



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET LA VIE



DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES ET AGROECOLOGIE

Laboratoire de Recherche sur les Plantes Aromatiques et Médicinales

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

En Sciences de la Nature et de la vie

Option : Agroenvironnement et Bioindicateurs

Thème

Contribution à l'évaluation de l'impact d'une zone industrielle sur la Coléoptérofaune de milieux naturels proches.

Présenté par :

Mr MOUACI Halim & Mr BENDOUÏ Soheyb

Devant le jury composé de :

Président :	Mr Bendjoudi D.	Professeur	univ. Blida1
Promotrice :	Mme Allal L.	Professeur	univ. Blida1
Co promotrice :	Mme Marniche F.	Professeur	univ. Blida1
Exanimatrice :	Mme Djennas K.	MCB	univ. Blida1

Année universitaire : 2020/2021

REMERCIEMENTS

D'abord et avant tout nous remercions Dieu qui nous a donné le courage et la volonté pour accomplir ce modeste travail.

Nous adressons nos remerciements à notre encadreur Mme L. Allal Professeure au département des Biotechnologies et Agroécologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Saad Dahlab Blida, ainsi que notre Co promotrice Mme F. Marniche Professeure à l'Ecole Nationale des Sciences Vétérinaires, Alger , pour leurs conseils, leurs encouragements et surtout leurs patiences et leurs aides.

Nous remercions également Mr D. Bendjoudi Professeur pour avoir accepté de présider ce jury ainsi que Mme K. Djennas, Maître de Conférences B à la Faculté des Sciences de la Vie et du Nature département Biotechnologies et Agroécologie de l'Université de Blida 1 pour l'intérêt qu'elle a porté à notre recherche en acceptant d'examiner ce travail.

Nous adressons nos remerciements à Mr Degaichia Housseem pour son aide dans l'identification de la flore.

Nous tenons à remercier tous nos enseignants qui nous ont donné les bases de la recherche pendant les cinq années de notre formation, et toute personne qui a participé de loin ou de près à l'accomplissement de ce travail,

Merci

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance, de respect et de dévouement avec un cœur plein d'humanité :

Il ceux qui ont su prendre soin de moi depuis ma naissance jusqu'à faire de moi une personne pleine d'amour pour la science et le savoir ; A mes très chers parents qui ont su me donner le bonheur et m'ont préservé De tout mal qui ont su guider mes pas vers un avenir sûr, qui n'ont jamais cessé de m'encourager pour entreprendre ces études et atteindre cet objectif

À mon frère décédé Salim, qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un petit frère qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu le tout puissant l'avoir en sa sainte miséricorde

*♥ A mon cher frère **Nabil** ; ma Sœur **Naima** ; ma chère **Djazia** et tous les membres de ma famille ♥*

*A mes amis (es) ; **Meziane, Wassim, Khalil, Hamid, Oussama, Lina, Hadjer, Maamar, Youcef, Nabil, Hachemi, Oussama, Raouf, Sidali,***

***Amine, Lotfi, Yani, Ridha,** Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères, sœurs et des amies sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

*A tous mes camarades de la faculté **SNV** de Blida*

A tous mes camarades de la promotion 2020-2021, A tous ce qui m'ont aidé et encouragé dans ce mémoire, même avec une bonne parole.

*..... **Mouaci Halim** ♥*

Il ceux qui ont su prendre soin de moi depuis ma naissance jusqu'à faire de moi une personne pleine d'amour pour la science et le savoir ; A mes très chers parents qui ont su me donner le bonheur et m'ont préservé De tout mal qui ont su guider mes pas vers un avenir sûr, qui n'ont jamais cessé de m'encourager pour entreprendre ces études et atteindre cet objectif

À mon frère décédé, abde jalill qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un petit frère qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu le tout puissant l'avoir en sa sainte miséricorde

*♥ A mon cher frère **sido** ; ma chère **zineb** et tous les membres de ma famille ♥*

*A mes amis (es) ; **chrif, zerouk, yacin, Oussama, Lina, Hadjer, Maamar, zineb, Youcef, Nabil, Hachemi, Oussama, Raouf, lamin, rabah, madjid Abderrahmen** , Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères, sœurs et des amies sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

A tous mes camarades de la faculté SNV de Blida

A tous mes camarades de la promotion 2020-2021, A tous ce qui m'ont aidé et encouragé dans ce mémoire, même avec une bonne parole.

*..... **BENDOUI SOHEYB** ♥*

Contribution à l'évaluation de l'impact d'une zone industrielle sur la Coléoptérofaune de milieux naturels proches.

Résumé

Cette étude a été réalisée pendant une période quatre mois de 12 mars au Mi-juin 2021 au cours de cette période nous avons réalisé l'inventaire et une étude écologique de la faune des coléoptères au niveau de deux milieux différents. Les deux milieux sont situés au niveau la zone industrielles de Mazafran Kolea

Les techniques de capture utilisées sont le piégeage Pièges Barber et le berlese.

Nos investigations dans les deux milieux, nous ont permis de recenser 337 individus.

L'inventaire des coléoptères dans le milieu A a révélé la présence de 27 espèces avec 184 (individus) appartenant à 8 familles : Les carabidae, Scarabidae, Staphylinidae, Silphidae, Chrisomilidae, Tenebrionidae, Meloidae, Curculionidae. Les deux familles les plus abondantes sont la famille des carabidae et les Scarabidae.

Dans le milieu B notre inventaire indique la présence de 35 espèces 153 (individus) appartenant à 12 familles : Les carabidae, Scarabidae, Staphylinidae, Silphidae, Chrisomilidae, Tenebrionidae, Curculionidae, elateridae, Odemeridae, Cantharidae, Histeridae et dermestidae. Les familles les plus abondantes sont les carabidae, Scarabidae et Chrisomilidae.

Les espèces constantes au niveau des deux biotopes sont respectivement : *Carabus morbillosus*, *Brachinus efflans*, *Pocilus striatuponctatus*, *Berberomeloe majalis* et *Chlaenius canariensis*.

La majorité des espèces dans notre site d'étude sont des carnivores/granivores et des phytophages.

Mots clés : coléoptères, inventaire zone industrielles, Mazafran Kolea, carnivores/granivore, phytophages.

Summary

This study was carried out over a four month period from 12 March to mid-June 2021. During this period we carried out an inventory and ecological study of the beetle fauna in two different environments. The two environments are located in the industrial zone of Mazafran Kolea

The capture techniques used were Barber traps and berlese.

Our investigations in the two environments allowed us to count 337 individuals.

The inventory of beetles in the environment revealed the presence of 27 species with 184 (individuals) belonging to 8 families: Carabidae, Scarabidae, Staphylinidae, Silphidae, Chrisomilidae, Tenebrionidae, Meloidae, Curculionidae. The two most abundant families are the Carabidae and the Scarabidae.

In environment B our inventory indicates the presence of 35 species (individuals) belonging to 12 families: Carabidae, Scarabidae, Staphylinidae, Silphidae, Chrisomilidae, Tenebrionidae, Curculionidae, elateridae, Odemeridae, Cantharidae, Histeridae and dermestidae. The most abundant families are Carabidae, Scarabidae and Chrisomilidae.

The constant species in both biotopes are respectively: *Carabus morbillosus*, *Brachinus efflans*, *Pocilus striatupunctatus*, *Berberomeloe majalis* and *Chlaenius canariensis*.

The majority of species in our study site are carnivores/granivores and phytophagous.

Keywords: beetles, industrial area inventory, Mazafran Kolea, carnivores/granivores, phytophages.

المخلص

وقد أجريت هذه الدراسة على مدى أربعة أشهر من 12 آذار/مارس إلى منتصف حزيران/يونيه 2021. خلال هذه الفترة قمنا بإجراء جرد ودراسة بيئية لحيوانات الخنافس في بيئتين مختلفتين. تقع البيئتان في المنطقة الصناعية في مازفران القليعة

كانت تقنيات النقاط الخنافس المستخدمة هي الفخاخ الحلاق و جهاز بارلاس

تحقيقتنا في البيئتين سمحت لنا بحساب 337 فردا. كشف جرد الخنافس في البيئة الاولى عن وجود 27 نوعا مع 184 (فردا) ينتمون إلى 8 عائلات:

carabidae, Scarabidae, Staphylinidae, Silphidae, Chrisomilidae, Tenebrionidae,
Meloidae, Curculionidae

العائلتان الأكثر وفرة هما : Scarabidae . carabidae

في البيئة الثانية جردنا يشير إلى وجود 35 نوعا (أفراد) ينتمون إلى 12 أسرة:

Les carabidae, Scarabidae, Staphylinidae, Silphidae, Chrisomilidae, Tenebrionidae,
Curculionidae, elateridae, Odemeridae, Cantharidae, Histeridae et dermestidae

الأسر الأكثر وفرة هي كارابيدا، سكارابيدا و كريسوميليدا

الأنواع الثابتة في كل وسط هي :

Carabus morbillosus, *Brachinus efflans*, *Pocilus striatuponctatus*, *Berberomeloe majalis*,
Chlaenius canariensis.

غالبية الأنواع في موقع دراستنا هي آكلات اللحوم / الحيوانات الحبيبية و Phytophages

الكلمات المفتاحية : الخنافس – جرد – منطقة صناعية – مازفران القليعة – آكلات اللحوم / الحيوانات الحبيبية

Table des matières

Remerciement	
Résumé	
ملخص	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	1
I. Première partie : Généralités sur les coléoptères et la qualité des sols	
<u>Chapitre 1 : Aperçu sur les coléoptères</u>	
1.1. Systématique	3
1.2. Morphologie des coléoptères	4
1.2.1. La tête	4
1.2.2. Le thorax	5
1.2.3. L'abdomen	6
1.3. Cycle de vie des coléoptères	6
1.4. La diversité des coléoptères.....	8
1.5. Habitats des coléoptères	9
1.6. Intérêt et rôle des coléoptères	10
<u>Chapitre 2 : Qualité des sols</u>	
2.1. Les composants du sol	11
2.1.1. Phases du sol	11
2.1.2. Les micro-organismes du sol.....	11
2.1.3. La méso faune du sol	12
2.4. Définitions de la qualité d'un sol.....	13

2.5. La pollution du sol	14
2.5.1. Types de pollution et origines	14
2.5.2. Les source de pollution du sol	15
2.5.2.1. Sources naturelle	15
2.5.2.2. Sources anthropogénique	15
2.6. Les principaux polluants de sol	16
2.6. Les conséquences de la pollution du sol	17
2.6.1. Sur l'environnement	17

Deuxième partie : Partie expérimentale

Rappel sur les objectifs de l'étude

3.1. Présentation des sites d'études.....	18
3.1.1. Situation géographique	18
• Milieu A	18
• Milieu B	19
3.1.2. Climat	19
3.1.2.1. Températures.....	19
3.1.2.2. Pluviométrie	20
3.1.2.3. Le vent	21
3.2.1. Matériels utilisés sur le terrain	21
3.2.2. Matériels utilisés au laboratoire	22
3.3. Etude de la coléoptérofaune.....	23
3.3.1 Techniques de récolte des coléoptères.....	23
3.3.2 Dispositifs d'échantillonnage	23
3.3.4. Détermination et conservation des espèces capturées	24
3.4. Relevés floristique.....	24

3.4.1. Echantillonnage par quadrat	24
3.4.2. Indices d'abondance-dominance	25
3.5. Analyses du sol	26
3.5.1 Technique de prélèvement du sol	26
3.5.2 Prétraitement des échantillons du sol et analyses pédologiques	26
3.5.2.1. La matière organique	26
3.5.2.2. La conductivité électrique.....	27
3.5.2.3. Le ph	27
3.5.2.4. Le calcaire total	28
3.5.2.5. Le calcaire actif	29
3.6. Analyses des données	29
3.6.1. Données de l'enquête informative sur la zone industrielle étudiée	29
3.6.2. Analyses de la diversité de la communauté de coléoptérofaune dans les milieux d'étude.....	31
3.6.2.1. Richesse spécifique	32
3.6.2.2. L'abondance relative	32
3.6.2.3. L'indice de constance	32
3.6.2.4. L'indice de dominance	32
3.6.2.5. Indice de diversité spécifique de Shannon	32
3.6.2.6. Indice d'iquitabilité	33
3.6.2.7. L'indice de Simpson D.....	33
3.6.3. Diagramme rang-fréquence de communautés d'espèces	33
3.7. Traitements statistiques des données	33
7.3.1. L'analyse factorielle des correspondances (AFC)	33
7.3.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)	34

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1. Analyses pédologiques comparatives des stations d'étude	35
4.1.1. PH	35
4.1.2. Conductivité électrique (CE)	36
4.1.3. La matière organique	36
4.1.4. Le calcaire total	36
4.1.5. Le calcaire actif	36
4.2. Analyses floristiques des milieux d'étude	36
4.2.1. Richesse des familles et des espèces	37
4.2.2. Recouvrement végétal	38
4.3. Inventaire global de la coléoptérofaune dans les deux milieux.....	39
4.4. L'abondance et occurrence des espèces	42
4.5. Statut trophique des communautés de la coléoptérofaune durant la période d'échantillonnage	45
4.5.1. Abondances mensuelles des groupes trophiques	48
4.6. Analyse de la diversité de la coléoptérofaune	49
4.6.1. Indices écologiques de la coléoptérofaune	49
4.6.1.1. Richesses et diversités comparées de la coléoptérofaune.....	50
4.6.1.2. L'indice d'équitabilité	51
4.6.2. Distribution hiérarchique et temporelle de la coléoptérofaune des deux milieux	52
4.6.3. Diagramme rang-fréquence des deux milieux	56
Discussion générale	61
Conclusion générale et perspectives	66
Référence bibliographique	67
Liste des annexes.....	

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Les données climatiques de la région Kolea (1980-2016)

Tableau 2 :

Tableau 3 : Valeurs des principaux paramètres physico-chimiques du sol des deux milieux d'étude (N=3 répétitions paramètre)

Tableau 4 : Inventaire floristique et recouvrement végétal % des milieux d'étude

Tableau 5 : Présence Absence des coléoptères dans les deux milieux d'étude

Tableau 6 : Richesse des assemblages trophiques représentés dans la zone d'étude

Tableau 7 : des régimes alimentaires Inventaire trophiques globale des espèces récoltées

Tableau 8 : Descripteurs numériques de la diversité des peuplements de coléoptères dans les deux milieux

Liste des figures :

- Figure 01 : Morphologie générale d'un Geotrupidae
- Figure 02 : Types divers d'antennes
- Figure 03 : L'anatomie du Dendroctone du pin
- Figure 04 : Œufs de coccinelle
- Figure 05 : Larve de Scarabeidae
- Figure 06 : La nymphe d'un coléoptère cerambycidae
- Figure 07 : Accouplement de téléphores fauves⁷
- Figure 08 : Carabe doré (Carabus auratus)
- Figure 09 : Répartitions des constituants des sols (Vidal, 2013).
- Figure 10 : Acarien du sol du groupe des Oribates et insecte collembole
- Figure 11 : Figure 11. Différentes sources de pollution d'origine anthropique
- Figure 12 : Localisation de la zone d'étude.
- Figure 13 : Localisation de la station d'étude A
- Figure 14 : Localisation de la station d'étude B
- Figure 15 : Diagramme ombrothermique de la zone d'étude Kolea (1980-2016)
- Figure 16 : Diagramme ombrothermique de la période d'étude Mars à juin 2021.
- Figure 17 : Matériels utilisés sur le terrain
- Figure 18: Matériels utilisés au laboratoire
- Figure 19 : Les pièges de récolte des coléoptères
- Figure 20 : Dispositif des pièges sur terrain
- Figure 21 : Dispositif de quadrats pour les relevés floristiques
- Figure 22 : **Analyse de la matière organique**
- Figure 23 : Filtration de la solution de sol pour la mesure de PH
- Figure 24 : calcaimétrie de Bernard
- Figure 25 : Oued Mazafran Kolea près de la zone industrielle dans la région d'étude
- Figure 26 : Richesse spécifique des deux milieux d'étude
- Figure 27a : Répartition des pourcentages de recouvrements dans le milieu A
- Figure 27b : Répartition des pourcentages de recouvrements dans le milieu B
- Figure 28 : Richesse des familles et des espèces de coléoptères capturées dans les deux milieux

Figure 29 : Types d'espèces selon leurs occurrences dans les deux milieux d'étude

Figure 30 : Richesse et abondances relatives des groupes trophique de la coléoptérofaune (Ma, Mb)

Figure 31 : Abondances mensuelles des groupes trophiques dans les deux milieux

Figure 32 : Richesse et diversité temporelles comparées entre les deux milieux

Figure 33 : Régression linéaire entre la diversité et la richesse des peuplements de coléoptères dans les deux milieux

Figure 34 : Projection des variables espèces/dates sur le plan F1×F2 de l'AFC (a) et Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux espèces de coléoptères récoltées dans le milieu A (a)

Figure 35: Projection des variables espèces/dates sur le plan F1×F2 de l'AFC (b) et Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux espèces de coléoptères récoltées dans le milieu B (b)

Figure 36 : Diagramme rang-fréquence appliqué aux peuplements de coléoptères du milieu A

Figure 37 : Diagramme rang-fréquence appliqué aux peuplements de Coléoptères de milieu B

Figure 38 : Principales espèces abondantes du groupe des carnivores/granivores Rencontrées dans les milieux d'étude

Introduction Générale

Introduction Générale :

La répartition des espèces animales dépend essentiellement des facteurs écologiques tels que le climat, les ressources alimentaires, les biocénoses qui contrôlent, régularisent et exploitent les effectifs des populations (Petter, 2004). Les arthropodes, dont la classe des insectes représentent le groupe le plus important du règne animal, tant par leur quantité, que par leur diversité en espèces, (Breure-Scheffer, 1989).

Les Coléoptères comptent parmi les principaux ordres de la classe des insectes, avec plus de cinq cent mille espèces décrites, chiffre presque équivalent à celui de toutes les espèces végétales connues d'après Du Chatenet, (2005). Ces insectes ont colonisé tous les milieux depuis le littoral marin jusqu'à plus de 5000 mètres d'altitude. Ils dominent dans les régions à climat tempéré et/ou humide, et ils se raréfient lorsque le climat devient plus chaud et plus aride (Dajoz, 2002).

Les bio-indicateurs sont des organismes végétaux ou animaux ou encore un groupe d'espèces qui contiennent une partie de l'information environnementale qui les entoure. En effet, ces organismes reflètent l'état abiotique ou biotique de l'écosystème sous l'impact des changements environnementaux sur les communautés ou en indiquant la diversité d'autres espèces (Decrouy, 2020). Ainsi, les teneurs en substances polluantes ou contaminantes des sols peuvent influencer sur la pédofaune de sols pollués notamment sur les stades de développement souterrains et pourrait donc impacter leur abondance et leurs performances de développement si ce sont des espèces sensibles (Lambeets et *al.*, 2008).

Certaines espèces de l'ordre des coléoptères sont de véritables bioindicateurs de la bonne santé de divers milieux, (Saska, 2007; Kotze et *al.*, 2011 ; Nietupski1 et *al.*, 2015). Ils jouent un rôle important dans la fertilité des sols et sont donc très sensibles aux perturbations de diverses origines, (Gutierrez et *al.*, 2004). Ainsi, les Staphylins sont considérés comme des espèces indicatrices de milieux pollués où ils peuvent résister à certains degrés de pollution. D'autres espèces de coléoptères comme les Carabidae sont importants en termes d'agro-écologie. En tant que prédateurs polyphages, ce sont des agents biologiques de contrôle efficace des ravageurs des cultures (Melnychuk et *al.*, 2003).

Gaubil (1849), Chevrolat (1861) puis Bedel (1895) ont été les premiers chercheurs à s'intéresser à la faune des coléoptères d'Afrique du Nord suivis par Peyerimhoff en 1927, 1933, 1935, 1939, 1943, 1947 qui a réalisé de nombreuses études sur la systématique des Coléoptères du nord-africain (Boukli Hacene, 2012). En Algérie, les études sur la coléoptérofaune terrestre

Introduction Générale

ont été réalisées par différents auteurs plus particulièrement dans les milieux forestiers (Benkhelil et *al.*, 1992; Mehenni, 1994), en zones steppiques et présaharienne (Brague-Bouragba, 2007), dans les milieux salés (Boukli Hacene et Hassaine, 2016).

