....	49
Figure 10 : Représentation des trois sites d'études dans le Parc national d'El Kala.....	52
Figure 11 : Présentation des pièges de type CRS.....	54
Figure 12 : Observation à loupe binoculaire des insectes collectés (A) et extraction des genitalia (B).....	53
Figure 13 : Coléoptères Scarabéidés coprophages capturés dans les sites prospectés dans la région d'El Kala.....	68
Figure 14 : Importance relative (%) de 3 familles capturées dans les sites échantillonnés.....	69
Figure 15 : Diagramme Ombrothermique réalisé à partir des données météorologiques enregistrées par la station météorologique d'El Kala.....	78
Figure 16 : Variations mensuelle de la richesse spécifique et de l'abondance des Scarabéidés coprophages à Boumalek.....	78
Figure 17 : Variations mensuelle de la richesse spécifique et de l'abondance des Scarabéidés coprophages à Djbel El Ghorra.....	80
Figure 18 : Variations mensuelle de la richesse spécifique et de l'abondance des Scarabéidés coprophages à Brabtia.....	81

Figure 19 : Corrélation entre l'abondance mensuelle des Scarabéidés coprophages et la précipitation dans les trois sites d'études (A) :Boumalek (B) : djebel el ghorra (C) Brabtia.....	83
Figure 20 : Analyse Factorielle de correspondance établie à partir des Coléoptères Scarabéidés coprophages capturés dans la station de Boumalek.....	87
Figure 21 : Analyse Factorielle de correspondance établie à partir des Coléoptères Scarabéidés coprophages capturés dans la station de Djebel El Ghorra.....	88
Figure 22 : Analyse Factorielle de correspondance établie à partir des Coléoptères Scarabéidés coprophages capturés dans la station de Brabtia.....	89
Figure 23: Analyse Factorielle de correspondance établie à partir des Coléoptères Scarabéidés coprophages capturés dans les trois stations (Boumalek, Djebel El Ghorra et Brabtia).....	91

## Résumé

Une étude de la structure du peuplement de Scarabéidés coprophages a été réalisée entre mai 2010 et avril 2012 dans le parc national d'El Kala au Nord-Est Algérien, trois sites ont été choisis selon la nature du sol et l'altitude, (Boumalek, Brabtiia et Djebel El Ghorra). Des piégeages mensuels effectués selon un protocole standardisé, ont permis la capture de 16893 spécimens appartenant à 25 espèces, cette abondance peut être due à la disponibilité et l'abondance des ressources trophiques.

Nos résultats montrent que le pic d'activité dans les deux années échantillonnées a été observé en fin de printemps dans les habitats de basses altitudes (Brabtia et Boumlalek) et au début d'été dans l'habitat forestier d'altitude (Djebel El Ghorra). Les trois stations ont presque la même composition faunistique et les espèces partagent équitablement la ressource trophique. Certaines espèces ont montré une préférence à un type de sol bien déterminé. La communauté des Coléoptères coprophages étudiée fonctionne différemment, une faune à peu près semblable dans les deux habitats de basses altitudes et elle est totalement différente en altitude.

**Mots clés :** El-Kala, Nord-Est Algérien, Scarabéidés coprophages, guildes, saisonnalité, communauté, structure

## Abstract

A study of the community structure of dung beetles was conducted between May 2010 and April 2012 in the El Kala National park in North-Eastern Algeria, three sites were chosen according to soil type and altitude (Boumalek, Brabtiia and Djebel El Ghorra). Monthly trapping conducted according to a standardized protocol (CSR), allowed the capture of 16893 beetles belonging to 25 species.

Our results show that the peak of activity during the two years sampled was observed in late spring in Brabtia and Boumlalek and early summer in Djebel El Ghorra. The three stations have almost the same composition and equitably share the food resource. Some species showed a preference for one type of soil. The abundance of dung beetles may be due to the availability and abundance of food resources but the community studied showed no pattern of response habitat selection.

**Keywords:** El-Kala, Northeastern Algeria, dung beetles, guilds, seasonality, community, structure

# SOMMAIRE

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

<b>INTRODUCTION</b> .....	12
<b>CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.</b>	
I. Fonctionnement des pâturages.....	17
II. Les Coléoptères Scarabéidés coprophages (les bousiers).....	18
III. Le développement post embryonnaire.....	20
IV. Importance des Scarabéidés coprophages dans les pâturages.....	21
V. Les acteurs de la dégradation.....	23
VI. Organisation des Scarabéidés coprophages en guildes et partage de la ressource trophique.....	26
VI. 1. La guildes des « Résidents » ou « Endocoprines ».....	27
VI. 2. La guildes des « Fouisseurs » ou des « Paracoprines ».....	27
VI. 3. La guildes des « Rouleurs » ou « Télécoprines ».....	28
VII. La coexistence des coprophages.....	30
VIII. Menaces pesant sur les insectes coprophages.....	30
VIII. Importance de la bouse.....	32
<b>CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES</b>	
I. Localisation de la région d'étude.....	36
II. Le climat.....	37
II. 1. Le climat de l'Algérie.....	37
II. 2. Climat régional.....	37
II. 3. Climat local.....	37
II. 4. Gradient pluviométrique.....	39
II. 5. Précipitations.....	39
II. 6. Température.....	41
III. Détermination des étages bioclimatiques des deux stations.....	42
IV. Synthèse climatique.....	46

IV. 1. Diagramme ombrothermique.....	46
V. Sites d'études.....	48
VI. Techniques d'échantillonnage.....	51
VII. Identification des espèces.....	53
VIII. Analyses statistiques des données.....	54
VIII. 1. Composition spécifique et diversité des peuplements.....	54
VIII. 2. Structure et organisation des peuplements.....	55
<b>CHAPITRE III : RESULTATS</b>	
I. Les Coléoptères Scarabaeides coprophages de la région d'El Kala.....	57
II. Structure des peuplements.....	70
II. 1. Analyse des guildes des différents habitats.....	73
II. 1. 1. La guildes des rouleurs.....	73
II. 1. 2. La guildes des fouisseurs.....	74
II. 1. 3. La guildes des résidents.....	76
II. Variabilité saisonnière.....	77
II. 1. Analyse Données climatiques.....	78
II. 2. Dynamique spatio-temporelle de la faune de Scarabéidés coprophages.....	79
III. Action d'humidité sur l'abondance des Coléoptères Coprophages .....	82
III. 1. Analyses Factorielles des Correspondances.....	87
<b>CHAPITRE IV : DISCUSSION</b>	
I. Composition, diversité et structure des peuplements des Scarabéidés coprophages.....	94
II. Variabilité saisonnière.....	99
III. Estimation de la valeur économique des insectes dans les processus de recyclage.....	102
- <b>CONCLUSION</b> .....	105
- <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	109
- <b>ANNEXES</b> .	



# Introduction

Le sol est une matrice complexe composée d'une partie minérale et d'une partie organique. C'est un milieu vivant en perpétuelle évolution. La nature et l'activité d'un sol dépendent d'un nombre important de facteurs : Il y a des conditions naturelles telles que le climat (température, taux d'humidité) et le type de faunes et de flores présentes ainsi que les conditions liées à l'activité humaine comme l'agriculture (Gossart P, 2001).

Le rôle de la matière organique est primordial en termes de productivité des sols en raison des effets multiples qu'elle génère. La matière organique fournit les principaux nutriments dont les plantes ont besoin, elle améliore les conditions physiques et biologiques du sol et accroît l'efficacité des fertilisants (Flaig *et al.* 1977 ; Bollag *et Loll*, 1983).



Figure 1 : Cycle de la matière organique dans un écosystème  
D'après la revue : gestion écologique 2002.

L'intégration des excréments (bouses, crottins...) au sein de l'écosystème, via le cycle de la matière organique (Fig 1), fait intervenir un ensemble de facteurs abiotiques (Condition climatique : pluies, humidité, microclimat) et biotique (les micro-organismes et invertébrés coprophages). Ces excréments sont riches en matières organiques assimilables ; ce qui en fait un milieu intéressant pour les insectes, dont l'action est indispensable pour leur incorporation dans le sol.

Les parcelles pâturées sont soumises à une émission importante de bouses et d'autres déjections de la part des animaux domestiques. Ce phénomène a des conséquences non négligeables sur le milieu. La surface occupée par les excréments provoque la création de refus, les animaux privilégiant les zones "propres". A terme, cela entraîne un surpâturage sur le reste de la parcelle tandis que les zones de refus finissent par se fermer progressivement par les ligneux. Cet embroussaillage sur certaines zones et le surpâturage sur d'autres, risquent de provoquer une modification de la composition floristique, une perte de la diversité au profit d'espèces à tendance nitrophile, voire la disparition d'espèces végétales d'intérêt patrimonial pour lesquelles le pâturage a pu être mis en place (Gestion écologique, 2002).

En l'absence de décomposition, il se produit une immobilisation de la matière organique et des éléments minéraux contenus dans la bouse, d'où une perturbation locale des cycles de la matière organiques. Les œufs des parasites persistent dans les bouses non décomposées, ce qui multiplie leur risque de transmission au bétail et donc accroît les besoins de traitements sanitaires (Gestion écologique, 2002). En effet, la productivité d'un milieu pâturé dépend étroitement de la dynamique de recyclage des déjections des animaux, processus auquel participent activement les insectes coprophages.

En région méditerranéenne, les Coléoptères Scarabéidés participent le plus activement à la dilacération, la fragmentation et le transport vertical des excréments, dans la mesure où ces organismes sont actifs durant une très grande partie de l'année (Lumaret, 1978, 1983, 1986 ; Lumaret et Kirk, 1987, 1991).

Plusieurs études ont été réalisées partout dans le monde, sur les insectes coprophages associés aux bovins, équins, ovins et porcins (Lumaret, 1978 ; C. Rougon et D. Rougon, 1980, 1983 ; Cambefort, 1989 ; Kadiri, 1993 ; Jay-Robert, 1997 ; Errouissi, 2003 ; Niogret, 2007 ; Labidi, 2007 ; Gherib, 2009). En revanche, aucune étude n'a encore été réalisée sur les Scarabéidés coprophages en Algérie.

Pour ce, nous nous sommes proposés de travailler sur les peuplements de Scarabéidés coprophages associés aux déjections des bovidés dans le Nord-Est Algérien, principalement la région d'El Kala. L'objectif de notre travail s'articule autour de trois axes :

- dans un premier temps nous décrivons et identifions les Scarabéidés coprophages de la région d'El Kala ;
- dans une deuxième partie de notre travail, nous étudierons leurs répartitions annuelles en guildes.
- enfin, nous étudierons la dynamique temporelle (phénologie) des Coléoptères Scarabéidés coprophages dans trois stations, deux stations de basses altitudes et une station de moyenne altitude (800 m). Cette partie sera réalisée dans la période d'échantillonnage qui s'étend de mai 2010 jusqu'à avril 2012.

Le travail est présenté d'une manière classique selon une approche qui s'articule en quatre chapitres :

Le premier chapitre, est consacré à la synthèse bibliographique qui a pour but de donner dans un premier lieu, un aperçu général sur la biologie des Scarabéidés coprophages, leurs fonctionnements dans les pâturages, ainsi que les menaces pesant sur ces insectes. Dans un deuxième lieu, on 'a consacré une partie sur l'importance de la bouse de vache et les conséquences d'accumulation de ces dernières sur le sol en absence des Coléoptères coprophages.

Dans le second chapitre, nous décrivons d'abord, la région d'étude ainsi les trois sites sélectionnés. Ensuite, nous traitons la méthodologie adoptée pour l'échantillonnage de la faune coprophage. En dernier lieu, nous exposons les diverses méthodes et tests statistiques employés pour le traitement des données. Les résultats obtenus sont présentés dans le troisième chapitre : ils portent sur les observations et les identifications des espèces collectées auparavant sur le terrain. Les résultats sont basés sur la structure et l'organisation spatiale et temporelle et l'organisation fonctionnelle des peuplements scarabéidés coprophages. Les résultats sont discutés et comparés dans un quatrième chapitre avec des travaux antérieurs, sur la base de plus de 50 références bibliographiques.



# Références bibliographiques

# SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

---

Les insectes comme tous les êtres vivants participent à l'équilibre des écosystèmes. Il existe environ 2 millions d'espèces qui sont actuellement décrites, ce qui représente 90% de toutes les espèces animales connues (Hoffmann, 2007). Ces animaux de taille et de forme variables, occupent toutes les niches écologiques.

L'ordre des Coléoptères compte le plus grand nombre d'espèces suivi par celui des Hyménoptères et des Diptères (Lumaret, 2010). Parmi les coléoptères, les représentants de la superfamille des Scarabaeoidea comportent trois familles principalement coprophages : les Geotrupidae, les Aphodiidae et les Scarabaeidae (Baraud, 1985). Ces insectes communément appelés les bousiers, compte près de 600 espèces en Europe occidentale et 273 espèces et sous espèces en France (Lumaret, 1980). En Tunisie, 132 espèces (Baraud, 1985). En Algérie 94 espèces ont été décrites par Baraud (1985). Cette faune est étroitement liée aux écosystèmes pâturés et y participent activement à la dilacération et au recyclage des déjections animales. Cette faune suffisamment connue en France méditerranéenne (Lumaret, 1983 ; 1989 ; Kadiri et al. 1997 ; Errouissi, 2003) et en Espagne (Galante et al. 1993 ; Sanchez Piñero et al. 2004), reste très peu étudiée en Afrique du Nord. Les seuls travaux disponibles actuellement sont ceux d'Errouissi et al. (2009, 2011) Et Labidi (2007) ainsi que Labidi et al. (2012) en Tunisie. Janati (1999) et Haloti (2006) au Maroc. Pas de travaux enregistrés en Algérie.

## **I. Fonctionnement des pâturages :**

Dans les écosystèmes pâturés, les insectes remplissent des fonctions capitales depuis la pollinisation des espèces végétales jusqu'au recyclage des déjections produites par les herbivores (Lumaret, 2010). L'optimisation de leur recyclage passe par leur enfouissement dans le sol par les insectes coprophages, ce qui permet par la suite aux micro-organismes de jouer leur rôle dans le processus d'humification et de minéralisation (Breymeyer et al. 1975 ; Desiere, 1983; Loiseau et al. 1984 ; Christophe, 2004). En conséquence, il y aura une augmentation notable de la teneur du sol en carbone organique, azote, phosphore, et acides humiques (Rougon et al.1988). Les Coléoptères Scarabéidés coprophages participent de la sorte, activement à la dégradation des déjections animales dans les pâturages et les agro-écosystèmes pâturés. La persistance de ces déjections durant le premier mois qui suit leur dépôt peut entraîner des perturbations graves dans le fonctionnement de ces écosystèmes (Breymeyer et al. 1975 ; Desiere, 1983 ; Lumaret, 1983 ; Lumaret& Kadiri, 1991 ; Gittings, 1994 ; Kadiri, 1993 ; Kadiri et al. 1997). En l'absence de décomposition, il se produit une immobilisation de la matière organique et des éléments minéraux contenus dans la bouse, d'où une perturbation locale des cycles de la matière (Gestion écologique, 2002)

Plusieurs facteurs biotiques et abiotiques conditionnent la disparition des déjections animales dans les milieux pâturés. Parmi les facteurs abiotiques on peut citer les conditions climatiques (humidité, température, climat local, radiation solaire, pluviosité, vent...), les caractéristiques physicochimiques des excréments (teneur en eau, humidité, texture et pH) qui dépendent de l'animal qui produit les excréments (petit, grand, herbivore, carnivore, etc....), la nature du sol (texture, structure, pH, humidité, dureté ...), l'altitude, le degré d'ouverture des milieux, la charge pastorale (Breymeyer et al., 1975 ; Lumaret, 1983 ; Lumaret et Krik, 1987 ; Gaspar, 1987 ; Lumaret et al., 1992 ; Kadiri, 1993 ; Lobo et al., 1997 ; Barth, 2002 ; Errouissi, 2003 ; Christophe, 2004 ; Errouissi et al., 2004, 2009, 2011 ; Labidi., et al 2012). Quant aux facteurs biotiques, ils correspondent principalement aux interactions inter et intra-spécifiques qui ont eu lieu à l'intérieur de la matière fécale entre les bousiers eux-mêmes ou entre les bousiers et les autres groupes zoologiques principalement les diptères et les lombrics.

## II. Les Coléoptères Scarabéidés coprophages (les bousiers) :

L'ordre des coléoptères représente le groupe d'insectes le plus diversifié (plus de 350 000 espèces très différentes) avec une taille qui varie du 0,3 millimètre à la quinzaine de centimètres. Les individus de ce groupe se caractérisent par la présence des ailes antérieures, durcies, devenues des élytres, elles constituent une sorte de fourreau qui protège la seconde paire d'ailes et l'abdomen. Ce sont des holométaboles à métamorphose complète ayant des pièces buccales généralement broyeuses. Les Coléoptères sont éparpillées dans un ensemble de superfamilles parmi lesquelles la superfamille des Scarabaeoidea appelée aussi les lamellicornes avec des antennes à massue lamellaire (Fig 2). Ces antennes insérées en avant et près des yeux, se composent de sept à onze articles dont le premier (scape) est relativement allongé et renflé à l'apex, les suivants, compris entre le scape et la massue terminale, constituent le funicule (Lumaret, 1980)

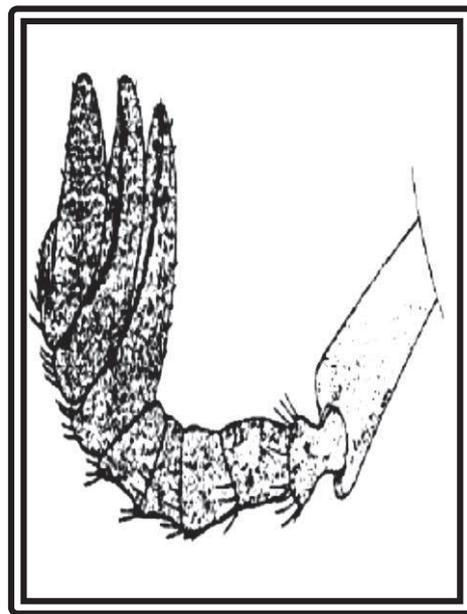


Figure 2 : Représentation schématique de la massue antennaire d'un Coléoptère Scarabéidé

La superfamille des Scarabaeoidea se répartie en 25 familles dans le monde dont seulement 3 familles sont coprophages et se nourrissent des déjections de mammifères : les Aphodiidae, les Geotrupidae et les Scarabaeidae (avec deux sous-familles les Coprinae et les Scarabaeinae) (Fig 3).



A



B



C



D

Figure 3 : Exemples de Scarabéides coprophages. A: Aphodiidae; B: Geotrupidae; C: Coprinae; D: Scarabaeinae.

### III. Le développement post embryonnaire :

Généralement tous les bousiers suivent le même schéma général de développement (Fig 4). Trois stades larvaires (œuf, nymphe et adulte) qui se développent dans un terrier séparés par des mues. En effet, l'éclosion de l'œuf qui a été pondu sur un petit monticule donne une larve qui consomme les aliments mis à leur disposition. Elle agrandit progressivement la chambre alimentaire tout en se dirigeant vers le pôle opposé de la boulette. Ses excréments sont refoulés vers la partie supérieure de la chambre. Après avoir mué une troisième fois elle se nymphose dans une coque dure formée avec ses propres déjections pour donner enfin un adulte qui commence sa vie sous la terre (Lumaret, 1980).

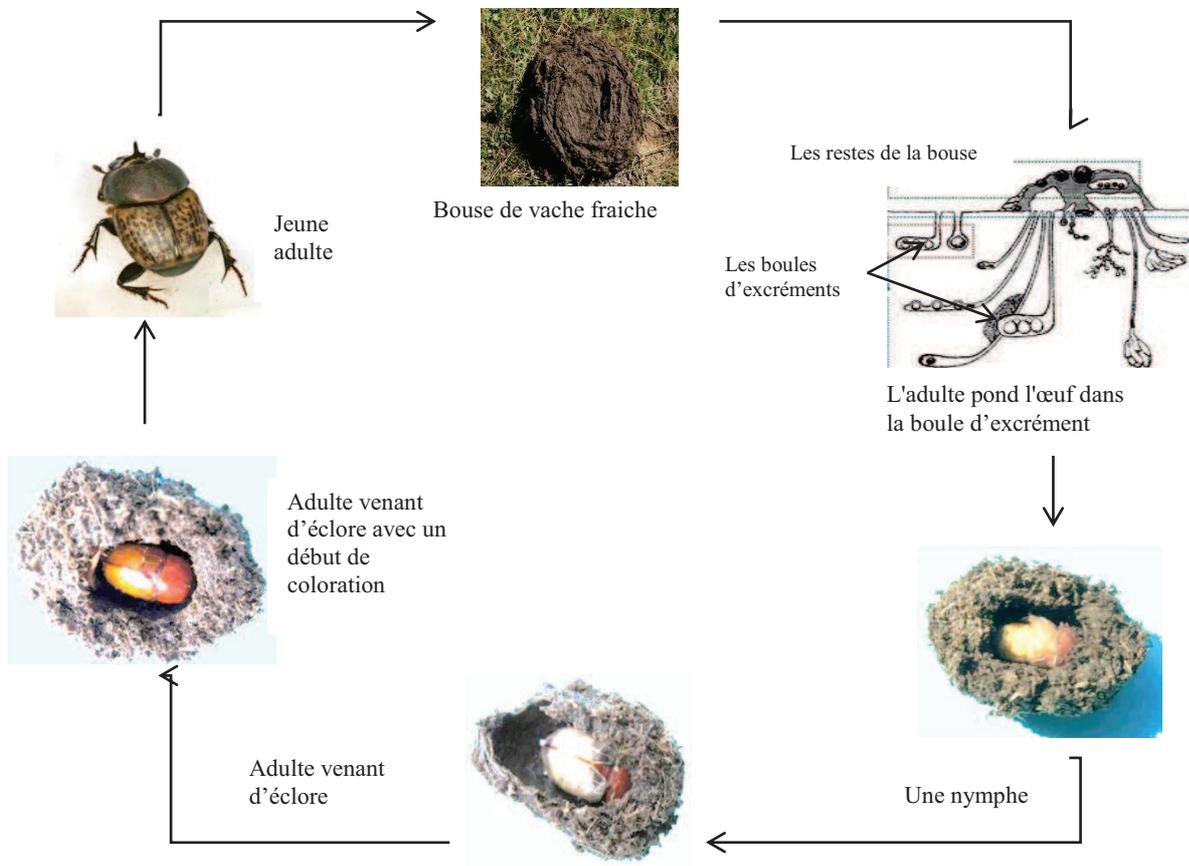


Figure 4 : Cycle de vie d'un insecte Scarabéidé coprophage d'après Doube et Dalton, 2003

#### **IV. Importance des Scarabéidés coprophages dans les pâturages :**

En région méditerranéenne, les coléoptères Scarabéidés participent le plus activement à la dilacération, la fragmentation et le transport vertical et horizontal des excréments, dans la mesure où ces organismes sont actifs durant une très grande partie de l'année (Lumaret & Kirk, 1987). Les lombrics contribuent aussi à l'enfouissement, mais leur action est plus déterminante dans les régions tempérées et fraîches (Holter, 1979). Cependant, même lorsque les lombrics sont dominants, leur activité est largement favorisée par la présence et par l'activité des insectes qui les ont précédés dans les déjections. L'enfouissement des excréments par les insectes coprophages conduit à un enrichissement des horizons édaphiques sous-jacents (Breymeyer et al. 1975), ce qui stimule les populations de micro-arthropodes du sol précédemment cité (Bertrand et Lumaret, 1984). Le brassage dû à l'enfouissement augmente généralement d'une manière significative le rapport bactéries/hyphes mycéliens (Lussenhop et al. 1980), favorisant de la sorte le développement des bactéries ammonifiantes qui accélèrent le recyclage de la matière fécale et donc la circulation de l'azote dans les écosystèmes pâturés (Breymeyer et al. 1975 ; Loiseau et al. 1984). Les déplacements actifs de la mésofaune édaphique vers la source attractive (Bertrand et Lumaret, 1984; Lumaret et al, 1989) contribuent à accélérer les processus de minéralisation des excréments. En effet les microarthropodes profitent des galeries ouvertes par les insectes coprophages pour coloniser et transformer les excréments en une annexe épigée du sol. Transportant passivement des conidies accrochées à leurs téguments (Mac Fadyen, 1964), ils ensemencent ainsi le cœur des bouses en micro-organismes d'origine tellurique.

Ce système complexe d'interactions biotiques et abiotiques facilite considérablement la minéralisation ultérieure des déjections et leur disparition de la surface des pâturages. De ce fait, les invertébrés coprophages constituent un groupe clé du fonctionnement des écosystèmes pâturés (Nichols et al. 2008 ; Losey et Vaughan, 2006). L'ensemble des processus empêchant l'accumulation des bouses et la formation de refus permet de maintenir la fertilité des pâturages (Loiseau et al. 1984). La persistance de cette matière organique à la surface de sol peut entraîner :

- ✓ L'absence des galeries : La bouse reste très compacte et après son dessèchement complet elle se réhydrate difficilement. L'absence des galeries ne facilite guère sa colonisation ultérieure par la mésofaune édaphique et par la même son ensemencement par les spores et les bactéries, d'autant plus que les conditions hydriques au cœur de la bouse sont souvent défavorables (Kadiri, 1993).

- ✓ Immobilisation de la matière organique (énergie potentielle) : Les éléments minéraux et organiques contenus dans la bouse restent intact sur le sol. Ce qui provoque la création des refus. Au contraire leurs enfouissements sous une forme fractionnée accélèrent la circulation de l'azote dans l'écosystème et modifie la structure du sol en augmentant la stabilité et la capacité de rétention de l'eau au bénéfice de la végétation qui profite de la minéralisation de cette matière organique (Lumaret, 1980 ; Loiseau et al. 1984 ; Berymeyer et al. 1975).
- ✓ Des possibilités accrues de transmission des parasites : Les œufs des parasites persistent dans les bouses non décomposées, ce qui multiplie les risques de transmission des parasites au bétail et donc accroît les besoins de traitements sanitaires (Lumaret et Krik, 1987), alors qu'en présence des adultes de Scarabéidés, une bonne partie des œufs des parasites intestinaux sont détruites (Fincher, 1975, Nichols et al. 2008).

Sur ces bases, la valeur économique des bousiers pour les seuls Etats-Unis d'Amérique a ainsi été estimée à 2 milliards de dollars (US \$) par an qui, en absence de ces insectes, seraient à dépenser par l'ensemble du secteur agricole en engrais supplémentaires, interventions techniques et multiplication des traitements sanitaires du bétail (Fincher, 1981 ; Nichols et al. 2008 ; Losey et Vaughan, 2006). C'est d'ailleurs pour pallier le dysfonctionnement des pâturages australiens (du fait de la rareté des Scarabéidés coprophages capables de recycler les bouses des bovins introduits) que le Commonwealth Scientific Industrial and Research Organization (CSIRO) a dépensé entre 1970 et 1985 plusieurs millions de dollars pour introduire en Australie une quarantaine d'espèces exotiques de bousiers, à la fois pour réduire les effectifs des mouches qui se développaient sans concurrence dans les déjections et attaquaient le bétail, et pour prévenir l'accumulation des bouses qui, non enfouies, conduisaient à une perte annuelle cumulée d'environ un million d'hectares de pâturages (Waterhouse, 1974; Bornemissza, 1979 ; Doube et al., 1991; Kirk et Lumaret, 1991).

Enfin, Lumaret et Kadiri, (1995) ont prouvé que l'élimination des insectes coprophages pendant le premier mois qui suit le dépôt d'une bouse a engendré un ralentissement considérable de sa vitesse de dégradation, avec le plus souvent un dédoublement du temps nécessaire à sa disparition de la surface de sol.

## V. Les acteurs de la dégradation :

A peine déposé, les excréments sont envahis par une faune très diversifiée constituée principalement d'arthropodes qui n'agissent pas tous en même temps mais se succèdent en escouades l'une préparant l'arrivée de l'autre (Desière, 1983 ; Christophe, 2004). Les insectes et en particulier les Diptères et les Coléoptères comptent parmi les représentants les plus typiques et les plus abondants des bouses. (Finne et Desière, 1971)

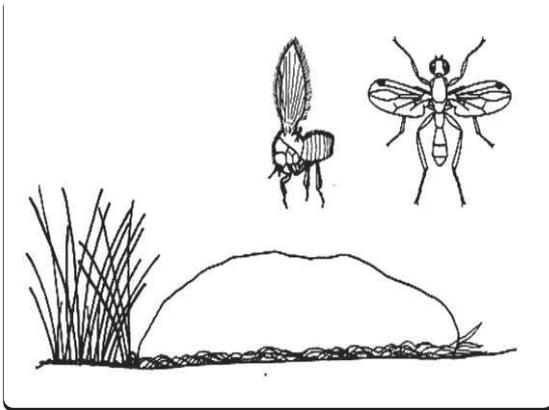
La première vague est présentée par les Diptères (familles des Calliphoridae, Muscidae, Psychodidae, Sarcophagidae et Sepsidae) qui sont attirés par les substances odorantes qu'elles contiennent, pondent un grand nombre d'œufs quelques heures après le dépôt de la bouse (Christophe, 2004 ; Loiseau et al. 1984).

La deuxième vague de colonisation est marquée par l'arrivée des Coléoptères coprophiles et coprophage qui s'installent jusqu'à 5 jours après le dépôt (Hanski, 1980) leur biomasse atteint sa valeur maximale dans la bouse fraîche vers le huitième jour. A partir du huitième jour, elle diminue et finit par être nulle dans les bouses de plus de 25 jours (Finne et Desière, 1971). Ces insectes se répartissent en deux groupes :

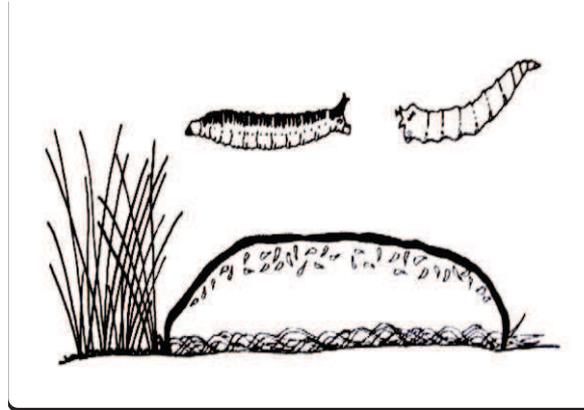
- ✓ Les prédateurs qui rassemblent les familles des Hydrophilidae, (localisés sous la bouse) des Staphylinidae et les Histeridae.
- ✓ Les coprophages qui sont surtout représentés par les Scarabéidae et qui se répartissent dans la bouse d'une manière plus ou moins égale. Ils vont utiliser ces déjections animales comme source de nourriture et lieu de ponte.

La troisième vague est représentée par les nématodes et les acariens phorétiques qui ont été véhiculés par les coléoptères et qu'ils les quittent dès leur entrée dans les excréments.

Le stade ultime de l'évolution de l'excrément est marqué par la disparition progressive de la barrière écologique excrément/sol, avec la participation de plus en plus importante de groupes édaphiques comme les Collembolles, les Acariens, les Lombrics et les Diplopodes (Fig 5).