La bio écologie des Coléoptères d'Algérie reste encore à approfondir tant dans des milieux naturels que ceux subissant divers degrés d'anthropisation. Très peu de travaux à notre connaissance, font état de la coléoptérofaune de milieux pollués.

Le présent travail est une contribution à l'étude de l'effet d'une zone anthropisée à savoir une zone industrielle sur les variations de diversité biologique des milieux avoisinants, pendant une période saisonnière. Aussi, avons nous choisi l'ordre des coléoptères car ce sont de bons indicateurs de variation de la diversité.

Les principaux objectifs ciblés englobent les points suivants :

- i) L'inventaire des espèces de coléoptères existantes et la description de la structure des communautés de la coléoptérofaune au niveau des biotopes sélectionnés.
- ii) La variation de distribution saisonnière des groupes trophiques entre ces biotopes en relation avec leur distance de proximité à la zone industrielle.
- iii) La disponibilité comparée des espèces de coléoptères appartenant à des groupes trophiques d'intérêt selon leur abondance saisonnière.

L'ensemble de ce travail se compose de deux parties et quatre chapitres :

Dans la première partie, les deux premiers chapitres sont consacrés d'une part à une synthèse des données de littérature qui a pour but de donner un aperçu sur les coléoptères sur le plan de leur systématique, morphologie, cycle de vie, habitats et leurs intérêts écologiques. Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté des généralités sur la qualité des sols, leurs composants ainsi qu'une synthèse globale sur la pollution, ses origines et les polluants impliqués dans la perturbation des organismes au niveau du sol.

La seconde partie du document porte sur la présentation de la région et des deux milieux sélectionnés, le matériel et les méthodes qui ont été utilisés pour échantillonner le sol, la flore et la coléoptérofaune ainsi que les analyses écologiques et statistiques employés pour le traitement des données. Enfin, nous avons regroupé nos résultats et leur discussion dans le quatrième chapitre.

Première partie

Généralités sur les coléoptères et la qualité des sols

Chapitre 1 : Aperçu sur Les coléoptères

1.1. Systématique :

Les Coléoptères constituent en nombre d'espèces le principal ordre d'insectes, et les plus anciens ordres d'insectes holométaboles (Bennas, 2002). Avec plus de 300 000 espèces décrites jusqu'à présent, quarante pour cent des insectes sont des Coléoptères.

Les coléoptères révèlent une importante capacité de colonisation et d'exploitation de leur environnement. Ils occupent ainsi une très grande diversité de niches écologiques (Ferrand et *al*, 2014) sauf les milieux polaires et océaniques. Leur biologie est très diverse, avec des exigences écologiques parfois très strictes qui en font d'excellents bio-indicateurs comme le cas des saproxyliques ou des Scarabéidés coprophages, (Roth, 1980). Leur régime alimentaire est très varié (Aberlenc, 1989).

La position systématique des Coléoptères est la suivante :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Pterygota

Infra-classe : Neoptera

Super-ordre : Endopterygota

Ordre : Coleoptera

La classification proposée de Crowson (1981) présente quatre sous ordres connus des Coléoptères :

➤ **Adephaga** Schellenberg, 1806 : regroupe les super-familles des Caraboidea, Gyrinoidea, Haliploidea, Meruoidea et Dytiscidea (Spangler et *al*, 2005),

➤ **Polyphaga** Emery, 1886 : sous ordre le répandu et le plus diversifié de coléoptères dans le monde, subdivisé en onze super-familles : Cucujoidea, Cantharoidea, Chrysomeloidea, Curculionidea, Cleroidea, Dascilloidea, Elateroidea, Melooidea, Heteromenoidea, Scarabaeoidea et Staphylinoidea.

➤ **Archostemata** Kolbe, 1908 : primitifs et sont représentés en Italie par la famille des Ommatidae contenant une seule espèce *Crowsoniella relict*a Pace.

➤ **Myxophaga** Crowson, 1955 : représentés par les familles des Hydroscaphidae, Lepiceridae, Sphaeriusidae et les Torridincolidae.

1.2. Morphologie des coléoptères :

Comme pour la plupart des insectes, la morphologie des coléoptères est constituée de trois parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen (fig.01).

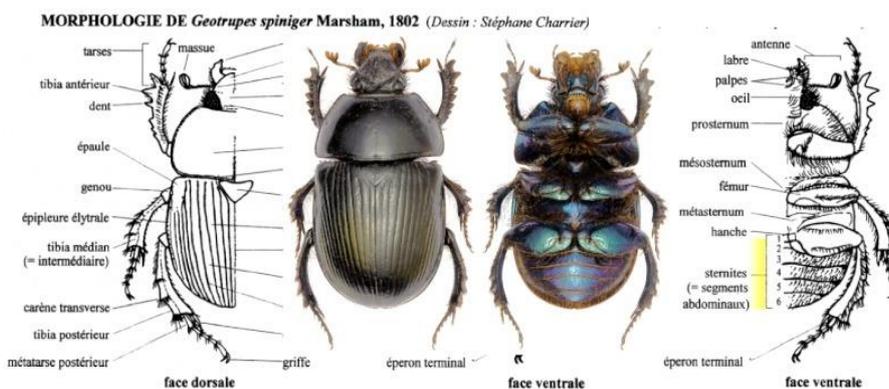


Figure 01 : Morphologie générale d'un Geotrupidae.(De Graef, 1984).

1.2.1. La tête :

Elle est très généralement du type « prognathe », la face et les pièces buccales se trouvant redressées vers l'avant, dans le prolongement de l'axe du corps. La tête peut prendre une allure hypognathe avec la face verticale et les pièces buccales en position ventrale; (Meloïdes, Cerambycides). Les pièces buccales conservent une orientation prognathe plus ou moins nette (Ferret, 1995).

Les Antennes sont formées de 11 articles, elles comprennent essentiellement un article basal ou scape, le plus souvent caractérisé par son grand développement, un deuxième article ou pédicelle, généralement très petit, et un fouet ou flagelle typiquement de 9 articles (Fig. 02).

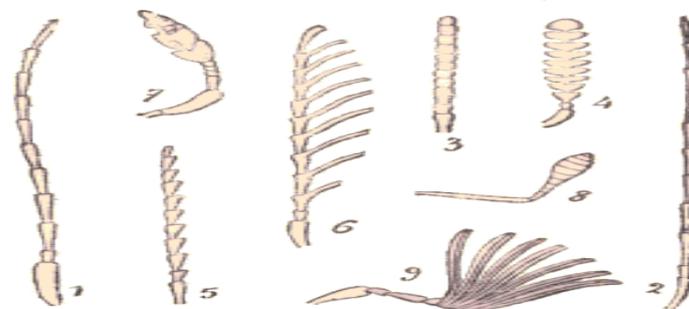


Figure 02 : Types divers d'antenne

1, filiforme (*Carabus auratus*) ; 2, sétacée (*Dyticus marginalis*) ; 3, moniliforme (*Tenebrio molitor*) ; 4, perfoliée (*Diaperis boleti*) ; 5, serriforme ou en scie (*Buprestis mariana*) ; 6, pectinée (*Corymbites pectinicornis*) ; 7, claviforme ou en massue

(*Hydrophilus piceus*) ; 8, geniculée (*Otiorrhynchus ligustici*); 9, à massue lamellée (*Melolontha vulgaris* mâle) (Boukli, 2011).

Les Yeux : Il y a classiquement une paire d'yeux latéraux composés entiers, circulaires ou ovales, parfois plus ou moins étirés en deux lobes entourant en arrière l'insertion antennaire, parfois divisés en deux groupes d'ommatidies, rarement réduits ou même absents. Il n'y a pas d'ocelles chez les adultes (sauf quelques cas, chez les Dermestides).

Les Pièces Buccales sont du type broyeur, à mandibules le plus souvent bien développées et très sclérotinisées (sauf chez les Scarabaeides où elles ont tendance à devenir membraneuses, réduites, et cachées sous le clypéolabre), presque toujours asymétriques, présentant parfois un énorme dimorphisme sexuel ou peuvent être parfois portées à l'extrémité d'un allongement de la face, appelé rostre. Le labium résulte de la fusion partielle des maxillules entre elles et avec le mentum; la pièce distale médiane impaire représente les glosses, elle est flanquée de deux lobes ciliés, les paraglosses. Les palpes maxillaires ont 4 articles, les labiaux 3 seulement.

1.2.2. Le thorax :

Le thorax qui est situé entre la tête et l'abdomen, comprend trois parties distinctes, le prothorax, le mésothorax et le métathorax.

Le prothorax porte la paire de pattes antérieures et les élytres qui sont les deux ailes antérieures formant deux pièces sclérifiées. La face dorsale du prothorax, le pronotum est séparée de la partie inférieure par les bords latéraux qui sont généralement plus ou moins fortement carénés.

Le mésothorax porte la paire de pattes intermédiaires et les élytres. Comme le prothorax, le dessus du mésothorax est constitué d'une seule pièce le scutellum, une petite pièce triangulaire insérée entre la base des élytres (Fig. 03).

Le métathorax porte les pattes postérieures et les ailes membraneuses (Boukli Hacene, 2011).

Les élytres recouvrent plus ou moins complètement l'abdomen, mis à part le dernier tergite abdominal ou pygidium (Fig. 03). Elles ne jouent pas de rôle actif en vol et sont tenues perpendiculairement au corps. (Du Chatenet, 2005).

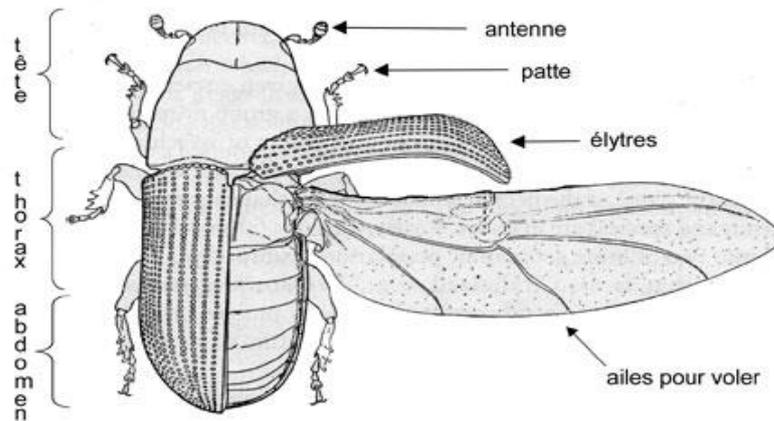


Figure03 : L'anatomie du Dendroctone du pin d'après Hopkins 1909

1.2.3. L'abdomen

Il est constitué théoriquement de neuf segments dont les postérieurs ne sont pas visibles. Les tergites dorsaux ne sont jamais visibles sauf chez les espèces à élytres tronqués. Les sternites bien visibles ventralement, sont toujours moins nombreux que les tergites, par soudure des premiers segments abdominaux (Smir, 2017). Pour les espèces holopneustiques (à stigmates thoraciques et abdominaux fonctionnels) ou hemipneustiques (seulement quelques stigmates fonctionnels), les échanges respiratoires se font soit à la surface de l'eau soit au contact des plantes immergées avec en général des capacités de réserve (chambres sous-élytraies, plastrons respiratoires ou atriums abdominaux), (Tachet *et al*, 2006).

1.3. Cycle de vie des coléoptères :

Chez les coléoptères le cycle vital comporte quatre stades: Œuf, Larve, Nymphe, Adulte.

Stade œufs :

Les œufs (Fig.04) sont généralement pondus dans une anfractuosité ou une blessure de l'écorce de la plante-hôte, sur la tige ou la feuille, dans le sol ou dans le terreau de cavités. La période d'incubation de l'œuf est courte, un mois au plus, aucune espèce ne passant l'hiver à ce stade (Monnerat *et al*, 2016).



Figure 04 : Oeufs de coccinelle

©C.Thiriet/biosphoto

Stade larvaire :

Les larves de Coléoptères (fig. 05) sont constituées de 13 segments, un au niveau de la tête, trois au niveau du thorax (qui portent trois paires de pattes) et neuf au niveau de l'abdomen. Leur tête, extrêmement développée, présente des mandibules broyeuses similaires à celles des adultes. Le développement larvaire de plusieurs espèces s'étale sur quelques mois (Meziane, 2017).



Figure 05 : Larve de Scarabeidae

©C.Thiriet/biosphoto

Stade nymphal :

La nymphe (fig. 6), peu mobile, se développe dans une loge aménagée par la larve dans les tissus de sa plante hôte, plus rarement dans le terreau de cavités ou même librement dans le sol. La durée du stade nymphal est très variable. Elle dépend non seulement de facteurs propres à chaque espèce, mais aussi fortement des conditions extérieures (température, humidité notamment). Une diapause hivernale est possible à ce stade (Monnerat et *al*, 2016).

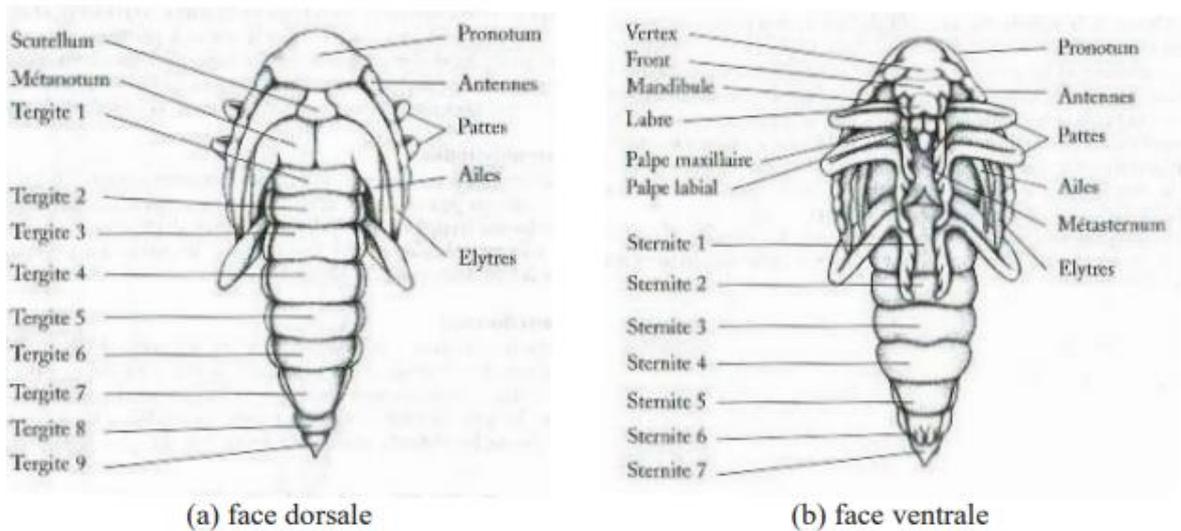


Figure 06: La nymphe d'un coléoptère (Du Chatenet, 2005)

➤ **Stade adulte (L'imago) :**

Les adultes émergent au début de l'été et ne vivent en général que quelques semaines. Dans la plupart des cas, même l'adulte meurt dès qu'il s'est reproduit (Fig.7). Certains adultes ne se nourrissent pas et survivent grâce aux réserves accumulées dans leur corps par la larve. (Boukli Hacéne, 2012).



Figure 07 : Accouplement de *Telephores fauves*

© Michel Lassus/notre-planete.info

1.4. La diversité des coléoptères :

Selon (Henri-Pierre et al, 1989) et (Meziane, 2017), on distingue,

A. **Les phytophages** : qui regroupent :

Les polyphages : phytophages et prédateurs Curculionidae, et Chrysomelidae

Les xylophages capables d'attaquer des essences végétales vivantes, comme les Cerambycidae, les Buprestidae

Les germinivores (dans les bourgeons) : Le cas des *Anthonomus* spp. (Curculionidae)

Les séminivores : le cas des Bruchidae, Curculionidae Calandrinae

B. Les saproxylophages : On les retrouve davantage dans du bois plus dégradé et plus déstructuré. Ces Coléoptères ont donc besoin d'humidité et d'un matériau souple pour évoluer, se retrouvant ainsi au milieu de leurs crottes et de sciures ou débris générés par d'autres xylophages.

C. Les zoophages prédateurs sont des Coléoptères prédateurs d'espèces saproxyliques, par exemple les Carabidae, Cicindelidae, Coccinellidae, Staphylinidae, Histeridae

D. Les Nécrophages : Le cas des Mycetophagidae, Leiodidae, Ciidae .

1.5. Habitats des coléoptères :

Les Coléoptères ont peuplé la totalité des habitats des terres émergées, sous tous les climats, toutes les latitudes et toutes les altitudes, en surface comme dans les milieux souterrains, sur la terre ferme comme dans les eaux douces. (Haran, 2021).

Ces insectes se rencontrent sur toutes les strates de la végétation : les racines, les strates herbacée et arbustive et sur les arbres, leurs lianes et leurs épiphytes, depuis le niveau du sol jusqu'à la canopée. On les rencontre aussi dans les Bryophytes, les champignons et les Lichens. De nombreux Coléoptères fréquentent les fleurs.

Les espèces Déserticoles habitent les zones arides où ils gèrent la rareté de l'eau par leur cuticule cireuse, par l'émission de déjections sèches, en s'enfouissant aux heures chaudes, en recueillant la rosée matinale, etc. La majorité des Coléoptères déserticoles sont saprophages. Les espèces Psammophiles se rencontrent dans les dunes désertiques ou maritimes, les sables littoraux. Fouisseurs ou mineurs, leurs tibias antérieurs sont souvent adaptés au fouissement.

Les espèces halophiles vivent préférentiellement dans les milieux salés, aussi bien littoraux que continentaux, L'étude des espèces halophiles apporte une contribution importante à la compréhension de la biogéographie des steppes sub-désertiques.

Les coléoptères ripicoles sont des espèces hygrophiles vivant au voisinage immédiat des eaux douces ou saumâtres, depuis la rive jusqu'à quelques mètres de celle-ci. Les espèces ripicoles

sont très sensibles à la pollution, mais aussi au piétinement par les foules de vacanciers et à la variation du niveau de l'eau. Pour certaines espèces hygrophiles, la température doit être constamment basse et on les observe pendant l'été en bordure des glaciers et des névés (espèces Nivicoles).

1.6. Intérêt et rôle des coléoptères :

Les Coléoptères peuvent être nuisibles, essentiellement phytophages ou vivant dans les denrées stockées, dont certains sont des ravageurs majeurs (calandres des grains, bruches, etc.). D'autres sont au contraire prédateurs (Carabidae, Staphylinidae, etc.) et participent quelquefois à l'élimination des ravageurs ; certains sont élevés dans la perspective d'une utilisation en lutte biologique (Coccinellidae). Les coprophages (Scarabaeinae par exemple) participent au recyclage de la matière organique et font parfois l'objet d'une utilisation rationnelle (introductions de *Copris hispanus* en Australie pour éviter les pullulations de la mouche *Musca vetustissima*) (Henri-Pierre et al ,1989).

Les scarabées carabes (Fig.08) ont largement été utilisés dans de nombreux types d'études d'évaluation de la qualité d'un écosystème. La plupart d'entre eux se sont concentrés sur la réaction des espèces aux changements des conditions environnementales, par exemple la fragmentation des forêts.

En outre, les coléoptères ont été utilisés dans des études d'écologie urbaine, la classification

D'autres coléoptères de la famille des ténébrionidés sont des bio indicateurs du sol et donnent l'alerte sur la désertification, car ce sont des espèces qui sont adaptées aux environnements arides, ils sont donc utilisés pour identifier les zones qui pourraient souffrir d'une plus grande dégradation environnementale (Decrouy, 2020).



Figure 08 : Carabe doré (*Carabus auratus*)

Chapitre 2 :

Qualité des sols

2.1. Les composants du sol :

Le sol est défini comme la couche supérieure de la croûte terrestre composée de particules minérales, de matières organiques, d'eau, d'air et d'organismes. Le sol est un environnement vivant, complexe et dynamique, en constante évolution sous l'influence de divers paramètres (tels que le climat, la topographie, la végétation et les activités humaines), (Benahmed, 2017).