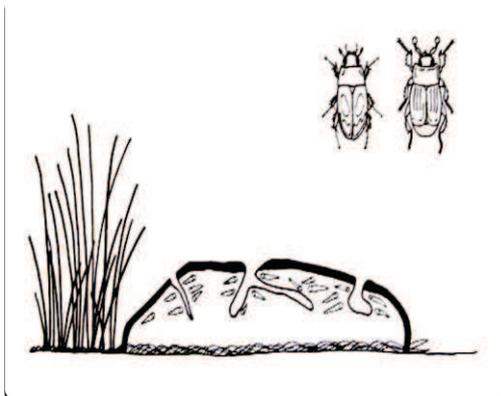


Au sortir du tube digestif, les bouses sont le siège d'une attractivité bactérienne intense ainsi qu'une colonisation précoce par les insectes coprophiles. Diptères et Hydrophilidés sont les premiers à arriver.



Dans les heures qui suivent le dépôt, une croûte se forme, par dessèchement de la surface. Les œufs pondus se transforment en larves.

Un réseau de galeries formé par le déplacement des invertébrés permet l'oxygénation de la bouse.



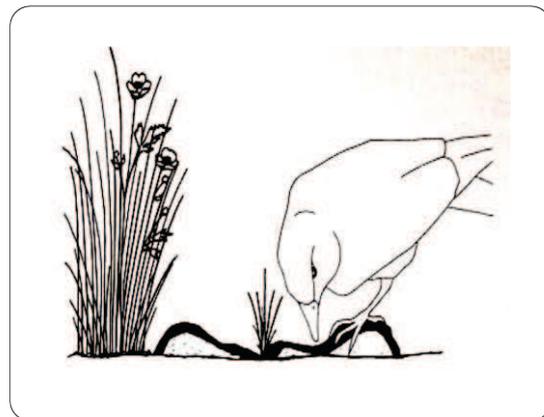
La croûte durcit et s'épaissit mais l'intérieur reste mou. Les Coléoptères coprophages et prédateurs des différentes larves arrivent désormais.



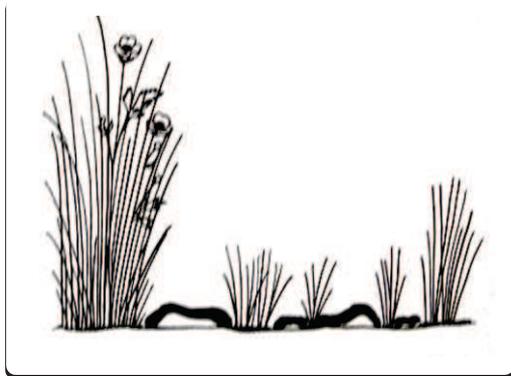
La bouse s'assèche de plus en plus. Les coléoptères effectuent l'essentiel du travail d'enfouissement.



La bouse est désormais sèche. La croute épaisse se craquelle. L'intérieur poreux (constitué de restes de végétaux non digérés) est colonisé par la population édaphique sous-jacente, notamment par les vers de terre qui achèvent l'enfouissement.

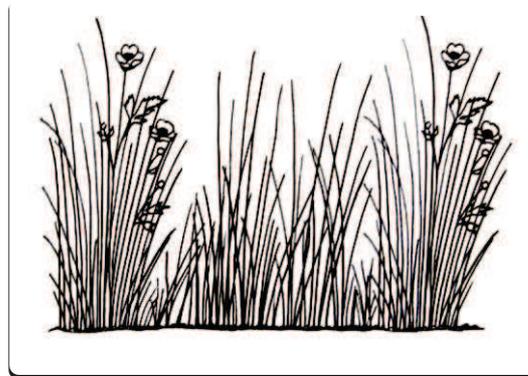


La bouse se craquelle et se morcelle. Des prédateurs (mammifères et oiseaux) viennent y chercher leurs proies.



La bouse a disparu : seules les traces subsistent sur le sol.

La végétation a repris ses droits...



Les pluies détrempent les petits fragments qui se désagrègent rapidement ne laissant sur le sol qu'une mince couche spongieuse de débris végétaux.

Figure 5 : Représentation de différents acteurs participatifs à la dessiccation d'une bouse

## **VI. Organisation des scarabéidés coprophages en guildes et partage de la ressource trophique :**

Les Coléoptères scarabéidés coprophages constituent un groupe taxonomique relativement diversifié (l'ordre de 8000 espèces) au sein de la superfamille des Scarabaeoidea. La coexistence des différentes espèces au sein des peuplements est facilitée par l'existence de guildes que l'on peut définir comme des ensembles d'espèces qui se trouvent au même moment au même endroit et qui se partagent la même ressource disponible (Root, 1967). Les différentes espèces ont ainsi développé plusieurs stratégies d'utilisation complémentaires de la ressource éphémère que constitue l'excrément. Nous pouvons considérer que ces insectes sont répartis en trois familles et trois guildes principales (Fig 6).

### **1. La guildes des « Résidents » ou « Endocoprides » (Bornemissza, 1969 ; Doube, 1990)**

Ce sont les premiers insectes qui arrivent sur la bouse, cette guildes est représentée par la famille des Aphodiidae. Les Aphodiidae constituent la famille la plus cosmopolite et qui compte le plus grand nombre d'espèces dans la région paléarctique occidentale (Hanski et Cambefort, 1991). Elle rassemble des espèces de taille modeste (moins de 10mm) et est représentée jusqu'aux régions subpolaires et à haute altitude. La plupart des espèces sont endocoprides et ont des durées de développement sensiblement plus courtes que celles observées pour les autres familles. Ces insectes colonisent très tôt les excréments (Hanski et Cambefort, 1991) et ils y pondent leurs œufs. Les larves se développent au sein de la masse stercorale puis migrent dans le sol pour la nymphose. Cette stratégie est celle de nombreux Aphodiidae dont la femelle compense la non-protection de la progéniture par une forte fécondité (Lumaret, 1989).

## **2. La guilde des « Fousseurs » ou « Paracoprides » (Bornemissza, 1969 ; Doube, 1990)**

Ce sont des espèces qui enterrent leurs réserves sous masse stercorale, ou à son contact immédiatement sans leur faire subir de transport horizontal, la majorité de ces espèces sont des Geotrupidae et des Coprinae (Famille de Scarabaeidae) (Halffter et Matthews, 1966). Les Coprinae sont représentés par « les petits fousseurs » (*Euoniticellus*, *Euonthophagus* et *Onthophagus*) et « les gros fousseurs » (genre *Bubas* et *Copris*). La profondeur de nids pédotrophiques peuvent atteindre 1,5m (Lumaret, 1980), la profondeur et l'architecture de nids sont spécifique à chaque espèce (Lumaret, 1995) ce qui limite la concurrence, la prédation et la dessiccation des réserves destinées aux larves (Lumaret, 1980).

Les géotrupes sont des insectes « troueurs de terre » fousseurs par excellence ayant un corps trapu, lourdauds et puissant aux reflets métalliques avec un corps convexe et fortement bombé (Lumaret, 1980). Leurs pattes avant sont fortes et dentées, ce qui facilite l'activité fousseuse. La pluparts des géotrupes sont monogames, le male et la femelle d'un couple creusent ensemble des galeries, pour y abriter ultérieurement des réserves et des œufs. Les Geotrupidae, qui semblent être à la fois la famille la plus ancienne et la moins diversifiée comprend des espèces ailées, ayant une aire de distribution généralement assez vaste, et des espèces aptères (*Thorectes* sensu lato), beaucoup plus nombreuses (Löbl et Smetana, 2006) et aux aires de distributions réduites (beaucoup d'endémiques) (Lumaret et Lobo, 1996).

## **3. La guilde des « Rouleurs » ou « Télécoprides » (Bornemissza, 1969 ; Doube, 1990)**

Les rouleurs sont représentés par la sous-famille des Scarabaeinae (Famille des Scarabaeidae). Appelés encore les « piluliers », les imagos ont un comportement nidificateur très évoluée et peuvent confectionner des boules qu'ils font rouler jusqu'au terrier très loin de la bouse pour leur propre consommation ou pour l'édification des nids pédotrophiques servent à la réception de la ponte. La guilde des rouleurs regroupe les genres *Gymnopleurus*, *Sisyphus* et *Scarabaeus*, leurs pattes postérieurs grêles et langues leur permettent de rouler la boule d'excréments sur plusieurs mètres avant de l'enterrer (Doube, 1990). Les Scarabaeinae et les Coprinae sont considérés comme étant des groupes thermophiles.

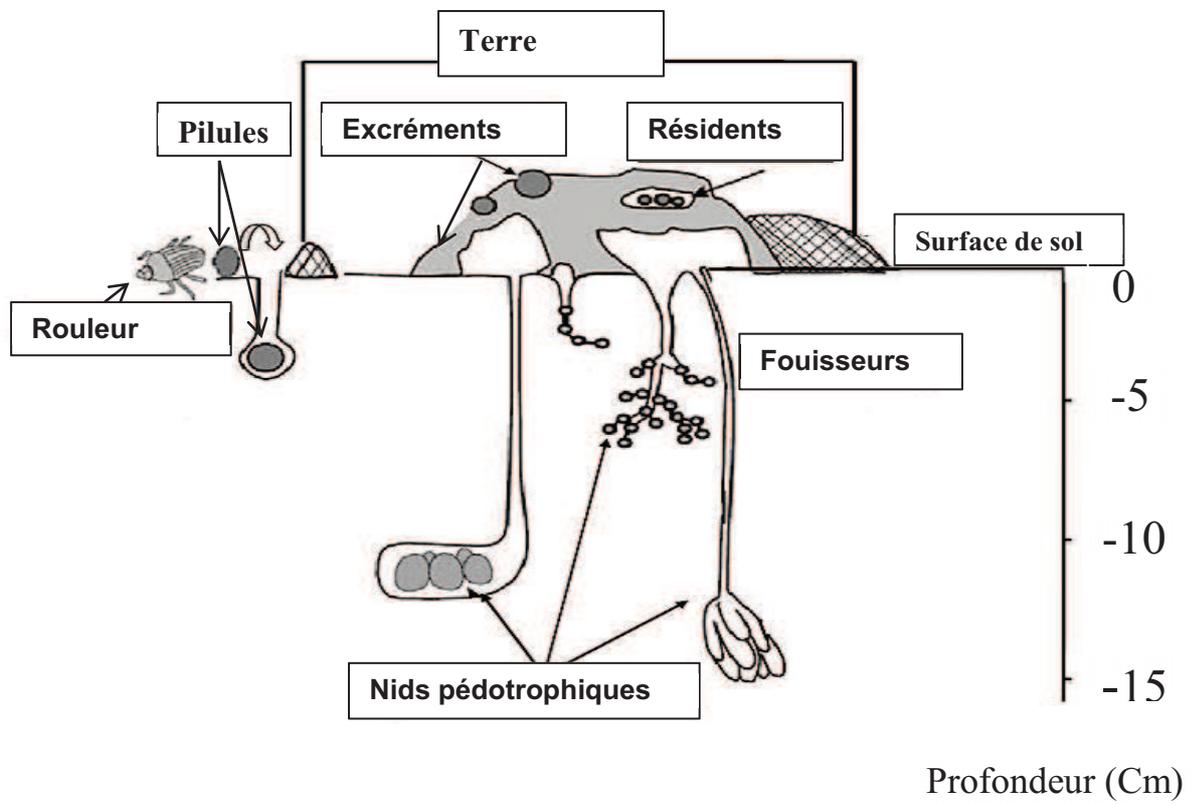


Figure 6 : Représentation schématique de différentes guildes des coléoptères Scarabéidés coprophages.

## **VII. La coexistence des coprophages :**

L'existence de plusieurs guildes avec des subdivisions fondées sur le mode d'alimentation et de nidification réduit la compétition interspécifique tout en maintenant une grande diversité du peuplement, avec une utilisation optimale des ressources disponibles. Le fait de trouver, au cours d'une même saison, des représentants des trois guildes aux profils écologiques différents limite la compétition entre les espèces ayant même exigence ; avec un partage relativement équitable et un peu équilibré de l'ensemble de la ressource trophique disponible. En effet, les Geotrupidae s'isolent des autres familles par leurs phénologies et leurs répartitions spatiales, ces insectes sont surtout actifs la nuit ; les Aphodiidae s'en différencient par la diversité de leur phénologie alors que les Scarabaeidae se distinguent par leur comportement nidificateur, l'architecture de leurs nids pédotrophiques, leur phénologie et le choix de leur ressource trophique. L'appartenance de chaque sous famille à une guilda ne suffit pas donc pour expliquer en soi la coexistence des espèces de scarabéidés coprophages. Il faut tenir comptes aussi d'autres facteurs tels que la taille respective des espèces, l'heure de colonisation de l'excrément, la phénologie des espèces, le taux de migration d'un excrément à un autre, le rythme journalier, la répartition au sein même de l'excrément des différentes espèces, la réaction des individus aux facteurs de l'environnement tels que la dessiccation de l'excrément, la taille et le type de l'excrément ou encore les facteurs climatiques (Lobo et al., 1998).

## **VIII. Menaces pesant sur les insectes coprophages :**

Nous avons montré que le pâturage accélérât les processus de recyclage de la matière fécale, cette dernière étant en majeure partie constituée d'éléments organiques déjà transformés. Ces excréments sont en principe plus facilement minéralisables que la litière brute puisqu'ils ont déjà subi des attaques chimiques et physiques lors du transit intestinal. Toutefois, le fonctionnement des écosystèmes pâturés est amélioré par un recyclage rapide des déjections animales lorsqu'ils sont dilacérés et enfouis par les coprophages.

Plusieurs expérimentations ont montré que l'élimination des insectes coprophages durant le premier mois qui suit le dépôt des excréments se traduit par un ralentissement considérable de sa vitesse de dégradation, avec le plus souvent dédoublement du temps nécessaire à sa disparition de la surface du sol (Kadiri, 1993 ; Lumaret et Kadiri, 1995). Actuellement, ce groupe clé de la chaîne des décomposeurs (Coléoptères Scarabéides et larves de Diptères coprophages, mésofaune

édaphique, Lombriciens) peut être menacé par l'utilisation de certains antiparasitaires utilisés en médecine vétérinaire. Administrés au bétail, sous diverses formulations et doses, ces anthelminthiques se retrouvent à l'état actif dans les fèces et peuvent de la sorte avoir des effets indésirables sur les insectes coprophages (Campbell, 1985 ; Campbell et al. 1983 ; Herd, 1995 ; Herd et al, 1993). L'utilisation des helminthocides est d'un usage courant et les traitements du bétail s'effectuent souvent d'une manière systématique sans que les utilisateurs aient conscience que certaines des drogues utilisées peuvent avoir des effets nocifs sur le bon fonctionnement des systèmes pâturés.

Tous les produits vétérinaires ne montrent pas le même degré de toxicité vis à vis des insectes coprophages (Lumaret, 1986 ; Lumaret et al. 2012). Sur le plan purement environnemental, les préparations vétérinaires se divisent en plusieurs catégories selon leur voie d'élimination (fécale et/ou urinaire), leur vitesse d'élimination et leurs effets induits sur les insectes coprophages. Cependant, on peut distinguer deux groupes principaux :

- ✓ Ceux qui sont rapidement éliminés dans les excréments (2 à 4 jours après leur administration), de telle sorte qu'après cette période les excréments sont exempts des résidus de la molécule active ou de ses dérivés. Ces produits appartiennent aux familles des benzimidazoles et des salicylanilides qui ne sont pas nocifs pour la faune entomologique (Blume et al, 1976 ; Lumaret, 1986 ; Lumaret et Errouissi, 2002; Lumaret et al. 2012) ;
- ✓ Ceux dont l'action est celle d'une systémique, il s'agit des lactones macrocycliques qui rassemblent des molécules surtout utilisées comme anthelminthiques. Leur usage mérite une considération particulière, du fait de la rémanence plus ou au moins prolongée des substances actives dans l'animal traité (effet systémique), leur relargage progressif dans les déjections, souvent pendant plusieurs semaines, et un effet insecticide notable selon les substances actives utilisées et les préparations. Trois familles sont concernées : i) les avermectines avec principalement l'abamectine (Houlding et al., 1991 ; Roncalli, 1989), l'ivermectine (Bogan et MacKeller, 1988 ; Wall et Strong, 1987), l'éprinomectine (Wardhaugh et al., 2001) et la doramectine (Silva Junior et al., 1997 ; Steel, 1998) ; ii) les milbémycines avec principalement la moxidectine (Kadiri et al., 1999 ; Steel, 1998 ; Zulalian et al., 1994) et iii) et plus récemment les spinosynes (Salgado, 1998 ; Salgado et al., 1998). Ces molécules sont lentement éliminées (Campbell et al. 1983), si bien qu'elles peuvent être retrouvées dans les excréments plusieurs semaines voir plusieurs mois après leur administration (Wall et Strong, 1987 ; Herd, 1995 ; Herd et al. 1996 ; Alvinerie et al, 1998 ; Errouissi et al. 2001, Lumaret et Errouissi, 2002; Errouissi et Lumaret, 2005 ;

Errouissi et Lumaret, 2010 ; Lumaret et al, 2012). Ces endectocides connaissent un succès considérable, dans la mesure où ils agissent sur un très large spectre d'espèces endo et ectoparasites du bétail (d'où le nom d'endectocide). Ils agissent à très faible concentration, et leur persistance dans l'organisme permet la protection de l'animal pendant plusieurs semaines.

Enfin, une activité insecticide marquée a été également signalée avec les pyréthrinoïdes de synthèse (flumétrine, cyperméthrine, deltaméthrine (Lumaret, 1986 ; Venant et al. 1990 ; Wardhaugh et al. 1998 ; Kruger et al. 1999 ; Lumaret et al, 2012), ainsi que des organophosphates comme le dichlorvos (Lumaret, 1986).

### **VIII. Importance de la bouse :**

La bouse est le produit de la digestion des végétaux ingérés par les bovidés. Les différents remaniements dans les « estomacs » puis le tube digestif de ces végétaux permettent une assimilation et une intégration d'une partie seulement des matières ingérées, le reste étant éliminé dans les bouses. Ces dernières sont donc riches en différents éléments organiques.

C'est pour cette raison que la bouse représente un engrais de qualité notamment pour sa forte teneur en azote, élément primordial pour le développement des végétaux.

Probablement depuis que le bœuf a été domestiqué pour aider au travail des champs, la bouse a été utilisée comme engrais améliorant considérablement le rendement des cultures. Aujourd'hui encore la pratique de l'épandage est très répandue dans le milieu de l'élevage. L'emploi de la bouse sous forme de fumier (mélange de bouse et de litière) ou de lisier (bouse, urine, eau et débris pailleux) sur les cultures ou dans les champs pour en améliorer le rendement par l'apport d'agents fertilisants (en particulier l'azote), représente certainement l'emploi le plus important et le plus courant des excréments de vache. Le dépôt d'une bouse entraîne un enrichissement du sol sous-jacent en différents bioéléments nécessaires au développement végétal.

Cette pratique connue de tous et encore largement utilisée consiste, en général au printemps, quand le besoin des végétaux en croissance est maximal, à épandre sur la surface des sols le mélange de litière et de bouse ou de lisier, accumulé pendant la saison hivernale quand les bêtes sont à l'étable.

Cette méthode simple représente l'utilisation la plus courante et la plus importante en quantité, des déjections du bétail, et s'applique encore aujourd'hui.

Dans les systèmes pâturés, une partie importante de la production primaire prélevée par les grands mammifères herbivores, retourne au sol sous forme de déjections. Les excréments de bovidés occupent donc un pôle énergétique capital dans l'écosystème prairie.

L'optimisation de leur recyclage passe par leur enfouissement dans le sol par les insectes coprophages, ce qui permet par la suite aux microorganismes de jouer leur rôle dans les processus d'humification et de minéralisation. Un tel processus d'enrichissement des horizons édaphiques en humus et en matières minérales, améliore les propriétés physico-chimiques du sol et augmente la production primaire.

Le pâturage accélère grandement les processus de recyclage des éléments biogènes du milieu, car les excréments sont des produits organiques ayant déjà été transformés lors du transit intestinal, donc plus facilement minéralisables que la litière brute. En fait, la dégradation naturelle des bouses résulte d'une série complexe d'évènements à la fois biologiques, certes, mais aussi physiques et mécaniques. Au pâturage, la richesse de la faune du sol, le climat et la saison semblent ainsi, en l'absence de traitements antiparasitaires du bétail, être les principaux facteurs influant sur la vitesse de dégradation des bouses.

Selon la région, les facteurs climatiques (humidité, température, pluie, gel, vent, déshydratation, microclimat...) et les facteurs biologiques, auront des poids différents dans les mécanismes de dégradation : sous des climats tempérés, les facteurs climatiques, certes variables selon la saison, sont plutôt en faveur d'une dégradation rapide des bouses ; en revanche, sous des climats plutôt de type méditerranéen, où les conditions climatiques sont peu favorables à la dégradation naturelle des bouses, l'importance de l'action biologique est primordiale (Herrick et Lal.1995).

L'importance de la faune du sol est donc grande, non seulement dans l'enfouissement et la disparition des bouses de la surface du sol mais aussi dans le maintien des propriétés physiques du sol. En effet, par leurs actions mécaniques (brassage, déplacements, création de véritables réseaux de galeries...), ces invertébrés du sol luttent contre le phénomène de compaction et améliorent les propriétés physiques du sol (texture, taux d'infiltration, porosité) entraînant un meilleur rendement de la pâture (Herrick, et Lal.1995).

Ces restitutions au pâturage, représentent une importante source de matière organique et minérale qui doit être remaniée, dégradée, décomposée, enfouie et transformée afin d'être à

nouveau disponible dans l'écosystème, par sa réintégration au sol. L'importance de ce processus de recyclage est donc primordiale pour le bon fonctionnement de l'écosystème prairial.

#### - **Ecosystème prairie**

Un écosystème est un ensemble dynamique, formé par les organismes potentiellement interactifs d'une communauté et les facteurs abiotiques avec lesquels ils interagissent (Mathieu .1995).

L'énergie y pénètre généralement sous forme de lumière solaire, elle est alors convertie en énergie organique par les organismes photosynthétiques autotrophes, devenant ainsi disponible sous forme de nourriture aux organismes hétérotrophes.

Les éléments chimiques y circulent de façon cyclique entre les composants biotiques et abiotiques de l'écosystème. Les organismes photosynthétiques puisent ces éléments sous forme inorganique dans le milieu extérieur (sol, air et eau), les incorporent dans des molécules organiques que d'autres organismes peuvent alors consommer. Les éléments retournent dans l'air, dans le sol et dans l'eau sous forme inorganique après avoir participé au métabolisme des végétaux, d'animaux et d'autres organismes qui, tel les bactéries et les mycètes, décomposent ces déchets organiques et les organismes morts.

Dans les écosystèmes pâturés, la production fourragère est assez étroitement dépendante du recyclage de la matière organique produite et de la quantité d'éléments minéraux disponibles pour la croissance des plantes qui les constituent. Ainsi les producteurs primaires captant l'énergie solaire et les différents nutriments présents dans leur environnement et nécessaires à leur croissance, sont consommés par les consommateurs primaires c'est-à-dire, les grands herbivores, qui se nourrissent de cette matière organique en intégrant une partie de la nourriture qu'ils ont consommée et en restituant sous forme d'excréments une importante quantité de cette matière organique.

Les excréments déposés sur le sol représentent une part immobilisée et non utilisable telle quelle, d'énergie et de matière, qui doit absolument être transformée et réintégrée au sol afin de pouvoir être à nouveau disponible pour que le cycle de l'écosystème ne trouve pas de solution de continuité.

En effet, les conséquences de l'accumulation et du ralentissement de la minéralisation des bouses sont principalement :

- une diminution de la surface pâturée,
- une baisse de la croissance végétale par immobilisation de la matière organique, et
- une augmentation du parasitisme.

La première conséquence d'une accumulation des déjections du bétail peut être la réduction de la surface pâturée. La surface occupée par une bouse au sol multipliée par le nombre de défécation mensuelle d'une vache, multiplié par le nombre de vaches au pâturage, donne la surface mensuelle de pâture perdue et inutilisable par le bétail si les bouses n'étaient pas dégradées.

Quand on sait qu'en moyenne un bovin adulte produit 12 bouses par jour, soit environ 4 Kg de matière sèche, soit environ 1 m<sup>2</sup> de surface au sol couverte par les bouses (Hughes.1975), on se rend vite compte du rôle de ces invertébrés et de ces microorganismes de la pédo-faune éboueurs des sols. C'est d'ailleurs la conséquence d'une non adéquation entre les bousiers australiens et les excréments des bovins et des ovins importés sur cette île que la non dégradation des excréments a entraîné une importante accumulation de bouses, qui non enfouies, a conduit à une perte annuelle cumulée, vue l'importance du cheptel australien, d'environ un million d'hectares de pâturage, sans compter la prolifération de mouches qui se développaient dans les déjections et attaquaient le bétail.

D'un point de vue économique, la valeur des bousiers pour les seuls Etats-Unis d'Amérique est estimée à 2 milliards de dollars par an qui, en l'absence de ces insectes, seraient à dépenser par l'ensemble du secteur agricole en engrais supplémentaires, interventions techniques et multiplication des traitements sanitaires du bétail.

Une seconde conséquence du ralentissement de la minéralisation des bouses concerne une éventuelle moindre croissance végétale des zones pâturées, due à un moins bon fonctionnement des cycles de minéralisation. Les différents cycles de minéralisation (phosphore, azote) ne sont pas affectés par leur immobilisation en surface du sol mais la moindre dégradation des excréments par les invertébrés coprophiles ralentit le fonctionnement des cycles, indispensable à la croissance végétale.

Outre les conséquences d'une moindre dégradation des bouses et donc une accumulation de celles-ci sur les pâturages et une diminution des surfaces utiles, ainsi qu'un ralentissement du cycle de l'azote, il est à noter les conséquences possibles de l'augmentation du parasitisme. En se nourrissant de bouses et en les asséchant plus vite, les bousiers désorganisent les cycles de nombreux parasites (notamment helminthes et diptères) dont les œufs éclosent dans les bouses. De plus le brassage mécanique qu'ils font subir aux excréments induit une forte mortalité des larves écloses et de ce fait ils réduisent l'incidence des parasites sur les bovins (Barbut.2002)



## I. Localisation de la région d'étude :

La zone d'étude fait partie de la région d'El-Kala. Celle-ci est caractérisée par l'existence d'un grand complexe humide dont l'importance écologique est soulignée par son classement international en site RAMSAR. Sa richesse faunistique et floristique a été à l'origine de la création en 1983 d'un des plus grands parcs nationaux du Nord tellien: le parc national d'El-Kala (Fig 7). Nous nous sommes basés sur les travaux de Benyacoub (1993), Khelfaoui(2005,2007), Lebnaoui (2007) pour décrire succinctement la zone d'étude.



Figure 7: Délimitation de la région d'étude

## **I. Le climat :**

Le climat est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée, intégrées dans le long terme. La nature des climats joue un rôle essentiel en agissant sur les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux.

En réalité, il existe une interférence entre le climat et la composition des communautés en particulier végétales propres aux écosystèmes donnés et la nature des sols, d'où le triptyque «climat, sol et végétation» (Ramade, 2003).

### **1. Le climat de l'Algérie :**

Le climat de l'Algérie est caractérisé par la fréquence des pluies durant la période froide de l'année, et d'une période de sécheresse durant la saison chaude (Kadik, 1987). En Algérie, les régions climatiques observées sont celles des étages et des variétés de climat définis par (Emberger, 1955).

### **2. Climat régional :**

On peut déterminer les climats régionaux à l'aide des données fournis par les différentes stations météorologiques.

La région d'El Kala est sous la domination d'un climat méditerranéen caractérisé par une alternance d'une saison pluvieuse pendant les mois froids et d'une saison sèche pendant les mois chauds.

Le climat d'El Kala est de type sub-humide à humide.

### **3. Climat local :**

Notre étude de climat, exige d'avoir des données climatiques de la zone d'étude.

La station de référence (El Kala) est située à 10 m d'altitude, qui comprend deux habitats de basses altitudes (Boumalek et Brabtia) et un habitat forestier d'altitude (Djebel El Ghorra), se culmine à 1202 m d'altitude. Ce qui nous oblige à procéder à des corrections au niveau des températures et de la pluviométrie, afin de distinguer le climat local de notre territoire d'étude.

Les données recueillis auprès des services météorologiques pour la période allant de (1992 – 2002) sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : *Données climatiques d'El Kala pour la période (1992-2002.)*(Ferhati.2006).

<b>Paramètres/mois</b>	<b>P (mm)</b>	<b>m (°C)</b>	<b>M (°C)</b>	<b>M+m/2</b>	<b>Hum %</b>	<b>Vent</b>
<b>Janvier</b>	83.77	8.94	16.26	12.6	75.45	4.43
<b>Février</b>	72.28	8.85	16.17	12.51	76.82	4.87
<b>Mars</b>	40.61	10.75	18.19	14.47	75.09	4.54
<b>Avril</b>	63.38	11.82	17.67	14.47	74.45	4.88
<b>Mai</b>	36.62	15.57	23.48	19.49	74.64	3.67
<b>Juin</b>	9.09	18.97	26.34	22.65	72.64	3.74
<b>Juillet</b>	2.93	21.41	29.82	25.61	72.54	3.59
<b>Août</b>	8.52	22.83	31	26.91	70.91	3.5
<b>Septembre</b>	49.93	20.44	26.23	23.33	71.27	3.94
<b>Octobre</b>	80.14	16.95	25.2	21.07	72.69	4
<b>Novembre</b>	125.49	12.94	20.24	16.59	73.73	4.37
<b>Décembre</b>	95.4	10.31	16.81	13.56	73.54	4.48
<b>Total</b>	<b>668.16</b>	<b>179.78</b>	<b>267.41</b>	<b>223.53</b>	<b>883.17</b>	<b>50.01</b>
<b>Moyenne</b>	<b>55.68</b>	<b>14.98</b>	<b>22.28</b>	<b>18.63</b>	<b>73.59</b>	<b>4.17</b>

#### **4. Gradient pluviothermique:**

Il est important de signaler que théoriquement, le gradient de SELTZER s'établit de la manière suivante :

- ✓ Pour la pluviométrie : une augmentation de 40mm tous les 100 mètres en zone continentale et de 80mm tous les 100 mètres pour le littoral.
- ✓ Pour la température : une diminution de 0.7°C pour (M) pour 100 mètres d'élévation et une diminution de 0.4°C pour (m) pour 100 m d'élévation.

Ce qui donne un gradient altitudinal croissant pour les précipitations et décroissant pour les températures (Tir K, 1997).

- P : pluviométrie annuelle en mm
- M : températures maximales du mois le plus chaud en degrés Celsius
- m : température minimales du mois le plus froid en degrés Celsius

#### **5. Les précipitations :**

La pluviométrie est un facteur écologique fondamental dans les écosystèmes terrestres car elle conditionne avec la température la structure et la productivité primaire de ces derniers (Ramade, 2003).

Pour la plus part des pays, elle est caractérisée par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité, et la durée dans le temps (mois, années) (Guyot G, 1999).

D'après les données recueillies auprès du service météorologique d'El Kala, cette région reçoit 668.16 mm de pluie annuelle soit une moyenne mensuelle de 55.68mm, mais irrégulièrement (Tab 1). Le maximum de pluie est observé durant la période froide de l'année de novembre à janvier, et la plus faible quantité est enregistrée aux alentours de mois de juillet - août (Ferhati.2006).

**a. Corrections des précipitations :**

Pour les corrections des précipitations mensuelles, après avoir déterminé le coefficient correcteur (**K**) il y a lieu de le multiplier par les données mensuelles de la station de référence (Tab 2) et (Tab 3).

Tableau 2 : *Résultat de coefficient correcteur*

<b>Station</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Précipitation moyenne annuelle corrigée en (mm)</b>	<b>K</b>
<b>DJ-EL Ghorra</b>		955,51	1,43

Tableau 3 : *Données pluviométriques corrigées (1992-2002)*

<b>Mois</b>	<b>Stations</b>	<b>P (mm) d'El Kala</b>	<b>P (mm) Djebel EL Ghorra</b>
<b>Janvier</b>		83,77	119,79
<b>Février</b>		72,28	103,36
<b>Mars</b>		40,61	58
<b>Avril</b>		63,38	90,63
<b>Mai</b>		36,62	52,37
<b>Juin</b>		9,09	13
<b>Juillet</b>		2,93	4,19
<b>Août</b>		8,52	12,18
<b>Septembre</b>		49,93	71,4
<b>Octobre</b>		80,36	115
<b>Novembre</b>		125,49	179,45
<b>Décembre</b>		95,4	136,42
<b>Total</b>		<b>668,38</b>	<b>955,78</b>
<b>Moyenne</b>		<b>55,69</b>	<b>79,63</b>

## 6-Températures :

Les températures sont un des paramètres dépendants de l'altitude et de la distance de la mer et qui varient en fonction des saisons (Ozenda, 1982).

### a. Corrections des températures :

Les températures moyennes mensuelles sont calculées à partir de la méthode de la sommation des extrêmes et le calcul de leur moyenne arithmétique «  $M+m / 2$  » (Aliane et Medjrab, 1981) dont :

- ✓ M = Moyenne des températures maximales
- ✓ m= moyenne des températures minimales

Les résultats sont reportés dans le tableau 4.

Le tableau nous montre que les températures minimales sont enregistrées au cour du mois de février avec une valeur de **8.85°C** à El Kala et de **4,09°C** à Djebel- El Ghorra ; pour les températures maximales sont enregistrées au mois d'août sont de **31°C** pour El Kala et de **22.66°C** à Djebel- El Ghorra (Ferhati ,2006).

Tableau 4: *Corrections des températures mensuelles de Djebel El Ghorra*

Stations Mois	El Kala			Djebel El Gorra		
	M (C°)	m (°C)	M+m/2	M(C°)	m(C°)	M+m/2
<b>Janvier</b>	16,26	8,94	12,6	7,92	4,18	6,05
<b>Février</b>	16,17	8,85	12,51	7,83	4,09	5,96
<b>Mars</b>	18,19	10,75	14,47	9,85	5,99	7,92
<b>Avril</b>	17,67	11,82	14,74	9,33	7,06	8,195
<b>Mais</b>	23,48	15,57	19,52	15,14	10,81	12,98
<b>Juin</b>	26,34	18,97	22,65	18	14,81	16,41
<b>Juillet</b>	29,82	21,41	25,61	21,48	16,65	17,85
<b>Août</b>	31	22,83	26,91	22,66	18,07	19,66
<b>Septembre</b>	26,23	20,44	23,33	17,89	15,68	17,98
<b>Octobre</b>	25,2	16,95	21,07	16,86	12,19	16,27
<b>Novembre</b>	20,24	12,94	16,59	11,9	8,18	12,05
<b>Décembre</b>	16,81	10,31	13,56	8,47	5,56	8,47
<b>Moyennes</b>	22,28	14,98	18,63	13,63	10,27	12,08

## II. Détermination des étages bioclimatiques des deux stations :

Le climat agit sur la répartition des êtres vivants, il est donc naturel que les écologistes s'efforcent de caractériser les différents bioclimats. Pour la région méditerranéenne la méthode d'Emberger a connu un grand succès. (Pedelaborde P, 1991).

Pour établir le quotient pluviométrique  $Q_2$  d'Emberger (1955), on doit déterminer l'étage bioclimatique d'une station en tenant compte des paramètres suivants :

- ✓ P : pluviométrie annuelle en mm
- ✓ M : températures maximales du mois le plus chaud en degrés Kelvin
- ✓ m : températures minimales du mois le plus froid en degrés Kelvin

La température absolue se compte en  $K^\circ$  (degrés Kelvin) à partir de  $273^\circ C$  (Pedelaborde P, 1991). La formule utilisée pour calculer  $Q_2$  est :  $Q_2 = 2000 * P / M^2 - m^2$

Les résultats sont mentionnés dans le tableau 5

Tableau 5 : *Quotient pluviométrique des deux stations*

Paramètres Stations	Pluviométrie	M (°C)	m (°C)	Q2
	annuelle (mm)			
El Kala	668.16	31	8.85	102.98
Djebel El Ghorra	955.51	21.6	4.09	179.66

Les températures maximales sont comptabilisées au mois d'août, tandis que la saison estivale (juin, juillet et août) est marquée par des valeurs relativement moyennes d'où une saison moyennement sèche.

Pour la saison hivernale (décembre, janvier et février) qui est caractérisée par des températures normales empêchant les risques de gelées et favorisant le brouillard.

Les résultats obtenus, si l'on reporte les valeurs de  $Q_2$  et  $m$  sur le climagramme d'Emberger nous pouvons déduire que la station d'El Kala se situe dans l'étage sub-humide à hiver chaud et la station de Djebel El Ghorra se trouve dans l'étage Per-humide à hiver doux (Fig 8).

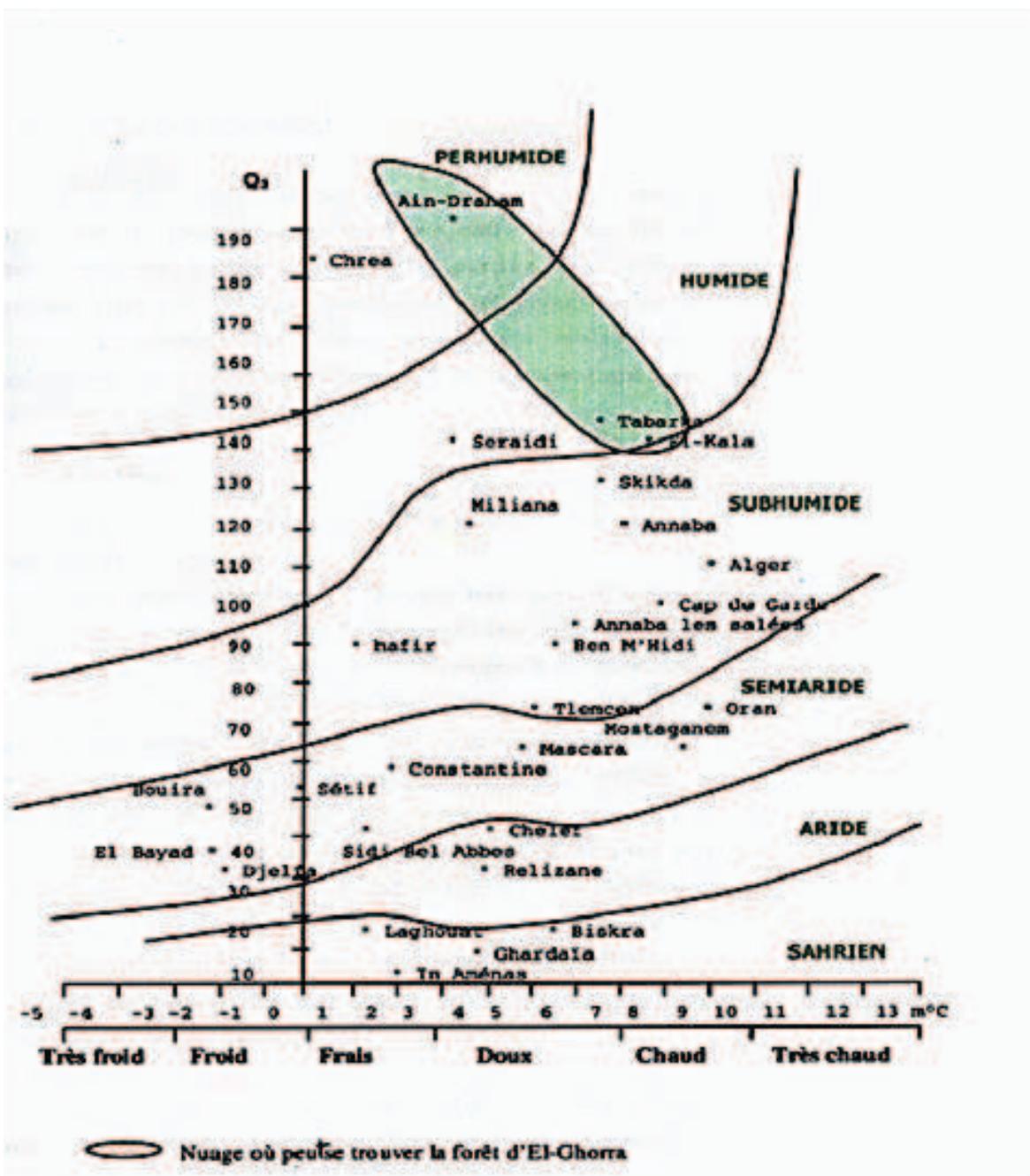


Figure 8 : Climagramme d'Emberger  
(Tiré de la thèse de Ferhati .2006).

### III. Synthèse climatique :

#### 1. Diagramme ombrothermique :

Le diagramme ombrothermique est une représentation qui permet de déterminer les périodes humides et sèches (Fig 9)

#### Constatation :

- **Pour la station d'El Kala :**

- **Période sèche** : caractérisée par des températures moyennes où les températures maximales sont observées au mois d'août.

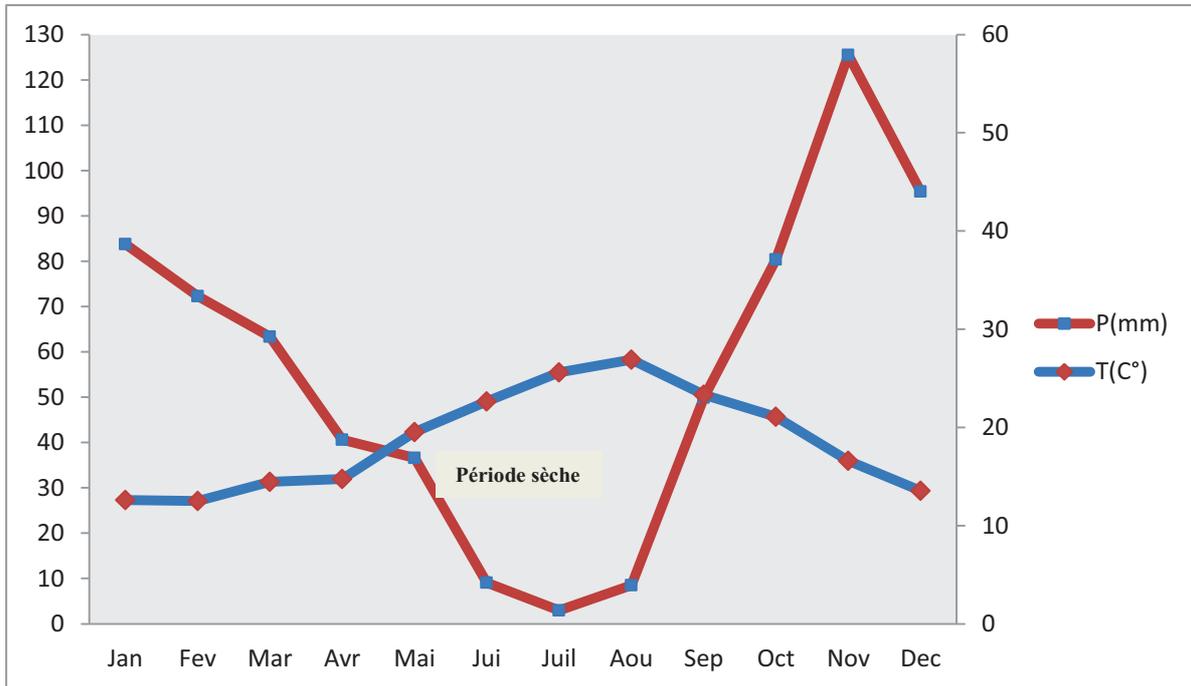
- **Période humide** : Caractérisée par des précipitations moyennes présentant des maximums au mois de novembre et décembre.

- **Pour la station de Djebel- El Ghorra :**

- **Période sèche** : caractérisée par un maximum des températures au mois d'août mais inférieur à celle d'El Kala.

- **Période humide** : elle est marquée par des maximums de pluviométrie la première au mois de novembre et la seconde au mois de décembre.

(A)



(B)

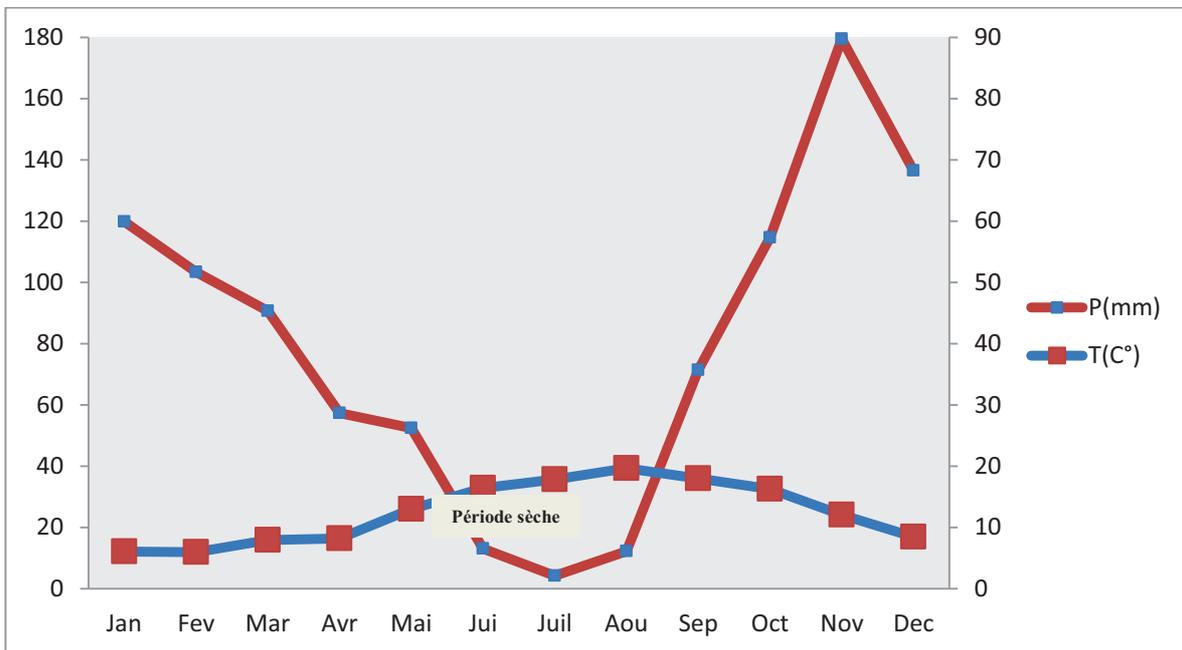


Figure 9 : Diagrammes ombrothermiques : (A).El Kala/ (B). Djebel El Ghorra

## IV. Sites d'études :

### 1. Description des stations d'études :

#### a. Station d'étude I :

Elle est localisée dans les pelouses dunaires qui se situent à proximité du lac Mellah (Fig 10). C'est un milieu dans lequel on peut observer une subéraie non dégradée que les riverains exploitent pour le bois, les plantes aromatiques et pour le pâturage du bétail. Les parties non boisées sont exploitées pour l'agriculture et le pâturage. Le couvert végétal est constitué de 3 strates : une strate arborée dispersée, recouvrant 2% du sol pour les zones non forestières constituée de (*Quercus suber*, *Alnus glutinosa*, *Eucalyptus camaldulensis*); une strate herbacée abondante avec un recouvrement de 85% constituée surtout de graminées, une strate buissonnante formée de quelques bosquets de *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Rubus ulmifolius*, *Pteridium aquilinum*. Avec un recouvrement de 15%. Le sol est pauvre et constitué essentiellement de sable dunaire, de matière organique et quelques limons argileux d'origine éolienne.

#### b. Station d'étude II :

Localisée dans le secteur dans le secteur Nord-Ouest du parc national d'El Kala à moins de 10 km de littoral (Fig 10), et se situe dans les zones d'accumulations avec une pente nul. Sol acide à la surface favorable au développement d'une bonne activité biologique pour diminuer progressivement avec la profondeur. La réaction plus ou moins acides de ce sol, se montre contrariante à une activité biologique poussée (microflore) et laissant la place surtout à l'action de méso-faune. Cette tendance acide mène à l'accumulation de la litière à la surface du sol ou la pente est nulle (Aouadi 1989). ce site présente une strate arborée à 30 % de densité et une hauteur moyenne de 7 m. La hauteur du sous-bois varie de 50 cm à 1,6 m avec une densité moyenne de 60 %. Sa composition est dominée par le genêt *Calycotome villosa*, la bruyère *Erica arborea*, la phyllaie *Phyllirea media*, le lentisque *Pistacia lentiscus* et le ciste *Cistus salvifolius* (Boualhal et al, 2008). notre étude est menée dans les prairies ouvertes.

**c. Station d'étude III :**

Localisée au niveau de la subéraie de Djebel d'EL-Ghorra qui culmine à 1202 m sur le versant Nord-Est et à 800 m environ sur le versant Ouest. Elle atteint 500 m d'altitude dans la partie centre au Nord de la maison forestière et se mélange avec le chêne zèen entre 750 à 800 m d'altitude (Fig 10).

Nous avons observé dans la partie Nord-Est une futaie d'une hauteur moyenne de 10 m clairsemée dégradée et à sous-bois assez dense, et dans la partie Nord-Ouest, il se présente généralement en futaie de 15m de hauteur plus dense que la précédente mais à sous-bois dense. Dans les basses altitudes, elle est généralement âgée, claire, en forme de futaie basse pratiquement sans sous-bois ou avec seulement de la bruyère arborescente.

Elle souffre du surpâturage intense et de la récolte des glands par les riverains nécessaire à l'alimentation de leur cheptel, qui chaque année empêche la régénération naturelle du chêne liège.

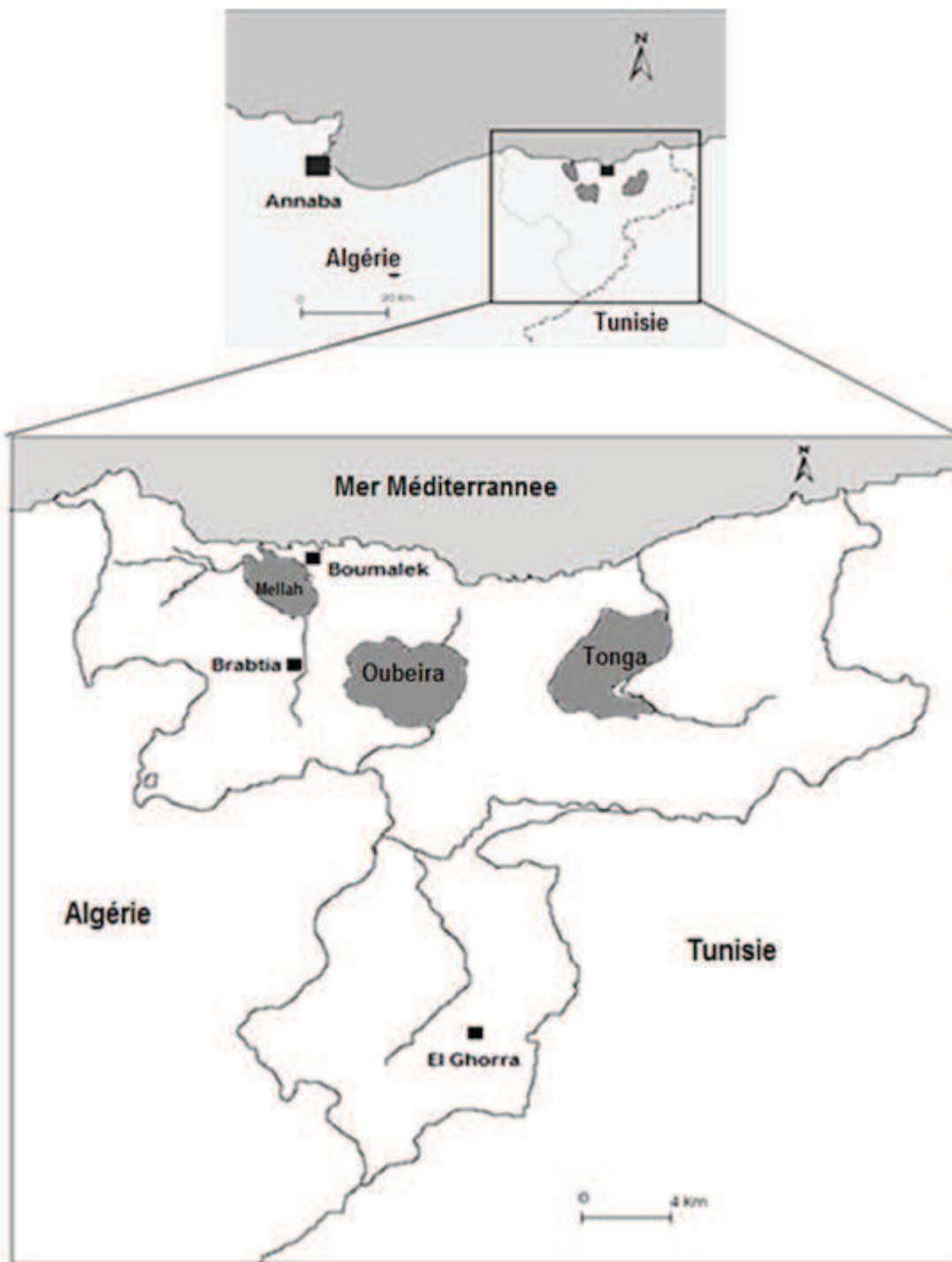


Figure 10: Représentation des trois sites d'études dans le parc national d'El Kala

## V. Techniques d'échantillonnage :

Les coléoptères coprophages ont été piégés hebdomadairement entre mai 2010 et avril 2013. Les piégeages ont été réalisés selon le même protocole standard que celui pratiqué par la plupart des auteurs, avec trois pièges à coprophages de type CSR (Lobo et al. 1988) disposés le même jour dans chacune des stations. Placés à une distance de 20 m l'un de l'autre, les pièges consistent en un récipient collecteur de 15 cm de profondeur (cuvette) enterré au ras du sol et recouvert d'une grille métallique à larges mailles supportant l'appât (environ 400 g de bouse de vache). Les insectes attirés tombent dans le récipient préalablement rempli aux trois-quarts avec un liquide conservateur (eau+détergeant+formol) (Fig 11). Les pièges sont relevés une semaine après leur mise en place.

Pour pallier l'inconvénient de l'hétérogénéité des appâts, de la bouse fraîche a été collectée auparavant en grande quantité, au même moment (printemps), puis homogénéisée et conditionnée en sacs plastiques avant d'être congelée (-10°C). Au fur et à mesure des besoins, les bouses sont décongelées et utilisées comme appât, retrouvant à la fois leur texture, leur fluidité et leur attraction initiale.

L'utilisation d'un appât identique toute l'année et de même origine atténue considérablement les différences qui pourraient résulter de l'utilisation de déjections d'animaux ayant consommé une nourriture différente selon les saisons et de teneur en eau différente. (Bernal et al. 1994 ; Doube et Giller .1990) ont démontré que les pièges CSR donnaient la meilleure représentation possible d'une communauté d'insectes coprophages actifs dans un site donné, à un moment donné. Dans la majorité des cas, le spectre faunistique (qualitatif et quantitatif) recueilli dans ces pièges ne diffère pas de la communauté des espèces trouvées dans les autres excréments frais (moins de 72 h) présents dans le pâturage, avant qu'elles interviennent les processus d'émigration (Hanski 1980 ; Veiga et al. 1989).

Un tel protocole permet de la sorte de comparer objectivement les stations entre elles selon leurs effectifs ou leur composition faunistique, et les relevés entre eux pour une même station.

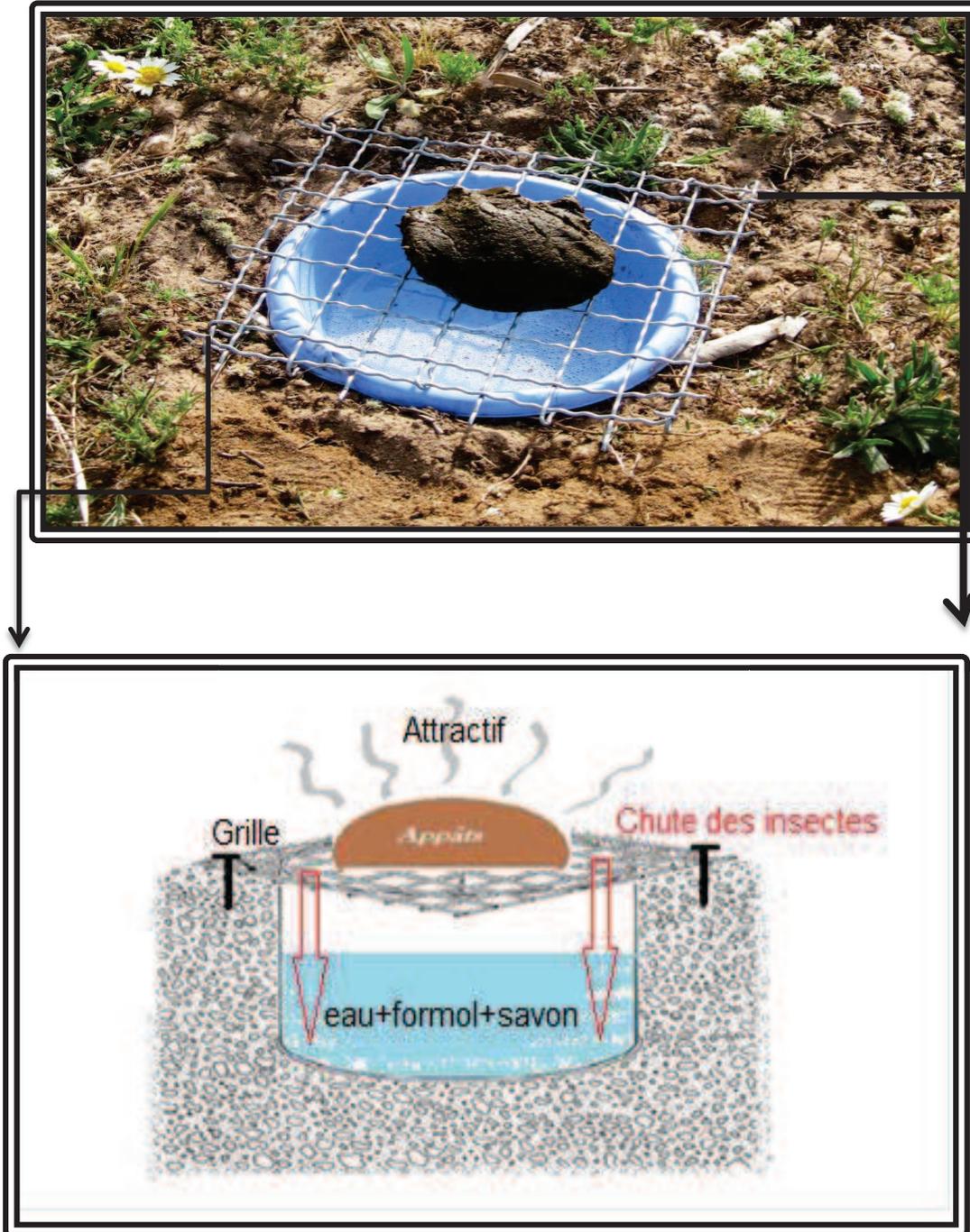
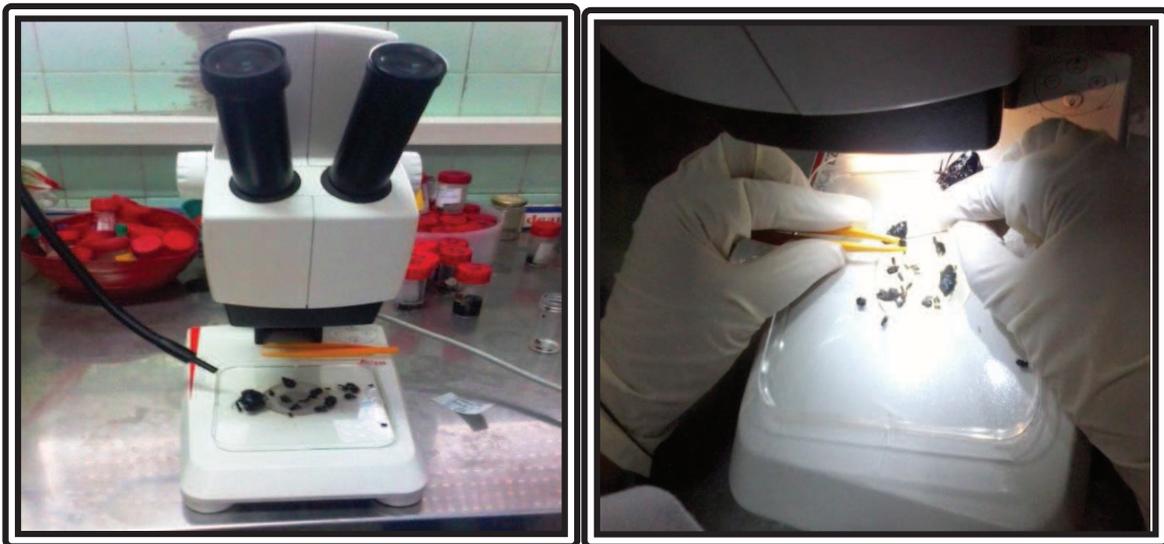


Figure 11 : Présentation du piège de type CSR

## VI. Identification des espèces :

Tous les insectes échantillonnés au moyen des trois techniques de piégeage précédemment cités, ont été conservés à l'alcool (90%) et ramenés au laboratoire dans des piluliers et des flacons référencés. Sur chaque étiquette le site, la date le numéro et autres références de chaque piège ont été notés. Au laboratoire, les insectes ont été identifiés jusqu'au niveau de l'espèce en utilisant la faune de Baraud (1985) et celle de Dellacasa (1998). L'identification nécessite une observation à la binoculaire pour la plupart des espèces et pour les espèces qui nous ont posé problème lors de leur identification, l'extraction de leur genitalia était indispensable (Fig 12 A et B).