2.1.1. Phases du sol

Les phases du sol sont représentées par les phases solide, liquide et gazeuse (fig. 09).

La phase solide du sol est composée de minéraux et de matière organique. Celle-ci est le produit de décomposition des plantes et des animaux à la surface et dans le sol. La phase liquide est représentée par l'humidité du sol. La phase gazeuse désigne l'air contenu dans l'espace poreux au sol. Les phases liquide et gazeuse dépendent de la phase solide et sont en constante évolution (Adjanohoun, 2017).

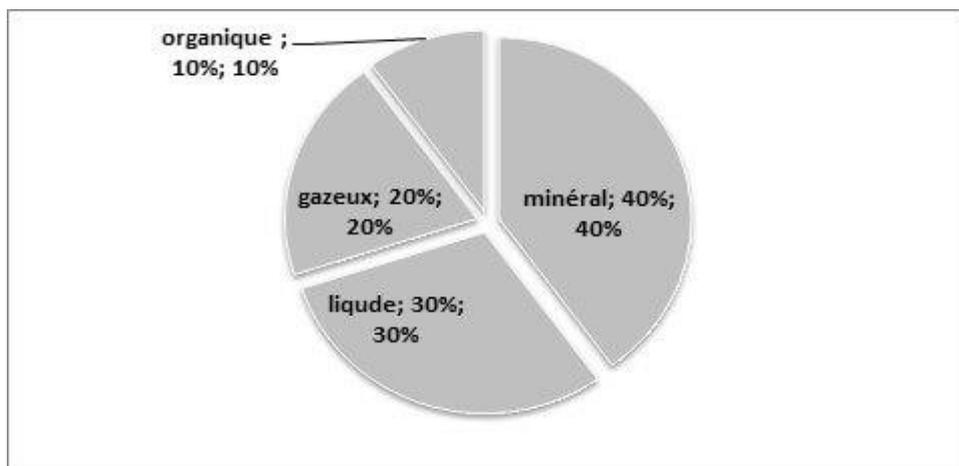


Figure 09. Répartitions des constituants des sols (Vidal, 2013).

2.1.2. Les micro-organismes du sol:

En raison de son environnement ouvert et de sa sensibilité aux facteurs environnementaux, le sol est un conteneur pour un approvisionnement continu en micro-organismes exogènes. Selon Bousseboua (2005), la microflore du sol est formée de bactéries (Archaébactéries et Eubactéries), de champignons (levures et moisissures), d'algues et de protozoaires.

Les bactéries sont les micro-organismes les plus abondants et les plus métaboliquement actifs du sol et sont à dominante GRAM positif.

Les champignons du sol forment autant de biomasse que les bactéries. Leurs activités métaboliques sont diverses et sont à la base de l'équilibre écologique du sol, notamment: l'interaction avec les racines des plantes, leur capacité à coloniser et à dégrader de grands fragments organiques et des composés aux structures complexes.

Les algues du sol comprennent les algues sphériques ou filamenteuses. et sont plus courantes dans les sols acides. Les protozoaires séparés du sol changeront sur la surface humide et se développeront au niveau du film d'eau autour des particules (Bousseboua, 2005).

2.1.3. La méso faune du sol :

De taille comprise entre 0,2 et 4 mm, les collemboles et les acariens constituent le corps principal des animaux de taille moyenne, (El Alami, 2013). Les collemboles sont le plus souvent des phytophages ou des saprophages qui consomment le bois mort et divers débris végétaux, certains sont mycétophages (Bachelier, 1978 ; Coineau, 1974 ; Ponge, 1983 ; 2000 ; Sadaka, 2000). Les Oribates appartenant à la classe des archnides sont les plus typiques des acariens du sol (fig. 10). Ils ont un corps sphérique durci, brun clair ou brun rougeâtre (Coineau, 1974; Bayatogokh, 2001) et consomment des débris végétaux.



Figure 10. Acarien du sol du groupe des Oribates et insecte collembole *Isotoma anglicana*

© Reytan / GNU Free Documentation License

D'autres arachnides comme les pseudoscorpions vivent dans le sol, d'autres dans le bois mort en décomposition.

Chez les insectes aptérygotes, on peut citer :

Les protozoaires essentiellement détritivores, rencontrés dans les litières et les horizons humiques.

Les diptères qui sont soit carnivores ou détritivores mycetophages ou se nourrissent de petites larves d'insectes, les larves de diptères principalement (Coineau, 1974 ; Ponge, 1983 ; 2000).

Les Thysanoures qui se nourrissent habituellement de fragments de plantes et d'animaux, de pollen et de spores fongiques (Coineau, 1974; Bachelier, 1978).

Parmi les insectes ptérygotes appartenant au groupe de la mésofaune on cite les coléoptères comme ceux de la famille des Curculionidae qui vivent dans la litière et l'horizon humique des sols ; ils se nourrissent de détritus végétaux et de racines. Les coléoptères du groupe de la mésofaune sont en majorité représentés par les staphylinidae qui ont été prélevés en fin de saison sèche ; ce sont des prédateurs de larves d'insectes notamment les diptères; ils vivent dans les détritus et sous les écorces. Les larves des Thysanoptères se nourrissent de champignons, de végétaux vivants et de petits animaux. Les Psocoptères, sont des microphages se nourrissant de spores, de moisissures et de petits débris organiques (Coineau, 1974 ; Bachelier, 1978).

Enfin, les Enchytreides sont des petits vers Oligochètes qui se nourrissent de tissus végétaux plus ou moins dégradés. Dans les horizons humiques, ces annélides reprennent les déjections des microarthropodes et les convertissent en boulettes fécales (Soddy et *al.*, 1984 ; Coineau, 1974 ; Bachelier, 1978).

Les Symphyles sont des petits Myriapodes détritivores. Certaines espèces sont phytophages s'attaquant aux racines succulentes ; ils se nourrissent aussi de champignons et de bactéries, d'autres participent dans la dégradation des litières et l'ingestion des microorganismes morts. Ils sont euédaphiques (Coineau, 1974 ; Bachelier, 1978).

2.4. Définitions de la qualité d'un sol :

La qualité du sol est un concept souvent lié aux intérêts des hommes (Chaussod, 1996). Depuis longtemps, ce concept est lié à la productivité (production de biomasse) en milieu agricole (Havlicek et *al.*, 2012). Avec l'émergence de problèmes environnementaux et l'émergence du concept de développement durable, sa définition a évolué pour inclure «sa capacité à fournir des produits et services écosystémiques (Costanza et *al.*, 1997).

La qualité du sol est donc étroitement liée à sa capacité à fonctionner suite à l'équilibre entre les composantes et propriétés physiques (ex : la porosité du sol) et chimiques (ex : éléments nutritifs) constituant le biotope, et leurs nombreuses interactions avec la flore et la faune du sol constituant la biocénose (Nahrath, 2000; Lavelle et *al.*, 2006; Gobat et *al.*, 2013).

A travers l'étude des communautés vivantes, les organismes du sol ont l'avantage d'intégrer l'ensemble des perturbations (ex : apports de matériaux, mélange d'horizons, tassement) et stress environnementaux (température, teneur en eau ou en éléments nutritifs) permettant de renseigner sur l'état global de fonctionnement du sol (Griffiths et Philippot, 2013). Cette sensibilité aux perturbations et les rôles clés joués par les organismes du sol en font les meilleurs indicateurs possibles de la qualité des sols (Lavelle et *al.*, 2006; Velasquez et *al.*, 2007; Ruiz et *al.*, 2011).

2.5. La pollution du sol :

2.5.1. Types de pollution et origines :

La pollution et la contamination sont deux expressions couramment employées pour désigner l'accumulation anormale et exogène, généralement due à une activité humaine, d'éléments ou de composés minéraux, organiques ou d'agents pathogènes dans un milieu donné dont la qualité se trouve affectée (Chassin et *al.*, 1996).

Une substance toxique désigne une substance naturelle ou de synthèse, minérale ou organique, présentant une nocivité pour les organismes vivants, pouvant être absorbée par voie foliaire ou racinaire chez les plantes, par inhalation, ingestion ou contact chez les animaux. Elle provoque une intoxication des organismes affectés en perturbant une fonction vitale pouvant entraîner la mort (Ramade , 2000).

Selon (Jeannot et *al.*, 2000), la pollution des sols peut être soit localisée soit diffuse. La pollution localisée se distingue par la présence ponctuelle dans les sols de substances dangereuses: déversements, fuites ou dépôt de déchets. La pollution diffuse implique des polluants à faible concentration sur de grandes surfaces, qui proviennent généralement d'épandages de produits: engrais ou pesticides, et les retombées atmosphériques.

L'origine d'une pollution peut être accidentelle suite à un déversement ponctuel et momentané de substances polluantes. Elle peut survenir sur de longues durées, telles que les fuites sur des conduites enterrées, les lixiviats issus de dépôts de déchets.

2.5.2. Les sources de pollution du sol :

2.5.2.1. Sources naturelles :

Les facteurs topographiques et climatiques tels que les pentes abruptes, les crues, les tornades fréquentes, les tempêtes et les vents de haute vitesse, les pluies de forte intensité, et la sécheresse sont parmi les causes naturelles de dégradation de la qualité des sols (Fernández et *al.*, 2018).

2.5.2.2. Sources anthropogéniques :

Les activités humaines, de l'agriculture aux industries, qui appauvrissent les sols en matières organiques, en éléments minéraux et en microorganismes, les transformant en sols pollués sont l'origine anthropique de la dégradation du sol (Qi et *al.*, 2015).

Nous pouvons citer quelques sources anthropiques de la dégradation des sols :

- La déforestation, le surpâturage et les incendies de forêts qui engendrent une perte de la couverture végétale et accélèrent l'érosion du sol (Wenyou et *al.*, 2018).
- L'épandage excessif d'engrais (notamment phosphatés, riches en cadmium), et de produits phytosanitaires pesticides dans le but de fertiliser le sol ou de se débarrasser des êtres vivants nuisibles aux cultures (Rong et *al.*, 2018).
- La sur-urbanisation de sols à vocation agricole : les surfaces bétonnées qui couvrent le sol empêchent l'eau de pénétrer dans la terre. Sans eau, aucune vie ne peut se développer (Shixue et *al.*, 2018).
- Les émissions intenses des rejets toxiques et polluants riches en métaux lourds par les industries et par la circulation automobile
- Le dépôt et l'accumulation des boues de station d'épuration, des déchets industriels et ménagers sur les sols sous forme de décharges autorisées ou sauvages (Pengyan et *al.*, 2018).



Figure 11. Différentes sources de pollution d'origine anthropique

© Bénédicte Desrus/AFD, Épandage de pesticide

2.5.3. Les principaux polluants du sol :

Les termes normalisés de l'AFNOR définit le polluant comme un altéragène biologique, physique, ou chimique, qui au-delà d'un certain seuil, et parfois dans certaines conditions (potentialisation), développe des impacts négatifs sur tout ou partie d'un écosystème ou de l'environnement en général. (Khellout, 2004).

Selon (Chapelle, 2013), les principaux polluants de sol sont :

- **Les métaux lourds ou ETM (éléments traces métalliques):**

Ils sont typiques des villes, et plus rares dans les campagnes. On distingue le plomb, polluant le plus courant ; d'origine industrielle variée ; peu assimilable par les plantes, sauf en conditions acides.

Le cadmium polluant très toxique, plus assimilable, mais plus rare, est présent en petite quantité dans les produits contenant du zinc. Le cadmium est mobile dans le sol et plus facilement absorbé par les plantes que la plupart des éléments.

D'autres ETM sont surveillés dans les sols comme le mercure, l'arsenic, le chrome, le zinc, le nickel et le cuivre. A souligner que le zinc et le cuivre sont des oligo-éléments dont nous avons besoin en traces dans notre alimentation.

- **Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (ou HAPs) :**

Les HAPs sont très variés le Benzo(a) pyrène est l'indicateur de référence. Ils sont notamment issus de la combustion incomplète des hydrocarbures, et associés aussi à l'usage de goudrons et de bitumes (Chapelle, 2013).

- **Les autres polluants chimiques :**

Les Composés Organiques Volatiles (ou COV) : comprennent 19 solvants chlorés (nombreux usages, notamment dans le traitement des meubles) et les 9 composés organiques comprenant notamment le benzène, le toluène et le xylène, regroupés sous l'acronyme BTX, souvent associés aux fuites de pétrole ou de fuel dans les stations-services ou à proximité de réservoirs de carburants, Les cyanures et les pesticides (Chapelle,2013).

2.6. Les conséquences de la pollution du sol :

2.6.1. Sur l'environnement:

Un sol pollué devient une source possible de diffusion directe ou indirecte de polluants dans l'environnement. Cette diffusion peut s'effectuer à travers l'eau, les envols de poussières, les émanations gazeuses ou bien via une reconcentrations et/ou un transfert de polluants par des organismes vivants le long de la chaîne trophique. Cela peut conduire à la perte de la biodiversité végétale et animale et à la perturbation de l'équilibre dans les différents écosystèmes environnementaux (Lei et *al.*, 2016).

- **Par lessivage et infiltration**

L'impact des sols pollués concerne principalement les eaux souterraines et les nappes phréatiques. La contamination des eaux souterraines est très difficile, voire impossible à éliminer ; l'eau ne peut plus être traitée et devient inutilisable (Marco et *al.*, 2018).

Deuxième partie : Partie Expérimentale

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

3.1. Présentation des sites d'étude :

3.1.1. Situation géographique

Notre étude a été réalisée au niveau de la zone industrielle du MAZAFRAN Kolea, Wilaya de Tipaza, où deux stations A et B ont été choisies en relation avec certains critères tels que l'accessibilité, les paramètres d'ordre physique et biologiques. La distance entre les deux stations A et B est d'environ 2km.

Kolea (fig. 12) est une commune de la wilaya de Tipaza en Algérie, située au nord-ouest de la wilaya d'Alger, à environ 24km au sud-ouest de la capitale, 56km à l'est de Tipaza et 19km au nord de Blida. Elle se situe à la fois dans le prolongement Ouest de l'Aire métropolitaine d'Alger, à la croisée des chemins entre Alger, Blida et Tipaza, donnant à la fois sur la Mitidja et sur la mer.

Les coordonnées géographiques et l'altitude pour notre zone d'étude sont respectivement $36,639^\circ$ de latitude nord, $2,768^\circ$ de longitude est et 137 m d'altitude.

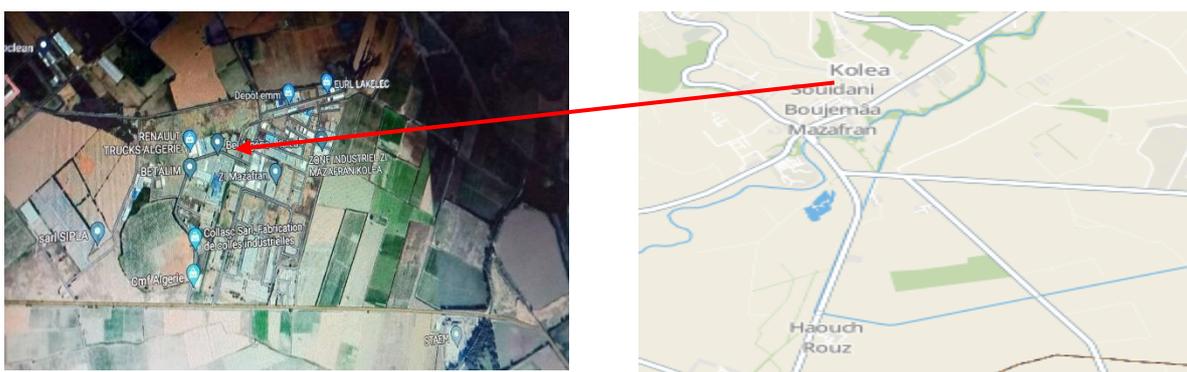


Figure 12 : Localisation de la zone d'étude (Google Earth, 2021).

- **Milieu A:**

C'est une zone naturelle située à une distance de 500m de l'usine la plus proche dans la zone industrielle (fig. 13). La superficie totale de cette station est de 700 m².



Figure 13 : Localisation de la station d'étude A (Google Earth, original 2021).

- **Milieu B :**

Cette zone naturelle (fig. 14) est située à deux kilomètres de la zone industrielle de Mazafran avec une superficie totale de 450m².



Figure 14 : Localisation de la station d'étude B (google Earth, original 2021).

3.1.2. Climat :

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques tels que la température, le vent, les précipitations...etc., qui caractérisent l'état et l'évolution de l'atmosphère en un lieu déterminé à un temps défini. Il est déterminé à partir de l'étude des paramètres météorologiques (la température, les précipitations, taux d'humidité) (Boudjllal, 2009).

La zone d'étude Koléa se caractérise par un climat méditerranéen, doux en hiver et chaud en été. Au cours de l'année, la température varie généralement de 6 °C à 32 °C et est rarement inférieure à 2 °C ou supérieure à 35 °C.

3.1.2.1. La température :

Nous avons considéré la période annuelle (1980-2016). La saison chaude dure 3 mois, du 21 juin au 21 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 25 °C. Le mois le plus chaud de l'année est le mois de août, avec une température moyenne maximale de 32 °C et minimale de 21 °C. La saison fraîche dure 5 mois, de novembre à mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 19 °C (fig. 15). Le mois le plus froid de l'année est le mois de janvier, avec une température moyenne minimale de 7.6 °C et une température moyenne maximale de 14.4 °C.

Durant la période d'étude qui s'est étalée sur quatre mois (du mois de Mars à la mi juin), il a été constaté que la valeur de la température moyenne la plus élevée a été enregistrée durant le mois de Juin. (Tableau 1).

3.1.2.2. Pluviométrie :

La plupart de précipitations tombent dans la région de Kolea entre les mois de septembre et mai avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 15 %. La saison la plus sèche dure 6 mois, de mai à octobre. La probabilité de précipitations la plus basse est de 2 % enregistrée au mois de juillet.

Les données caractérisant la pluviométrie de la région d'étude au cours de la période d'étude allant du mois de mars au mois de juin, montrent que les fortes précipitations ont été enregistrées durant le mois de février (84mm). (Tableau 1, fig. 16).

Tableau 1 : Les données climatiques de la région de Kolea (1980-2016).

Mois/T °C	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T min. moy	7.6	7.9	9.6	11.2	13.8	17.3	20.2	20.9	19.5	15.3	11.1	8.8
T max. moy	14.4	15.4	17	19.2	22.3	25.7	28.5	29.4	27	22.9	18.3	15.2
T moy.	11	11.7	13.4	15.3	18.1	18.1	24.3	25.3	23.2	19.1	14.7	12.1
P (mm)	52	84	47	52	43	13	8	13	24	39	48	52

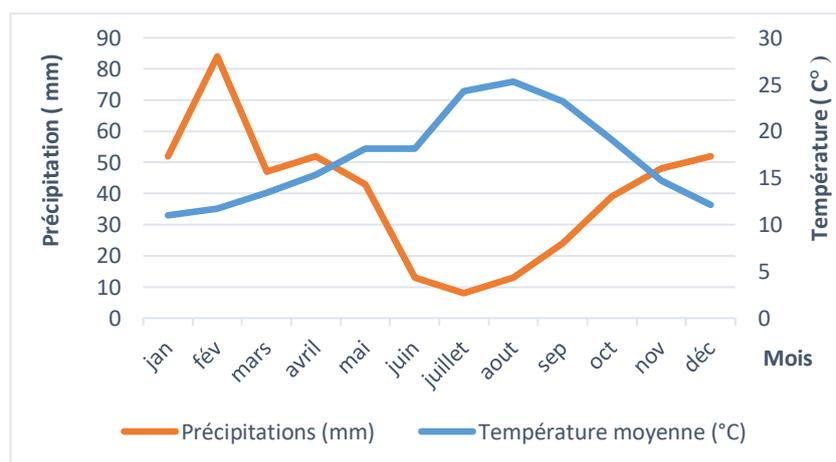


Figure 15. Diagramme ombrothermique de la zone d'étude Kolea (1980-2016).

3.1.2.3. Le vent :

Les vents jouent un rôle très important dans l'écosystème et affectent le développement des végétaux (Beniston, 1984). La vitesse horaire moyenne du vent à Kolea connaît une

variation saisonnière modérée au cours de l'année. La période la plus ventée de l'année dure du mois octobre à avril, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 14,0 Kilomètres par heure, et la période la plus calme de l'année dure du mois mai au début octobre.