A

B

Figure 12: *Observation à loupe binoculaire des insectes collectés (A) et extraction des genitalia (B).*

## VII. Analyse statistique des données :

### 1. Composition spécifique et diversité des peuplements :

La composition spécifique des peuplements de Coléoptères Scarabéidés coprophages a été décrite en utilisant des indices tel que : l'abondance des espèces (dans ce cas, le nombre moyen par piège a été pris en considération pour l'analyse des données) ; la richesse spécifique (nombre d'espèces de Scarabéidés coprophages capturées par piège ou par date de piégeage ou bien par type d'appât) et la diversité spécifique. Dans ce cas, plusieurs indices ont été utilisés pour décrire la diversité des peuplements :

- **Indice de diversité SHANNON** : Cet indice a été utilisé dans le but de déterminer les modifications des peuplements et de suivre leur évolution au cours de temps :

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

Avec  $p_i$  = l'abondance relative de l'espèce  $i$  ( $P_i = n_i/N$ ) ;  $N$  = l'effectif total de toutes les espèces et  $n_i$  = l'effectif de l'espèce  $i$ .  $H'$  varie entre deux valeurs extrêmes :  $H'_{\min} = 0$  peuplement est représenté par une seule espèce et  $H'_{\max} = \log_2(S)$  répartition équitable des individus des différentes espèces.  $S$  : est le nombre total d'espèces présentes dans le relevé.

- **Indice d'Équitabilité** : La structure des communautés a été étudiée à l'aide d'indice d'équitabilité qui est le rapport entre la diversité  $H'$  calculée et la diversité théorique maximale.

$$E = H'/H'_{\max}$$

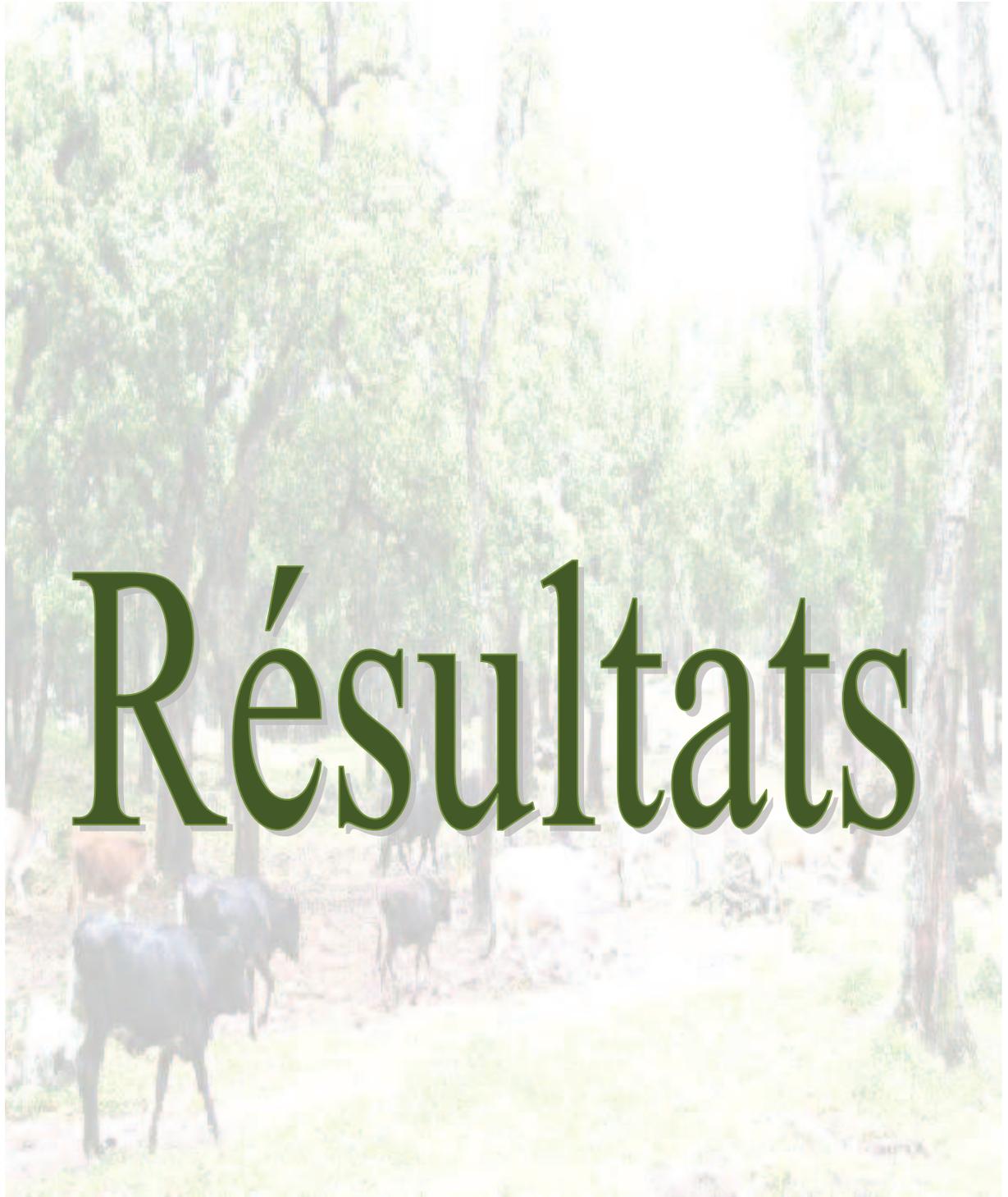
E varie entre 0 (peuplement est mono spécifique) et 1 (lorsque toutes les espèces présentent le même nombre d'individus, répartition équitable).

La composition spécifique a aussi été décrite par des analyses multi-variées. Dans le cas de notre travail nous nous sommes initiés à la réalisation des AFC (Analyse Factorielle des correspondances). En effet, les ressemblances entre les relevés et entre les espèces pour chaque site et entre les sites (Boumalek, Brabtia et Djebel El Ghorra) ont été mises en évidence de manière synthétique à l'aide de l'AFC (STATISTICA 10 .0).

## **2. Structure et organisation des peuplements :**

La structure des peuplements de Coléoptères Scarabéidés coprophages a été appréhendée à partir du nombre de spécimens collectés en moyenne par piège. Plusieurs indices précédemment utilisés pour décrire la composition spécifique ont été aussi utilisés pour caractériser l'organisation des peuplements notamment : l'indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) et l'indice de l'évenness ou l'équitabilité ( $E$ ).

Par ailleurs, Lumaret et Stiernet, (1991) ont défini des « noyaux fonctionnels » au sein des peuplements de Scarabéidés coprophages. Ces groupes, qui sont constitués par des espèces dont la fréquence individuelle atteint ou dépasse 10 % du peuplement (en effectif dans notre cas), jouent le rôle principal dans les processus de disparition des excréments. Ces espèces sont appelées « espèces-clés » de l'écosystème pâturé.



# RESULTATS

## I. Les Coléoptères Scarabéidés coprophages de la région d'El Kala :

Ci-dessous, la liste des espèces capturées dans les trois sites et leurs photos respectives ont été regroupées dans la planche de la figure 13.

✚ Classe des insectes

➤ Ordre des Coléoptères

• Super-famille des Scarabaeoidea

○ Famille des Scarabaeidae

❖ Sous-famille des Scarabaeinae

**Genre : *Scarabaeus***

*S. sacer* (LINNE, 1758)

**Genre : *Sisyphus***

*S. schaefferi* (LINNE, 1758)

**Genre : *Gymnopleurus***

*G. strumi* (MACLAY, 1821)

❖ Sous-famille des Coprinae

**Genre : *Copris***

*C. hispanus* (LINNE, 1758)

*C. pueli* (LINNE, 1758)

**Genre : *Bubas***

*B. bison* (LINNE, 1758)

**Genre : *Onitis***

*O. alexis* (BALTHASAR, 1959)

**Genre : *Euoniticellus***

*E. pallens* (OLIVIER, 1789)

*E. fulvus* (GOEZE, 1777)

**Genre : *Onthophagus***

*O. taurus* (SCHREBER, 1759)

*O. similis* (SCRIBA, 1956)

*O. trigibber* (REITTER, 1894)

*O. nigellus* (ILLIGER, 1803)

*O. maki* (ILLIGER, 1803)

*O. opacicollis* (D'ORBIGNY)

○ Famille des Geotrupidae

❖ Sous-famille des Geotrupinae

**Genre : *Sericotrupes***

*S. niger* (MARSHAM, 1802)

**Genre : *Thorecte***

*T. Marginatus* (POIRET, 1787)

○ Famille des Aphodiidae

❖ Sous-famille des Aphodiinae

**Genre : *Alocoderus***

*A. hydrochaeris* (FABRICIUS, 1798)

**Genre : *Aphodius***

*A. fimetarius* (LINNE, 1758)

**Genre : *Calamosternus***

*C. granarius* (LINNE, 1758)

**Genre : *Colobopterus***

*C. erraticus* (LINNE, 1758)

**Genre : *Volinus***

*V. melanostictus* (SCHMIDT, 1840)

**Genre : *Melinopterus***

*M. tingens* (REITTER, 1894)

*M. consputus* (CREUTZER, 1796)

**Genre : *Amidorus***

*A. cribricollis* (ILLIGER, 1798)



**Image 1 : *Scarabaeus sacer* (scarabée sacré) 20-38 mm**



**Image2 : *Sisyphus schaefferi* (8-10 mm)**



**Image 3: *Gymnopleurus sturmi* (10 -13 mm)**



Image 4 : *Copris hispanus* (17-18 mm)



Image 5 : *Copris pueli* (16-18mm)



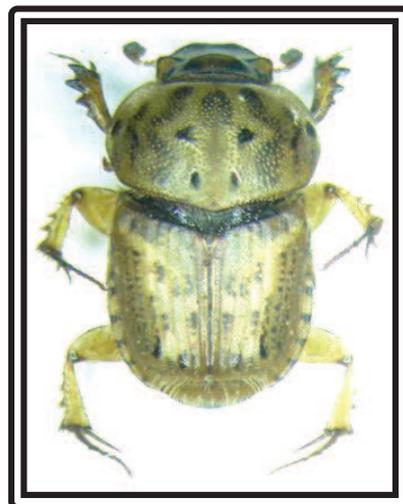
Image 6 : *Bubas bison* (16-18 mm)



**Image 7 : *Onitis alexis* (20 mm)**



**Image 8 : *Euoniticellus pallens* (6-9 mm)**



**Image9 : *Euoniticellus fulvus* (6-10 mm)**

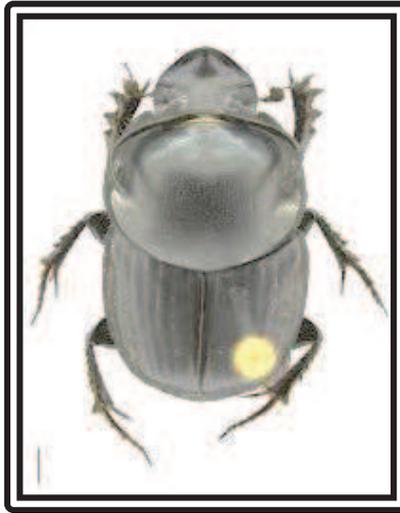


Image 10 : *Onthophagus taurus* (9 mm)



Image 11 : *Onthophagus similis* (6 mm)



Image 12 : *Onthophagus trigibbers* (6-7 mm)



**Image 13 : *Onthophagus nigellus* (6mm)**



**Image 14 : *Onthophagus maki* (7mm)**



**Image 15 : *Onthophagus opacicollis* (5-8 mm)**



Image 16 : *Sericotrupes niger* (20-22mm)

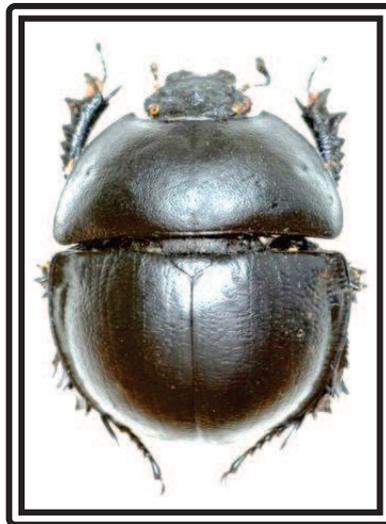


Image 17 : *Thorecte marginatus* (15-18 mm)

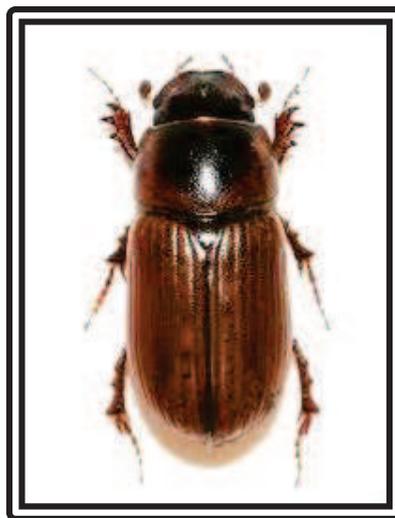


Image 18 : *Alocoderus hydrochaeris* (6-8 mm)



Image 19 : *Aphodius fimetarius* (5-8 mm)

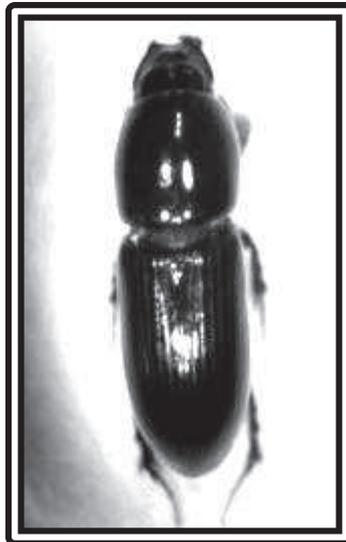


Image 20 : *Calamosternus granarius* ( 6-9 mm)

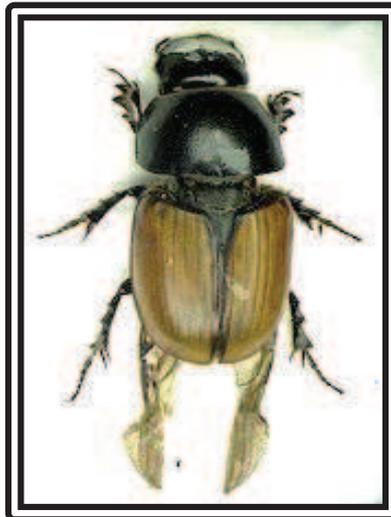
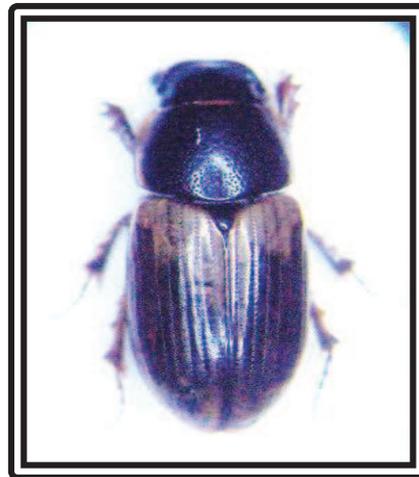


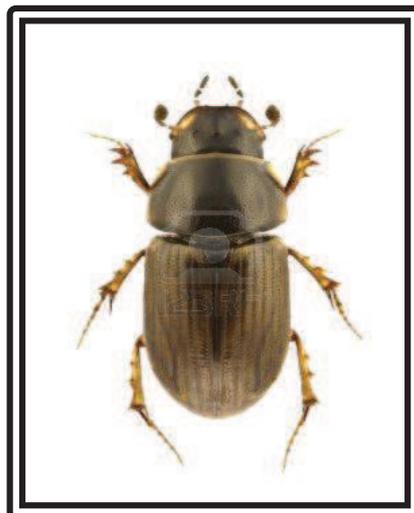
Image 21 : *Colobopterus erraticus* (5-7 mm)



**Image 22 :** *Volinus melanostictus* (6 mm)



**Image 23:** *Melinopterus tingens* (5 mm)



**Image 24:** *Melinopterus consputus* (5 mm)



**Image 25 : *Amidorus cribricollis* (7 mm)**

Figure 13 : *Coléoptères Scarabéidés coprophages capturées dans les sites prospectés dans la région d'El Kala.*

La période d'échantillonnage s'étendu de mai 2010 à avril 2012. Les résultats de collecte des Coléoptères Scarabéidés coprophages sont consignés dans le tableau 6 et la figure 14.

Au total 16893 spécimens ont été collectés. Ils appartiennent à 25 espèces, 17 genres et 3 familles. Ils sont composés de 3 espèces de *Scarabaeidae* rouleurs soit 12% des effectifs, 12 espèces *Scarabaeidae* fouisseurs soit 48% des effectifs, 2 espèces *Geotrupidae* fouisseurs soit 8% des effectifs, et 8 espèces *Aphodiidae* résidents soit 32 % des effectifs.

Nous avons choisis de regrouper les différents familles et sous familles qui s'y rattachent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Proportions des différentes sous-familles de Coléoptères Scarabéides coprophages capturées dans la région d'El Kala

Famille	sous famille	Guilde Trophique	Nbr d'espèces capturées	Proportion relative (%)
<i>Scarabaeidae</i>	<i>Scarabaeinae</i> et <i>Coprinae</i>	Rouleurs et Fouisseurs	15	60
<i>Aphodiidae</i>	<i>Aphodiinae</i>	Résidents	8	32
<i>Geotrupidae</i>	<i>Geotrupinae</i>	Fouisseurs	2	8

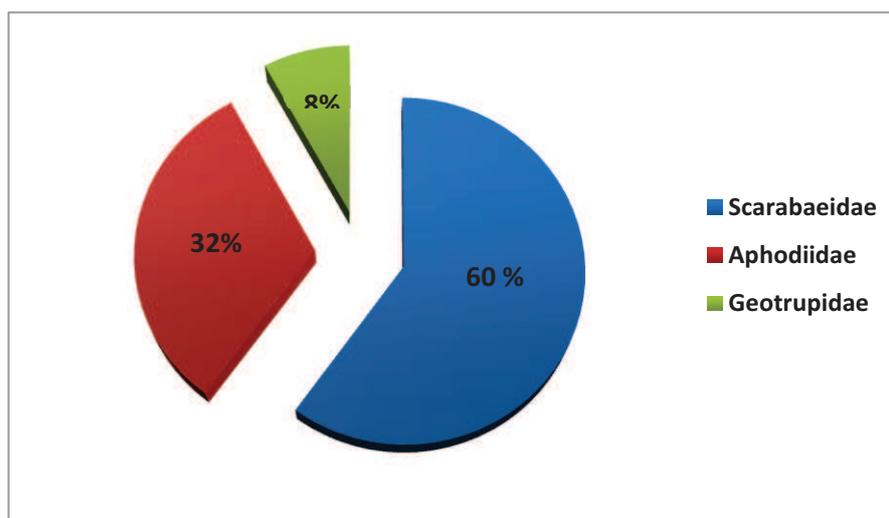


Figure 14: Importance relative (%) des 3 familles collectées dans les sites échantillonnés

Les *Scarabeidae* sont largement dominant avec 60% des effectifs, se sont également les espèces les plus grandes qui ont le rôle le plus important dans la dispersion des déjections animales. Les *Geotrupidae* sont les moins représentés avec 8% du peuplement. Ils jouent, cependant, avec les *Coprinae*, un rôle important dans l'enfouissement sur place des déjections animales. Enfin, les *Aphodiidae*, qui représentent 32 % des effectifs, sont généralement des espèces de petites tailles espèces qui vivent à l'intérieurs des déjections, leurs rôles de dessiccation est faible. Ces espèces pâtissent considérablement des traitements vétérinaires helminthocides (Hanski et Cambfort, 1991), car elles sont présent pendant tout le cycle biologique dans la bouse.

## **II. Structure des peuplements des Coléoptères coprophages de la région d'El Kala :**

Dans le site I (Boumalek), 5541 individus ont été capturés, c'est *Scarabaus sacer* une espèce qui appartient à la guilde des rouleurs qui domine numériquement tous les espèces avec 22 % (1211 individus) ; suivit de pré par le fousseur *Onthophagus taurus* avec un pourcentage égal à 20 % (1125 individus) (Tab7).

Dans le site II (Djebel El Ghorra), le nombre total collecté est de 6809 spécimens. *Sisyphus schaefferi* est l'espèce numériquement dominante avec 16 % (1096 individus) du peuplement. A l'instar du peuplement de Boumalek, cette espèce appartient à la guilde des rouleurs. La seconde espèce dans l'ordre des abondances, est *Onthophagus similis*, elle représente 10 % du peuplement. (713 individus)(Tab 7). Dans ce cas également, la similitude avec le peuplement de Boumalek est frappante, puisqu' il s'agit d'une espèce fousseuse. *Onthophagus similis*, est quasiment absent à Boumalek et à Brabtia. Notons par ailleurs, que *Scarabaus sacer*, qui est omniprésent en plaine, n'été observé qu'accidentellement en altitude avec 1 individu collecté.

Dans le site III (Brabtia), nous avons piégé 4543 individus (Tab 7), c'est l'habitat dans lequel l'effectif global est plus faible. Nous remarquons que la faiblesse de cet effectif est surtout imputable à l'absence des espèces rouleuses. En effet, l'espèce dominante *Onthophagus taurus* 28 % des effectifs avec 986 individus collectés, appartient cependant, a la guilde des fousseurs et non pas à celle des rouleurs comme précédemment. Les rouleurs ne représentent en fait que 7 % du peuplement.

Tableau 7 : Effectifs des différentes sous-familles de Coléoptères Scarabéidés coprophages

	Boumalek	Djebel El Ghorra	Brabtia
<b>SCARABAEIDAE- ROULEURS</b>			
<i>Scarabaeus sacer</i> (L.)	1211	1	80
<i>Sisyphus schaefferi</i> (L.)	186	1096	3
<i>Gymnopleurus sturmi</i> (MACLEAY)	24	41	252
total	<b>1421</b>	<b>1138</b>	<b>335</b>
<b>SCARABAEIDAE-FOUISSEURS</b>			
<i>Copris hispanus</i> (L.)	201	14	278
<i>Copris pueli</i> (L.)	114	179	92
<i>Bubas bison</i> (L.)	240	311	298
<i>Onitis alexis</i> (KLUG)	38	0	16
<i>Euoniticellus pallens</i> (OL.)	221	325	15
<i>Euoniticellus fulvus</i> (GOEZE)	159	499	55
<i>Onthophagus taurus</i> (SCHREB)	1125	496	986
<i>Onthophagus similis</i> (SCRIBA)	10	713	0
<i>Onthophagus trigibbers</i> (REIT).	225	117	333
<i>Onthophagus nigellus</i> (ILL.)	214	416	325
<i>Onthophagus maki</i> (ILL.)	110	0	359
<i>Onthophagus opacicollis</i> (D'ORB).	15	660	162
total	<b>2672</b>	<b>3730</b>	<b>2919</b>
<b>GEOTRUPIDAE- FOUISSEURS</b>			
<i>Sericotrupes niger</i> (MARSHAM)	10	37	34
<i>Thorecte marginatus</i> (POIRET)	0	22	1
total	<b>10</b>	<b>59</b>	<b>35</b>
<b>APHODIIDAE-RESIDENTS</b>			
<i>Alocoderus hydrochaeris</i> (F.)	514	57	382
<i>Aphodius fimetarius</i> (L.)	237	250	240
<i>Calamosternus granarius</i> (L.)	58	250	155
<i>Colobopterus erraticus</i> (L.)	134	331	161
<i>Volinus melanostictus</i> (SCHM)	130	239	76
<i>Melinopterus tingens</i> (REIT).	195	229	134
<i>Melinopterus consputus</i> (CREUTZER).	6	443	2
<i>Amidorus cribricollis</i> (LUC).	164	83	104
total	<b>1438</b>	<b>1882</b>	<b>1254</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>5541</b>	<b>6809</b>	<b>4543</b>

A la suite de (Labidi et al 2012 ; Erouissi et al, 2009). Pour chaque station, les valeurs de la diversité  $H'$  de Shannon et de l'équitabilité  $E$  ont été calculées globalement sur un cycle annuel, les résultats sont consignés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Valeurs globales de la diversité de Shannon ( $H'$ ) et équitabilité ( $E$ ) pour les stations étudiées, calculées sur la structure du peuplement annuelle

<i>Stations</i>	<i>Diversité (<math>H'</math>)</i>	<i>équitabilité (<math>E</math>)</i>	<i>Nombre total d'espèces</i>
<i>Boumalek</i>	<b>3.71</b>	<b>0.81</b>	<b>24</b>
<i>Djebel El Ghorra</i>	<b>3.96</b>	<b>0.87</b>	<b>23</b>
<i>Brabtia</i>	<b>3.87</b>	<b>0.84</b>	<b>24</b>

Les trois sites étudiés révèlent une relative ressemblance structurelle, la richesse est sensiblement la même pour les trois stations : 24 espèces à Boumalek ; 23 espèces à El Ghorra ; 24 espèces à Brabtia.

Nous notant cependant, que Djebel El Ghorra se caractérise par la diversité  $H'$  et l'équitabilité  $E$  les plus élevées, pour une richesse pourtant moindre, ceci indique, à l'évidence, une distribution d'abondance des espèces dans le peuplement mieux équilibré qu'ailleurs.

En revanche, Boumalek, avec sa diversité  $H'= 3.71$  et son équitabilité  $E= 0.81$ , bien qu'élevées, révèle l'existence d'une hiérarchie bien marquée dans les abondances spécifiques. Nous attribuons cette hiérarchie, à la domination de *Scarabaeus sacer* et *Onthophagus taurus*, sur le reste du peuplement.

A Brabtia, nous notons l'existence d'une légère hiérarchie dans les effectifs, moins marquée cependant qu'à Boumalek, et que l'on attribue à la domination d'*Onthophagus taurus* dans le peuplement.

C'est donc le peuplement d'altitude qui présente la structure la moins hiérarchisée. En effet, 16 espèces sur 23 soit environ 70 % de la richesse présente des effectifs supérieurs à celle des espèces du peuplement de Boumalek. L'ajustement numérique y'est donc plus équilibré par rapport à l'espèce dominante *Sisyphus schaefferi*; ce qui est exprimé par la valeur de  $E = 0.87$ .

## 1. Analyse des guildes des différents habitats :

Les Coléoptères coprophages constituent un groupe écologiquement organisé en communautés d'espèces complémentaires que l'on appelle guildes, la phénologie ainsi que l'existence de plusieurs guildes avec des subdivisions fondées sur le mode d'alimentation et de nidification, réduit la compétition interspécifique tout en maintenant une grande diversité du peuplement, avec une utilisation optimale des ressources disponibles (Erouissi et al, 2004).

Le caractère éphémère de leurs ressources trophiques affecte l'abondance des scarabées d'excréments, mais particulièrement les possibilités de coexistence de beaucoup d'espèce dans la même localité (Hanski, 1989). La plupart des scarabées d'excréments sont attirés à l'herbivore frais et des excréments d'omnivore, la plupart des *Scarabaeidae* et *Geotrupidae* ont développé le complexe nichant ; le comportement qui bonifie l'utilisation d'excréments et garantit un approvisionnement en nourriture pour leurs progénitures (Cambefort et Hanski, 1991). La plupart des *Aphodiidae* ne montre pas le comportement nichant et pendent dans une masse d'excréments, où leurs larves sont exposées à la compétition et la prédation.

### 1.1. La guildes des rouleurs :

Trois espèces ont été identifiées et observées dans trois habitats : habitat forestier d'altitude, Djebel el Ghorra ; l'habitat forestier de plaine Brabtia et l'habitat prairial dunaire de Boumalek. C'est dans ce dernier que la guildes des rouleurs est la mieux représentée en effectif (Tab 9). En effet ceci représente 26 % du peuplement local et 49 % de l'effectif global de la guildes tous habitats confondus. Nous verrons que cette dominance, n'est pas sans rapport avec la texture du sol. Parmi ces rouleurs, c'est *Scarabaeus sacer*, qui domine largement en totalisant plus de 85 % des effectifs.

Dans Djebel El Ghorra les rouleurs représentent 17 % des effectifs et 39 % de l'effectif globale des rouleurs, mais dans ce cas, Scarabée sacré n'est pas représenté, il est remplacé par *Sisyphus shaefferi*, qui totalise 96 % des captures de rouleurs dans cet habitat.

Enfin, dans l'habitat forestier de plaine de Brabtia, la guildes des rouleurs s'appauvrit considérablement, puisqu'elle ne représente qu'environ 7% du peuplement local et à peine 12 % de l'effectif global des rouleurs collectés. Là aussi, des considérations pédologiques sont susceptibles d'expliquer ces différences.

## 1.2. La guilde des fousseurs :

Cette guilde représente la fraction la plus importante des coléoptères coprophages de la région d'El Kala. Avec 56 % des effectifs, c'est la guilde la plus abondante, c'est globalement la guilde la plus riche, avec 14 espèces identifiées sur 25 espèces globales.

L'espèce la plus abondante, est sans conteste, *Onthophagus taurus*. Elle est surtout inféodée aux habitats de plaines, alors que *Thorecte marginatus*, espèce la plus rare, est caractéristique de l'habitat d'altitude. Cette guilde, représente 48 % des effectifs du peuplement local à Boumalek et 28 % de l'effectif global des fousseurs capturés.

Dans l'habitat d'altitude de Djebel El Ghorra, les fousseurs représentent 55 % du peuplement local, et 40% de l'effectif global des fousseurs. C'est la proportion la plus importante de cette catégorie des Scarabaeidae dans les sites échantillonnés.

A Brabtia, les fousseurs sont incontestablement majoritaires avec 65 % du peuplement local. Ils ne représentent cependant que 31 % de l'effectif global de cette guilde.

L'espèce dominante dans les habitats de plaine, (Boumalek et Brabtia), est *Onthophagus taurus*. En revanche, dans l'habitat d'altitude, c'est également le genre *Ohtophagus* qui domine, mais avec l'espèce *Similis*. Notons par ailleurs que les fousseurs de la famille des *Geotrupidae*, ont une abondance marginale dans la guilde. Cela est probablement dû à leurs distributions préférentielles dans les zones boréales plutôt que méditerranéennes (Koskela et Hanski, 1977 ; Erouissi et all, 2004 ; Escobar et all, 2006).

D'un point de vue spécifique, les fousseurs sont équitablement répartis dans les trois habitats étudiés avec une douzaine d'espèce par habitat.

La plupart des espèces sont polytopiques. D'autres cependant, sont spécialistes comme *Ontohphagus similis* et *Thorecte marginatus* qui sont caractéristiques des habitats d'altitudes. *Onthophagus maki* et *Onitis alexis*, sont quant à elles strictement inféodées aux habitats de plaines.

### 1.3. La guilde des résidents :

C'est une guilde numériquement importante, qui constitue 27 % de l'ensemble des coléoptères coprophages collectés. Elle n'est représentée que par 8 espèces, qui sont globalement équitablement réparties entre les trois habitats étudiés (Tab 9).

Une mention spéciale sera faite pour l'habitat forestier du Djebel El Ghorra, qui compte 41 % des résidents totaux, et qui est caractérisée par la présence dominante de *Melinopterus consputus* espèce quasiment absente des milieux de plaine (Tab 7). Cette guilde se caractérise donc, par une relative stabilité de sa richesse et de son effectif, que les facteurs du milieu ne semblent pas modifier d'un habitat à l'autre.

Notons en outre, qu'*Aphodius fimetarius* et *Aphodius hydrochaeris* sont communes en plaine avec 4 % et 9 % des effectifs à Boumalek; et 5% et 8 % à Brabtia .en revanche, c'est *Aphodius consputus* qui est représenté à Djebel El Ghorra avec 6% du total des résidents présents dans cette station (Tab 7).