Le vent vient le plus souvent de l'est pendant 5 mois, de la mi-mai au septembre, et vient le plus souvent de l'ouest pendant 7,5 mois, d'octobre à la mi-mai.

3.2. Matériels utilisés

3. 2. 1. Matériels utilisés sur le terrain :

Le matériel utilisé pour capturer les Coléoptères au niveau des deux milieux (A et B) , se compose de pots Barber qui sont des boîtes cylindrique de 10 cm de diamètre et 8 cm de hauteur , une pioche , de l'Alcool (Ethanol 70°) et des flacons pour ramener les insectes au laboratoire. (Fig. 17).



Figure 17 : Matériels utilisés sur le terrain (photos originales)

3.2.2. Matériels utilisés au laboratoire :

Au laboratoire nous avons utilisé le matériel suivant : (Fig. 18)

- ✓ Une loupe binoculaire pour le triage, le comptage et la détermination
- ✓ Pinceau, boîtes de pétri, l'alcool à 70 degrés, les épingles entomologiques, des tubes et des boîtes de collection pour le séchage des spécimens à identifier.



Figure 18: Matériels utilisés au laboratoire (photo original)

3. 3. Etude de la coléoptérofaune :

3. 3. 1 Techniques de récolte des coléoptères :

- **le piège Barber :**

Selon Bigot, 1965 Les Coléoptères sont récoltés de manière indirecte par piégeage d'une part à travers l'emploi des pièges d'interception, encore connus sous le nom de « pièges de Barber » avec addition de sel (conservateur). Les pièges Barber ainsi appâtés sont très efficaces pour échantillonner les différents familles des Coléoptères terricoles comme les Carabidae, les Staphylinidae, les Cerambycidae, les Curculionidae, les Tenebrionidae et les Silphidae etc).

- **Le Berlese :**

Bien que non recommandé en écologie quantitative (BIGOT, 1965), **le berlese** a été employé pour la capture des Coléoptères endogés de petite taille. Cette technique consiste à racler la partie superficielle sur une superficie d'environ 4dm² et de la déposer sur un tamis au-dessus d'un entonnoir aboutissant à un bocal récepteur. Les spécimens qui fuient la lumière et la chaleur dégagée par la source de lumière accrochée au-dessus du tamis sont réceptionnés dans un bac contenant de l'alcool.



Figure 19. Les pièges de récolte des coléoptères (photo originale).

3.3.2 Dispositifs d'échantillonnage :

Nous avons installé 5 pièges Barber aléatoirement pour chaque milieu, avec une distance de 5 mètres entre deux pièges (fig. 20).

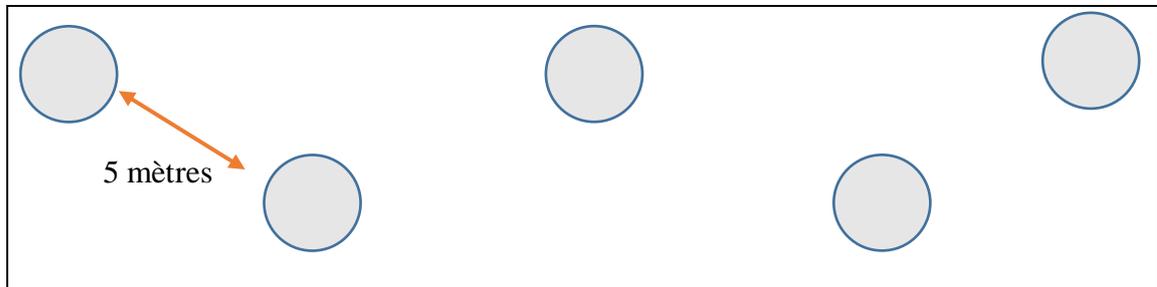


Figure 20 : Disposition des pièges sur le terrain.

La période d'étude s'est étalée sur trois mois, allant du 15 mars 2021 au 15 juin 2021.

Nos sorties sont réalisées la plupart du temps en plein jour, particulièrement au milieu de la journée. Nous retenons un total de 7 dates de sorties sur les deux milieux. Nous avons installé le premier dispositif expérimental dans les deux stations A et B la 13/03/2021 journée pendant laquelle la température moyenne avoisinait 15°C. Nous avons récupéré les insectes piégés 48h après la disposition des pièges.

Durant la période d'étude, les insectes piégés sont récoltés deux fois par mois (une sortie chaque 15 jours).

3.3.4. Détermination et conservation des espèces capturées :

Les insectes récoltés sont mis dans des flacons tout en mentionnant la date, le lieu de récolte (milieu). Au laboratoire, le contenu de chaque flacon provenant des pots Barber est déversé dans des boîtes de pétri en verre pour trier les taxons de coléoptères. Par la suite, tous les coléoptères récupérés ont été mis dans un autre flacon contenant de l'alcool à 70 °.

Après le tri, nous avons utilisé des clés de détermination des espèces de coléoptères (la faune de France) de façon à classer les taxons rencontrés en familles et espèces. L'étape de détermination a été faite à l'aide du Professeur Marniche F. au laboratoire de zoologie de L'école Nationale des Sciences Vétérinaires (ENSV, Beb Ezzouar Alger).

3.4. Relevés floristiques :

3.4.1. Echantillonnage par quadrat :

Pour recenser la biodiversité végétale et estimer l'abondance de chaque espèce dans les deux milieux, nous avons travaillé sur une surface de 100 m², où nous avons installé 9 carrés (quadrats) de 3 m² (fig. 21) répartis au hasard dans chaque milieu, ensuite on a prélevé un échantillon par espèce de plante non identifiée dans chaque milieu.

L'étape d'identification des espèces de plantes a été réalisée avec l'aide de Dr Degaichia Houssein du laboratoire de physiologie végétale, au département des Biotechnologies et Agroécologie (FSNV, Université Blida 1), selon la clé de détermination de la Nouvelle flore d'Algérie (Quezel et Santa, 1962-1963).

3.4.2. Indices d'abondance-dominance :

L'abondance d'une espèce végétale λ , estimée avec une échelle allant de 1 à 5, est liée au nombre total d'individus comptés (de l'espèce λ). La dominance de l'espèce λ est fournie par l'évaluation de la surface couverte par l'ensemble des individus de l'espèce λ . En réalité, on regroupe les deux indices, étroitement liés l'un à l'autre, en un seul qui se situe sur une échelle allant également de 1 à 5.

Si le recouvrement est faible, c'est le nombre d'individus qui s'impose et si, inversement, le degré de recouvrement est important, c'est la valeur de la dominance qui deviendra prépondérante. Ainsi, l'échelle d'abondance-dominance (Braun-Blanquet et *al*, 1952) est la suivante :

- + : individus rares (ou très rares) et recouvrement très faible
- 1 : individus assez abondants, mais recouvrement faible
- 2 : individus très abondants, recouvrement au moins 1/20
- 3 : nombre d'individus quelconque, recouvrement 1/4 à 1/2
- 4 : nombre d'individus quelconque, recouvrement 1/2 à 3/4
- 5 : nombre d'individus quelconque, recouvrement plus de 3/4

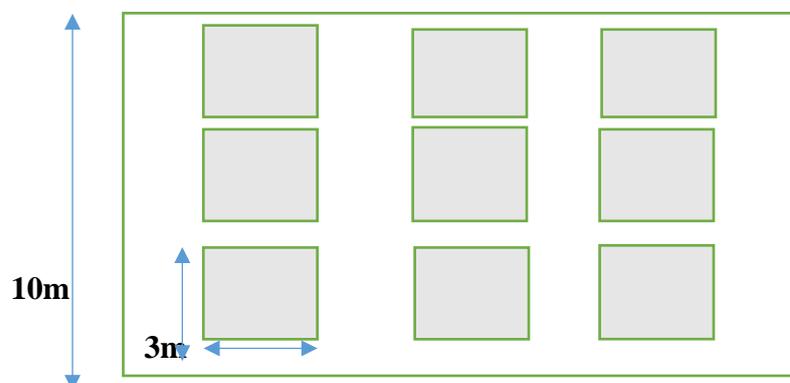


Figure 21 : Dispositif des quadrats pour les relevés floristiques.

3.5. Analyses du sol :

3.5.1. Techniques de prélèvement du sol

Le prélèvement d'un échantillon de sol est souvent la première étape pour un conseil agronomique en matière de fertilisation ou pour une expertise physique du sol. A cause de la variabilité, tant spatiale que temporelle, des propriétés physiques et chimiques des sols, la qualité du prélèvement est une étape décisive pour la fiabilité de tout conseil agronomique.

Notre échantillonnage du sol a été effectué au niveau des deux milieux d'étude A et B, le 07/05/2021. Après décaissage à la pelle et évacuation des 5 premiers centimètres de sol, trois prélèvements de la couche de surface sur une profondeur de 20 à 30 cm ont été effectués aléatoirement.

Pour le matériel de prélèvement, nous avons utilisé une pelle et un seau propre en plastique pour mélanger les échantillons de sol. Enfin, de petits sachets en plastique ont servi pour emballer les différents prélèvements.

3.5.2. Prétraitement des échantillons du sol et analyses pédologiques

Les prétraitements nécessaires des échantillons du sol doivent être soumis à des analyses physico-chimiques des paramètres stables et non-volatils. Cette procédure décrit les trois types de prétraitement des échantillons : séchage, broyage et tamisage.

Les analyses du sol ont essentiellement porté sur la détermination de leurs propriétés physicochimiques. Notre analyse pédologique a été réalisée au niveau de laboratoire pédologique de l'Université Saad Dahlab Blida 1 département de biotechnologie avec l'aide de Mr. Hamida Saïd ingénieur de laboratoire. Nous avons réalisé trois répétitions pour chaque analyse.

3.5.2.1. La matière organique :

- **But et principe** : Oxydation de la matière organique d'un échantillon de sol par une quantité en excès de potassium en milieu sulfurique à 135°C. Dosage spectrométrique des ions chromiques Cr³⁺ formés. La teneur en Matière Organique est évaluée par le carbone organique ainsi déterminé.

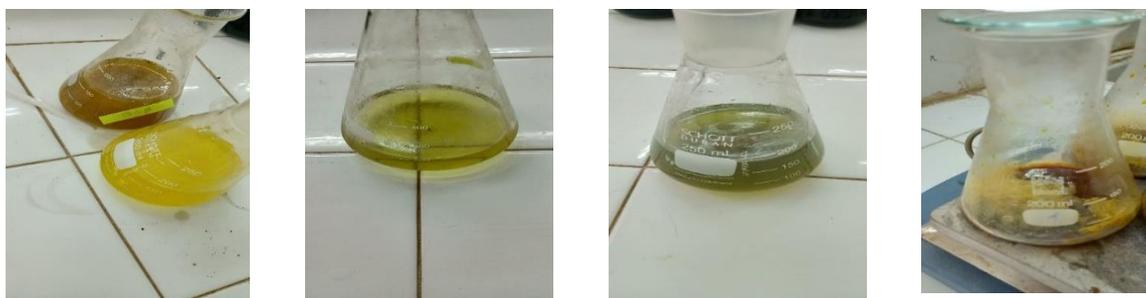
-**Matériels utilisés et mode opératoire** (fig. 22): Agitateur, tubes à minéralisation jaugés, bécher, Pissette, flacons en plastique, entonnoirs en plastique, fiole jaugée de 100 ml.

Dans un bécher, - introduire 1 g de sol pilonné et tamisé puis ajouter 10 ml $K_2Cr_2O_7$ (Dichromate de potassium) et 15 ml H_2SO_4 .

-Ensuite, avec un agitateur on a chauffé à $70^\circ C$ la solution obtenue pendant 5 min, puis on laisse la solution refroidir quelques minutes et on ajoute 150ml d'eau distillée,

- On prélève 20 ml de la solution totale et rajouter 150 ml d'eau distiller puis 5 ml de NAF 3% dans la nouvelle solution et enfin 3 gouttes de Diphénylamine (indicateur coloré), et le sel de Mohr gouttes à gouttes jusqu'au virage à la couleur bleu verdâtre.

Pour les calculs, On a : $C\% = [(n' - n) \cdot 0,615 \div P]$, le taux de matière organique est calculé selon la formule suivante : $\%MO = \%C \cdot 1.72$



Figures 22 : Analyse de la matière organique (photos originales).

3.5.2.2. La conductivité électrique :

-Matériel et Mode opératoire: tamis à 2mm, 20 g de sols, électrodes, Flacon en plastique de 100 ml, (1 par échantillon), Pissette de 500 ml, Agitateur, Papier filtre, Entonnoir.

Nous pesons 20 g de sol sec préalablement tamisés avec un tamis de 2 mm. Nous les mettons dans une boîte plastique de 100 ml puis nous ajoutons 50 ml d'eau distillée et nous mettons la solution dans un agitateur pendant 30 minutes. La lecture des résultats est faite après 30 min à l'aide d'un conductimètre.

3.5.2.3. Le pH :

Le pH des sols, qui traduit l'acidité des sols s'échelonne de 1 à 14, il nous renseigne sur la nature des roches sur lesquelles s'est formé le sol. Le pH (abréviation de "potentiel Hydrogène") indique un degré d'acidité (de 0 à 6,5) ou d'alcalinité (de 7,5 à 14) d'une solution, l'indice 7 indiquant la neutralité.

Matériel et mode opératoire : tamisés à 2mm, 20 g des sols, Agitateur, Ph mètre, Bécher en plastique de 100 ml par échantillon, Baguettes de verre, Papier filtre, Entonnoir.

La même méthode adoptée pour l'analyse de la conductivité a été utilisée pour la détermination du potentiel hydrogène du sol (fig. 23) des deux milieux d'étude. On pèse 20 g de sol sec tamisé à 2 mm qu'on met dans un bécher de 100 ml, on ajoute 50 ml d'eau distillée puis on agite et on laisse la solution en contact pendant 30 min. Ensuite, on plonge l'électrode de pH-mètre dans cette solution et effectue la mesure. On laisse le lecteur se stabiliser durant plusieurs secondes, On note enfin les valeurs de pH pour les deux stations.



Figure 23 : Filtration de la solution de sol pour la mesure du PH.

3.5.2.4. Le calcaire total :

La détermination du carbonate de chaux total permet une classification des sols en différentes catégories : sols non calcaire, calcaires, franchement calcaires.

But et Principe : Evaluation du pourcentage de CaCO_3 par la mesure volumétrique du CO_2 dégagé à une température et une pression donnée.

Matériels : Calcimètre (fig. 24), Tubes de 5 ml en plastique s'attachant aux piluliers, Balance, Becher, eau distillée.

Mode opératoire : Nous pesons 1 g de sol sec tamisé à l'aide d'un tamis d'un diamètre de 2 mm de mailles. Nous avons ajouté 0.3g de CaCO_3 et 5 ml de HCl, après nous mesurons le volume de CO_2 dégagé à travers le calcimètre de Bernard.

3.5.2.5. Le calcaire actif :

Le CaCO_3 actif (%) est déterminé par la méthode de Drouineau-Galet en utilisant l'oxalate d'ammonium qui se combine au calcium du calcaire facile à dissoudre (calcaire actif) pour former des oxalates de calcium insolubles. L'excès d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

Matériels et Mode opératoire : Bécher, Balance, Agitateur, Eau distillée.

Nous pesons 2.5 g de sol sec tamisés à 2 mm, après on ajoute 250ml de l'oxalate d'ammonium et on agite la solution pendant 1 heure. Après l'agitation, on a prélevé 20 ml de cette solution et on ajoute 20ml de H_2SO_4 et 20ml d'eau distillée. Enfin, la lecture du volume de calcaire actif se fait lorsque la couleur de la solution devient rose.



Figure 24 : Calcaimètre de Bernard (photo original)

3.6. Analyses des données :

3.6.1. Données de l'enquête informative sur la zone industrielle étudiée :

La zone industrielle Mazafran dispose d'un tissu industriel diversifié avec 17 établissements. La production du secteur de l'industrie concerne par exemple les matériaux de construction de bâtiment, l'industrie agro-alimentaire, industrie de colle, industrie de matériel médical, industrie des pièces automobile, bois...etc.

Nous avons réalisé une enquête auprès des industries situées dans l'environnement proche des milieux d'étude. de notre station ou on a fait notre échantillonnage pour avoir la qualité de ces industrie et leurs effets sur la qualité de sol. Le tissu industriel de cette surface est dominé par les industries suivantes :

a) SARL ETOILE MATERIEL MEDICAL (EMM) :

C'est une société Algérienne d'import-export et de fabrication de matériel médical et différents produits en plastique tel que les urinoirs, bassins de lit, haricots, pissettes..etc., créée en 1999.

b) SARL SLR Robinetterie :

Créée en 2008, la SARL SLR Robinetterie a pour vocation principale la transformation de métaux, la production de barres de laiton, la robinetterie sanitaire et accessoires de raccords pour plomberie eau et gaz. Elle s'est dotée d'un bureau d'études techniques équipé des moyens les plus performants en matière de développement et conception, assisté par ordinateur.

c) SARL Carreau du Sahel Kolea :

Créée en 1983, c'est une société Algérienne dans le secteur du bâtiment basée sur la fabrication du carreau Monocouche.

d) Société de colles industrielles SARL COLLASC :

Créée en 1968, située dans la région de Kolea, Zone Industrielle de Mazafran. C'est une société algérienne qui se base sur la production et la fabrication des différents types de colles industrielles.

e) Eurl LAKELEC :

Créée 2018, C'est une société privée Algérienne spécialisée dans le matériel électrique antidéflagrant (pour zones ATEX). Elle est spécialisée dans la distribution, l'intégration, le montage et l'installation de matériels électriques antidéflagrants dont les références sont reconnues en Algérie par les Grandes Entreprises Pétrochimiques et Gazières Nationales et Internationales.

f) SARL LAITERIE LACTALYA :

C'est une société privée spécialisée dans le domaine agro-alimentaire dans la fabrication des laits et tous les produits laitiers, parmi les activités de cette SARL ont à la liste suivante :

- ✓ Fromagerie : fabrication de fromages
- ✓ Production de laits et produits laitiers : Comme la production de lait cru ou traité, produits laitiers frais, secs et concentrés, production de boissons lactières acides

- ✓ Beurrerie : la fabrication de beurre, Smen et babeurre
- ✓ Fabrication de glaces industrielles (hydriques, carbonique ... etc.)
- ✓ Production industrielle de crèmes glaces
- ✓ Production d'eau minérale et d'eau de source

Les rejets industriels, d'après les informations demandées à certains responsables de chaque usine, sont déversés essentiellement dans les oueds de la région qui débouchent directement dans l'Oued Mazafran situé à 800 m à proximité de cette zone industrielle où notre étude est réalisée (fig. 25).

L'Oued Mazafran, séparant la Wilaya de Tipaza et celle d'Alger est une rivière qui prend naissance aux croisements de l'Oued Chiffa et l'Oued Djer, et se jette dans la Méditerranée.

- ❖ Latitude : 36,6982° ou 36° 41' 53,6" nord
- ❖ Longitude : 2,8034° ou 2° 48' 12,1" est
- ❖ Altitude : 1 mètre



Figure 25 : Oued Mazafran Kolea près de la zone industrielle dans la région d'étude (photo originale).

3.6.2. Analyses de la diversité des communautés de la coléoptérofaune dans les milieux d'étude:

La diversité des communautés de coléoptères de chaque milieu a été appréhendée en calculant les différents indices de structure et de composition en utilisant les logiciels Excel et Past vers. 9.11. Les indices suivants ont été pris en considération.

3.6.2.1. Richesse spécifique :

La richesse totale (S) représente le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré dans un écosystème donné, (Ramade, 1984 et 2003).

3.6.2.2. L'abondance relative :

L'abondance relative (Ar) représente le nombre d'individus d'une espèce du peuplement (N), elle s'exprime par la formule suivante : $Ar = \frac{Aa}{N} \times 100$, l'abondance absolue (Aa) est le nombre d'individus de cette espèce.

3.6.2.3. L'indice de constance :

L'indice de constance (Ci), est le pourcentage du rapport du nombre de relevés contenant l'espèce i (ri) au total des relevés réalisés (R) (Dajoz, 1985). La constance est calculée selon la formule suivante: $Ci = \frac{ri}{R} \times 100$

Bigot et Bodot (1973), distinguent des groupes d'espèces en fonction de leur fréquence d'occurrence:

- les espèces constantes sont présentes dans 50 % ou plus des relevés effectués
- les espèces accessoires sont présentes dans 25 à 49 % des prélèvements
- les espèces accidentelles sont celles dont la fréquence est inférieure à 25 % et supérieure ou égale à 10 %
- les espèces très accidentelles qualifiées de sporadiques ont une fréquence inférieure à 10 %.

3.6.2.4. L'indice de dominance :

Pour estimer la dominance d'une espèce donnée on peut recourir à l'indice de dominance de Simpson (D). Il est calculé par la formule suivante : $D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$

- n est le nombre d'individus de l'espèce i - N est le nombre total des individus capturés et S est la richesse spécifique totale.

3.6.2.5. Indice de diversité spécifique de Shannon :

L'indice de diversité de Shannon (H') représente respectivement les deux composantes de la diversité : d'une part le nombre d'espèces, exprimé en logarithme; d'autre part la répartition de leurs fréquences relatives résumée par le rapport de l'indice obtenu à la valeur qu'il aurait si toutes les espèces étaient également abondantes (Frontier, 1983). Il est calculé

par la formule suivante : $H' = -\sum P_i \ln(P_i)$, $H'_{\max} = \ln(S)$, -n est le nombre d'individus de l'espèce i - N est le nombre total des individus capturés et S est la richesse spécifique totale - P_i est l'abondance relative de l'espèce i et $P_i = (n/N) \times 100$

3.6.2.6. Indice d'équitabilité :

C'est un indice qui permet d'estimer la répartition des espèces au sein des relevés en évaluant la proportion des espèces dominantes et dominées. Il se calcule à partir de la valeur de H' et de la richesse spécifique S, il s'écrit : $J' = H' / H'_{\max} = H' / \log_2(S)$

L'Equitabilité J' varie de 0 à 1, elle tend vers 0, quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une ou deux espèces (une ou deux espèces dominantes), elle est de l'ordre de 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance.

3.6.2.7. L'indice de Simpson D :

Cet indice est essentiellement lié aux variations d'abondance entre espèces dominantes. La formule de cet indice est la suivante : $D = \sum N_i(N_i-1) / (N(N-1))$, N_i : nombre d'individus de l'espèce donnée, N : nombre total d'individus.

L'indice de Simpson tend vers une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité.

3.6.3. Diagrammes rang-fréquence des communautés d'espèces:

Les divers modèles de distribution spécifique sont basés sur différents modèles de partition des ressources entre espèces. D'après FRONTIER & VIALE (1992), aucun modèle n'est parfaitement représenté dans la nature, mais les communautés naturelles utilisent différentes stratégies.

3.7. Traitements statistiques des données :

7.3.1. L'analyse factorielle des correspondances (AFC)

Les méthodes utilisées dans ce travail s'appuient sur l'analyse factorielle de correspondances (AFC) et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). C'est une méthode couramment utilisée en études biologiques (Chardy et al., 1976 ; Desprez, 1981 ; Hily, 1984 ; Le Bris, 1988). Elle permet un traitement synthétique des données à plusieurs variables qualitatives et a pour but la simplification, l'ordination et la coordination des données initiales, en exprimant les inter-relations entre variables par un plus petit nombre de facteurs. Ces facteurs

sont représentés par des axes perpendiculaires qui délimitent les plans de l'AFC. Elle s'applique par excellence aux tableaux de contingence qui utilise la distance Chi-2 pour comparer les variables ou les individus entre eux. Cette distance est un coefficient de ressemblance asymétrique (Dajet, 1976 ; Legendre et Legendre, 1984) qui confère une sensibilité plus importante aux espèces de faibles abondances et permet une analyse symétrique sur les lignes et les colonnes du tableau de données.

7.3.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) :

La classification ascendante hiérarchique consiste à agréger progressivement les individus selon leur ressemblance, mesurée à l'aide d'un indice de similarité ou de dissimilitude (Duchez et Loy, 2005). Cette méthode de classification est destinée à produire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères (Lebart et *al.*, 1982). Elle procède en fait à la construction des classes (paquets) par agglomérations successives des objets deux à deux, qui fournissent une hiérarchie de partition des objets.

Il existe plusieurs méthodes de CAH et plusieurs coins de calcul de la distance entre deux objets, deux classes ou un objet (Benzecri, 1973). Legendre et Legendre (1984) recommandent l'indice de Bray-Curtis comme technique de groupement agglomératif moyen.

Deuxième partie : Partie Expérimentale

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1. Analyses pédologiques comparatives des stations d'étude :

Les résultats des analyses pédologiques des deux milieux d'étude sont mentionnés dans les tableaux 3a et 3b.

Tableau 3 : Valeurs des principaux paramètres physico-chimiques du sol des deux milieux d'étude (N=3 répétitions/paramètre).

Paramètres physico chimiques	(a) Milieu A			
	Valeur max	Valeur min	Moyenne	Observations
Matière organique %	5.8	5.3	5.53	Sol riche en MO
PH	7.57	7.31	7.45	Sol basique
Conductivité électrique (us/cm)	1368	1340	1353	Sol salé
Calcaire total %	21.61	20.40	21.05	Sol calcaire
Calcaire actif %	17.5	17.10	17.25	Sol chlorosé
Paramètres physico chimiques	(b) Milieu B			
	Valeur max	Valeur min	Moyenne	Observations
Matière organique %	5.1	4.1	4.63	Sol riche en M.O
PH	8.9	8.4	8.6	Sol basique
Conductivité électrique (us/cm)	1441us/cm	1428us/cm	1434.66us/cm	Sol salé
Calcaire total%	18.80	17	17.66	Sol Calcaire
Calcaire acti f%	15.50%	15.12	15.29	Sol chlorosé

4.1.1. PH

Le PH est le premier indicateur de toute évolution physico-chimique des sols.

Les valeurs du pH mesurées dans le milieu A montrent une valeur minimale du PH de 7.31 et une valeur maximale de 7.57 avec une moyenne de 7.45 ce qui indique que le sol de ce milieu est un sol basique. Pour le milieu B, la valeur minimale du PH est égale à 8.4 et la valeur maximale est de 8.9 avec une moyenne de 8.6 ce qui indique que le sol de ce milieu est également un sol basique (tab2).

4.1.2. Conductivité électrique (CE) :

Les sols des deux milieux d'étude possèdent des teneurs moyennes en se. La moyenne de la conductivité électrique du milieu A est de 1353 us/cm, avec un minimum et un maximum respectifs 1340us/cm et 1368 us/cm (tab2). Pour le milieu B, la moyenne de la conductivité électrique est de 1434.66us/cm avec une valeur minimum et maximum de 1428us/cm et 1441us/cm. D'après nos résultats, les sols des deux milieux étudiés sont des sols salés.

4.1.3. La matière organique :

Les taux de matière organique varient respectivement entre 5.3 % et 5.8% avec une moyenne de 5.53% dans le milieu A et entre 4.1% et 5.1 % avec une moyenne de 4.63 % dans le milieu B. D'après nos résultats, les sols des deux milieux sont donc riches en matière organique

4.1.4. Le calcaire total :

La teneur en calcaire total dans le sol du milieu A varié entre 20.40% et 21.61% avec une moyenne de 21.05%. Cette teneur varie de 17% et 18.80% avec une moyenne de 17.66% dans le milieu B. Les sols des deux milieux sont des sols calcaires d'après les résultats obtenus

4.1.5. Le calcaire actif :

Le calcaire actif est présent avec une valeur maximale 17.50% et une valeur minimale 17.10% avec une moyenne de 17.25%, dans le milieu A. Pour le milieu B, les valeurs des teneurs en calcaire actif sont de 15.29% en moyenne, donc le calcaire actif des deux milieux est élevé.

4.2. Analyses floristiques des milieux d'étude :

Le Tableau 4 présente l'inventaire des familles botaniques et les différentes espèces avec leur recouvrement respectif dans chaque milieu.

4.2.1. Richesse des familles et des espèces:

Le milieu B se caractérise par 6 familles botaniques représentées alors que dans le milieu A, seules 4 familles sont rencontrées (fig. 26).

Les Poaceae sont communes aux deux milieux et sont plus représentées dans le milieu B avec 4 espèces et seulement 2 espèces dans le milieu A (fig. 26). La famille des Fabaceae (3 espèces) est dominante dans le milieu A, (tab. 4a et fig. 26).

La richesse spécifique du milieu A se compose de 7 espèces réparties dans 4 familles. Celle du milieu B renferme 11 espèces différentes de celles du milieu A et représentées dans 6 familles (tab.4).

Tableau 4 : Inventaire floristique et recouvrement végétal % des milieux d'étude.

a) Milieu A

Famille	Espèce	Coef. de BraunBlanquet	Rc %	Observations
Poaceae	<i>Bromus Madritensis</i> Nevski, 1934	5	80	Abondant et dominant
	<i>Phleum Pratense</i> Welten & Sutter 1982	3	35	Abondant
Fabaceae	<i>Trifolium tomentosum</i> L., 1753	2	15	Abondant
	<i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Schindl.	+ à 1	3	Individus dispersés
	<i>Trifolium pratense</i> L., 1753	3	30	Abondant
Verbenaceae	<i>Verbena officinalis</i> L., 1753	+ à 1	2	Individus dispersés
Polygonaceae	<i>Rumex Pulcher</i> L., 1753	4	65	Abondant

a) Milieu B

Famille	Espèce	Coef. de BraunBlanquet	Rc%	Observations
Asteraceae	<i>Leucanthemum vulgare</i> Lam., 1779	5	80	Abondant et dominant
	<i>Achillea millefolium</i> L., 1753	2	15	Abondant
Convolvulaceae	<i>Dichondra micrantha</i> urb G.Forst., 1776	3	53	Abondant
	<i>Convolvulus arvensis</i> L., 1753	4	65	Abondant
Poaceae	<i>Linum perenne</i> L., 1753	3	35	Abondant
	<i>Phalaris paradoxa</i> L., 1763	+ à 1	2	Individus dispersés
	<i>Poa bulbosa</i> L., 1753	3	35	Abondant
	<i>Avena sterilis</i> L., 1762	3	35	Abondant
Brassicaceae	<i>Sinapis arvensis</i> L., 1753	2	15	Abondant
Iridaceae	<i>Gladiolus sp</i> L., 1753	+ à 1	2	Individus dispersés

Apiaceae	<i>Daucus carota</i> (Hoffm.) Schübl. & G.Martens, 1834	4	65	Abondant
-----------------	--	---	----	----------

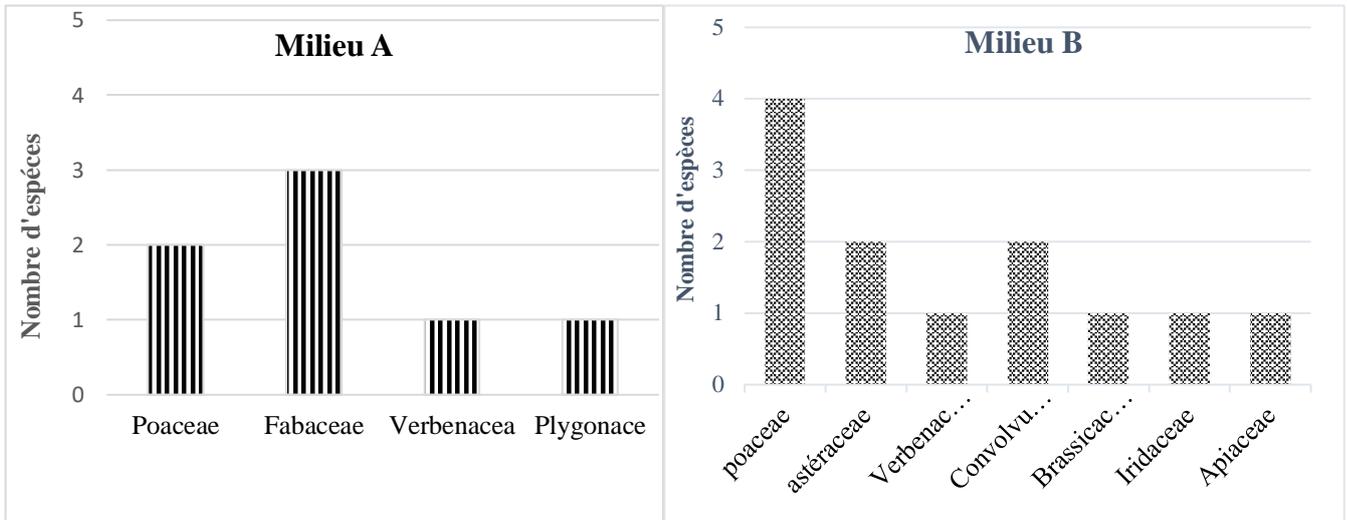


Figure 26 : Richesse spécifique des deux milieux d'étude.

4.2.2. Recouvrement végétal :

Notre inventaire dans le milieu A nous permis de recenser 7 espèces différentes. L'espèce *Bromus madritensis* est l'espèce abondante et dominante avec un taux de recouvrement respectivement de 75% à 100 %. Les espèces qui ont une faible abondance sont *Verbena officinalis* (2%) et *Kummerowia striata* (3%) (fig. 27a).

Dans le milieu B, sur les 11 espèces inventoriées, les espèces *Leucanthemum vulgare* (80%) , *Convolvulus arvensis* (65%), *Daucus carota* (65) , *Dichondra micrantha* (53%) sont abondantes et dominantes (fig.31.b). Par contre, *Phalaris paradoxa* (2%) et *Galadiolus sp* (2%) manifestent une faible abondance.

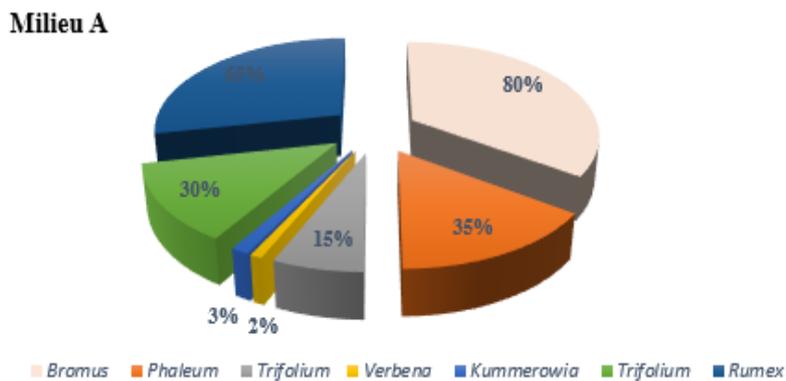


Figure 27a : Répartition des pourcentages de recouvrements dans le milieu A

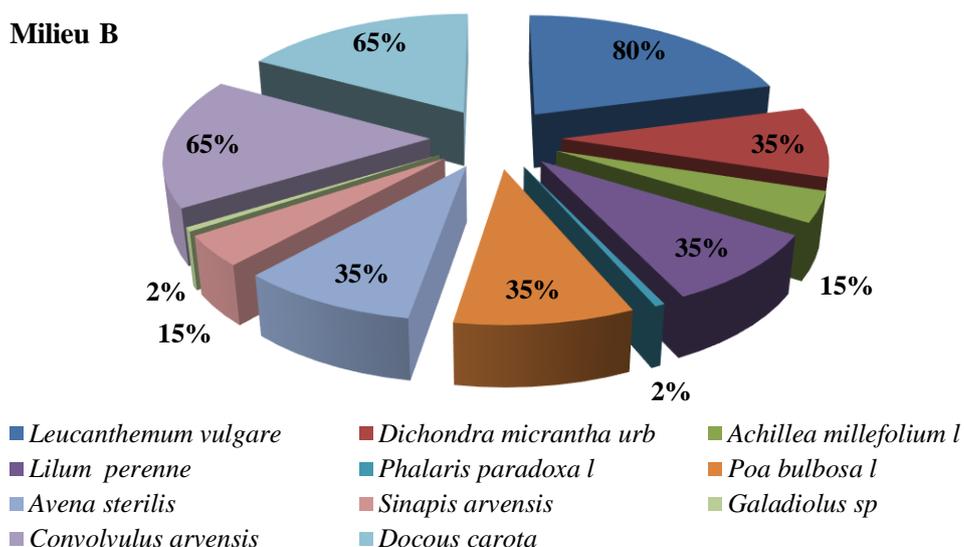


Figure 27b : Répartition des pourcentages de recouvrements dans le milieu B

Donc le taux d'abondance des espèces augmente en fonction de la présence des espèces dans leurs milieux spécifiques, pour les espèces devenues rare ou bien individus dispersés dans les milieux ou les conditions édaphiques et géomorphologiques sont inappropriés.

4.3. Inventaire global de la coléoptérofaune dans les deux milieux :

Le dispositif d'échantillonnage appliqué dans les deux stations d'étude durant la période d'étude, nous a permis de capturer 52 espèces de coléoptères réparties sur 13 familles (tab. 5) (fig. 28) . Les familles des Chrysomelidae, des Scarabidae, des Silphidae et des Carabidae sont les mieux représentées en espèces dans notre zone d'étude.

Tableau 4 : Présence Absence des coléoptères dans les deux milieux d'étude (+ : présence, - : absence d'espèce)

Famille	Espèce	Station A	Station B
Carabidae	<i>Carabus morbillosus</i> (Fabricius,1792)	+	+
	<i>Brachinus efflans</i> (Dejean & Boisduval, 1829)	+	+
	<i>Chlaenius canariensis</i> (Dejean 1831)	+	+
	<i>Pocilusstriatuponctatus</i> (Duftschmid, 1812)	+	+
	<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid, 1812)	+	+
	<i>Trichochlenius</i> (Rossi, 1790)	+	+
	<i>Licinus sp</i> (Rossi, 1790)	+	-
	<i>Scarites planus</i> (Bonelli , 1813)	+	-
	<i>Pseudophonus refipes</i> (De Geer, 1774)	+	-
	<i>Acinopus megacephalus</i> (P.Rossi, 1794)	+	-
	<i>Chlenius chrysocephalus</i> (Rossi, 1790)	-	+

Résultat et discussion

	<i>Onyhopagus verticiconis</i> (Lacharting, 1781) <i>Ophonus ardosiacus</i> (lutshink, 1922) <i>Scybalicus oblongiuscules</i> (Dejean, 1829)	- - -	+ + +
Tenebrionidae	<i>Lagorina sericea</i> (Oliver, 1811) <i>Rhagnocephalum rusticum</i> (Oliver,1811) <i>Allecula rhenana</i> (Bach,1856)	+ - -	- + +
Scarabaeidae	<i>Tropinata squalida</i> (Scopoli,1763) <i>Onthopagus opacicollis</i> (Reitter,1892) <i>Sizyphus schaefferi</i> (Linnaeus,1785) <i>Onitis ion</i> (Olivier,1789) <i>Onthopagus torus</i> (Schireber,1759) <i>Afodus acrossus tingitanus</i> (Reitter,1892) <i>Gymnopleurus geoffroyi</i> (Fuessly,1755) <i>Gymnoploneus mopus</i> (pallas,1781) <i>Aphodius</i> (Liliger,1798) <i>Aphodius distinctus</i> (Liliger,1798) <i>Clytra sexpunctata</i> (Linnaeus,1758) <i>Aphodius tingitanus</i> (Muller,1776)	+ + + + + + + - - - - - -	- - - + - - - + + + + +
Meloidae	<i>Berberomeloe majalis</i> (Linnaeus,1758)	+	-
Chrysomelidae	<i>Podagrica fusicoris</i> (James K. Lindsey 2005) <i>Chrysolina bankii</i> (Fabricius,1775) <i>Labidostonis taxicornis</i> (Fabricius,1792) <i>Pachnephorus hispidulus</i> (Panzer,1790) <i>Lachnaia sexpunctata</i> (Scopoli,1763) <i>Pachnephorus</i> (Dejean, 1836)	+ - - - - -	+ + + + + +
Silphidae	<i>Silphidaesp</i> (Latreille, 1806) <i>Silphidae havur</i> (Illigier,1798) <i>Silpha granulata</i> (Linnaeus,1758) <i>Silpha tritis</i> (Illigier,1798) <i>Thantophilus sinatus</i> (Fabricius,1775)	+ + + + +	+ - - - +
Curculionidae	<i>Hypera sp</i> (Germar,1817) <i>Hypera circumvaga</i> (Germar, 1817)	+ -	- +
Cantharidae	<i>Rhagonycha lignosa</i> (O.F.Muller,1764) <i>Cantharis livida</i> (Linnaeus,1758) <i>Anogcodes fulvicolls</i> (Scopoli,1763)	- - -	+ + +
Staphilinidae	<i>Thantophilus sinatus</i> (Fabricius,1775) <i>Staphylinus olens</i> (O.F.Müller, 1764)	+ -	- +
Elateridae	<i>Agriotes sp</i> (Eschscholtz, 1829) <i>Athous sp</i> (Eschscholtz, 1829) <i>Agriotes speactor</i> (Linnaeus,1758)	- - -	+ + +

Résultat et discussion

Odemeridae	<i>Odemera barbara</i> (Fabricius,1792)	-	+
Histeridae	<i>Hister quadrimaculatus</i> (Linnaeus,1758)	-	+
Dermestidae	<i>Dermestes frischii</i> (Kugelann,1792)	-	+

Nous avons recensé 27 espèces réparties sur 8 familles dans le milieu A. Les familles des Scarabaeidae, des Silphidae et des Carabidae sont les mieux représentées en espèces dans ce milieu (fig.28a). Dans le milieu B, nous avons capturé 35 espèces réparties sur 12 familles. Les familles des Carabidae, des Scarabaeidae et des Chrysomelidae sont les mieux représentées en espèces dans ce milieu (fig. 28b).