Tableau 9 : Répartition annuelle des guildes de Scarabéidés coprophages dans les stations d'études

	<b>Boumalek</b>	
<b>Guildes</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<b>Rouleurs</b>	<b>1421</b>	<b>26</b>
<b>Fouisseurs</b>	<b>2682</b>	<b>48</b>
<b>Résidents</b>	<b>1438</b>	<b>26</b>
<b>Total</b>	<b>5541</b>	<b>100</b>

	<b>Djebel El Ghorra</b>	
<b>Guildes</b>	<b>total</b>	<b>%</b>
<b>Rouleurs</b>	<b>1138</b>	<b>17</b>
<b>Fouisseurs</b>	<b>3789</b>	<b>55</b>
<b>Résidents</b>	<b>1882</b>	<b>28</b>
<b>Total</b>	<b>6809</b>	<b>100</b>

	<b>Brabtia</b>	
<b>Guildes</b>	<b>N</b>	<b>%</b>
<b>Rouleurs</b>	<b>335</b>	<b>7</b>
<b>Fouisseurs</b>	<b>2954</b>	<b>65</b>
<b>Résidents</b>	<b>1254</b>	<b>28</b>
<b>Total</b>	<b>4543</b>	<b>100</b>

Dans les trois stations, c'est la guilde des fouisseurs qui domine les peuplements. D'un point de vue fonctionnel, leur rôle de dispersion de déjection est prépondérant en période non estival. Durant la période estivale en revanche, c'est scarabée sacré, qui assume le rôle de dispersion majeur de dispersion. La guilde des résidents, constitue la fraction la plus importante après les fouisseurs. La guilde des rouleurs enfin, est la moins abondante en effectif. Elle domine cependant, par son action de dispersion de déjection dans le substrat sableux, grâce à la présence de Scarabée sacré.

## II. Variabilité saisonnière de la richesse et de l'abondance des Coléoptères coprophages :

### 1. Données climatiques :

L'Afrique méditerranéenne se caractérise par un climat contrasté, une saison chaude et sèche en été, et une saison tempérée et relativement humide en automne et en hiver. Ce contraste climatique, joue un rôle important dans la phénologie des insectes. Il détermine largement de ce fait, l'activité des organismes dans les écosystèmes naturels.

L'intensité de cette activité varie selon les saisons, mais également selon les habitats, qu'il soit d'altitudes ou de plaines.

La variation saisonnière d'activité des peuplements des coléoptères coprophages, aura obligatoirement un effet sur leurs fonctions de dispersion des déjections animales. Dans ce contexte, il nous a semblé important, de mettre en évidence la saisonnalité des abondances et des richesses des coléoptères coprophages dans différents habitats.

La région d'El Kala se caractérise par un climat subhumide chaud. Les caractéristiques de ce climat varient bien entendu en fonction de l'altitude et de la proximité de la mer. D'une manière générale, les températures sont plus basses en altitude et plus élevées en plaine.

Nous ne procéderons pas dans cette étude d'une analyse fine du climat, par ce qu'elle est inutile. Nous avons seulement jugé important, de présenter une vue synthétique du climat de la région, sous la forme de deux diagrammes ombrothermiques (Fig 14).

Le premier concerne la région d'El Kala, c'est-à-dire en situation de plaine ; le second diagramme en données corrigées concerne l'habitat d'altitude d'El Ghorra. Ces deux diagrammes, se caractérisent par une phase pluvieuse hivernale, suivi par un déclin progressif de la pluviosité, à laquelle succède une saison sèche.

La superposition des courbes de température, définit une période de déficit hydrique, qui délimite la saison sèche proprement dite, celle-ci, s'étale en gros, de fin avril à septembre en plaine, et de la mi-mai jusqu'à la mi-août en altitude (Fig 15).

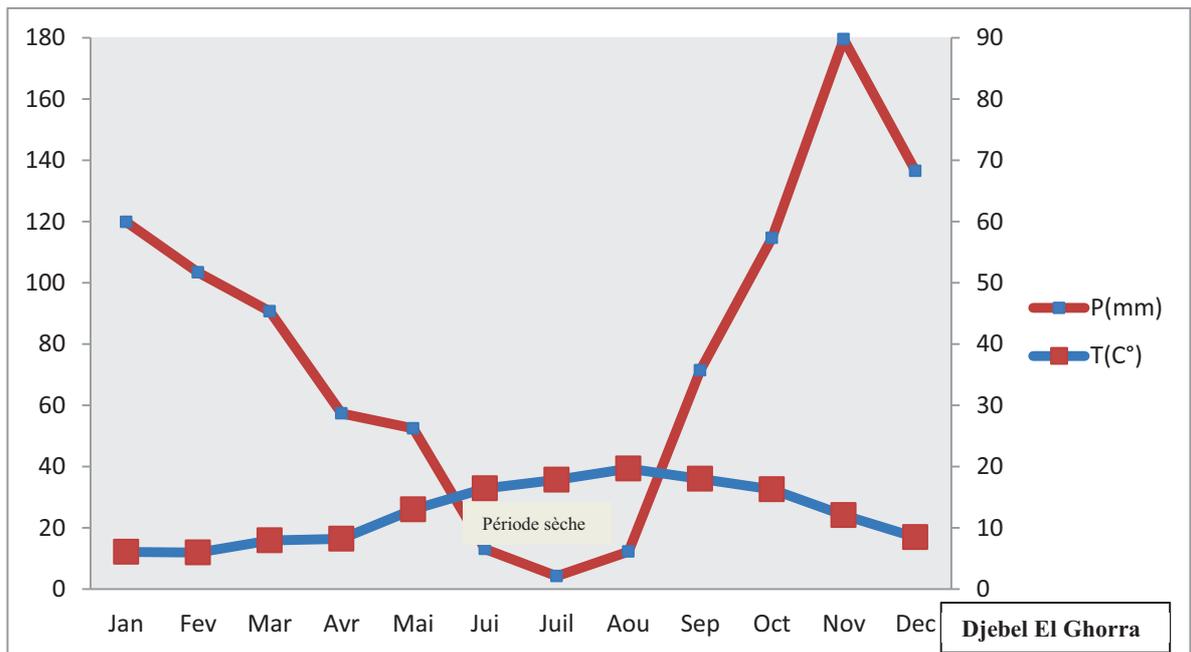
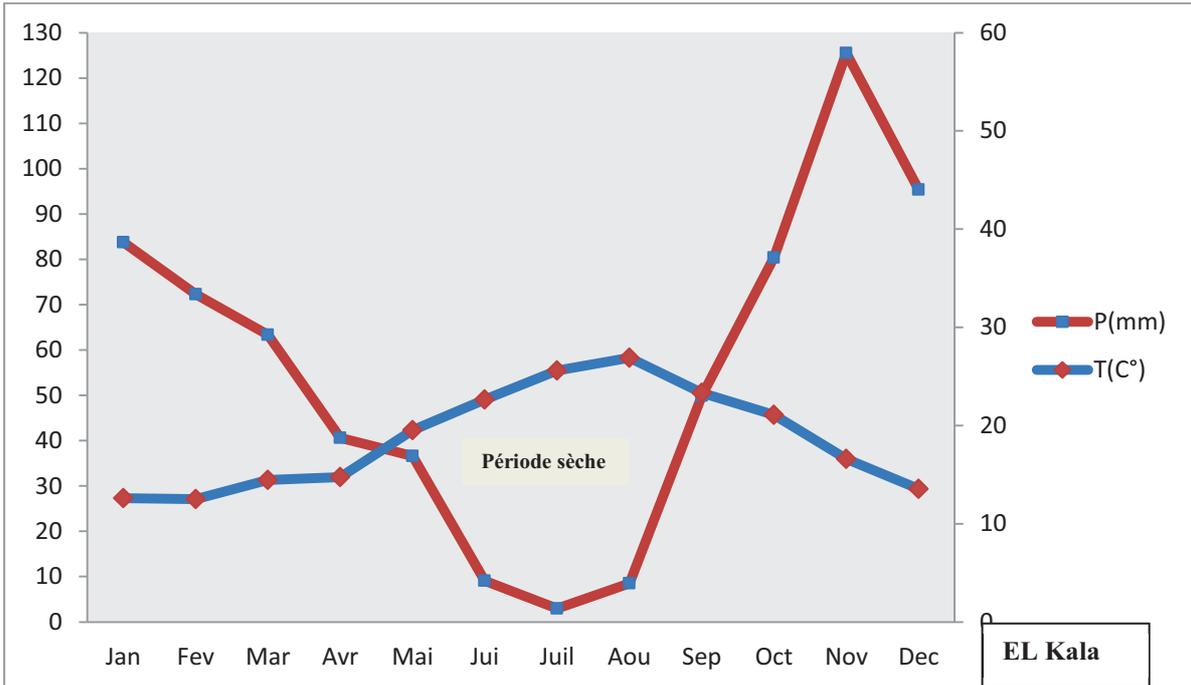


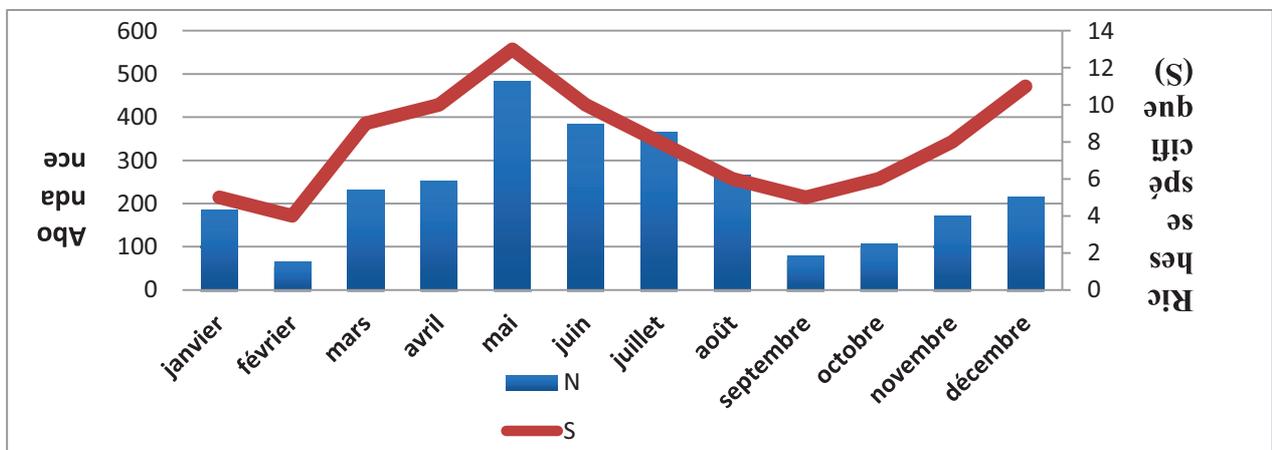
Figure 15 : Diagrammes ombrothermiques réalisés à partir des données météorologiques enregistrées par la station Météorologique d'El Kala.

## 2. Dynamique spatio-temporelle de la faune des Scarabéidés coprophages :

La compilation des données mensuelles des abondances (N) et de richesses spécifiques (S), nous a permis de construire des figures illustrant leurs variations.

Dans les deux sites (I) et (III) (Boumalek et Brabtia) la richesse spécifique ainsi que l'abondance, sont maximales aux alentours du mois de mai (Fig 16 et Fig 17), par contre a Djebel El Ghorra site (II) on note que le pic de l'abondance et la richesse spécifique se manifestent durant le mois de juin (Fig 18).

### Première année 2010 / 2011



### Deuxième année 2011/2012

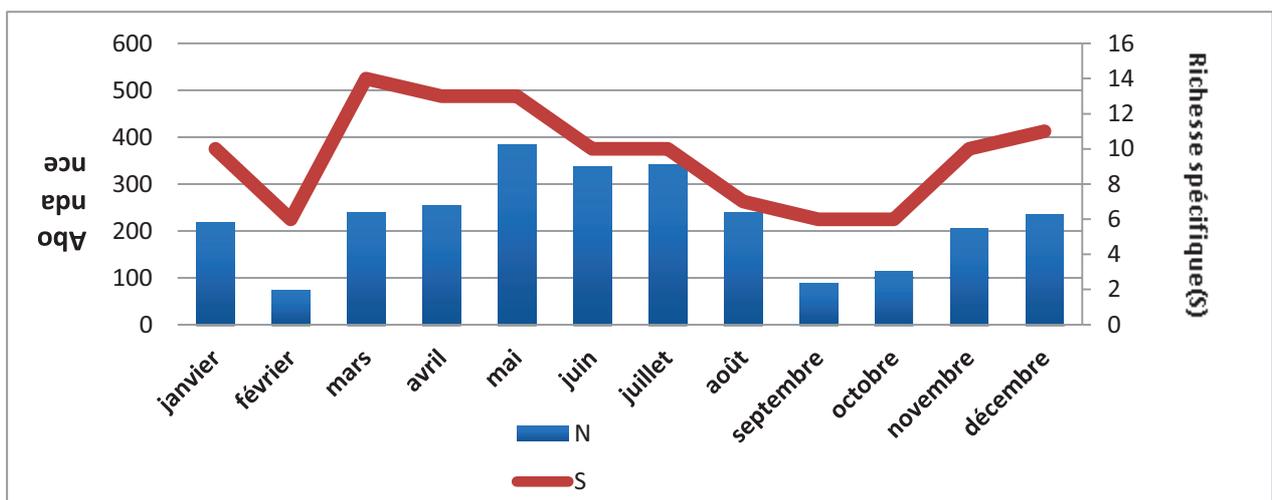
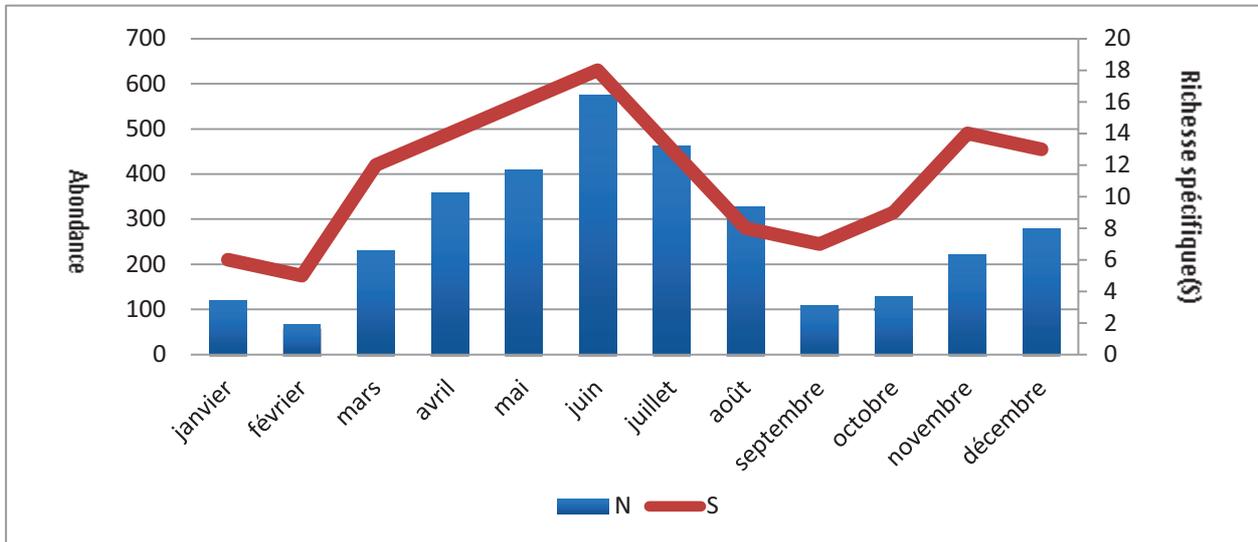


Figure 16 : Variation mensuelle de la richesse spécifique et de l'abondance des Scarabéidés coprophages à Boumalek

**Première année 2010 / 2011**



**Deuxième année 2011/2012**

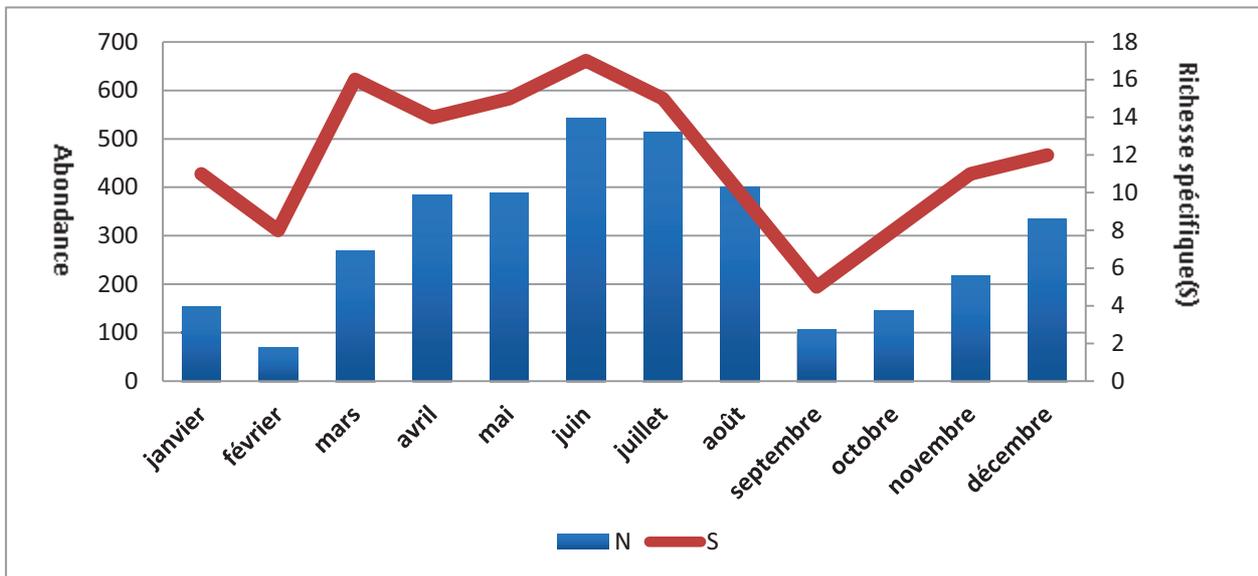
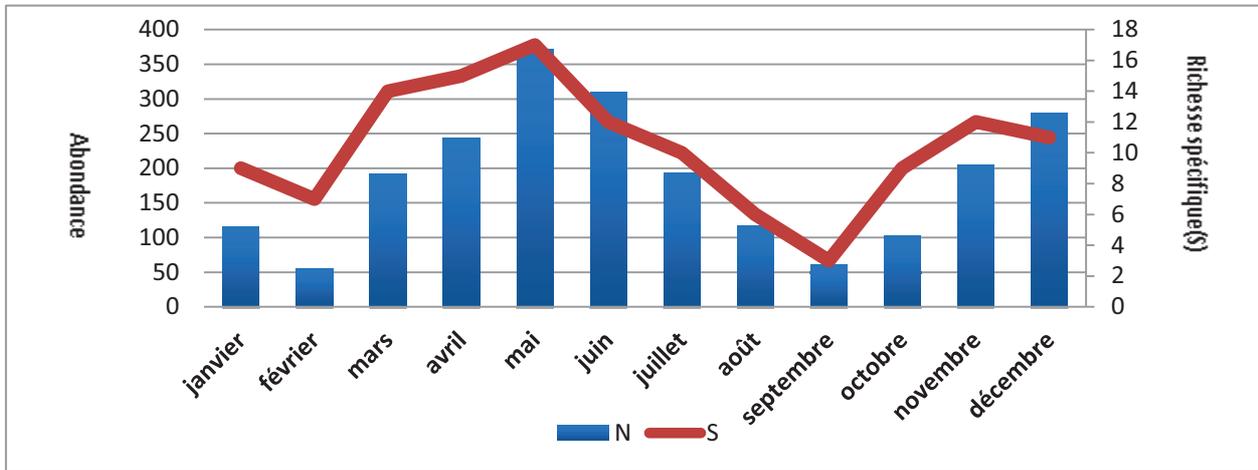


Figure 17: Variation mensuelle de la richesse spécifique et de l'abondance des Scarabéidés coprophages à Djebel El Ghorra

**Première année 2010 / 2011**



**Deuxième année 2011/2012**

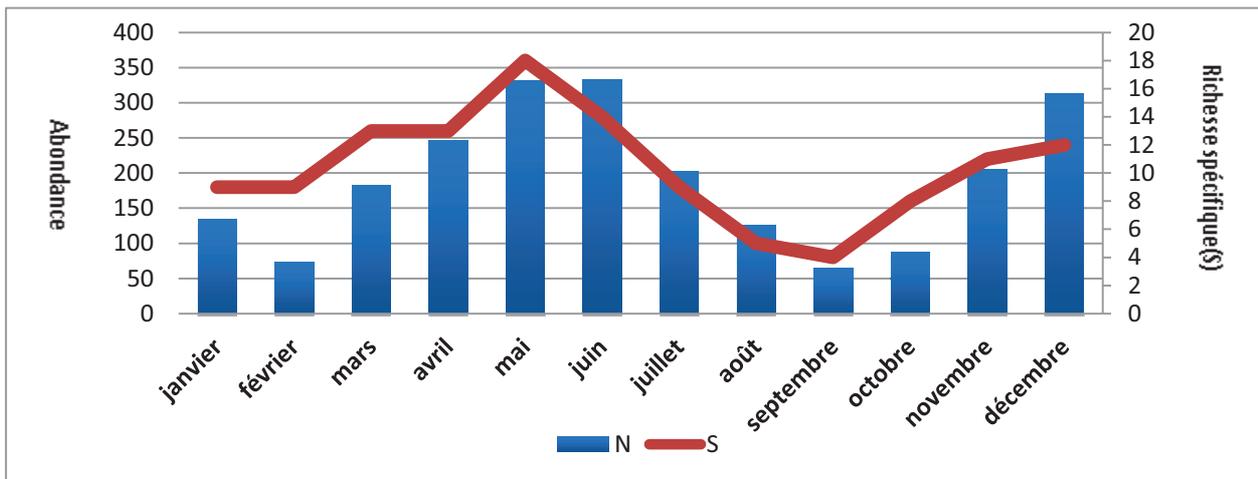


Figure 18 : Variation mensuelle de la richesse spécifique et de l'abondance des Scarabéidés coprophages à *Brabtia*.

### **III. Action d'humidité sur l'abondance des Coléoptères coprophages :**

Dans ce contexte, nous avons essayé de mettre en évidence, un lien statistique entre les précipitations et l'abondance des espèces. Pour ce faire, nous avons calculé des corrélations entre les précipitations mensuelles mesurées dans la région d'étude et l'abondance des organismes étudiés.

Cette étude, nous a montré qu'une corrélation négative est observée dans les trois sites, elle est significative à Boumalek ( $R_2 = -0,422$ ,  $P = 0,039$ ), significative à Djebel El Ghorra ( $R_2 = -0,425$  ;  $P = 0,038$ ), et non significative à Brabtia ( $R_2 = -0,003$  ;  $P = 0,98$ ). Les résultats sont affichés dans la Figure 19

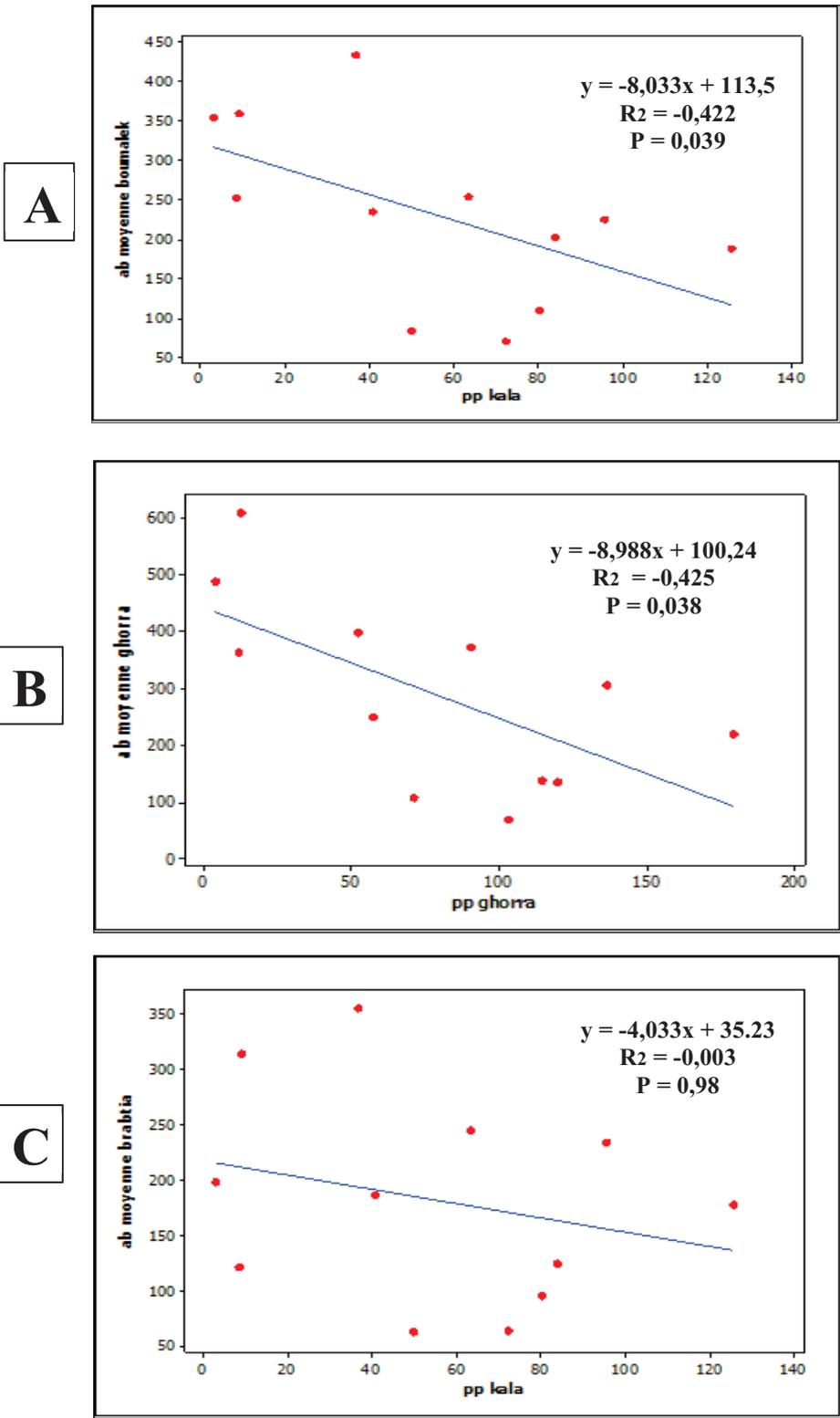


Figure 19: Corrélation entre l'abondance mensuelle des Scarabéidés coprophages et la précipitation dans les trois sites d'études (A) : Boumalek (B) : Djebel El Ghorra (C) Brabtia

✓ pp : précipitation

Conformément à Lumaret et Stiernet (1991), les résultats des noyaux fonctionnels, nous a permis de comprendre que l'activité du noyau fonctionnel, se caractérise par des réajustements taxonomiques en fonction des périodes de l'année.

Dans l'habitat prairial dunaire (Boumalek), 14 espèces contribuent aux noyaux fonctionnels ; Globalement, nous pouvons considérer que la période froide, c'est-à-dire, d'octobre à février environ, est marquée par la présence et l'action majoritaire de la guildes des résidents et de deux représentants de la guildes des fousseurs. Les espèces résidentes à activité hivernal sont (*Aphodius fimetarius*, *Alocoderus hydrochaeris*, *Colobopterus erraticus*, *Volinus melanostictus*, *Amidorus cribricollis* et *Melinopterus tingens*), elles sont accompagnées par les fousseurs (*Bubas bison* et *Copris pueli*) (Tab 10). Durant la période vernal et estivale, en gros, du mois de mars au mois de septembre, nous assistons à un changement radical de la faune coprophage. Les résidents disparaissent et sont remplacés par le principal rouleuse de ce milieu *Scarabée sacré*, et les espèces estivales de fousseurs (*Onthophagus nigellus*, *Onthophagus trigibber*, *Onthophagus taurus*, *Onthophagus maki* ; *Euoniticellus pallens*) (Tab10). Finalement nous assistons à l'action de deux noyaux fonctionnels, qui se succèdent de la saison hivernale et humide à la saison estivale et sèche.

Tableau 10 : *Variation saisonnière de la composition des noyaux fonctionnels successifs* à Boumalek

espèces/ mois		janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
<i>Aphodius fimetarius</i>	Afi											13%	16%
<i>Alocoderus hydrochaeris</i>	Ahy	21%	47%	14%							45%	25%	16%
<i>Colobopterus erraticus</i>	Cer			12%									
<i>Volinus melanostictus</i>	Vme											13%	10%
<i>Amidorus cribricollis</i>	Acr										24%	13%	12%
<i>Melinopterus tingens</i>	Mti	19%	30%										
<i>Scarabaeus sacer</i>	Ssa				11%	35%	49%	34%	39%	36%			
<i>Onthophagus nigellus</i>	Oni				13%								
<i>Onthophagus trigibber</i>	Otr			16%	25%								
<i>Onthophagus taurus</i>	Ota			15%	19%	27%	20%	27%	45%	54%	22%		
<i>Onthophagus maki</i>	Oma			10%	12%								
<i>Euoniticellus pallens</i>	Epa							14%	10%				
<i>Copris pueli</i>	Cpu	10%											13%
<i>Bubas bison</i>	Bbi	22%	10%									20%	12%

- ✓ Afi :Aphodius fimetarius ; Ahy Alocoderus hydrochaeris ; Oni :Onthophagus nigellus ;Cer : Colobopterus erraticus ; Otr :Onthophagus trigibber ; Cpu :Copris pueli ; Vme : Volinus melanostictus ; Ota :Onthophagus taurus ; Bbi : Bubas bison ; Acr :Amidorus cribricollis ; Mti :Melinopterus tingens ; Oma : Onthophagus maki ; Epa :Euoniticellus pallens ; Ssa :Scarabaeus sacer .

Dans l'habitat forestier d'altitude, (Djebel El Ghorra), 15 espèces contribuent aux noyaux fonctionnels. A l'instar des peuplements de Boumalek, les résidents sont actifs durant la période froide de l'année avec une durée plus longue cependant puisqu'elle va d'octobre à mars

Cette période est caractérisée, par la présence de *Colobopterus erraticus* et *Melinopterus consputus*, ces espèces sont accompagnées de deux fousseurs, *Copris pueli* et *Bubas bison*, qui sont également caractéristiques du noyau fonctionnel hivernal d'altitude.

A partir de fin avril début mai, les résidents et leurs deux espèces fousseuses compagnes disparaissent, pour laisser l'activité coprophage aux fousseurs et à l'unique rouleux observé dans ce milieu. Ce noyau fonctionnel est représenté par (*Sisyphus schaefferi* ; *Onthophagus nigellus* ; *Onthophagus trigibber* ; *Onthophagus similis* ; *Onthophagus taurus* ; *Onthophagus opacicollis* ; *Euoniticellus fulvus*), ces espèces sont actives de mois d'avril au mois de septembre (Tab 11).