Parmi les espèces de cet inventaire, *Carabus morbillosus*, *Brachinus efflans*, *Chlaenius canariensis*, *Pocilus striatupunctatus*, *Harpalus distinguendus*, *Trichochlenius*, *Onitis ion*, *Podagricafuscoris*, *Silphidae*sp, *Thantophilus sinatus* sont les espèces communes aux deux milieux.

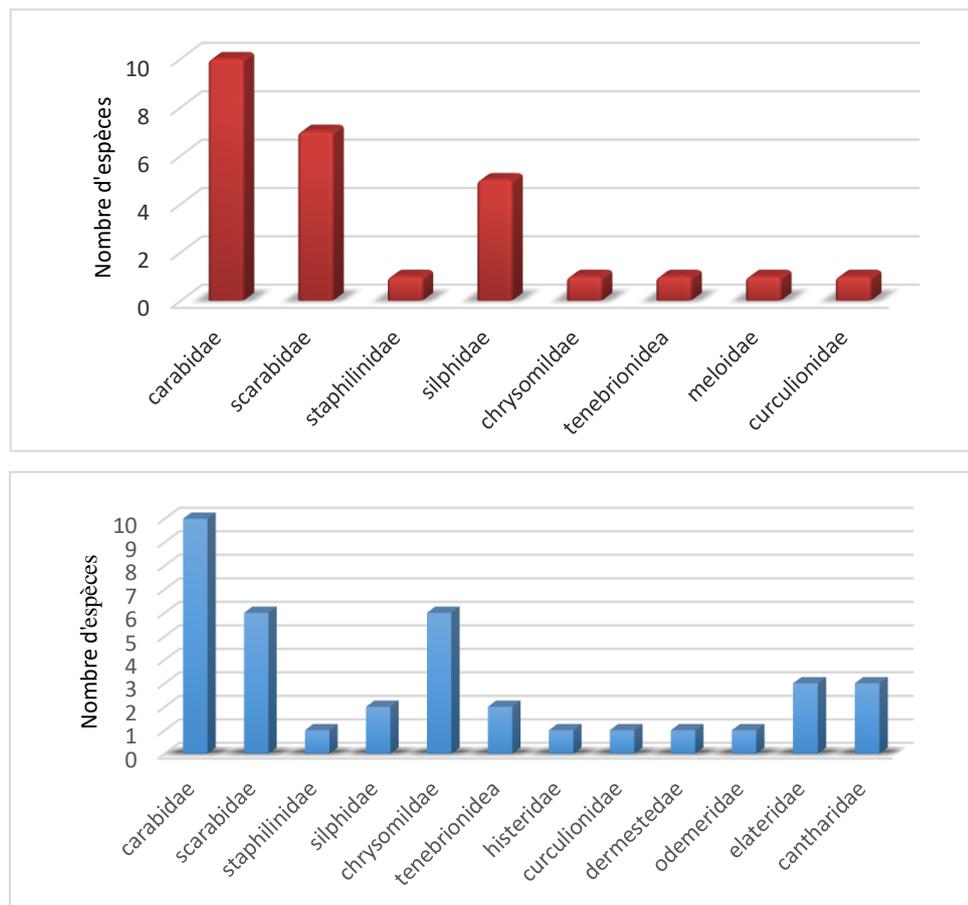


Figure 28 : Richesse des familles et des espèces de coléoptères capturées dans les deux Milieux

4.4. L'abondance et occurrence des espèces :

Les abondances absolues et relatives et occurrence des familles capturées dans les deux stations A et B sont données dans le tableau 6.

Tableau 6 : Abondance et occurrence des familles capturées au niveau des milieux d'étude (Aa : abondance absolue, Ar: abondance relative; Fr: fréquence d'occurrence ; C: Constante; Ac: Accessoire; A: Accidentelle)

Milieu A				
	Aa	Ar%	Occu%	observation
Carabidae				
<i>Carabus morbillosus</i> Fabricius,1792	23	12.5	85,71	C
<i>Brachinus efflans</i> Dejean & Boisduval, 1829	26	14.13	85,71	C
<i>Chlaenius canariensis</i> Dejean 1831	3	1.63	42,85	AC
<i>Pocilus striatuponctatus</i> Duftschmid, 1812	54	29.34	71,42	C
<i>Harpalus distinguendus</i> Duftschmid, 1812	4	2.17	28,57	AC
<i>Trichochlenius</i> Rossi, 1790	1	0.54	14,28	A
<i>Licinus sp</i> Rossi, 1790	1	0.54	14,28	A
<i>Scarites planus</i> Bonelli , 1813	1	0.54	14,28	A
<i>Pseudophonus refipes</i> De Geer, 1774	2	1.08	28,57	AC
<i>Acinopus megacephalus</i> P.Rossi, 1794	2	1.08	28,57	AC
Tenebrionidae				
<i>Lagorina sericea</i> Oliver, 1811	9	4.89	28,57	AC
Scarabaeidae				
<i>Tropinata squalida</i> Scopoli,1763	1	0.54	14,28	A
<i>Onthopagus opacicollis</i> Reitter,1892	1	0.54	14,28	A
<i>Sizyphus schaefferi</i> Linnaeus,1785	4	2.17	42,85	AC
<i>Onitis ion</i> Olivier,1789	17	9.23	28,57	AC
<i>Onthopagus torus</i> Schireber,1759	8	4.34	42,85	AC
<i>Afodus acrossus tingitanus</i> Reitter,1892	3	4.34	14,28	A
<i>Gymnopleurus geoffroyi</i> Fuessly,1755	2	1.08	14,28	A
Meloidae				
<i>Berberomeloe majalis</i> Linnaeus,1758	5	2.71	57,14	C
Chrysomelidae				
<i>Podagraca fusicoris</i> James K. Lindsey 2005	1	0.54	14,28	A
Silphidae				

Résultat et discussion

<i>Silphidaesp</i> Latreille,1806	2	1.08	28,57	AC
<i>Silphidae havur</i> Illigier,1798	1	0.54	14,28	A
<i>Silpha granulata</i> Linnaeus,1758	1	0.54	14,28	A
<i>Silpha tritis</i> Illigier,1798	5	2.71	28,57	AC
<i>Thantophilus sinatus</i> Fabricius,1775	5	2.71	14,28	A
Curculionidae				
<i>Hypera sp</i> Germar,1817	1	0.54	14,28	A
Staphilinidae				
<i>Thantophilus sinatus</i> Fabricius,1775	1	0.54	14,28	A

Milieu B				
	Aa	Ar%	Occu%	Ech
Carabidae				
<i>Carabus morbillosus</i> Fabricius,1792	12	7.69	42,85	AC
<i>Brachinus efflans</i> Dejean & Boisduval, 1829	12	7.69	42,85	AC
<i>Chlaenius canariensis</i> Dejean 1831	7	4.48	57,14	C
<i>Pocilus striatuponctatus</i> Duftschmid, 1812	32	20.51	42,85	AC
<i>Harpalus distinguendus</i> Duftschmid, 1812	10	6.41	28,57	AC
<i>Trichochlenius</i> Rossi, 1790	3	1.92	28,57	AC
<i>Chlenius chrysocephalus</i> Rossi, 1790	1	0.64	14,28	A
<i>Onyhopagus verticiconis</i> Lacharting, 1781	1	0.64	14,28	A
<i>Ophonus ardosiacus</i> lutshink, 1922	2	1.28	14,28	A
<i>Scybalicus oblongiuscules</i> Dejean, 1829	3	1.92	14,28	A
Tenebrionidae				
<i>Rhagnocephalum rusticum</i> Oliver,1811	1	0.64	14,28	A
<i>Allecula rhenana</i> Bach,1856	7	4.48	28,57	AC
Scarabaeidae				
<i>Onitis ion</i> Olivier,1789	1	0.64	14,28	A
<i>Gymnopleurus geoffroyi</i> Fuessly,1755	13	8.33	14,28	A
<i>Gymnoploneus mopus</i> pallas,1781	5	3.20	14,28	A
<i>Aphodius</i> Liliger,1798	1	0.64	14,28	A
<i>Clytra sexpunctata</i> Linnaeus,1758	4	2.56	14,28	A
<i>Aphodius tingitanus</i> Muller,1776	1	0.64	14,28	A
Chrysomelidae				
<i>Podagrica fusicoris</i> James K. Lindsey 2005	1	0.64	14,28	A
<i>Chrysolina bankii</i> Fabricius,1775	2	1.28	14,28	A

Résultat et discussion

<i>Labidostonis taxicornis</i> Fabricius,1792	1	0.64	14,28	A
<i>Pachnephorus hispidulus</i> Panzer,1790	1	0.64	14,28	A
<i>Lachnaia sexpunctata</i> Scopoli,1763	1	0.64	14,28	A
<i>Pachnephorus</i> Dejean, 1836	5	3.20	14,28	A
Silphidae				
<i>Silphidaesp</i> Latreille,1806	3	1.92	14,28	A
<i>Thantophilus sinatus</i> Fabricius,1775	2	1.28	14,28	A
Curculionidae				
<i>Hypera circumvaga</i> Germar, 1817	3	1.92	28,57	A
Cantharidae				
<i>Rhagonycha lignosa</i> O.F.Muller,1764	1	0.64	14,28	A
<i>Cantharis livida</i> Linnaeus,1758	2	1.28	14,28	A
<i>anogcodes fulvicolls</i> Scopoli,1763	1	0.64	14,28	A
Staphilinidae				
<i>Staphylinus olens</i> O.F.Müller, 1764	1	0.64	14,28	A
Elateridae				
<i>Agriotes sp</i> Eschscholtz, 1829	1	0.64	14,28	A
<i>Athous sp</i> Eschscholtz, 1829	4	2.56	14,28	A
<i>Agriotes speactator</i> Linnaeus,1758	6	3.84	28,57	AC
Odemeridae				
<i>Odemera barbara</i> Fabricius,1792	2	1.28	28,57	AC
Histeridae				
<i>Hister quadrimaculatus</i> Linnaeus,1758	1	0.64	14,28	A
Dermestidae				
<i>Dermestes frischii</i> Kugelann,1792	2	1.28	14,28	A

Les résultats dans les tableaux 6, montre que la coléoptérofaune dans le milieu A contient 27 espèces et 184 individus. Les espèces abondantes au niveau de ce milieu sont représentées par *Carabus morbillosus*, *Brachinus efflans*, *Pocilus striatuponctatus* et *Onitis ion*, alors que les espèces qui ont une faible abondance sont représentées par *Trichochlenius*, *Licinus sp*, *Scarites planus*, *Tropinata squalida*, *Onthopagus opacicollis*, *Podagrica fusicoris*, *Silphidae havur*, *Silpha granulata*

Il a été constaté que 4 espèces sont constantes au niveau de milieu A. Il s'agit de *Carabus morbillosus*, *Brachinus efflans*, *Pocilus striatuponctatus* et *Berberomeloe majalis*. Alors que les

espèces accessoires au niveau de ce milieu sont représentées par 10 espèces. Le reste des espèces récoltées constitue les espèces accidentelles A (fig.29)

Pour le milieu B les résultats consignés dans le tableau 5 montre que ce milieu contient 35 espèces et 153 individus. Les espèces qui ont une forte abondance au niveau de ce milieu sont représentées par *Pocilus striatuponctatus*, *Gymnopleurus geoffroyi*, *Carabus morbillosus* et *Brachinus efflans*. Alors que les espèces qui présentent une faible abondance sont représentées par 14 espèces (tab.6).

Selon les résultats de fréquence d'occurrence, nous avons constaté que *Chlaenius canariensis* est la seule espèce constante au niveau de milieu B, alors que les espèces accessoires sont représentées par 8 espèces. Le reste des espèces récoltées constitue des espèces accidentelles (fig. 29).

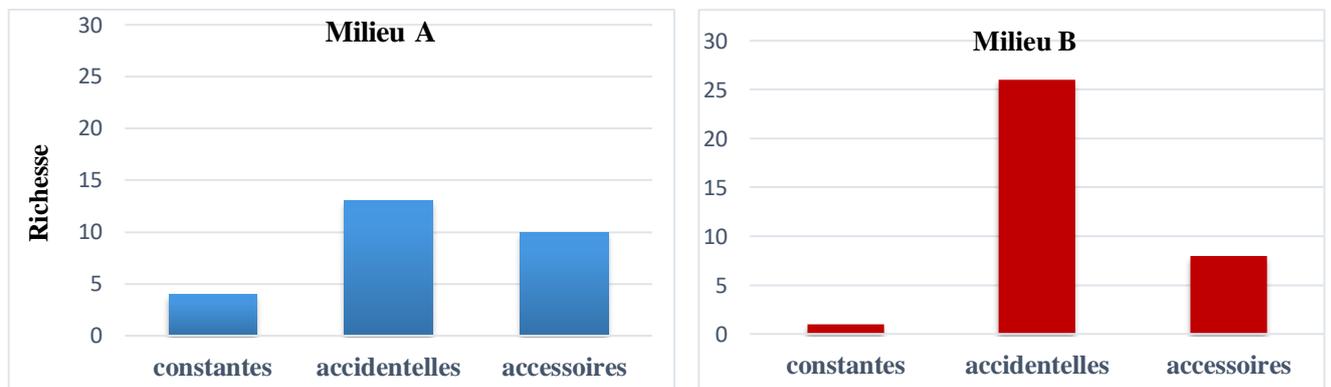


Figure 29. Types d'espèces selon leurs occurrences dans les deux milieux d'étude

4.5. Statut trophique des communautés de la coléoptérofaune durant la période d'échantillonnage :

Le statut trophique des espèces de coléoptères est donné respectivement pour les milieux A et B, (tab.6, fig. 30).

Dans le milieu A, l'inventaire a révélé une dominance des espèces carnivores/granivores (9 espèces : 36% du total récoltés), suivies par les espèces coprophages (7 espèces : 28% du total récoltés) puis les nécrophages (5 espèces : 20% : du total récolté (fig. 30).

Pour le milieu B, on retrouve trois groupes trophiques dont la richesse semble similaire. Les carnivores/granivores dominent avec les phytophages (11 espèces : 29% du total récoltés), suivis par les coprophages (7 espèces : 18% du total récoltés) (fig. 30).

Résultat et discussion

Globalement, nos résultats montrent que les espèces carnivores / granivores et les phytophages ont une grande dominance dans notre zone d'étude.

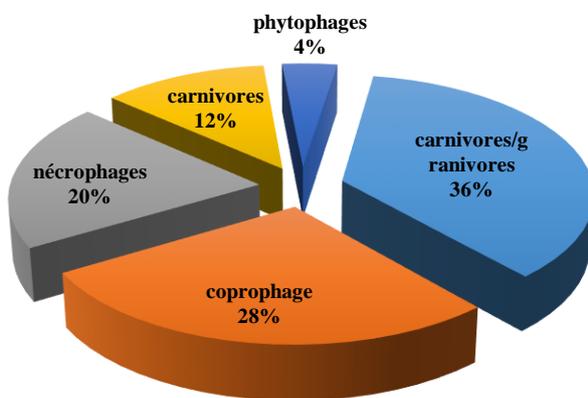
Tableau 06 : Richesse des assemblages trophiques par familles de la coléoptérofaune représentés dans la zone d'étude. (CG :carnivores/granivores, PR : détritivores, DET : détritivores, PH : phytophages, CP : coprophages, NEC : nécrophages, PH/OL : phytophages/oligophages, PH/C : phytophage/carnivores), RA : régime alimentaire.

Famille	Espèce	RA
Carabidae	<i>Carabus morbillosus</i> (Fabricius,1792)	
	<i>Brachinus efflans</i> (Dejean & Boisduval, 1829)	
	<i>Chlaenius canariensis</i> (Dejean 1831)	
	<i>Pocilusstriatuponctatus</i> (Duftschmid, 1812)	
	<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid, 1812)	
	<i>Trichochlenius</i> (Rossi,1790)	
	<i>Licinus sp</i> (Rossi,1790)	
	<i>Scarites planus</i> (Bonelli ,1813)	CG
	<i>Pseudophonus refipes</i> (De Geer,1774)	
	<i>Acinopus megacephalus</i> (P.Rossi,1794)	
	<i>Chlenius chrysocephalus</i> (Rossi,1790)	
<i>Onyhopagus verticiconis</i> (Lacharting,1781)		
<i>Ophonus ardosiacus</i> (lutshink,1922)		
<i>Scybalicus oblongiuscules</i> (Dejean,1829)		
Tenebrionidae	<i>Lagorina sericea</i> (Oliver,1811)	PR
	<i>Rhagnocephalum rusticum</i> (Oliver,1811)	DET
	<i>allecula rhenana</i> (Bach,1856)	DET
Scarabaeidae	<i>Tropinata squalida</i> (Scopoli,1763)	
	<i>Onthopagus opacicollis</i> (Reitter,1892)	
	<i>Sizyphus schaefferi</i> (Linnaeus,1785)	
	<i>Onitis ion</i> (Olivier,1789)	
	<i>Onthopagus torus</i> (Schireber,1759)	
	<i>Afodus acrossus tingitanus</i> (Reitter,1892)	
	<i>Gymnopleurus geoffroyi</i> (Fuessly,1755)	CP
	<i>Gymnopleurus mopus</i> (pallas,1781)	
	<i>Aphodius</i> (Liliger,1798)	
	<i>Aphodius distinctus</i> (Liliger,1798)	
<i>Clytra sexpunctata</i> (Linnaeus,1758)		
<i>Aphodius tingitanus</i> (Muller,1776)		
Meloidae	<i>Berberomeloe majalis</i> (Linnaeus,1758)	PR
Chrysomelidae	<i>Podagrica fusicoris</i> (James K. Lindsey 2005)	PH /OL
	<i>Chrysolina bankii</i> (Fabricius,1775)	PH
	<i>Labidostonis taxicornis</i> (Fabricius,1792)	PH
	<i>Pachnephorus hispidulus</i> (Panzer,1790)	PH /OL
	<i>Lachnaia sexpunctata</i> (Scopoli,1763)	PH /OL
	<i>Pachnephorus</i> (Dejean, 1836)	PH /OL

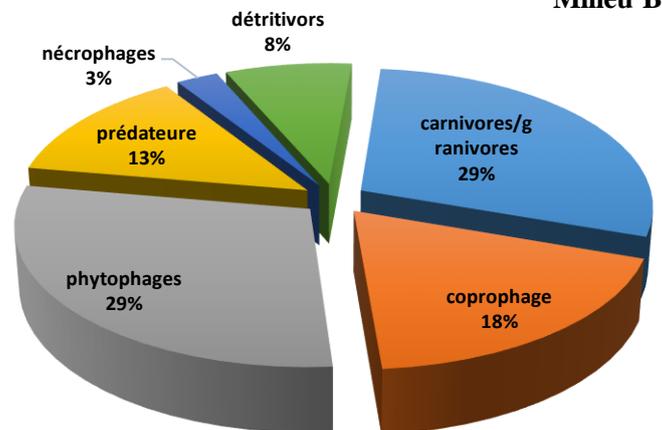
Résultat et discussion

Silphidae	<i>Silphidaesp</i> (Latreille,1806) <i>Silphidae havur</i> (Illigier,1798) <i>Silpha granulata</i> (Linnaeus,1758) <i>Silpha tritis</i> (Illigier,1798) <i>Thantophilus sinatus</i> (Fabricius,1775)	NEC
Curculionidae	<i>Hypera sp</i> (Germar,1817) <i>Hypera circumvaga</i> (Germar, 1817)	PH
Cantharidae	<i>Rhagonycha lignosa</i> (O.F.Muller,1764) <i>Cantharis livida</i> (Linnaeus,1758) <i>Anogcodes fulvicolls</i> (Scopoli,1763)	PR
Staphilinidae	<i>Thantophilus sinatus</i> (Fabricius,1775) <i>Staphylinus olens</i> (O.F.Müller, 1764)	PH/C PR
Elateridae	<i>Agriotes sp</i> (Eschscholtz, 1829) <i>Athous sp</i> (Eschscholtz, 1829) <i>Agriotes speactator</i> (Linnaeus,1758)	PH/C
Odemeridae	<i>Odemera barbara</i> (Fabricius,1792)	PH
Histeridae	<i>Hister quadrimaculatus</i> (Linnaeus,1758)	PR
Dermestidae	<i>Dermestes frischii</i> (Kugelann,1792)	DET

Milieu A



Milieu B



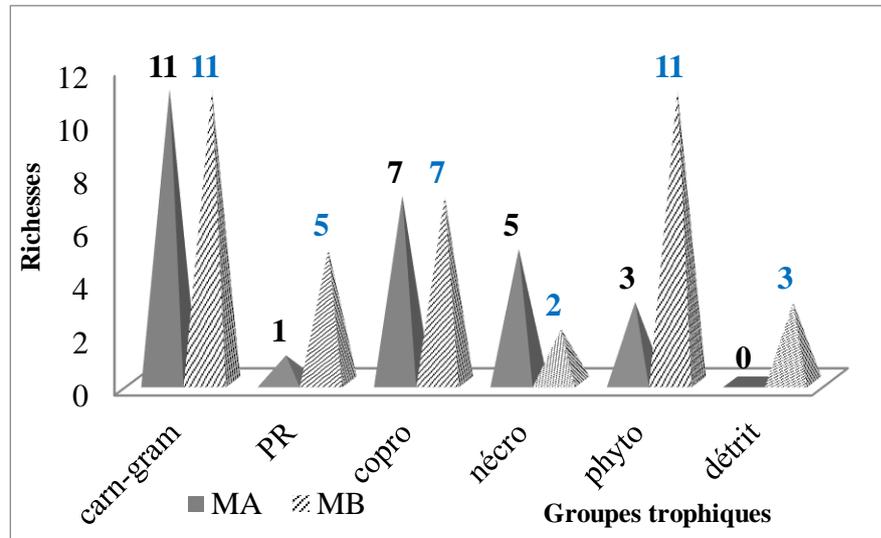


Figure 30 : Richesses et abondances relatives des groupes trophiques de la coléoptérofaune (Ma, Mb)

4.5.1. Abondances mensuelles des groupes trophiques :

Pour bien illustrer les liens trophiques, nous avons pris en considération le paramètre de l'abondance dans chaque groupe trophique. Les abondances mensuelles des chaque groupes trophiques dans les différents milieux sont représenté dans la figure 31.

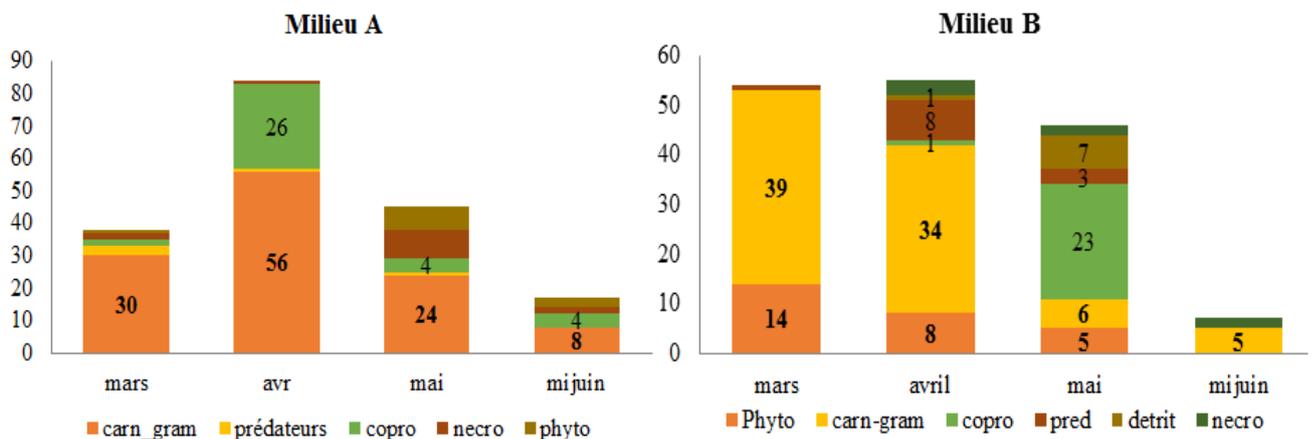


Figure 31 : Abondances mensuelles des groupes trophiques dans les deux milieux

Durant le mois mars, le peuplement global des espèces de coléoptères capturés dans le milieu A affiché la présence de cinq groupes trophiques avec une nette dominance des carnivores / granivores (30 individus). Les autres groupes sont présents avec une faible abondance. Au mois d'avril, on assiste à une dominance marquée du groupe des

carnivores/granivores (56 individus) et celui des coprophages (26 individus) devant les prédateurs et les nécrophages. Durant le mois mai et la mi-juin les carnivores/granivores reste le seul groupe dominant.

Pour le milieu B selon la figure 31 les espèces récoltées dans le mois mars sont représenté par trois groupes trophiques les carnivores/granivores, les phytophages et les prédateurs avec une forte dominance des espèces carnivores/granivores (39 individus).

Le mois d'avril avec six groupes trophiques, le groupe des carnivores/granivores présent une fort dominance (34 individus), ils sont suivis par les phytophages et les prédateurs avec 8 individus. Les nécrophages, les détritivores et les coprophages sont représentées par une faible abondance.

Durant le mois mai les coprophages sont le seul groupe qui a une forte abondance (23 individus). La mi-juin est représentée par deux groupes trophiques les carnivores/granivores et les nécrophages.

4.6. Analyse de la diversité de la coléoptérofaune :

4.6.1. Indices écologiques de la coléoptérofaune :

Pour assurer une bonne description, nous avons retenu 6 descripteurs permettant de comprendre la structure numérique des peuplements. En plus des deux descripteurs principaux, richesse taxonomique et abondance la diversité est évaluée à travers les indices suivants : indice de Shannon-Wiener H' , indice de Simpson D . L'équitabilité du peuplement est appréciée à partir de l'indice classique de piélu J' et la dominance D . L'ensemble des résultats des calculs sont reportés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Descripteurs numériques de la diversité des peuplements de coléoptère dans les milieux d'étude :

Milieu A	Mars	Avril	Mai	Juin
Richesse	8	9	9	6
Abondance	19	42	23	17
Dominance D	0.27	0.30	0.20	0.24
Indice de Shannon H'	1.65	1.53	1.85	1.59
Indice d'équitabilité J	0.81	0.71	0.84	0.88
Indice de Simpson D	0.72	0.69	0.79	0.75
Milieu B	Mars	Avril	Mai	Juin

Richesse	8	9	9	3
Abondance	27	26	22	7
Dominance D	0.24	0.22	0.26	0.34
Indice de Shannon H'	1.65	1.74	1.77	1.07
Indice d'équitabilité J	0.83	0.85	0.80	0.98
Indice de Simpson D	0.75	0.77	0.73	0.65

4.6.1.1. Richesses et diversités comparées de la coléoptérofaune

Les richesses spécifiques des deux milieux semblent similaires sauf pour le mois de juin où il est remarqué un faible nombre d'espèces respectivement dans le milieu A et le milieu B (tab. 7). L'évolution de la diversité des coléoptères est variable d'une station à une autre et d'un mois à l'autre.

L'indice de diversité de shannon H' calculé pour les peuplements de coléoptères du milieu A indiqué une diversité faible. Une valeur maximale de 1.85 a été enregistrée au mois de mai et une diversité plus faible de 1.53 est noté en avril. Ainsi que la valeur maximale de dominance est noté durant le mois d'Avril, (fig. 32, tab. 7). L'indice H' calculé pour la coléoptérofaune du milieu B indique également une diversité faible telle que pour le milieu A. La valeur maximum est de 1.77 enregistrée en Mai et la valeur minimum enregistrée dans le mois de Mars 1.65,(fig. 32). Pour la valeur maximale de dominance c'est pendant de Juin.

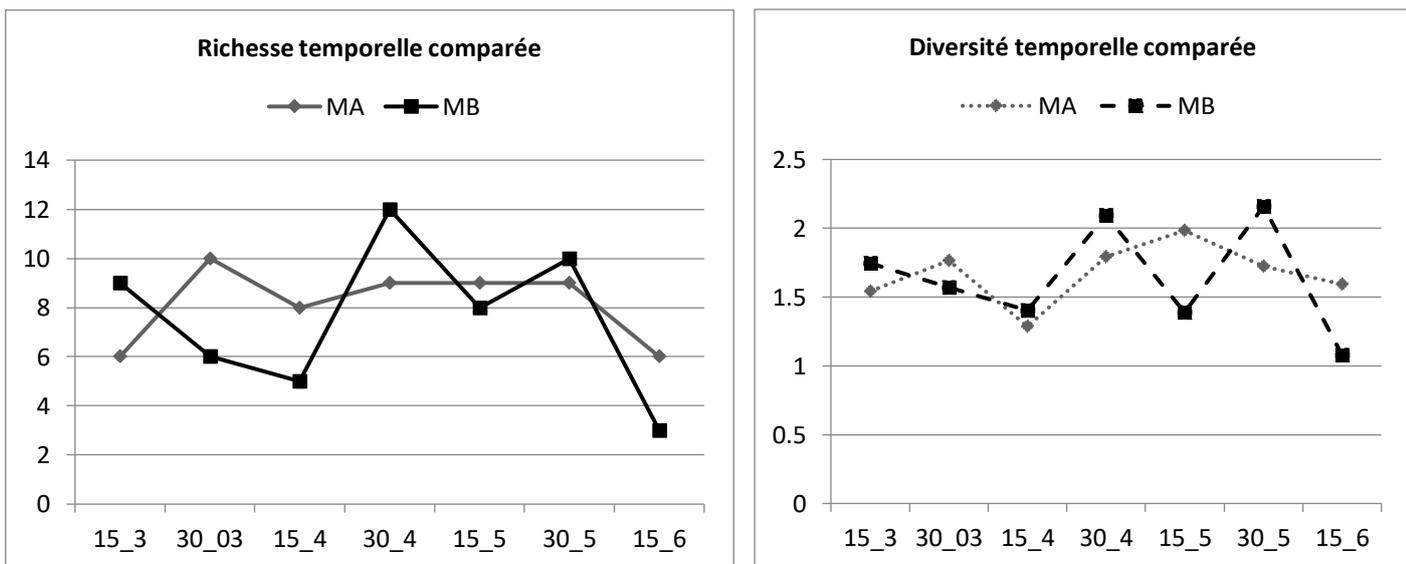


Figure 32 : Richesse et diversité temporelles comparées entre les deux milieux

Les méthodes classiques de corrélation et régression linéaire simple, permettent de mettre en évidence des relations entre les indices de diversité et les facteurs du milieu.

La diversité des peuplements de Coléoptères s'avère fortement corrélée avec la richesse en espèces dans les deux milieux. En effet, la diversité montre une évolution et augmente en rapport avec la richesse des coléoptères de chaque milieu. La corrélation est très élevée au niveau de milieu B ($R^2= 0,8156$; $R= 0.9031$) par rapport au milieu A ($R^2=0,2725$; $R=0,5220$) (fig.33).

4.6.1.2. L'indice d'équitabilité :

Cet indice a l'avantage d'exprimer l'équitabilité voire la régularité des peuplements. D'après l'analyse du Tableau 7, les valeurs obtenues pour les peuplements de milieu A sont d'ordre moyen allant de la valeur de (0.88) pour le mois Juin à 0.71 pour mois d'Avril.

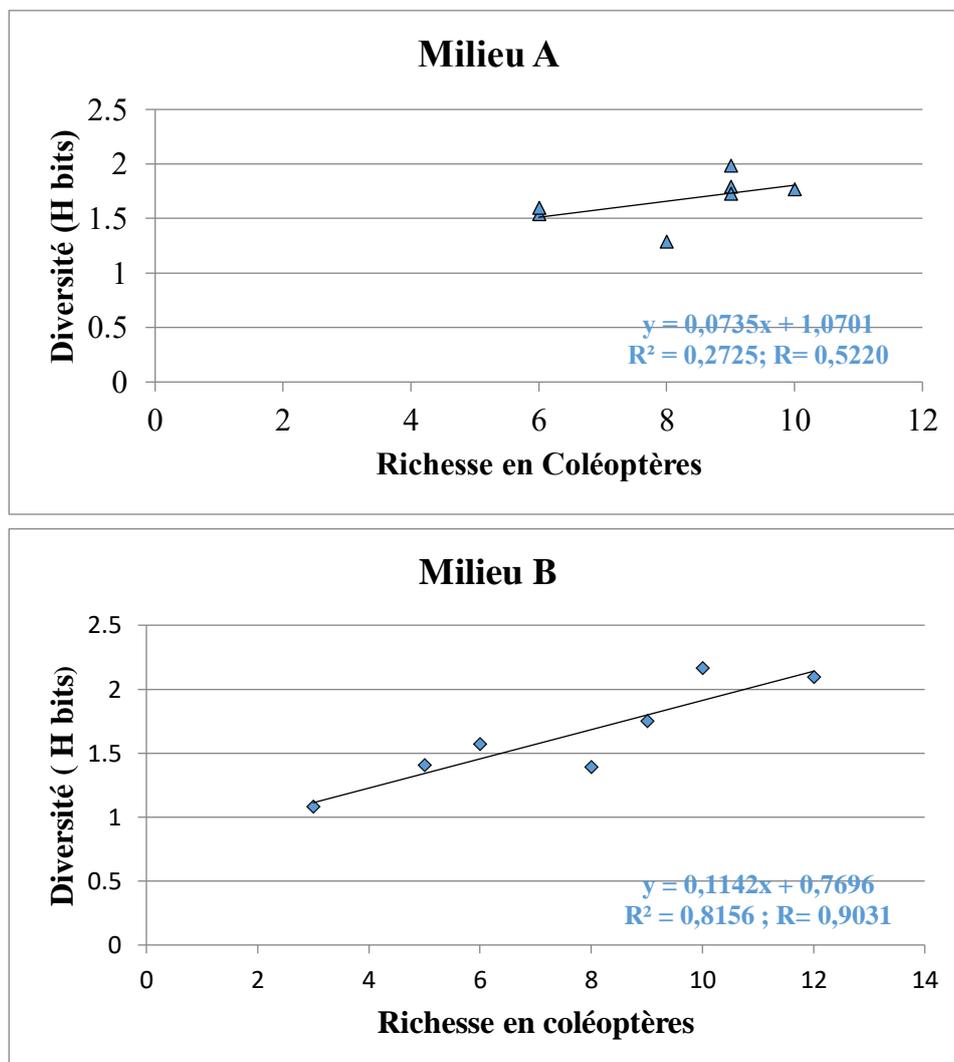


Figure 33 : Régression linéaire entre la diversité et la richesse des peuplements de Coléoptères dans les deux milieux

Pour le milieu B les résultats de tableau 7 montrent que les valeurs d'équitabilité de ce milieu varient entre (0.85) au mois d'Avril et (0.80) au mois de Mai. La valeur (0.98) qui correspond au mois de Juin ne reflète vraiment pas l'équitabilité du milieu (espèces représentées généralement par un seul individu)

D'une manière générale les valeurs de l'équitabilité sont généralement très élevées dans les deux milieux A et B, ce qui signifie que les communautés des coléoptères rencontrées durant la saison d'étude sont bien équilibrées.

Les résultats de l'indice de Simpson (tab. 7), confirment bien ce qui a été démontré par l'indice de diversité H' de Shannon-Wiener puisqu'il présente des variations comparables d'un mois à un autre. Les valeurs de D du milieu A varient avec un faible écart entre un maximum de 0,79 au mois de Mai et un minimum de 0,69 au mois d'Avril.

Concernant le milieu B, l'indice de Simpson montre que les valeurs varient entre un maximum de 0.77 mois d'Avril et un minimum de 0.65 mois de juin.

4.6.2. Distribution hiérarchique et temporelle de la coléoptérofaune des deux milieux :

Le traitement des données pour l'AFC est réalisé à partir d'un tableau des abondances spécifiques des taxons de coléoptères identifiés dans chaque station durant les sept sorties d'échantillonnage.

➤ Milieu A :

La projection des points lignes et colonnes sur les deux axes $F1 \times F2$, qui concentrent le maximum d'information avec 33.80% sur l'axe 2 et 26.32% sur l'axe 1, est retenue soit une information totale de 60.12%. Le schéma factoriel des espèces échantillonnées nous fait apparaître trois (3) groupes (fig. 34.a).

a) Groupe 1 : Le nuage du premier groupe se situe du côté positif de l'axe 2.

b) Groupe 2 : Ce groupe d'espèces est situé sur le côté négatif de l'axe 2 et sur le côté négatif de l'axe 1, ce groupe est constitué par une agrégation de 13 espèces.

c) Groupe 3 : Ce groupe se situe du côté positif des deux axes. Les espèces qui constituent le nuage de ce groupe sont présentées dans la CAH (fig. 34b).

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) appliquée aux espèces de coléoptères dans le milieu A a été réalisée à partir de la matrice composée de 27 lignes (espèces). Le dendrogramme obtenu (fig.34) montre trois groupements à répartition inégale des espèces

définissant trois assemblages. Le nombre d'espèces varie d'un groupe à un autre allant de 13 espèces dans le groupement groupe 2 à quatre (4) espèces seulement dans le groupe 1.

Le groupement 1 rassemble quatre taxons *Silpha tritis*, *Thantophilus sinatus*, *Gymnopleurus geoffroyi*, *Silpha granulata*, avec des effectifs très faibles.

Le groupement 2 englobe une majorité d'espèces (13) qui sont présentes aux mois de mars et avril. Ces espèces sont caractérisées par des fréquences relativement élevées. Ce sont des taxons abondants dans le milieu A.

Le groupement 3 regroupe dix taxons (*Pseudophonus refipes*, *Onitis ion*, *Afodus acrossus tingitanus*, *Onthopagus torus*, *Chlaenius canariensis*, *Zizyphus schaefferi*, *Podagrica fusicoris*, *Lagorina sericea*, *Acinopus megacephalus*, *Carabus morbillosus*). Ce sont des taxons présents avec des abondances relativement moyennes comprises entre 1 et 23 individus.

➤ Milieu B :

Les projections des espèces de coléoptères et des dates d'échantillonnage dans le milieu B sur le plan F1x F2 ont donné des pourcentages d'informations avec 24.37% sur l'axe 1 et 23.57% sur l'axe 2, soit une contribution totale de la variance de 48,27%. Le schéma factoriel des espèces échantillonnées nous fait apparaître trois (3) groupes (fig.35).