Tableau 11 : Variation saisonnière de la composition des noyaux fonctionnels successifs à Djebel El Ghorra

espèces/mois		janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
<i>Aphodius fimetarius</i>	Afi										25%	15%	
<i>Colobopterus erraticus</i>	Cer										19%	14%	10%
<i>Calamosternus granarius</i>	Cgr	19%	17%									13%	
<i>Volinus melanostictus</i>	Vme	17%	29%	11%									10%
<i>Melinopterus tingens</i>	Mti			14%									10%
<i>Melinopterus consputus</i>	Mco			15%	11%						26%	26%	12%
<i>Sisyphus schaefferi</i>	Ssc					17%	15%	40%	42%	45%			
<i>Onthophagus nigellus</i>	Oni					15%	15%						
<i>Onthophagus trigibber</i>	Otr				12%								
<i>Onthophagus similis</i>	Osi			12%	18%	15%	12%	14%	10%	12%			
<i>Onthophagus taurus</i>	Ota								11%	12%			
<i>Onthophagus opacicollis</i>	Oop					24%	21%	10%					
<i>Euoniticellus fulvus</i>	Efu						11%	14%	18%	17%			
<i>Copris pueli</i>	Cpu	20%	10%										14%
<i>Bubas bison</i>	Bbi	25%	22%									16%	13%

✓ Afi :Aphodius fimetarius ; Mco :Melinopterus consputus ; Oni :Onthophagus nigellus ;Cer : Colobopterus erraticus ; Otr :Onthophagus trigibber ; Cgr : Calamosternus granarius ; Osi :Onthophagus similis ; Cpu :Copris pueli ; Vme : Volinus melanostictus ; Ota :Onthophagus taurus ; Bbi : Bubas bison ; Oop :Onthophagus opacicollis ; Mti :Melinopterus tingens ; Efu :Euoniticellus fulvus ;Ssh :Sisyphus schaefferi

Dans l'habitat forestier de plaine (Brabtia), 13 espèces contribuent aux noyaux fonctionnels. Dans cet habitat nous observons le même organisationnel des noyaux fonctionnels, à quelques différences taxonomiques près. La période hivernale est caractérisée par l'action coprophage des résidents qui sont représentés par (*Aphodius fimetarius*; *Alocoderus hydrochaeris*; *Amidorus cribricollis*), accompagnés de trois fousseurs (*Copris hispanus*; *Copris pueli*; *Bubas bison*). Ce noyau fonctionnel est actif d'octobre à février. A partir du mois de mars, il est remplacé dans son intégralité par le noyau fonctionnel vernal et estival. Ce dernier est représenté par (*Gymnopleurus sturmi*; *Scarabaeus sacer*; *Onthophagus nigellus*; *Onthophagus trigibber*; *Onthophagus taurus*; *Onthophagus opacicollis*; *Onthophagus maki*), un rouleur (*Gymnopleurus sturmi*) et une majorité de fousseurs représentés par (*Onthophagus nigellus*; *Onthophagus trigibber*; *Onthophagus taurus*; *Onthophagus opacicollis*; *Onthophagus maki*); notons d'une deuxième espèce rouleuse (*Scarabaeus sacer*) qui apparaît à la fin de la saison estivale (Tab 12).

Tableau 12 : Variation saisonnière de la composition des noyaux fonctionnels successifs à Brabtia

espèces/mois		janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
<i>Aphodius fimetarius</i>	Afi										23%	17%	11%
<i>Alocoderus hydrochaeris</i>	Ahy	19%	21%								40%	21%	13%
<i>Amidorus cribricollis</i>	Acr		14%										
<i>Gymnopleurus sturmi</i>	Gst					10%	15%	10%	11%	13%			
<i>Scarabaeus sacer</i>	Ssa									14%			
<i>Onthophagus nigellus</i>	Oni			13%	14%	13%	13%						
<i>Onthophagus trigibber</i>	Otr			13%	12%		11%	23%					
<i>Onthophagus taurus</i>	Ota			17%	19%	28%	28%	35%	74%	73%	17%		
<i>Onthophagus opacicollis</i>	Oop				15%								
<i>Onthophagus maki</i>	Oma			13%	16%	14%	18%						
<i>Copris hispanus</i>	Chi	16%	11%									17%	15%
<i>Copris pueli</i>	Cpu												11%
<i>Bubas bison</i>	Bbi	28%	31%									19%	15%

- ✓ Afi : *Aphodius fimetarius* ; Ahy *Alocoderus hydrochaeris* ; Oni : *Onthophagus nigellus* ; Cer : *Colobopterus erraticus* ; Otr : *Onthophagus trigibber* ; Chi : *Copris hispanus* ; Cpu : *Copris pueli* ; Ota : *Onthophagus taurus* ; Bbi : *Bubas bison* ; Acr : *Amidorus cribricollis* ; Oop : *Onthophagus opacicollis* ; Gst : *Gymnopleurus sturmi* ; Ssa : *Scarabaeus sacer* .

# 1. Analyses Factorielles des Correspondances :

## Dans le site 1 : Boumalek

L'analyse factorielle des correspondances, a été faite non pas avec les effectifs bruts mais avec leur logarithme + 1 (Jay-Robert, 2007). Les deux premiers axes, sont les seuls interprétables, représentent 56% de l'inertie, donc plus de la moitié de l'information. Le long de L'axe 1, on observe une nette discrimination entre les deux faunes : une faune d'été dans la partie négative de l'axe représentée par (*Scarabaeus sacer*, *Sisyphus shaefferi*, *Gymnopleurus strumi*, *Euoniticellus pallens*, *Euoniticellus fulvus*, *Onthophagus similis*). L'axe 2 isole dans sa partie négative un groupe intermédiaire entre la faune d'été et celle d'hiver, il s'agit de la faune de printemps le plan 1-2, on distingue 3 saisons : hiver (novembre à février, 11 espèces caractéristiques), printemps (mars et avril, 5 espèces caractéristiques) et été (mai à septembre, 8 espèces caractéristiques). D'une année sur l'autre les résultats sont tout à fait similaires (Fig 20)

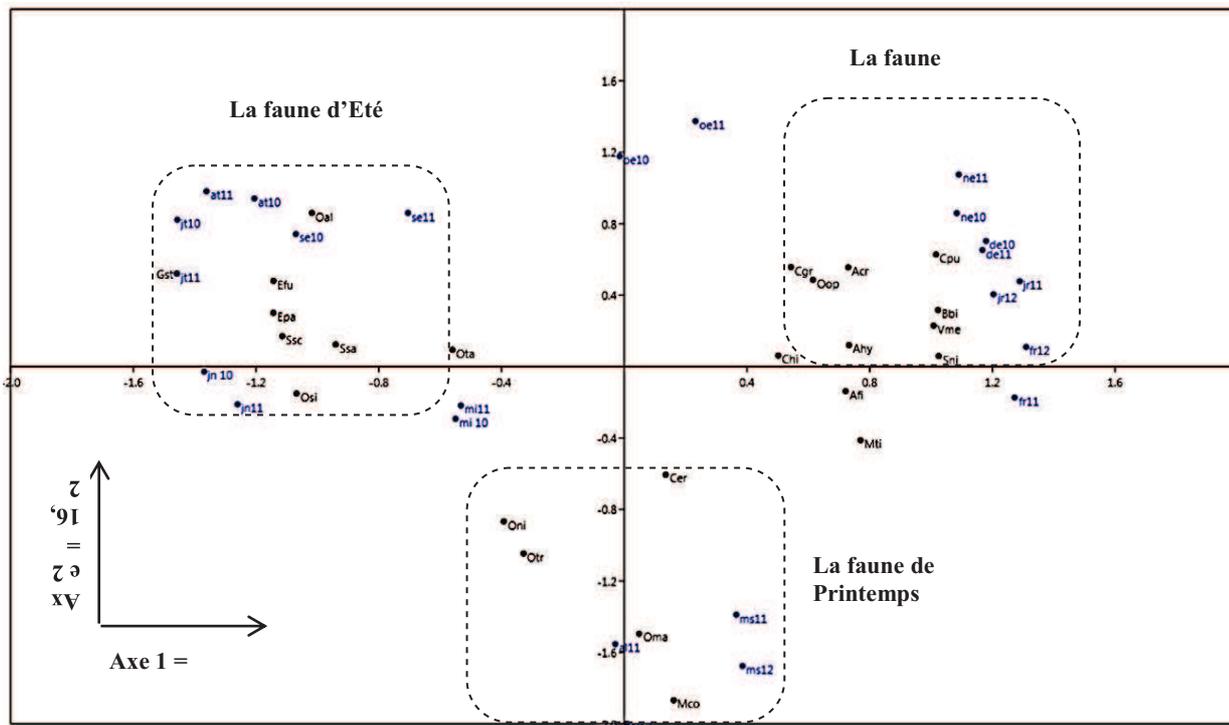


Figure 20 : Analyse Factorielle de correspondance établie à partir des Coléoptères Scarabéidés coprophages capturés dans la station de Boumalek.

- ✓ **Afi** : *Aphodius fimetarius* ; **Mco** : *Melinopterus consputus* ; **Epa** : *Euoniticellus pallens* ; **Ahy** : *Alocoderus hydrochaeris* ; **Oni** : *Onthophagus nigellus* ; **Tma** : *Thorectes marginatus* ; **Cer** : *Colobopterus erraticus* ; **Otr** : *Onthophagus trigibber* ; **Chi** : *Copris hispanus* ; **Cgr** : *Calamosternus granarius* ; **Osi** : *Onthophagus similis* ; **Oma** : *Onthophagus maki* ; **Oal** : *Onitis alexis* ; **Cpu** : *Copris pueli* ; **Vme** : *Volinus melanostictus* ; **Ota** : *Onthophagus taurus* ; **Bbi** : *Bubas bison* ; **Acr** : *Amidorus cribricollis* ; **Oop** : *Onthophagus opacicollis* ; **Sni** : *Sericotrupes niger* ; **Mti** : *Melinopterus tingens* ; **Efu** : *Euoniticellus fulvus* ; **Gst** : *Gymnopleurus strumi* ; **Ssa** : *Scarabaeus sacer* ; **Ssh** : *Sisyphus shaefferi*.
- ✓ **Jr** : Janvier ; **fr** : Février ; **ms** : Mars ; **al** : Avril ; **mi** : Mai ; **jn** : Juin ; **jt** : Juillet ; **at** : Aout ; **se** : Septembre ; **oe** : Octobre ; **ne** : Novembre ; **de** : Décembre

## Dans le site 2 : Djebel El Ghorra

Ici aussi l'AFC a été réalisé avec logarithme + 1. Les deux premiers axes représentent cette fois 64% de l'inertie, donc près des 2/3 de l'information. Sur le plan 1-2, on distingue un effet « Gutmann » (Jay-Robert, 2007) (fer à cheval), qui oppose les relevés d'été (juillet, août, septembre) et ceux d'hiver (novembre, décembre, février). La aussi c'est un gradient saisonnier qui est mis en évidence. Le printemps (mars, avril, mai) et l'automne (octobre) ont visiblement des faunes comparables, intermédiaires entre celles d'hiver et d'été. D'une année sur l'autre on observe des résultats comparables. (Fig 21)

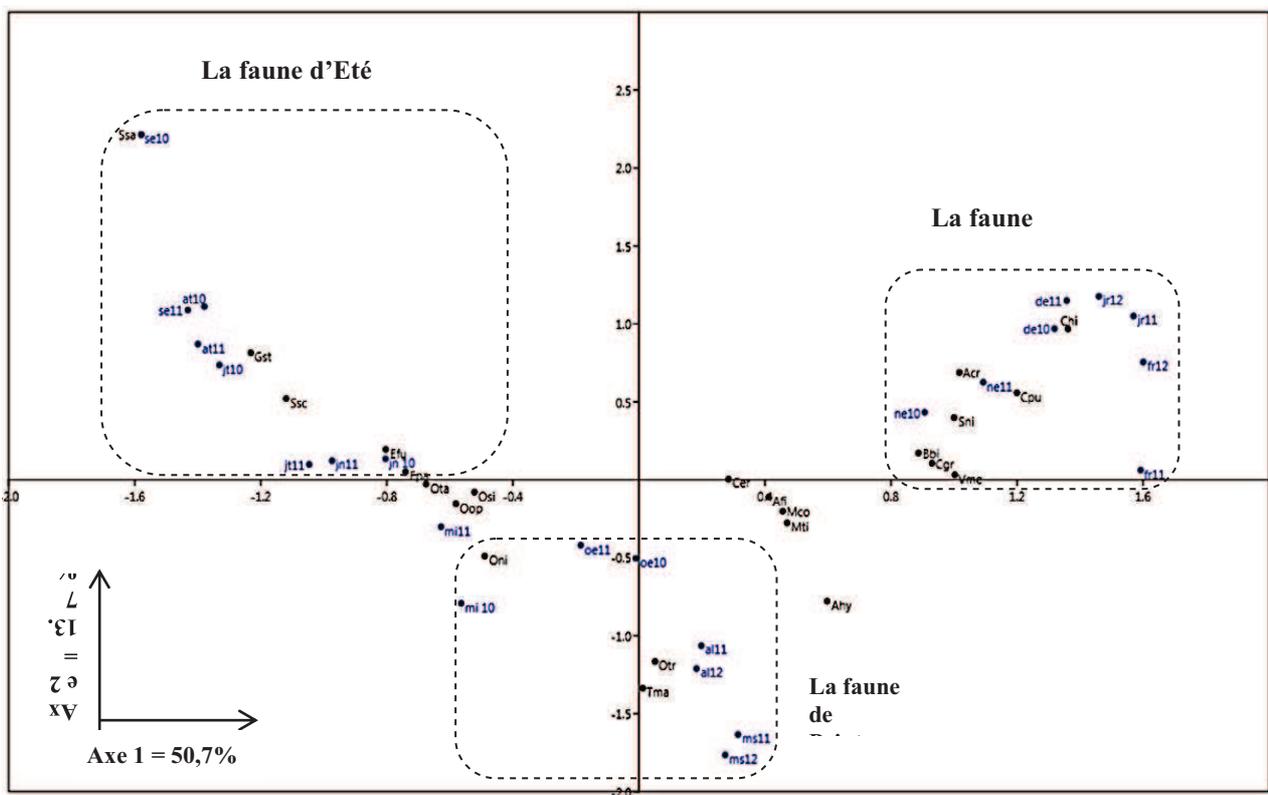


Figure 21 : Analyse Factorielle de correspondance établie à partir des Coléoptères Scarabéidés coprophages capturés dans la station de Djebel el Ghorra.

- ✓ **Afi** : *Aphodius fimetarius* ; **Mco** : *Melinopterus consputus* ; **Epa** : *Euonticellus pallens* ; **Ahy** : *Alocoderus hydrochaeris* ; **Oni** : *Onthophagus nigellus* ; **Tma** : *Thorectes marginatus* ; **Cer** : *Colobopterus erraticus* ; **Otr** : *Onthophagus trigibber* ; **Chi** : *Copris hispanus* ; **Cgr** : *Calamosternus granarius* ; **Osi** : *Onthophagus similis* ; **Oma** : *Onthophagus maki* ; **Oal** : *Onitis alexis* ; **Cpu** : *Copris pueli* ; **Vme** : *Volinus melanostictus* ; **Ota** : *Onthophagus taurus* ; **Bbi** : *Bubas bison* ; **Acr** : *Amidorus cribricollis* ; **Oop** : *Onthophagus opacicollis* ; **Sni** : *Sericotrupes niger* ; **Mti** : *Melinopterus tingens* ; **Efu** : *Euonticellus fulvus* ; **Gst** : *Gymnopleurus sturmi* ; **Ssa** : *Scarabaeus sacer* ; **Ssh** : *Sisyphus schaefferi*.
- ✓ **Jr** : Janvier ; **fr** : Février ; **ms** : Mars ; **al** : Avril ; **mi** : Mai ; **jn** : Juin ; **jt** : Juillet ; **at** : Aout ; **se** : Septembre ; **oe** : Octobre ; **ne** : Novembre ; **de** : Décembre

### Dans le site 3 : Brabtia

Ici aussi l'analyse factorielle des correspondances a été réalisée avec logarithme + 1 (Jay-Robert, 2007). Les deux premiers axes représentent 62% de l'inertie, donc près des 2/3 de l'information. Sur le plan 1-2, on distingue également un effet « Gutmann » (Jay-Robert, 2007) (fer à cheval) qui oppose les relevés d'été (Juillet, Août, Septembre) à ceux d'hiver (Novembre, Décembre, Février). La aussi c'est un gradient saisonnier qui est mis en évidence. Le printemps (mars, avril, mai) et l'automne (octobre) ont visiblement des faunes intermédiaires entre celles d'hiver et d'été. D'une année sur l'autre les résultats sont comparables (Fig 22).

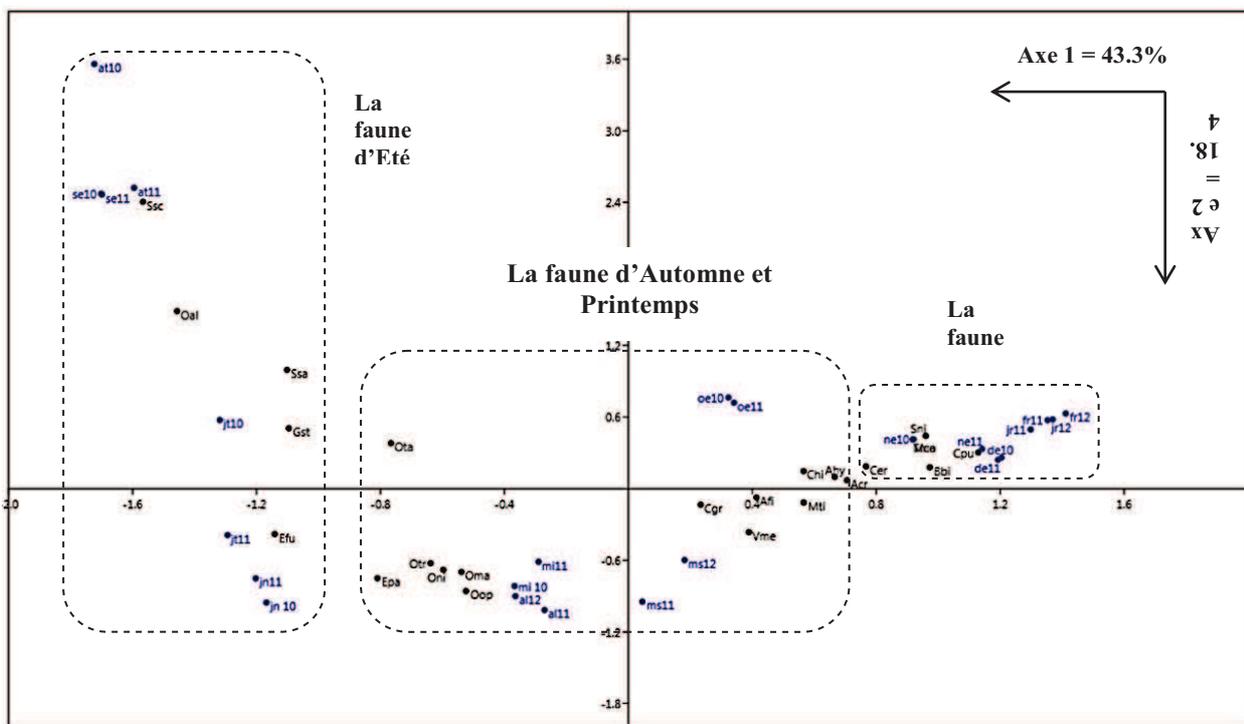


Figure 22 : Analyse Factorielle de correspondance établie à partir des Coléoptères Scarabéidés coprophages capturés dans la station de Brabtia.

- ✓ *Afi* : *Aphodius fimetarius* ; *Mco* : *Melinopterus consputus* ; *Epa* : *Euonticellus pallens* ; *Ahy* : *Alocoderus hydrochaeris* ; *Oni* : *Onthophagus nigellus* ; *Tma* : *Thorectes marginatus* ; *Cer* : *Colobopterus erraticus* ; *Otr* : *Onthophagus trigibber* ; *Chi* : *Copris hispanus* ; *Cgr* : *Calamosternus granarius* ; *Osi* : *Onthophagus similis* ; *Oma* : *Onthophagus taurus* ; *Bbi* : *Bubas bison* ; *Acr* : *Amidorus cribricollis* ; *Oop* : *Onthophagus opacicollis* ; *Sni* : *Sericotrupes niger* ; *Mti* : *Melinopterus tingens* ; *Efu* : *Euoniticellus fulvus* ; *Gst* : *Gymnopleurus sturmi* ; *Ssa* : *Scarabaeus sacer* ; *Ssh* : *Sisypus schaefferi*.
- ✓ **Jr** : Janvier ; **fr** : Février ; **ms** : Mars ; **al** : Avril ; **mi** : Mai ; **jn** : Juin ; **jt** : Juillet ; **at** : Aout ; **se** : Septembre ; **oe** : Octobre ; **ne** : Novembre ; **de** : Décembre

### Les trois sites ensembles :

Cette fois l'analyse factorielle des correspondances des trois stations cumulées, a été réalisée avec les pourcentages en cumulant les effectifs collectés pour chaque mois, de mai 2010 à Avril 2011. Les deux premiers axes représentent 44% de l'inertie (Fig 23).

L'axe 1 isole nettement une faune d'hiver dominée par les *Aphodiidae* et une faune d'été dominée par les *Scarabaeidae*. L'axe 2 isole la faune d'hiver dans sa partie positive, cette faune est caractérisée par (*Aphodius fimetarius*, *Melinopterus consputus*, *Colobopterus erraticus*, *Volinus melanostictus*, *Alocoderus hydrochaeris*, *Melinopterus tingens*, *Calamosternus granarius*, *Bubas bison*, *Copris pueli*). La partie négative est caractérisée par deux groupes :

Le premier groupe, est caractérisé par la présence de (*Scarabaeus sacer*, *Gymnopleurus strumi*, *Onthophagus taurus*, *Onitis alexis*), il s'agit de la faune d'été mais caractéristique des stations de plaines : Boumalek et Brabtia.

Le second groupe, qui est également lié à la partie négative de l'axe 2 est composé de (*Sisyphus schaefferi*, *Onthophagus similis*, *Onthophagus opacicollis*, *Euoniticellus fulvus*, *Euoniticellus pallens*). Il est caractéristique de la station d'altitude de Djebel El Ghorra.

On distingue très bien : la faune d'hiver (novembre, décembre, janvier, février) commune aux trois habitats. Une faune d'été (mai, juin, juillet, aout, septembre) différente entre les deux habitats de basse altitude (Boumalek et Brabtia) et l'habitat forestier d'altitude (Djebel El Ghorra).

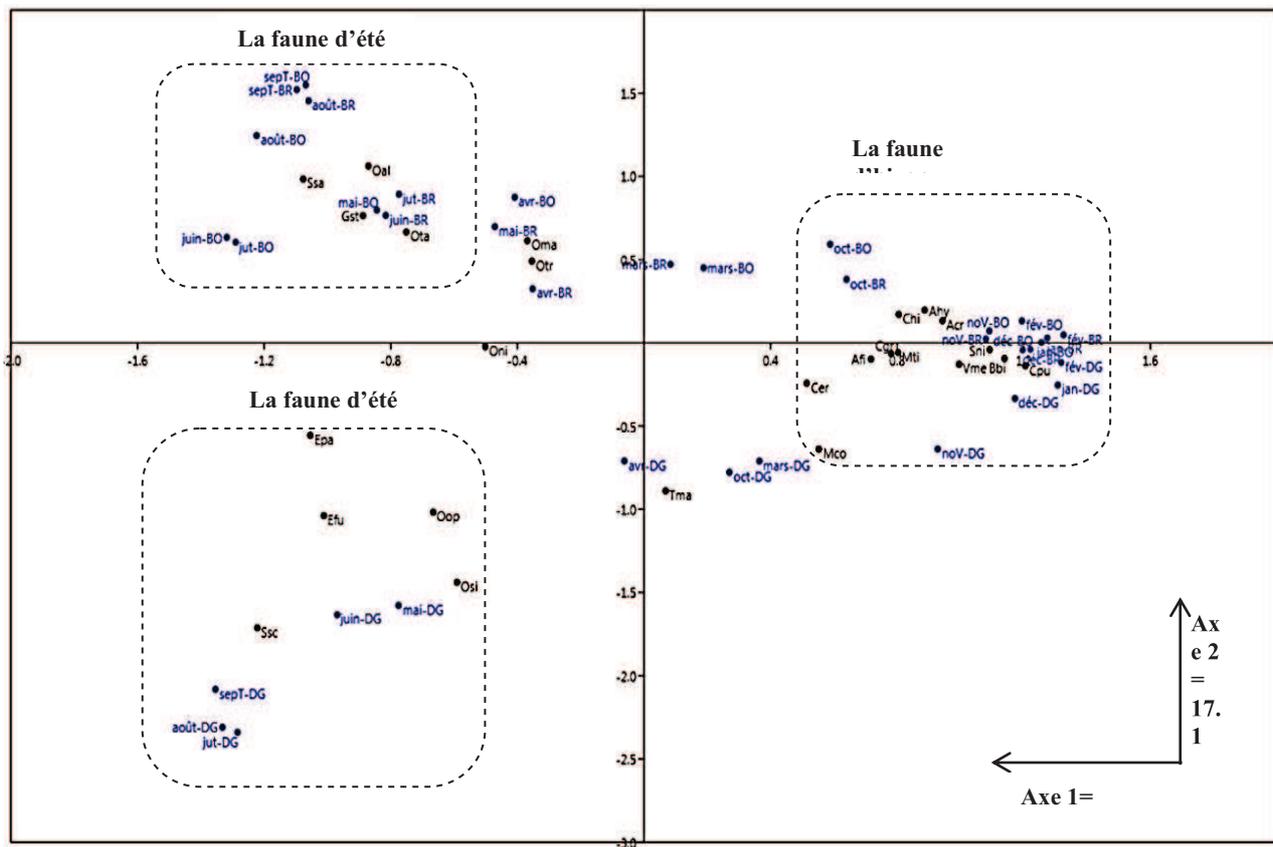


Figure 23 : Analyse Factorielle de correspondance établie à partir des Coléoptères Scarabéidés coprophages capturés dans les trois stations (Boumalek ; Djebel El Ghorra et Brabtia).

- ✓ **Afi** :Aphodius fimetarius ; **Mco** :Melinopterus consputus ; **Epa** : Euonticellus pallens ; **Ahy** :Alocoderus hydrochaeris ; **Oni** :Onthophagus nigellus ; **Tma** :Thorectes marginatus ; **Cer** : Colobopterus erraticus ; **Otr** :Onthophagus trigibber ; **Chi** : Copris hispanus ; **Cgr** : Calamosternus granarius ; **Osi** :Onthophagus similis ; **Oma** : Onthophagus maki ; **Oal** : Onitis alexis ; **Cpu** :Copris pueli ; **Vme** : Volinus melanostictus ; **Ota** :Onthophagus taurus ; **Bbi** : Bubas bison ; **Acr** :Amidorus cribricollis ; **Oop** :Onthophagus opacicollis ; **Sni** :Sericotrupes niger ; **Mti** :Melinopterus tingens ; **Efu** :Euoniticellus fulvus ; **Gst** :Gymnopleurus sturmi ; **Ssa** :Scarabaeus sacer ; **Ssh** :Sisyphus schaefferi.
- ✓ **Jr** : Janvier ; **fr** : Fevrier ; **ms** : Mars ; **al** : Avril ; **mi** : Mai ; **jn** : Juin ; **jt** : Juillet ; **at** : Aout ; **se** : Septembre ; **oe** : Octobre ; **ne** : Novembre ; **de** : Décembre
- ✓ **BO**: Boumalek; **BR**: Brabtia; **DG**: Djebel Ghorra.



# Discussion

# DISCUSSION

---

Le pastoralisme reste une pratique très importante dans la région d'El Kala, 95% du bétail est de race locale, 35 % de la population totale trouvent leur source de revenus dans l'élevage. Dans les zones rurales, cette proportion passe à 50% et atteint 80% dans les régions comme Ramel Souk et Bougous. L'élevage, particulièrement celui des bovins, prend sur les pans économiques et écologiques des dimensions qui dépassent le cadre de la région d'étude (Ouelmouhoub, 2005).

Les animaux présentent un caractère saisonnier de l'utilisation des pâturages, se déplaçant vers le bas en plaine et à proximité des lacs au moment où les eaux se tarissent, et remontent les pentes boisées dans la saison pluviale quand les lacs se remplissent. Les animaux sont souvent non conduit en troupeaux et le retour à la ferme ou l'enclot se fait le soir. Ces troupeaux sont la forme principale de thésaurisation de la richesse locale et un élément à part entière du système de polyculture (Homewood, 1991). La productivité du milieu pâturé par le grand mammifère herbivore (cheval, vache, mouton) dépend de la dynamique de recyclage des déjections de ces animaux (Haloti et al, 2006). Les principaux acteurs qui participent à ce processus, sont les Lombrics surtout dans les régions tempérées et humides (Holter, 1979 ; Lumaret, 1980). Par contre dans les régions méditerranéennes, ce sont les Coléoptères Scarabaeides coprophages qui participent le plus activement à la dilacération, fragmentation et le transport vertical des excréments (Lumaret, 1983 ; Lumaret et Krik, 1987).

Les objectifs principaux de ce travail, étaient tout d'abord de contribuer à la reconnaissance des coléoptères coprophages associées aux déjections de vache, au niveau du parc national d'El Kala ; ce travail a d'abord visé, est l'inventaire des coprophages. Il a été entrepris d'une part, du fait de l'importance de ce groupe d'organisme dans le fonctionnement des écosystèmes forestiers locaux. Il a également été entrepris pour combler le vide de connaissance concernant les insectes coprophages en Algérie. Il a enfin permis de dégager quelques éléments d'écologie de peuplement en relation avec les facteurs mésologiques.

## **I. Composition, diversité et structure des peuplements des Scarabéidés coprophages :**

Dans notre étude nous avons utilisé la méthode de piégeage standard de type CSR (Lobo et al, 1988), c'est la méthode la plus utilisée dans ce genre d'étude, elle a l'avantage d'être exploitée comme partout les matériaux locaux c'est-à-dire, les bouses collectées et traitées sur place. Elle présente tout de même, l'inconvénient d'occuper beaucoup d'espaces dans les appareils de conservations, réfrigérateurs ou congélateurs. Par ailleurs, les pièges peuvent faire parfois l'objet de vol ; ce qui peut engendrer une perte d'information conséquente.

L'utilisation de cette méthode durant 24 mois d'échantillonnage dans les trois sites, nous a permis de collecter 25 espèces, appartenant à trois grandes familles. La famille des Scarabaeidae, qui comprend à la fois des insectes rouleurs, (Scarabaeinae) représentés par 3 espèces et des insectes fouisseurs, représentés par 13 espèces. La famille des Geotrupidae, espèce également fouisseuse qui est représentée dans les trois sites d'études par seulement deux espèces. La famille des Aphodiidae représentée par 8 espèces. L'ensemble de ces espèces avoisine les 27% de la faune totale des coléoptères coprophages d'Algérie et 50% de celle du nord de l'Algérie (Barraud, 1985). En Tunisie (Erouissi et al, 2009) ont rassemblé 38 espèces. Au Maroc Janati et al, (1999) ont collecté entre 24 et 41 espèces dans 6 sites différents, soit une moyenne de 36.3 espèces par site. Toujours au Maroc, Haloti et al, (2006) ont rassemblé 46 espèces à une altitude de 250 m et 43 espèces à une altitude moyenne de 800 m. Dans les Alpes en France, 48 espèces ont été collectés dans cinq sites, en utilisant le même type de piégeage (Erouissi et al, 2004) et 40 espèces dans les Alpes du Nord (Lumaret et Stienet, 1991). Barbero et al, (1999) ont recensé 27 espèces dans le parc naturel de la Mandria (Nord-Ouest de l'Italie). Dans la péninsule Ibérique Kir et Ridsdill-Smith, (1986) ont capturé 30 espèces.

L'échantillonnage réalisé dans la région d'étude nous a permis de collecter près de 17 000 spécimens de coléoptères coprophages. L'abondance de cette collecte, traduit une grande disponibilité des ressources que cette faune utilise, ceci a été relevé et discuté dans d'autres circonstances par (Hanski et Combfort ; 1991 ; Gardner et al, 1995; Kiehl et al, 1996; Margaris et al, 1996 ; Barroso et Lazaro 1999).

Cette abondance des ressources, est liée au caractère pastoral de la région d'el Kala. Celle-ci, est connue pour être la plus importante région d'élevage extensif de bovin d'Algérie. Le bétail est présent partout : dans les maquis, dans les forêts de plaines, dans les prairies et dans les forêts de montagnes. Cette répartition géographique non sélective du bétail, a pour conséquence une certaine

équi-répartition inter-sites de la faune de coléoptère coprophage. Ce phénomène, est exprimé par les fortes valeurs de l'équitabilité E, conformément aux travaux de (Janati et al, 1999).

Les trois stations ont presque la même composition faunistique, et les espèces se partagent de manière relativement équilibrées les ressources trophiques, puisqu'il n'y a pas de différence entre les valeurs de la diversité H' de Shannon (Tab 13).

Tableau 13 : *paramètre de structure des peuplements des stations étudiées*

<i>Stations</i>	<i>Richesse</i>	<i>Diversité (H')</i>	<i>Equitabilité (E)</i>
<i>Boumalek</i>		<b>3.71</b>	<b>0.81</b>
<i>Djebel El Ghorra</i>		<b>3.96</b>	<b>0.87</b>
<i>Brabtia</i>		<b>3.87</b>	<b>0.84</b>

Les bousiers étant des insectes fouisseurs, ils sont en quelque sorte outillés en conséquence de tibias armés de très fortes pointes, excavation du thorax permettant un effet bulldozer, chaperon céphalique (souvent dentelé) faisant office de pelle et de grattoir.

Pour ces insectes coprophages, les excréments constituent à la fois une ressource et un abri. Les adultes se nourrissent des fluides des bouses fraîches (ingérant de petites particules de matière organique) dont l'odeur diffusée contient des phéromones attractives aéroportées, et, l'amas stercoral sert de lieu de ponte et de développement pour leur progéniture. Les œufs pondus éclosent pour donner des larves coprophages (qui à l'inverse des adultes ingèrent de grandes quantités de matière organique) ou carnivores selon l'espèce et le stade de développement. La larve se métamorphose ensuite en adulte et, après avoir creusé un tunnel pour atteindre la surface s'envole à la recherche d'une nouvelle bouse (Hughes, 1975).

Si dans les régions tempérées et humides l'action des coléoptères est plutôt discrète, les lombrics étant les principaux acteurs, il n'en est pas de même sous des climats plus chauds et secs où les contraintes édaphiques et climatiques (sécheresse) favorisent l'action des bousiers. Cependant la compétition est rude pour exploiter efficacement cette ressource fécale. C'est pour répondre à ces contraintes que les différentes espèces d'insectes coprophages ont élaboré diverses stratégies.

Dans certains excréments, jusqu'à 100 individus par kilo de bouse, appartenant à une vingtaine d'espèces ont pu être recensés; cela implique une intense compétition, pour s'assurer une portion de la précieuse ressource alimentaire et pour éviter une compétition spatiale de la bouse. Plusieurs techniques ont été adoptées afin d'utiliser cette matière fécale.

La stratégie la plus simple, est de l'utiliser sur place, ce qui détermine le groupe des résidents encore appelés endocoprines, qui restent dans l'excrément et se nourrissent au sein même de la masse fécale. Une seconde méthode consiste à enfouir dans le sol, sur place, le butin, cette technique détermine le groupe des fouisseurs encore appelés paracoprines. La troisième méthode, qu'utilisent les rouleurs (ou télécoprines), ressemble à la précédente mais s'affranchit de l'espace limité du sol sous-jacent à la bouse qu'utilisent les paracoprines, en fabriquant à partir de l'amas stercoral une boule ou pilule, qui est roulée sur le sol (grâce à la morphologie de leurs pattes arrière) pour être enfouie plus loin, à quelques dizaines de mètres. Ses différentes techniques élaborées résultent d'une double compétition vis-à-vis de la ressource alimentaire et du taux d'occupation de l'espace. La pression sélective a donc induit une évolution des espèces coprophages, vers une de ces trois techniques d'utilisation de la bouse (Cambfort, 1991).

Sous des climats de type méditerranéen (Afrique du Nord), les *Aphodiinae* représentent l'essentiel des endocoprines, les paracoprines sont représentés par les *Onthophaginae*, *Coprinae* et les *Geotrupinae*, par ailleurs les *Scarabeinae* sont majoritairement télécoprines. Ainsi, les modalités de coexistence des Scarabéides coprophages peuvent être regroupées selon ces trois guildes, dans lesquelles les sous-familles d'espèces partagent la même histoire phylogénétique, source potentielle de mécanismes co-évolutifs, facilitant la coexistence et donc la survie, jusqu'à nos jours des espèces.

**Les résidents ou endocoprines :** La plupart des espèces de cette guildes, ne colonisent pas durablement les déjections des animaux. Ils pondent rapidement dans la masse d'excrément et se retirent une fois cette tâche accomplie. Les larves qui éclosent, sont ensuite exposées à la prédation (oiseaux, insectes,...), et à la compétition.

Certains *Aphodius* ont un cycle biologique complètement original par rapport à celui de la majorité des autres espèces, ce qui leur permet de bénéficier de la période où la vitesse de dessiccation des excréments est la plus faible, tout en limitant la concurrence. Ainsi un bon nombre d'espèces de cette sous-famille exploitent les bouses durant l'hiver. Les femelles pondent et sont actives de décembre à février, parfois plus tard si le printemps est tardif (Lumaret et Stirnet, 1991).

Cette guildes des résidents représente 26% des effectifs à Boumalek, 28% des effectifs à Djebel El Ghorra et 27 % à Brabtia. Cette guildes est, par ailleurs, surtout active durant la saison froide, puisque ses espèces sont majoritaires en hiver. Ce préférendum saisonnier, à l'avantage de réduire la compétition interspécifique avec les autres guildes, mais également, les risques de prédation (Lumaret et Stirnet, 1991 ; Jay-Robert et al, 2008 ; Erouissi et al, 2004).

**Les fousseurs ou paracoprides :** représentés dans la région d'étude essentiellement par les *Onthophaginae* les *Geotrupidnae* et les *Coprinae* (on retiendra surtout l'*Onthophagus Taurus*, *Onthophagus similis*, *Onthophagus Opacicollis*, qui dominent les autres fousseurs dans notre étude), ces fousseurs, creusent sous l'excrément un nid pédotrophique qui peut atteindre 1.5 m de profondeur, c'est le cas du *Typhaeus typhaeus* (Lumaret, 1989), ce qui limite la concurrence, la prédation et la dessiccation des réserves destinées aux larves. La masse stercorale soustraite à la concurrence des autres espèces, est par la suite fractionnée en boules ou boudins, qui reçoivent chacun un œuf. La profondeur et l'architecture du nid sont spécifiques à chaque espèce, avec cependant quelques variantes d'ajustement. Chez ces espèces fousseuses, différentes adaptations ont été adoptées pour diminuer au maximum la compétition intra et inter spécifique et ainsi optimiser l'utilisation de la matière fécale (Lumaret et al, 1989).

Cette guildes est bien représentée dans les trois sites d'études avec 48% à Boumalek, 56% à Djebel El Ghorra et 65 % à Brabtia, cette abondance, est certainement liée au climat méditerranéen propice au développement des espèces fousseuses (Hanski, 1986 ; Martin-Piera et al, 1992 ; Escobar et al, 2005. 2006). Les fousseurs jouent un rôle important dans la dessiccation de la matière fécale, ainsi que dans la réincorporation de cette dernière dans le sol ; (Gillard, 1967) a prouvé qu'en absence des fousseurs et des rouleurs, 80% de l'azote d'excrément se volatilise dans les airs.

L'enfouissement des bouses par les insectes fousseurs, conduit à un enrichissement des horizons édaphiques sous-jacents (Bremeyer, 1974 ; Kalisz et Stone, 1984), ce qui stimule les populations de microarthropodes du sol, en particulier les Collembolés et les Acariens (Bertrand et Lumaret, 1984). Le brassage dû à l'enfouissement augmente généralement d'une manière significative le rapport bactérie /hyphes mycéliens (Lussenhop et al, 1980), favorisant de la sorte le développement des bactéries ammonifiantes qui accélèrent le recyclage de la matière fécale et donc la circulation de l'azote dans les écosystèmes pâturés (Bremeyer et al, 1975 ; Loiseau et al, 1984).

**Parmi les Telecoprides ou les rouleurs :** (dont les seules espèces capturées sont (*Scarabaus sacer* ; *Sisyphus Shaeffery* et *Gymnopleurus Stumi*), une ségrégation par la taille est envisageable. Généralement les espèces de grande taille (> 50 mg) arrivent tardivement sur l'excrément et y

restent longtemps, alors que les espèces de petite taille (< 50 mg) arrivent plus tôt et migrent plus facilement d'un excrément à l'autre. Cette migration entre les excréments est un phénomène important dans la dynamique des communautés de bousiers. D'après Huges (1975); Les espèces qui arrivent tôt peuvent être qualifiées de « spécialistes », puisqu'elles présentent une niche trophique étroite. En effet ; elles sont caractérisées par un développement rapide, une importante fécondité et une grande capacité de vol. En revanche Les espèces tardives sont qualifiées de « généralistes » avec une niche trophique large puisque elle reste plus longtemps dans la déjection.

La guildes des rouleurs est bien représentée à Boumalek avec 26% du peuplement. Cette proportion est étroitement liée à l'abondance dominante du Scarabée sacré. Cette espèce préfère en effet, l'habitat prairial dunaire, plus facile à creuser qu'aux sols brun forestiers de Djebel El Ghorra ou rendzines pierreuses de Brabtia ; dans les quelles représente avec 16 % et 7 %.

Il est à noter, que les Scarabéidés rouleurs dans les pays méditerranéens, sont dans le déclin constant, probablement en raison de la dégradation d'habitats côtiers et à la disparition du pâturage extensif (Lobo, 2001).

## **II. Variabilité saisonnière :**

La saisonnalité des insectes, est principalement associée à trois facteurs : disponibilité des ressources, nature du sol, température et humidité (Wolda, 1988 ; Lumaret et Kirk, 1991). Pendant les périodes chaudes et sèches, les déjections deviennent moins exploitables pour la plupart des scarabées (Rougon D et Rougon C, 1983 ; Hanski et Combfort, 1991). Deux facteurs sont critiques pour beaucoup de scarabées coprophages dans les zones méditerranéennes : l'hiver froid et l'été chaud et sec. Ce qui aboutit à une concentration dans l'activité des scarabées au printemps et en automne (Lumaret et Kirk, 1987) (Tab 14).

Tableau 14 : Principaux facteurs de disparition d'un dépôt de fécès (Combfort Y, 1991)

<b>Activité</b>					
<b>Période du dépôt</b>	<b>Attractivité des fécès</b>	<b>Insectes coprophages</b>	<b>Micro-arthropodes</b>	<b>Consommation des fécès</b>	<b>Remarques</b>
<b>Printemps</b>	Forte	++++	++++	++++	<b>Reproduction des espèces besoin alimentaire intenses</b>
<b>Eté</b>	Faible	+	+	+	<b>Dessiccation très rapides estivation des arthropodes</b>
<b>Automne</b>	Forte	+++	+++	+++	<b>Réhydratation des fécès reprise d'activité</b>
<b>Hiver</b>	Moyenne	++	++	++	<b>Ralentissement hivernal, peu d'espèces actives.</b>

Dans notre étude, cela a confirmé les corrélations négatives entre les précipitations enregistrées dans la région d'El Kala et l'abondance mensuelle dans les trois sites d'études (Boumalek, Brabtia et Djebel El Ghorra); les précipitations ont une action de dégradation des déjections. Cette dégradation a un effet immédiat sur la diversité et le comportement de ponte de plusieurs espèces de coprophages, (Singtoe et al, 2004).

Le pic d'activité observé durant la période d'étude, a été observé a la fin du printemps dans les deux habitats de basse altitude : habitat prairial dunaire et habitat forestier de plaine, et au début d'été dans l'habitat forestier d'altitude. Ce pic coïncide avec la période de ponte de la plupart des espèces en méditerranée (Lumaret et kirk, 1991), et principalement en Afrique du Nord (Janati et al, 1999 ; Haloti et al, 2006 ; Errouissi et al, 2009). Le petit décalage temporel observé à Djebel el Ghorra, est dû à la différence de température entre cet habitat plus humide (Ferhati et all, 2006) et les habitats de plaines (Lumaret et kirk, 1991).

L'abondance et la présence de certaines espèces de Scarabaeides coprophages, peut- être reliée à la nature du sol (Fincher, 1973 ; Hanski et Combfort, 1991 ; Sowig, 1995 ; Peck et Forsyth, 1982 ; Doube, 1983).

Dans l'habitat prairial dunaire, (Boumalek), 5608 individus ont été capturés, c'est *Scarabaus sacer* qui domine tous les espèces en abondance avec 22 % du peuplement (1211 individus). L'abondance du rouleur sacré dans ce site, est principalement associée à la texture sableuse du sol, cet insecte a tendance à préférer les sols à structure meubles, notamment les sols sableux ou les dunes de sable (Lumaret et Kirk,1987 ; Lumaret, 1990), pour pouvoir creuser des galeries souterraines et permettre l'enterrement des pilules préalablement confectionnées et emmenées par roulage à un endroit convenable, soit pour leurs propres consommations ou pour l'édification de nids pédotrophiques, servant à la réception de la ponte (Halouti et all, 2006).

Le scarabée sacré, est l'un des symboles fondamentaux de la religion égyptienne ; les Egyptiens l'adulaient comme un dieu, identifiant sa boulette au soleil qui disparaissait tous les soirs dans le sol avant de réapparaître le matin suivant de sorte que l'insecte lui-même était pour eux symbole de renaissance, pouvant aider à vaincre la mort (Combefort.1991). Cette espèce est fortement menacée de disparition en Europe (Lobo et al ,2001 ; Verdu et Glante, 2006 ; Carpaneti et al, 2007), ce déclin, est associé à la réduction des activités pastorales traditionnelles, l'extension du pâturage intensif et le reboisement des prairies.

Dans l'habitat forestier d'altitude, on 'a collecté 6809, *Sisyphus shaefferi* est une espèce qui appartient à la guilde des rouleurs, elle domine cet habitat avec 16 % du peuplement (1096 individus) de la richesse totale, cette espèce est abondante dans les collines bien exposées (Combefort, 1975) ; suivit par *Onthophagus similis*, une espèce qui appartient à la guilde des fousseurs, ce spécimen, est principalement inféodé à l'habitat d'altitude avec 10% du peuplement soit (713 individus), elle est quasiment absente dans les habitats de plaines; ces résultats sont également été obtenue par (Halouti et all, 2006).

L'altitude influence négativement la présence d'insectes à stratégie K. Les fousseurs sont présents à plus haute altitude que les rouleurs. Le nombre d'espèce de grande à moyenne taille décroît régulièrement quand le gradient altitudinal augmente, alors que les petites espèces deviennent largement dominantes au-dessus de 1500m (Lumaret & Stiernet.1994). Nos résultats confirment ces observations, car la totalité des espèces collectées à Djebel el Ghorra, étaient de taille moyenne et petite. À chaque niveau altitudinal, les espèces tendent vers une taille qui permet un compromis entre une taille optimisant le temps nécessaire à la larve pour son développement, et une exploitation optimale des ressources.

Dans l'habitat forestier de plaine, (Brabtia), on a collecté 4643 individus, *Onthophagus taurus* est l'espèce abondante. Elle domine numériquement les autres espèces avec avec 22% du peuplement, soit 1000 individus. La plasticité de cette espèce dépend étroitement de la disponibilité des

ressources trophiques dans le milieu et aussi a la capacité d'adaptation dans les différents climats, car elle est active de Mars jusqu'à Octobre.

La communauté des insectes coprophages trouvés dans le Nord-Est Algérien, est dominée par les Scarabaeidae originaires de la Méditerranée (Lumaret et Kirk, 1987) et une communauté tempérée européenne du nord dominée par les Aphodiidae (Hanski et Cambefort, 1991). En fait la plupart des espèces capturées dans les trois sites d'études appartiennent à la famille des Scarabaeidae et à la guilde des fouisseurs 11 espèces sur 25 espèces totales.

Lumaret et Stienet (1991) ; Stienet et Lumaret (1991) ; ainsi que Errouissi et al (2004), ont montré que les peuplements de Scarabéidés coprophages, s'organisaient autour du noyau fonctionnel, et chaque noyau rassemble des espèces dont le rôle est considéré comme non négligeable dans le fonctionnement des écosystèmes pâturés, 10 % du peuplement en effectifs et/ou en biomasse.

Dans les trois différents habitats, (Boumalek, Djebel El Ghorra et Brabtia) on note une présence de trois espèces clés, dans la mesure où elles sont présentes durant une durée plus longue. Deux espèces clé sont communes dans les deux sites *I* (Boumalek) et site *III* (Brabtia), la première espèce c'est *Aphodius hydrocaeris*, qui est active six mois sur douze dans l'habitat prairial dunaire et cinq mois sur douze dans l'habitat de plaine, de (octobre jusqu'à mars) à Boumalek et de (octobre jusqu'à avril) à Brabtia. La deuxième espèce clé, *Onthophagus taurus*, qui opte pour les prairies pâturées, est active au printemps jusqu'à l'automne. Cette espèce présente huit mois d'activité pendant toute l'année dans les deux sites. Par contre, Dans l'habitat forestier d'altitude, on note une espèce clé présente durant la période pluvieuse durant l'année. *Aphodius melanostictus*, active de décembre à mars. Deux espèces partagent la ressource durant le reste de l'année, il s'agit d *Onthophagus simili*, présent de mars jusqu'à septembre et *Sisyphus schaefferi*, l'unique espèce rouleuse, active de mai jusqu'à septembre.

Ces différences suggèrent, que la faune des trois habitats fonctionne différemment. Les faunes plaines ont une composition, une organisation et un fonctionnement à peu près similaire qui est totalement différent de l'habitat forestier d'altitude. Lumaret et Krik (1987), attribuent cette différence de faune et de fonctionnement, a la distance entre les sites et à la différence d'altitude, donc de condition climatique, ces auteurs qui ont prouvé qu'il suffisait d'une différence de température de (0,3° C) pour que deux sites distants de 5 km n'aient pas strictement la même faune. Nos sites sont séparés de plus que 50 Km, il nous parait logique donc, que les deux faunes soient différentes.

La plupart des Aphodiinae résidents (à peu près 1850 espèces dans le monde) ont un comportement non-nichant, c'est-à-dire, ils ne résident pas dans les déjections et se contentent de pondre à l'intérieur de la masse d'excrément. Ils sont donc moins sensibles aux caractéristiques de sol et ont des exigences moins énergétiques que les Scarabaeidae. Cela permet à ces espèces d'être actives dans des conditions plus froides (Lumaret et Stirnet, 1991), là où les Scarabaeinae et les Geotrupinae sont rares ou absents. Leur abondance, dépend seulement de la présence des excréments, car leur comportement ne permet pas le stockage alimentaire, donc la présence de cette ressource est nécessaire pour le développement larvaire (Gitting et Giller, 1999). Par conséquent, dans les régions où le climat est chaud et tempéré ces Aphodiinae résidents, apparaissent moins compétitifs que les fousseurs ou les rouleurs (Doub, 1990 ; 1991 ; Krell et al, 2003 ; Krell – Westerwalbesloh et al, 2004) et leurs assemblages montrent des différences phénologiques (Hanski, 1991 ; Wassmer, 1994 ; Palmer, 1995 ; Sowig, 1997). Si les espèces fouisseuses et rouleuses acquièrent par préemption la plupart des ressources, les résidents n'ont aucune façon de réduire la compétition que par le transfert de leurs activités à d'autres périodes de l'année ou les fousseurs et rouleurs sont rare (Hanski et Cambefort.1991 ; Krell – Westerwalbesloh et al, 2004). Par conséquent la compétitivité des fousseurs peut être indirectement due aux ségrégations phénologiques entre eux et les résidents (Jay-Robert et al. 2008). Cela est démontré par les résultats d'analyse factorielle des correspondances (AFC) des trois sites ensemble, qui ont démontré une nette différence faunistique pendant la période chaude de l'été entre les deux sites de basses altitudes (site I : Boumalek et site III : Brabtia) et (le site II Djebel El Ghorra) de moyenne altitude.

On note aussi une ségrégation saisonnière (mensuelle) nette des espèces ; avec des Aphodiidae présents surtout durant la période froide, et des Sscarabaeidae concentrés surtout durant les mois les plus chauds. Cette ségrégation saisonnière avait été déjà montré au nord de la Tunisie (Errouissi, et al. 2009, 2011) et au sud de la France (Errouissi, 2003 ; Jay-Robert et al. 2008).

### **III. Estimation de la valeur économique des insectes dans les processus de recyclage :**

L'ensemble des processus empêchant l'accumulation des bouses et la formation de refus, permettent de maintenir la fertilité des pâturages, sans interventions techniques importantes et coûteuses (Bornermissza et Williams, 1970 ; Ricou et Loiseau, 1984). Sur ces bases, la valeur économique des bousiers pour les seuls Etats-Unis d'Amérique a ainsi été estimée à 2 milliards de dollars (US\$) par an qui, en l'absence de ces insectes, seraient à dépenser par l'ensemble du secteur agricole en engrais supplémentaires, interventions techniques et multiplications des traitements sanitaires du bétail (Fincher, 1981). C'est d'ailleurs pour pallier le dysfonctionnement des pâturages australiens (du fait de la rareté des Scarabéidés coprophages capable de recycler des bouses des bovins introduits) que le Commonwealth Scientific Industrial and Research Organization (CSIRO) a dépensé entre 1790 et 1985 plusieurs millions de dollars australiens pour introduire en Australie une quarantaine d'espèces exotiques de bousiers, à la fois pour réduire les effectifs des mouches

qui se développaient dans les déjections en attaquaient le bétail, et pour prévenir l'accumulation des bouses qui, non enfouies, conduisaient à une perte annuelle cumulée d'environ un million d'hectares de pâturages (Waterhouse , 1974 ; Bornemissza, 1979 ; Ridsdill-Smith, 1979 ; Doube et al, 1991 ; Kirk et Lumaret, 1991). Pendant 15 ans, chaque éleveur a été ainsi amené à déboursier un dollar par an et par tête de bétail pour financer ce programme d'introduction, ce qui lui a fait prendre conscience de manière très directe de la valeur économique de ces insectes (Lumaret 2001).

L'excellent ajustement de la faune entomologique coprophage de l'Europe occidentale à l'utilisation des excréments du bétail montre le danger encouru si l'on détruisait considérablement ou seulement si l'on réduisait la richesse et la diversité de ce matériel biologique, alors que ce sont des éléments de cette même faune qui ont été introduits à grands frais sur d'autres continents du fait de leurs performances, une partie des espèces introduites en Australie par exemple ayant origine la Grèce, la France, l'Espagne et le Maroc (Fincher 1986 ; Doube et al ,1991 ; Kirk et Lumaret, 1991).

L'exemple des coléoptères coprophages rappelle s'il en était besoin, la difficulté d'appréhender de façon globale les écosystèmes dans le cadre des diagnostics écologiques, notamment par l'existence de domaines particuliers, comme le monde de l'entomofaune, abordés par de trop rares spécialistes. Cet exemple montre que les interrogations portent également sur les moyens d'accéder à une gestion durable des espaces naturels.



02/06/2011 10:46

# Conclusion

# CONCLUSION

---

Cette étude a été conduite dans le Nord-Est Algérien, plus précisément au niveau du parc national d'El Kala. Elle a porté sur la connaissance et l'étude de l'écologie des Scarabéidés Coprophages associés aux déjections des vaches.

Pour étudier ce groupe taxonomique, d'intérêt écologique et agronomique, nous avons utilisé la technique de piégeage standard de type CSR. Nos résultats s'organisaient en deux parties complémentaires.

Dans une première partie, nous avons contribué à la connaissance de la faune de Scarabéidés coprophages de la région d'El Kala, en étudiant sa composition en matière de richesse spécifique et d'abondance. Dans cette partie, nous avons capturé et identifié 25 espèces différentes (> 50% de la faune du Nord d'Algérie, citée par Baraud en 1985) appartenant à trois familles (Aphodiidae, Scarabaeidae, Geotrupidae) et quatre sous-familles (Aphodiinae, Scarabeinae, Coprinae et Geoptupinae). Nos résultats ont montré, que la communauté des insectes coprophages trouvés dans la région d'El Kala était dominée par les Scarabaeidae originaire de la Méditerranée, soit 60 % de nos espèces appartenaient à la famille des Scarabaeidae. Nos résultats ont démontré que la présence et l'abondance des coléoptères coprophages peuvent être liées à la nature du sol, c'est le cas du scarabée sacré, qui a tendance à préférer les dunes de sable et les sols à structure meuble.

Dans la deuxième partie du travail, nous nous sommes intéressés à l'étude de la phénologie et du fonctionnement des peuplements des Scarabéidés coprophages dans trois habitats différents, deux habitats de basse altitude, le premier dunaire (Boumalek) ; et le deuxième prairial (Brabtia) ; et un habitat forestier d'altitude (Djebel El Ghorra). L'échantillonnage durant deux saisons successives, nous a permis de comprendre que l'activité des espèces qui appartiennent à la famille des Scarabaeidae) est surtout active durant les périodes chaudes de l'année. Tandis que, les Aphodiidae sont actives durant la période froide, l'analyse multi variée (AFC) a confirmé ces résultats. Du point de vue structure et fonctionnement des peuplements, nous sommes arrivés à la constatation suivante :

La faune des trois habitats fonctionne différemment, une faune à peu près semblable dans les deux habitats de basses altitudes (Boumalek et Brabtia) et elle est totalement différente en altitude (Djebel El Ghorra).

Dans les écosystèmes pâturés, le recyclage des excréments dépend en grande partie de l'action initiale des nombreux insectes coprophages qui les colonisent : Scarabéides, Hydrophilides, Staphylinides, larves et Diptères... Leur activité se manifeste par l'établissement d'un système de galeries qui aèrent et fragilisent à la fois l'ensemble de la masse stercorale.

Ces galeries permettent à la bouse de se transformer progressivement en une annexe épigée du sol, facilitant sa colonisation ultérieure par des éléments de la méso-faune édaphique (Acaris, Collembolles, Myriapode...) qui amènent avec eux, accrochées à la surface de leurs champignons, des bactéries et des spores de champignons telluriques qui vont se multiplier dans leur nouvel habitat. Pour leur part, les Scarabéidés coprophages ontensemencé par leurs déjections l'intérieur des bouses avec les micro-organismes contenus dans leur tube digestif. Ce système complexe d'interactions facilite considérablement la minéralisation ultérieure des bouses et leur disparition de la surface des pâturages.

On a pu souvent observer en bordure des chemins de nombreux cadavres de Scarabée sacré après le passage des voitures (cela même au sein du Parc national) ; On observe une moyenne de 5 scarabée écrasés par km et par jours, ce qui en fait un total de 900 scarabée tués durant la période d'activité de ce spécimen.

Les élevages localisés à proximité de la circulation des voitures, sont ceux qui provoquent plus de dégâts dans les populations de scarabée sacré.

Les insectes coprophages sont notre capital, tant biologique qu'économique. Leur raréfaction peut à terme avoir des répercussions considérables sur l'équilibre des pâturages, en diminuant leur surface utile, en ralentissant le cycle des nutriments, en obligeant les éleveurs à des ébousages mécaniques. Il est de notre responsabilité de veiller dès à présent à la conservation de ce patrimoine méconnu avant qu'il ne soit trop tard.

Il serait intéressant dans les travaux future, de continuer dans le même axe de recherche dans d'autres régions a climat aride et subaride dans le sud Algérien, en diversifiant le type des habitats (milieu ouvert, milieu fermé, oasis,...). Il serait intéressant aussi, d'approfondir nos connaissances sur cette faune (variation spatio-temporelle, phénologie, coexistence, menaces,...). Le problème que pose l'usage des produits vétérinaires administrés au bétail, sur la faune non cible des pâturages est un sujet d'actualité, il serait important de voir si ce problème se pose dans ces régions et de trouver un compromis avec les éleveurs et les médecins vétérinaires, pour la sauvegarde de cette faune. Nous nous intéresserons enfin, dans le future, a l'étude des organismes associés aux Scarabéidés coprophages dans divers régions d'Algérie. Il s'agit en effet, des microorganismes ainsi que les Acariens et les Diptères phorétiques.

The background of the page is a 2x2 grid of four photographs showing dung beetles in their natural habitat. Each beetle is seen from a top-down or side perspective, pushing a large, rounded ball of dark, moist dung. The ground is light-colored and appears to be a mix of soil and sand. The text 'Références bibliographiques' is superimposed over the center of the grid in a large, green, serif font with a subtle drop shadow.

# Références bibliographiques

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### -A-

- **Alliane. A & Medjerba A. 1981.** La température dans l'Est Algérien. Mémoire de D.E.S, LST, UNIV. De Constantine, 87p.
- **Alvinerie M., Sutra J.F., Galtier P., Lifschitz A., Virkel G., Sallovitz J. & Lanusse C., 1998.** Persistence of ivermectin in plasma and faeces following administration of a sustained-release bolus to cattle. Res. Vet. Sc., 66: 57-61.
- **Aouadi .H. 1989.** La végétation de l'historique des influençant anthropique et cartographique 1/200 000, thèse de doctorat

### -B-

- **Baraud, J. 1985.** Coléoptères Scarabaeoidea. Faune du Nord de l'Afrique du Maroc au Sinaï. Lechevalier, Paris, France.
- **Barbut B. 2002** Impact environnemental des endectocides sur la pédofaune, thèse vétérinaire, ENVT.
- **Barroso F and Lázaro R.1999.** Los pastos y la ganadería extensiva en Almería: una perspectiva general. In: Actas de la XXXIX Reunión Científica de la Sociedad Española para el estudio de los pastos, 7–11 June 1999, pp 17–31. Almería, Spain.
- **Barbero E, Palestrini C and Rolando A. 1999.** Dung beetle conservation: effects of habitat and resource selection (Coleoptera: Scarabaeoidea).journal of Insect Conservation, 3, 75 – 84.
- **Benyacoub S.1993** .Ecologie de l'avifaune forestière nicheuse de la région d'El-Kala (Nord- Est Algérien). Thèse Univ. De Bourgogne. Dijon. 287 pp.

- **Bernal J.L., Del Nozal M.J., Salas M., Galante E. & Lumaret J.-P. 1994.** HPLC determination of residual ivermectin in cattle following subcutaneous injection. *J. Liquid Chromatography*, 17, 2429-2444.
- **Bertrand M & Lumaret J.P., 1984.** Réactions des populations de microarthropodes à l'enfouissement des fèces de mouton par les insectes Scarabéidae en milieux à forte contraintes. *Pedobiologia*, 27: 51-66.
- **Blume R.R, Younger R.L, Aga A. & Myers C.J, 1976.** Effects of residues of certain anthelmintics in bovine manure on *Onthophagus gazella*, a non-target organism. *Southwestern Entomology*, 1: 100-103.
- **Bogan J.A, Mackeller Q.A, 1988.** The pharmacodynamics of ivermectin in sheep and cattle *J. Vet. Pharmacol. Ther.* 11: 260-268.
- **Bollag J.M & Loll M.J .1983.** *Experientia*, 39, pp 1221-1231.
- **Bornemissza G.F., 1969.** A new type of brood care observed in the dung beetle *Oniticellus cinctus* (Scarabaeidae). *Pedobiologia*, 9: 223-225.
- **Bornemissza G.F. & C.H. Williams. 1970.** An effect of dung activity on yield. *Pedobiologia*, 10 : 1-7.
- **Bornemissza G.F., 1979.** The Australian Dung Beetle Research Unit in Pretoria. *South Afr. J. Sc.*, 75 (6): 257-260. *Bot. Géol. Fac. Se.* 7(11): 3-43.
- **Brymeyer A. 1974.** Annalysis of a sheep pasture ecosystem in the pieniny mountains (the Carpathians).XI.The role of coprophagous beetles (Coleoptra,Scarabaeidae) in the utilization of sheep dung. *Ekol.pol.*,22(3-4):617-634.
- **Brymeyer A, Jakubczyk H. & Olechowicz E. 1975.** Influence of coprophagous arthropods on microorganisms in sheep faeces – Laboratory investigations. *Bull. Acad. Polon. Sc., Sér. Sc. Biol.*, 23 : 257-262.
- **Boulahbal R; Benyacoub S; GiraudouxP .2008.** PRÉDATION AU NID CHEZ LA MÉSANGE BLEUE *PARUS CAERULEUS ULTRAMARINUS L.* 1758 DANS LES SUBÉRAIES DU NORD-EST DE L'ALGÉRIE, *Bull. Soc. zool. Fr*, 133(1-3) : 245-252.

- **Brown J, Harper J, Humphrey N. 2010.** Cirque glacier sensitivity to 21st century warming: Sperry Glacier, Rocky Mountains, USA. *Global and Planetary Change*

## -C-

- **Cambefort Y, 1975.** Les coléoptères coprophages de la bordure occidentale de la Gresigne II, Scarabaeinae d'ici et d'ailleurs. *L'entomologiste Toulousain*. 12-15.
- **Cambefort Y, 1991.** Des scarabées et des hommes : écologie et stratégies évolutives des Scarabéides coprophages, insectes n°80,
- **Cambefort Y. 1982.** Les Coléoptères Scarabaeidae s. str. De Lamto (Côte d'Ivoire): structure des peuplements et rôle dans l'écosystème. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N. S.)*, 18, 4, 433-459.
- **Cambefort Y. & Hanski I. 1991:** Dung beetle population biology. In Hanski I. & Cambefort Y. (eds): *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton, NJ, pp.36–50.
- **Campbell W.C., 1985.** Ivermectin: An Update. *Parasit. Today*, 1: 10-15.
- **Campbell W.C., Fisher M.H., Stapley E.O., Albers-Schönberg G., Fisher M.H. & Jacob T.A., 1983.** Ivermectin : A potent new antiparasitic agent. *Science*, 221: 823-828.
- **Carpaneto GM, Mazziotta A, Valerio L .2007.** Inferring species decline from collection records: the study case of roller dung beetles in Italy (Coleoptera: Scarabaeidae). *Divers Distrib* 13:903–919.
- **Christophe J., 2004.** La Bouse : Historique, Importance et écosystèmes. Thèse Doctorat en médecine vétérinaires.

## -D-

- **Dellacasa M., 1998.** Aphodiidae du nord de l'Afrique (Coleoptera Scarabaeoidea).

- **Desiere M. 1983.** Ecologie des Coléoptères coprophages en prairie permanente pâturée. I. Caractéristiques des populations de Coléoptères adultes coprophiles. Phénologie et dynamique saisonnière. Bull. Ecol., 14, 2, 99-117
- **Doube, B.M. 1983.** The habitat preference of some bovine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) in Hluhluwe Game Reserve, South Africa. Bull. Entomol. Res. 73,357–71.
- **Doube B.M. & Giller P.S. 1990.** A comparison of two types of traps for sampling dung beetle populations (Coleoptera: Scarabaeidae). Bull. Entomol. Res., 80, 259-263.
- **Doube B.M., 1990.** A fonctionnal classification for analysis of the structure of dung beetle assemblage. Ecol. Entomol., 15: 371-383.
- **Doube, B.M. 1991.** Dung beetles of Southern Africa. pp. 133– 155 in Hanski, I. & Cambefort, Y. (Eds) Dung Beetle Ecology. Princeton, NJ, USA, Princeton University Press.
- **Doube B.M., Macqueen A., Ridsdill-Smith T.J. & Weir T.A., 1991.** Native and introduced dung beetles in Australia, pp.255-278. In Hanski & Cambefort, Y(edits), Dung Beetle Ecology, Princeton Univ. Press. Princeton, N.J., USA.

## -E-

- **Emberger L. 1955.** Une classification biogéographique des climats. Rec. Trav. Lab.
- **Errouissi F. et Lumaret J.P., 2005.** Effets non intentionnels du traitement des bovins avec un bolus d’ivermectine à longue durée d’action sur le Diptère *Neomyia cornicina* (L.) (Diptera : Muscidae). Rev. Soc. Sc. Nat. Tunisie, 31 : 94-101.
- **Errouissi F. et Lumaret J.P., 2010.** Field effects of faecal residues of ivermectin SR bolus on the attractiveness of cattle dung to Mediterranean dung beetles (Coleoptera :Scarabaeoidea)”. Med. Vet. Entomol., 24 : 433-440.
- **Errouissi F. 2003.** Effets des anthelminthiques sur les Insectes coprophages; conséquences environnementales. Thèse doctorat, Univ. Montpellier 3, 382 p
- **Errouissi F., Alvinerie M., Galtier P., Kerboeuf D. & Lumaret J.P., 2001.** The negative effects of the residues of ivermectin in cattle dung using a sustained-release bolus on *Aphodius constans* (Duft.) (Coleoptera: Aphodiidae). Vet. Res., 32 : 421-427.

- **Errouissi, F., I. Labidi, and S. Nouira. 2009.** Seasonal occurrence and local coexistence within scarabaeid dung beetle guilds (Coleoptera: Scarabaeoidea) in Tunisian pasture. *Eur. J. Entomol.* 106: 85Ð94.
- **Errouissi F, Labidi, P. Jay-robot, S. Nouira. & Lumaret J. P. 2011.** Dung beetles assemblage organizations under two contrasted areas in the Mediterranean region: affinities and divergences. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 47: 402- 417. Est Algérien. Mémoire d'ingénieur d'état. Université de Constantine 147p.
- **Errouissi F. P. Jay-Robert, J.-P. Lumaret, O. Piau. 2004.** Composition and structure of dung beetle (Coleoptera: Aphodiidae, Geotrupidae, Scarabaeidae) assemblages in mountain grasslands of the Southern Alps. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 97: 701Ð709.
- **Escobar F., Lobo J.M. & Halffter G. 2005.** Altitudinal variation of dung beetle (Scarabaeidae: Scarabaeinae) assemblages in Colombian Andes. *Global Ecol. Biog.* 14: 327–337.
- **Escobar F, M Jorge, Lobo, Halffter.G. 2006.** Assessing the origin of Neotropical mountain dung beetle assemblages (Scarabaeidae: Scarabaeinae): the comparative influence of vertical and horizontal colonization.

## -F-

- **Ferhati M, 2006,** Comportement du chêne liège (*Quercus suber* L.) aux températures extrêmes, Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de magistère en écologie et Environnement Option : écologie végétale
- **Fincher G.T., 1981.** The potential value of dung beetles in pasture ecosystems. *J. Geogr. Entomol. Soc.*, 16 : 316-333.
- **Fincher, G.T., 1973.** Dung beetles as biological control agents for gastrointestinal parasites of livestock. *Journal of Parasitology* 59, 396–399.
- **Fincher.G.T., 1975.** Effect of dung beetles activity on the number of nematode parasites acquired by grazing cattles. *J. Parasitol.*, 61(4) : 759-762.
- **Fincher G.T., 1986.-** Importation, colonization, and release of dung-burying scarabs. *Misc. Publ. Entomol. Soc. Amer.*, 62 : 69-76.

- **Finne D., Desiere M., 1971.** Etude synécologique des bouses de bovidés. I - Evolution estivale de la biomasse des Coléoptères en fonction du vieillissement des bouses. Rev. Ecol. Biol. Sol 8 : 409-417.
- **Flaig W; Nagar B; Scothing H. et Tietjen C.1977.** Fao soil Bulletin, 35 pp 49

## -G-

- **Galante, E., Mena, J. and Lumbreras, C.J. 1993.** Study of the spatio-temporal distribution in a coprophagous community in a Mediterranean holm-oak ecosystem (Coleoptera: Scarabaeoidea: Scarabaeidae: Geotrupidae). Elytron 7, 87–97.
- **Gardner SM, Cabido MR, Valladares GR and Díaz S .1995.** The influence of habitat structure on arthropod diversity in Argentine semi-arid Chaco forest. Journal of Vegetation Science 6: 349–356.
- **Gasper. C. 1987.** Protection ou gestion des invertébrés . Faculté des sciences agronomiques de l'état. (4): 7-16.
- **Gestion écologique. 2002.** - Fiche 521 – revue GARDE, mai N° 46
- **Gillard, P. 1967.** Coprophagous beetles in pasture ecosystems. J.Aust. Inst. Agric. Sci. 33, 30–34.
- **Gittings, T. 1994.** The community ecology of Aphodius dung beetles. Unpublished Ph.D. thesis, National University of Ireland.
- **Gittings, T. & Giller, P.S. 1999.** Larval dynamics in an assemblage of Aphodius dung beetles. Pedobiologia 43, 439– 452
- **Gossart P. 2001.** Contribution à l'étude des interactions de la matière organique des sols avec les métaux lourds. Thèse doctorat, UNIV Lille, pp 11.
- **Gherib H. 2009.** Effet de l'étude de la présence des Scarabéides coprophages sur la flore microbienne au cours de la dégradation de la bouse de vache. Mastère (Technologie de l'environnement). Université de Tunis El Manar, Institut Supérieur des Sciences Biologiques Appliquées de Tunis.

- **Guyot.G, 1999.** Agriculture & statistique agricoles. In Précis de télédétection, volume 2, applications thématiques. Edited by P. D. L. U.D. Québec.

## -H-

- **Halfter G. & Matthews M E.G., 1966.** The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). *Folia Ent. Mex.*, 12-14 : 1-312.
- **Haloti. S ; Janati-idrissi.A ; Chergui.H & Lumaret J.P. 2006.** Structure des communautés de Scarabéidés coprophages du Maroc nord-occidental (Coleoptera, Scarabaeoidea).
- **Hanski I. 1980.** Migration to and from cow dropping by coprophagous beetles. *Ann. Zoology Fennici*, 17, 11-16.
- **Hanski, I. 1986.** Individual behaviour, population dynamics and community structure of *Aphodius* (Scarabaeidae) in Europe. *Acta Œcologica / Œcologia Generalis* 7, 171-187.
- **Hanski I. 1989.** Dung beetles. In Leith H. & Verger M.J.A.(eds): *Tropical Rain Forest Ecosystems*. Elsevier Science Publications, Amsterdam, pp. 489–511.
- **Hanski, I. 1991.** North temperate dung beetles. pp. 75–96 in Hanski, I. & Cambefort, Y. (Eds) *Dung Beetle Ecology*. Princeton, NJ, USA, Princeton University Press.
- **Hanski I & Cambefort Y. 1991.** Competition in dung beetles, 481 pp. In I. Hanski and Y. Cambefort (eds.), *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton,NJ.
- **Herd R., 1995.** Endectocidal drugs: ecological risks and counter-measures. *Inter. J. Parasit.*, 25: 875-885.

- **Herd R., Stinner B.R. & Purrington F.F., 1993.** Dung dispersal and grazing area following treatment of horses with a single dose of ivermectin. *Vet. Parasitol.*, 48 : 229-240.
- **Herd R.P., Sams R.A. & Ashcraft S.M. 1996.** Persistence of ivermectin in plasma and faeces following treatment of cows with ivermectin sustained -release, Pour-On or injectable formulations. *Intern. J. Parasitol.*, 26(10) : 1087-1093.
- **Hoffmann. 2007,** Importances des insectes dans les écosystèmes.
- **Holter P. 1979.** Effect of dung beetles (*Aphodius* spp.) and earthworms on the disappearance of cattle dung. *Oikos*, 32 : 393-402.
- **Homewood K.M .1991.** *Preliminary Description of the Livestock System of El Kala/Annaba and its Interaction with Regional Conservation Values.* Report to World Bank and Government of Algeria (Agence Conservation de la Directeur Agriculture, Wilaya El Tarf and El Kala).
- **Houlding B, Ridsill-smith T.J&Bailey W.J, 1991.** Injectable abamectine causes delay in Scarabaeine dung beetle egg-laying in cattle dung. *Aust. Vet., J.* 68 : 185-186.
- **Hughes.R.D.1975.** Introduced dung beetles and Australian pasture ecosystems.

## -J-

- **Janati I.A. 2000.** Les Scarabéides coprophages des pelouses sèches du Maroc occidental: structure des communautés et rôle écologique (Coleoptera: Scarabaeoidea). Thèse de Doctorat en Sciences, Univ. Sidi Mohammed Ben Abadallah, Fac. Sciences Fès, 347 p.
- **Janati, I. A., N. Kadiri, and J. P. Lumaret. 1999.** Le partage du temps et de l'espace entre les guildes de Coleoptères coprophages dans le Moyen-Atlas (Maroc). *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S).* 35: 213-221.
- **Jay-robert P. 1997.** Dynamique des introgressions réciproques de la faune des Scarabéides coprophages entre la zone méditerranéenne et la chaîne alpine. Implication biogéographique. Thèse doct. Biologie des Population et Ecologie, Univ. Montpellier III, 384 p. + annexes.

- **Jay-Robert P., Lumaret J.P. & Lebreton J.D. 2008:** Spatial and temporal variation of mountain dung beetle assemblages and their relationships with environmental factors (Aphodiidae, Geotrupidae, Scarabaeidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 101: 58–69
- **Jay-Robert, P., F. Errouissi, and J. P. Lumaret. 2008a.** Temporal coexistence of dung-dweller and soil-digger dung beetles (Coleoptera, Scarabaeoidea) in contrasting Mediterranean habitats. *Bull. Entomol. Res.* 98: 303–316

## -K-

- **Kadik, 1987.** Carte d'occupation des terres au 1/100.000 de la Wilaya de Djelfa inédit
- **Kadiri N., 1993.** Effet des activités sylvo-pastorales sur la structure et la dynamique des communautés de Scarabéides coprophages en région méditerranéenne. Thèse doctorat, Univ. d'Aix Marseille III, Fac. Sci. Et Techn. Saint-Jérôm, 225p.
- **Kadiri N., Lobo J.M. & Lumaret J.-P. 1997.** Conséquences de l'interaction entre préférences pour l'habitat et quantité de ressources trophiques sur les communautés d'insectes coprophages (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Acta Oecologica*, 18, 2, 107-119.
- **Kadiri N., Lumaret J.-P. Janati-idrissi A., 1999.** Lactones macrocycliques: leur impact sur la faune non-cible du pâturage. *Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S.)*, 35 : 222-229.
- **Kalisz P.J & E.L Stone .1984.** Soil mixing by Scarab Beetels and Pocket Gophers in North Central Florida. *Soil Sci.Soc.Am. J.* 48 (1): 160-172.
- **Khelfaoui F. 2005.** Le merle noir urbain et le merle noir forestier des plaines du nord est algérien: reproduction, parasitisme et investissement parental. Mémoire d'ingénieur. Univ. Annaba.
- **Khelfaoui F. 2007.** Etude de la bioécologie parasitaire du merle noir (*Turdus merula mauritanicus*) dans le nord-est algérien. Mémoire de magister. Univ. Annaba.
- **Kiehl K, Eischeid I, Gettner S & Walter J.1996.** Impact of different sheep grazing intensities on salt marsh vegetation in northern Germany. *Journal of Vegetation Science* 7: 99–106.

- **Kir A.A & Ridsdill-Smith T.J .1986.** Dung beetle distribution patterns in the Iberian Peninsula. *Entomophaga* 31(2),183-190
- **Kir A. & J.P. Lumaret, 1991.-** The importation of Mediterranean adapted dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) from the northern hemisphere to the other parts of the World, Chap. 29, pp. 409-420. In : GROVES R.H. & F. DI CASTRI (edits) : Biogeography of Mediterranean invasions, Cambridge Univ. Press, U.K.
- **Koskela & Hanski. 1977.** Structure and succession in a beetle community inhabiting cow dung. *Annales Zoologici Fennici*, 14, 204 - 223
- **Krell F.T., Krell-Westerwalbesloh S, Weiss, I., Eggleton P. & Lisenmair, K.E .2003.** Spatial separation of Afrotropical dung beetle guilds: a trade-off between competitive superiority and energetic constraints (Coleoptera: Scarabaeidae). *Ecography* 26, 210–222.
- **Krell-Westerwalbesloh, S., Krell, F.T. & Lisenmair, K.E. 2004.** Diel separation of Afrotropical dung beetle guilds-avoiding competition and neglecting resources (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Journal of Natural History* 38, 2225–2249.
- **Krüger K., Luckhele O.M. & Scholtz C.H., 1999.** Survival and reproduction of *Euoniticellus intermedius* in dung following application of cypermethrin and flumethrin pour-ons to cattle. *Bull. Entomol. Res.*, 89 : 543-548.l'environnement.

## -L-

- **Labidi I, Erouissi F, Nouira S .2012.** Spatial and Temporal Variation in Species Composition, Diversity, and Structure of Mediterranean Dung Beetle Assemblages (Coleoptera: Scarabaeidae) Across a Bioclimate Gradient. *Community and Ecosystem Ecology* Vol. 41, no. 4.
- **Labidi., 2007.** Contribution à l'étude des Coléoptères Scarabaeides coprophages dans la basse Vallée de la Medjerda. DEA, 70p + annexes.
- **Lebnaoui S. 2007.** Contribution à l'étude de l'écologie de reproduction du Merle noir des plaines du nord est algérien ingéniorat, Univ. Annaba.

- **Löbl I. & Smetana A. 2006.** Catalogue of Palaearctic Coleoptera, Vol. 3: Scarabaeoidea, Scirtoidea, Dascilloidea, Buprestoidea, Byrrhoidea. Apollo Books, Stenstrup, Denmark.
- **Lobo J.M., Lumaret J.P., & Jay-robot P. 1998.** Sampling dung beetles in the French mediterranean area: effects of abiotic factors and farm practices. *Pedobiologia*, 42: 252-266.
- **Lobo, J. M. 2001.** Decline of roller dung beetle (Scarabaeinae) populations in the Iberian Peninsula during the 20<sup>th</sup> century. *Biol. Conserv.* 97: 43Ð50.
- **Lobo, J. M., F. Martí'n-Piera, & C. M. Veiga. 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. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 25: 77Ð100.
- **Loiseau P., Jauneau A. & Ricou G. 1984.** Etudes sur le recyclage dans l'écosystème prairial. I. influence de la conduite du pâturage sur l'activité biologique des pelouses montagnardes. *Acta Oecol.* 5 (1) : 23-41.
- **Losey J.E. & Vaughan M., 2006.** The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience*, 56 (4) : 311-323.
- **Lumaret J.P. & Errouissi F., 2002.** Use of anthelmintics in herbivores and evaluation of risks for the non-target fauna of pastures. *Vet. Res.*, 33: 547-562.
- **Lumaret J.-P. & Kadiri N. 1995.** The influence of the first wave of colonizing insects on cattle dung dispersal. *Pedobiologia*, 39, 506-517.
- **Lumaret J.-P. & Kirk A. 1987.** Ecology of dung beetles in the French Mediterranean region (Coleoptera: Scarabaeinae). *Acta Zoologica Mexicana*, 5, 24, 1-55.
- **Lumaret J.P. & Kirk A., 1987.** Ecology of dung beetles in the French Mediterranean region (Coleoptera, Scarabaeidae). *Acta Zool. Mex.*, (ns), 24 : 1-60.
- **Lumaret J.-P. & Stiernet N. 1991:** Montane dung beetles. In Hanski I. & Cambefort Y. (eds): *Dung Beetle Ecology*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, 481 pp.
- **Lumaret J.-P. & Stiernet N., 1994** – Adaptation and evolutive strategies of dung beetles in high mountains (Coleoptera, Scarabaeoidea) – *Ecologie*, 25(2), pp. 79-86

- **Lumaret J.P. 1978.** Biogéographie et Ecologie des Scarabéidés Coprophages du Sud de la France. Thèse doct. Etat, Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier 2, 254 p. + 88 cartes h. t.
- **Lumaret J.P. 1980.** Les bousiers, collection Faune et flore de France ; Ballande .p :123.
- **Lumaret J.-P. 1983.** Structure des peuplements de coprophages Scarabaeidae en région méditerranéenne française: relations entre les conditions écologiques et quelques paramètres biologiques des espèces (Col.). Bull. Soc ent. Fr., 88, 7-8, 481-495.
- **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 Oecol., 7 : 313-324.
- **Lumaret J.-P. 1989.** Sécheresse et stratégies comportementales chez les Scarabéides coprophages (Insecta: Coleoptera). Bull. Ecol., 20, 1, 51-57.
- **Lumaret J.P. 1995.** Desiccation rate of excrement: a selective pressure on dung beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea). SPB Academic Publishing, Amsterdam. Time Scales of Biological Responses to Water Constraints. pp. 105-118 in Roy J, Aronson J & di Castri F (dir.)
- **Lumaret J.P., 2010.** Pastoralismes & Entomofaune. Association Française de Pastoralisme. Centre d'Écologie Fonctionnelle et Évolutive.13p.
- **Lumaret J.-P., Bertrand M. & Kadiri N. 1992.** Changes in resources: consequences for the dynamics of dung beetle communities. J. Appl. Ecol., 29, 349-356.
- **Lumaret J.P., Errouissi F., Floate K., Rmbke J. & Wardhaugh K., 2012.** A review on the toxicity and non-target effects of macrocyclic lactones in terrestrial and aquatic environment. Curr. Pharmaceut. Biotech. 13 : 1004-1060.
- **Lumaret J-P. 1990.** Atlas des Coléoptères scarabéides Laparosticti de France. Muséum National d'Histoire Naturelle. Secrétariat de la Faune et la Flore Paris.
- **Lumaret J-P. 2001.** Impact des produits vétérinaires sur les insectes coprophages : conséquences sur la dégradation des excréments dans les pâturages. Reunion du Comité Scientifique de la Réserve Naturel de Hauts-Plateaux du Vercors

- **Lumaret, J.-P. & Kirk A A. 1991.** South temperate dung beetles, pp. 97Ð115. In I. Hanski and Y. Cambefort (eds.), *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- **Lumaret, J.P., & Stiernet N., 1991.** Montane dung beetles, pp. 242-254. In I. Hanski and Y. Cambefort [eds], *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton, N.J. pp 480.
- **Lumaret, J-P, Bertrand M, Kadiri, Blanc P. 1989.** Utilisation des déjections animales par la faune édaphique en région méditerranéenne.
- **Lumbreras Vicente C.J. 1998.** Estudio de la microsucesiones de Coleópteros coprófagos en encinares adherados y evaluación de los efectos derivados del uso de fármacos antiparasitarios (Coleoptera: Scarabaeoidea). Thèse doctorat, Univ. Alicante, 398 p.
- **Lussenhop J., Kumar R., Wicklow D.T. & Elloyd J.E., 1980.** Insect effects on bacteria and fungi in cattle dung. *Oikos*, 34 : 54-58.

## -M-

- **Mac Fadyen A., 1964.** - Relations between mites and microorganisms and their significance in soil biology. 1st International congress of Acarology Proceedings, *Acarologia*, VI: 147-149.
- **Margaris NS, Koutsidou E & Giourga Ch .1996.** Changes in traditional mediterranean land use systems. In: Brandt CJ and Thornes JB (eds) *Mediterranean Desertification and Land Use*, pp 29–42. John Wiley and Sons, New York.
- **Martí n-Piera, F. 1992.** Le projet “Fauna Ibe´ rica”. *Me´m. Soc. R. Belge Entomol.* 35: 689Ð692
- **Mathieu R. 1995.** *Campbell, 3èmede, De Boeck université, édition du renouveau Pédagogique.*

## -N-

- **Nichols E., Spector S., Louzada J., Larsen T., Amezquita S., Favilad M.E., 2008.** Review. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. The Scarabaeinae Research Network Paulin R.J., 1988. Biologie des coléoptères. Lechevalier edit. Paris, 514-535.
- **Niogret J. 2007.** Interactions Multipolaires entre Coléoptères, Acariens et Diptères. Stratégies de Dispersion pour l'Utilisation de Ressources Trophiques Ephémères. Thèse doct., Biologie des Populations et Ecologie, Univ. Montpellier III, France.

## -O-

- **Ouelmouhoud S. 2005.** Gestion multi usage, et conservation patrimoine forestier: cas des suberaies du parc national d'El Kala (Algérie).
- **Ozenda .P, 1982.** Les végétaux de la biosphère. Ed. Doin. Paris. 421p.

## -P-

- **Pedelaborde P.1991.** Introduction à l'étude scientifique du climat.Sedes.352p.
- **Palmer M. 1995.** Testing for seasonal displacement in a dung beetle guild. Ecography 18, 173–177.
- **Peck,S.B & Forsyth,F. 1982.** Composition, structure and competitive behavior in a guild of Ecuadorian rain forest dung beetles (Coleoptra;Scarabaeidae).Can.Jzool,60(7):1624-1634.

## -R-

- **Ramade .F. 2003** : Dictionnaire encyclopédie de l'écologie et des sciences de l'environnement

- **Ricou G & Loiseau P, 1984.**- Etudes sur le recyclage dans l'écosystème prairial. II.- Coprophages et recyclage dans les pelouses montagnardes. *Acta Oecologia, Oecol. Applic.*, 5(4) : 319-334.
- **Ridsdill-Smith T.J. 1979.** - New dung beetles at work in Western Australia. *J. Agric. Western Australia*, 20(2): 34-47.
- **Roncalli R.A., 1989.** Environmental aspects of use of Ivermectin and Abamectin in livestock: effects on cattle dung fauna, in: Campbell W.C. (Ed.), *Ivermectin and Abamectin*, Springer Verlag, New York, p. 173-181.
- **Root B., 1967.** The niche exploitation pattern of the blue-grey gnat catcher. *Ecol. Monogr.*, 37 : 317-350.
- **Rougon C. & Rougon D. 1980.** Le cleptoparasitisme en zone sahélienne: phénomène adaptatif d'insectes Coléoptères Scarabaeidae aux climats arides et semi-arides. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 291D, 417-419
- **Rougon D. & Rougon C. 1983.** Nidification des Scarabaeidae et cleptoparasitisme des Aphodiidae en zone sahélienne (Niger) et leur rôle dans la fertilisation des sols sableux. *Bull. Soc. Entomol. Fr.* 88: 496–513.

## -S-

- **Salgado V L. Sheets G, B., Watson & Schmit. 1998.** Studies on the mode of action of Spinosad-the internal effective concentration and the concentration dependence of neuronal excitation. *Pest. Biochem. Physiol.*, 60: 103-110.
- **Salgado VL, 1998.** Studies on the Mode of Action of Spinosad: Insect Symptoms and Physiological Correlates. *Pest. Bioch. Physiol.*, 60 (2) : 91–102.
- **Sanchez-Pinero, F. & J. M. Avila. 2004.** Dung-insect community composition in arid zone of south-eastern Spain. *J. Arid Environ.* 56: 303Ð327.

- **Silva junior V.P. DA, Borja G.E.M., Sanavria A. 1997.** Residual effect of doramectin and ivermectin on the development of *Sarcopromusca pruna* (Shannon & Del Ponte, 1926) (Diptera: Muscidae) in cattle faeces. *Arquiv. Facult. Vet., Univ. Fed. Rio Grande do Sul* 25: 85-91.
- **Singtoe B, Sunthorn S & Chutamas P.2004.** Species Composition of Dung Beetles in the Primary and Secondary Forests at Ton Nga Chang Wildlife Sanctuary. *ScienceAsia* 30 (2004): 59-65
- **Sowig P. 1995.** Habitat selection and offspring survival rate in three paracoprid dung beetles: The influence of soil type and soil moisture. *Ecography* 18, 147–154.
- **Sowig P.1997.** Niche separation in coprophagous beetles: a comparison of two multivariate approaches. *Bulletin of Entomological Research* 87, 625–631.
- **Steel J.W., 1998.** Assessment of the effects of the macrocyclic lactone class of chemicals on dung beetles and dung degradation in Australia, in: National Registration Authority for Agricultural and Veterinary Chemicals (NRA), Special Review of Macrocyclic Lactones, Australia. 79 pp.
- **Stiernet N. & Lumaret J.P., 1991.** Organisation des peuplements de scarabéides coprophages de vaine (insectes coléoptères). *Sciences*, : 225-239.

## -T-

- **Tir K. 1997.** Expression cartographiques de quelques paramètres climatiques et bioclimatiques à partir d'analyse de données. Cas de l'extrême Nord

## -V-

- **Veiga C.M., Lobo J.M. & Martin-Piera F. 1989.** Las trampas pitfall con cebo, sus posibilidades en el estudio de las.

- **Verdú JR .1998.** Biología de los escarabeidos coprófagos en ecosistemas iberolevántinos. Ecología y análisis biogeográfico (Coleoptera, Scarabaeoidea). PhD Thesis, University of Alicante, Spain, 393 pp.
- **Verdu' JR & Galante E (eds) .2006.** Libro rojo de los invertebrados d'España. Dirección general para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- **Wall R. & Strong L., 1987.** Environmental consequences of treating cattle with antiparasitic drug ivermectin. *Nature*, 327: 418-421.

- 

## -W-

- **Wardhaugh K.G., Holter P & Longstaff B. 2001.** The development and survival of three species of coprophagous insect after feeding on the faeces of sheep treated with controlled-release formulations of ivermectin or albendazole. *Aust. Vet. J.*, 79 : 125-132.
- **Wassmer, T. 1994.** Seasonality of coprophagous beetles in the Kaiserstuhl area near Freiburg (SW-Germany) including the winter months. *Acta Oecologica* 15(5), 607-631.
- **Waterhouse D.F. 1974.** The biological control of dung. *Sc. Am.*, 230 (4): 100-109.
- **Wolda H. 1988:** Insect seasonality. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 19: 1-18.

## -Z-

- **Zulalian J. Stout S.J, Dacunha A.R. Garces T & Miller P. 1994.** Absorption, tissue distribution, metabolism and excretion of moxidectin in cattle. *J. Agric. Food Chem.*, 42: 381-387.



# ANNEXES

---



Station d'étude I: Boumalek



Station d'étude II: Djebel El Gorra



Station d'étude III : Brabtia



Piège de type CSR déposé en mai 2013



Résultat du piège après une semaine du dépôt