Groupe 1 : L'organisation des espèces suivant l'axe 1, donne un groupe sur le côté positif de l'axe 1 formé par 13 espèces présentes durant le mois de Mai. Nous retrouvons essentiellement des effectifs réduits avec une faible abondance et une faible occurrence

Groupe 2 : Ce groupe d'espèces est situé sur le côté positif de l'axe 2 qui regroupe un faible nombre taxons (9 espèces) où *Carabus morbillosus* c'est le plus abondant dans ce groupe.

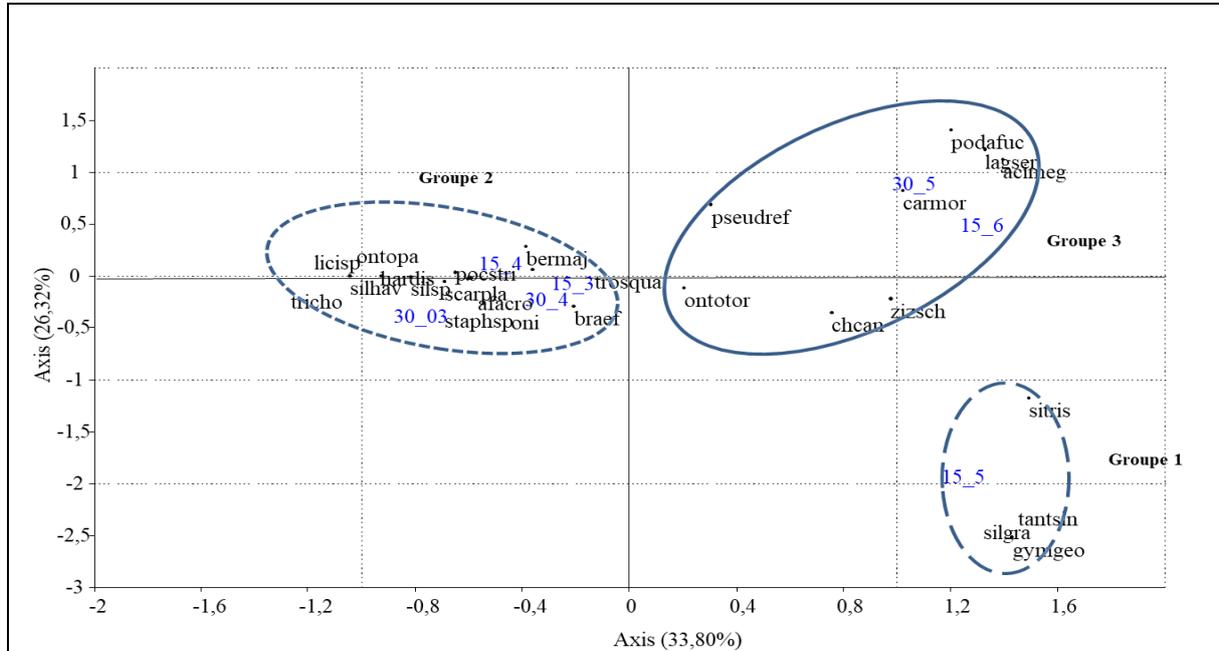
Groupe 3 : Ce groupe se situe du côté négatif des deux axes. (17 espèces) constituent le nuage de ce groupe, représentant des taxons abondants.

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) appliquée aux espèces de coléoptères a été réalisée à partir de la matrice composée de 39 lignes (espèces). Le dendrogramme obtenu (Fig. 35) montre trois assemblages à répartition inégale. Le nombre d'espèces varie d'un groupe à un autre allant de 17 espèces dans le groupe 3 et 4 et (10) espèces seulement dans le groupe 2, (12) espèces dans le groupe 1.

Le groupement 1 renferme (12) taxons caractéristiques du mois de Mai *Allecula rhenana*, *Odemera barbara*, *Hypera circumvaga*, *Tricho chlaenius*, *Cantharis livida*, *Dermestes frischii*,

Résultat et discussion

Ophonus ardosiacus, *Clytra sexpunctata*, *Aphodius distinctus*, *Rhagonycha lignosa*, *Aphodius tingitanus*, *Scybalicus oblongiuscules* Ces espèces sont représentées à cette saison par des abondances et des fréquences relativement faibles.



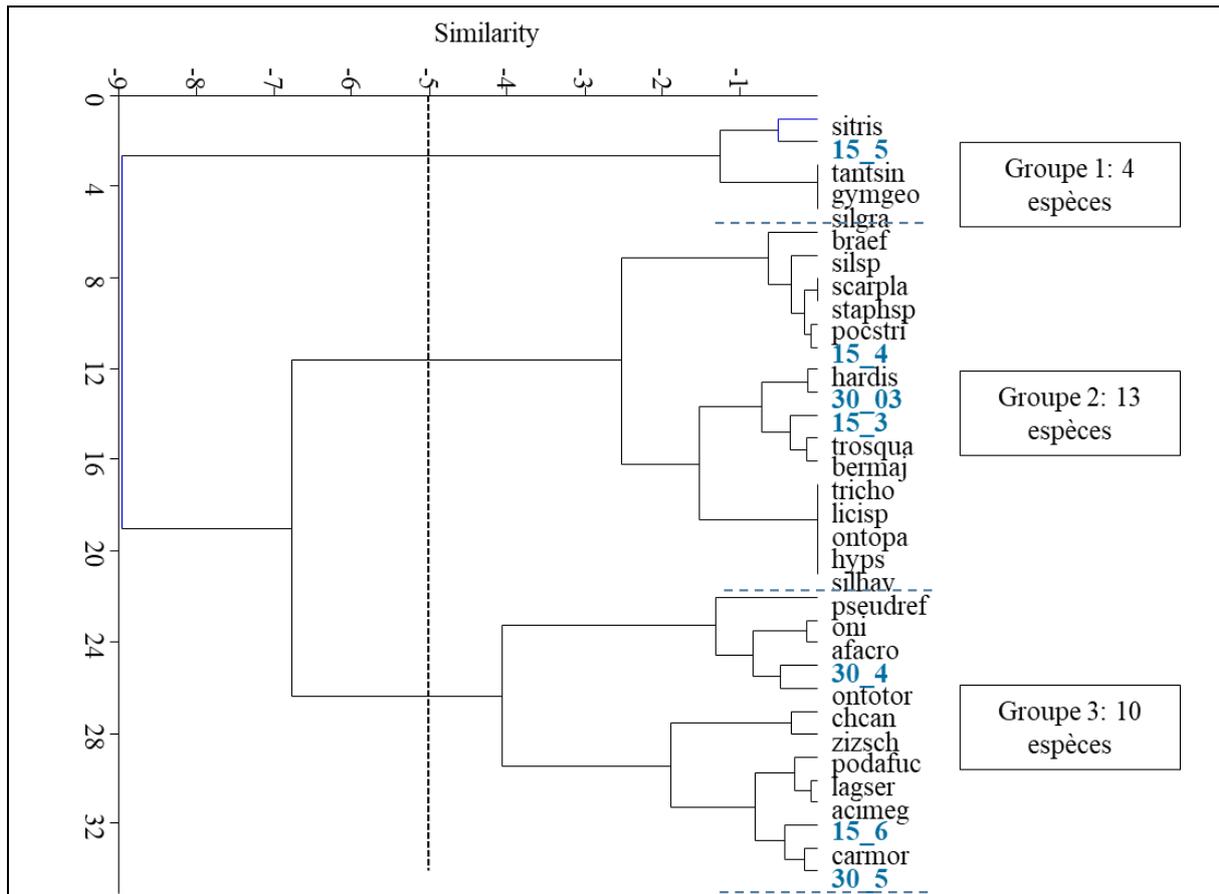
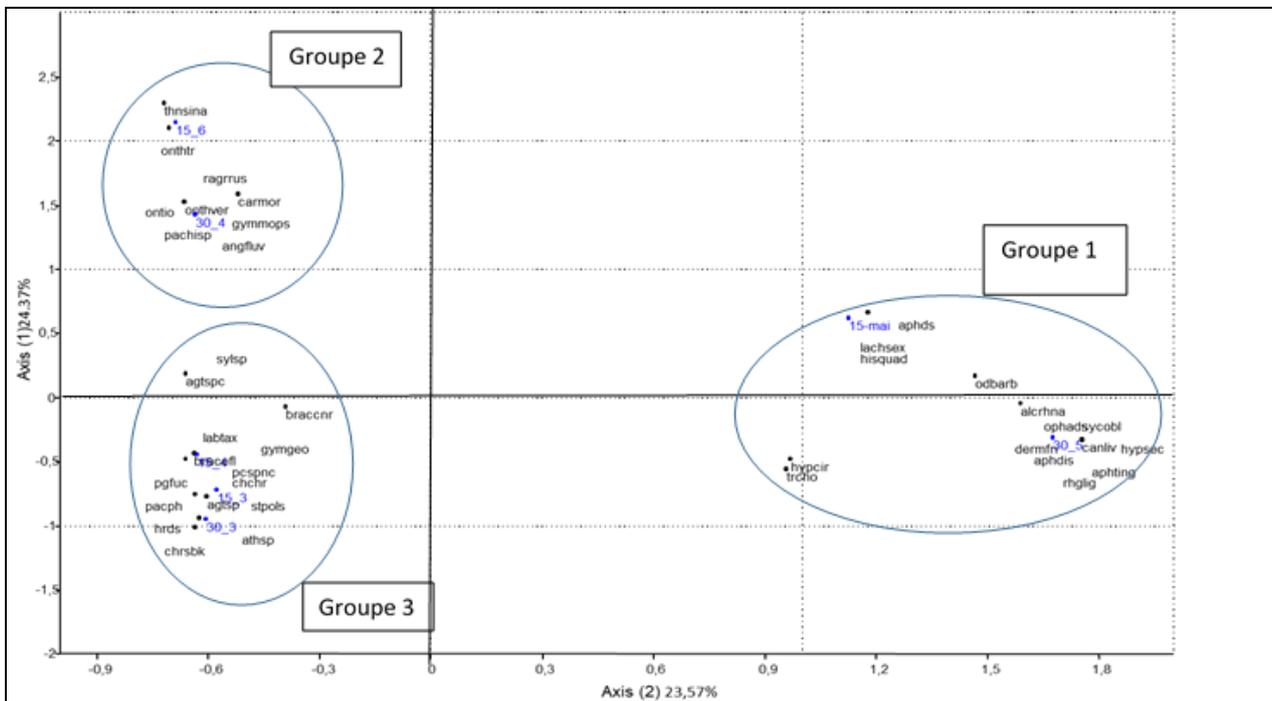


Figure 34 : Projection des variables espèces/dates sur le plan F1x2 de l'AFC (a) et Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux espèces de coléoptères récoltées dans le milieu A (b).



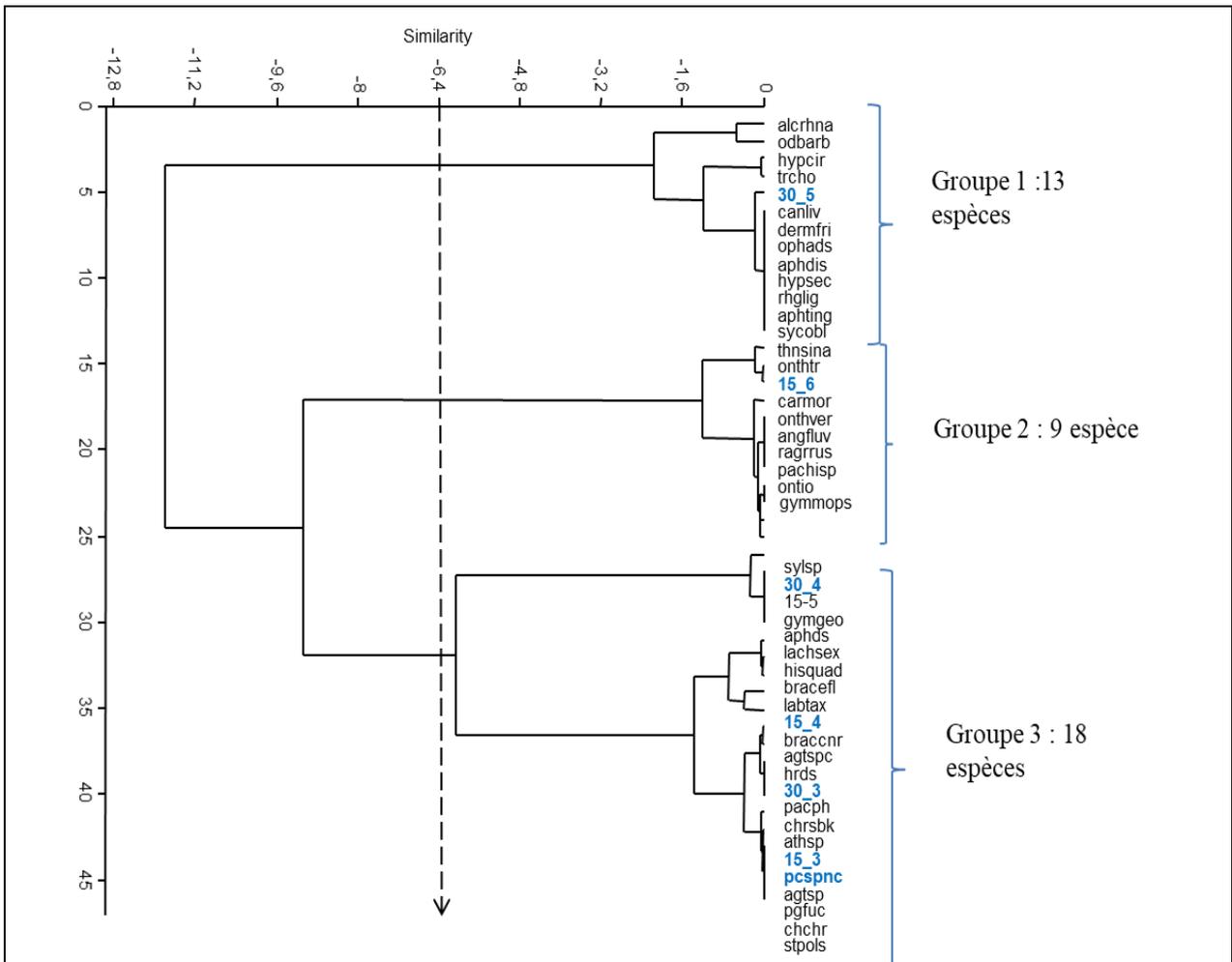


Figure 35 : Projection des variables espèces/dates sur le plan F1xF2 de l’AFC (a) et Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux espèces de coléoptères récoltées dans le milieu B (b).

Le groupement 2 renferme (9) taxons *Thantophilus sinatus*, *Onthopagus torus*, *Carabus morbillosus*, *Onyhopagus verticiconis*, *Anogcodes fulvicolls*, *Rhagnocephalum rusticum*, *Pachnephorus hispidulus*, *Onitis ion*, *Gymnoploereus mopus*, (fig. 35). Ce sont des espèces présentes avec des abondances relativement moyennes. Le groupement 3 renferme (18) taxons, dans ce groupe, on trouve les espèces qui sont présent au mois de mars en avril et mi-mai. Ces espèces sont caractérisées par des fréquences relativement élevées. Ce sont des taxons abondants dans le milieu B.

4.6.3. Diagramme rang-fréquence des deux milieux :

Les diagrammes rang-fréquences permettent de suivre et de visualiser l’évolution spatiale de la structure numérique des peuplements (Cheriguene, 2011). En effet, tout peuplement a pour caractéristique essentielle son degré d’organisation qui est la conséquence d’interactions de nombreux facteurs biotiques et abiotiques. La succession temporelle des coléoptères est donnée pour le milieu A dans la figure 36 et le tableau 8.

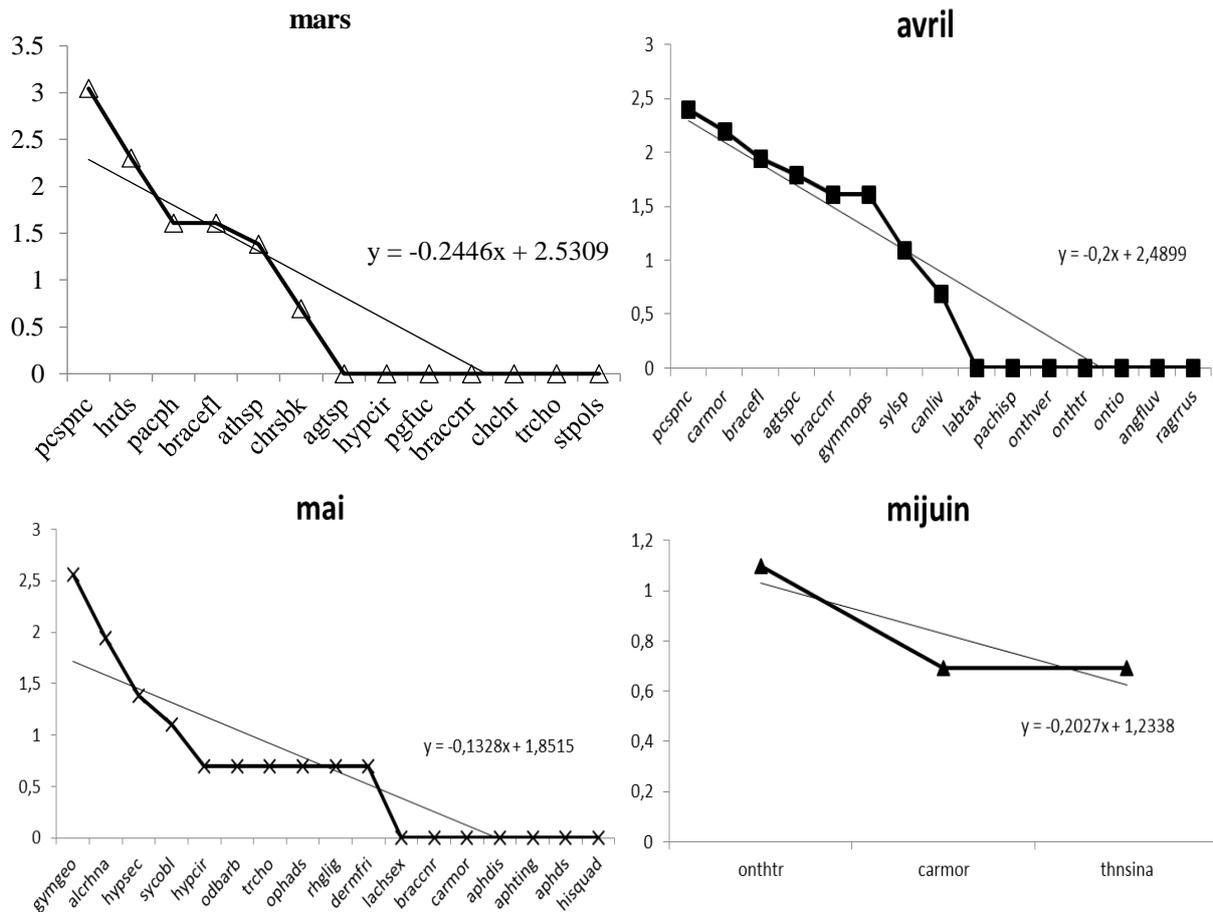


Figure 36: Diagramme rang-fréquence appliqué aux peuplements de Coléoptères du Milieu A.

Les communautés d'espèces se distribuent équitablement selon le mois d'après les distances des valeurs d'abondance aux droites de tendance (fig. 37). Cependant des espèces dominantes se distinguent par une abondance plus élevée. C'est le cas des espèces de statut carnivore *Pocilus striatuponctatus* aux mois de mars et avril, *Carabus morbillosus* en mai et *Lagrina sericea* au mois de juin (tab.8).

Tableau 8 : Variation de l'intensité d'abondance des espèces de coléoptères durant la saison printanière dans le milieu A (+++ : très abondant, ++ : moins abondant, + : abondance faible)

Milieu A		Mars (4)	Avril (6)	Mai (7)	Mi-juin (1)
Espèces	Groupe trophique				
<i>Pocilus striatuponctatus</i>	Carnivore/Granivore)	+++	+++	++	-
<i>Brachinus efflans</i>	(Carnivores/Granivore)	++	++	-	-
<i>Berberomeloe majalis</i>	(Carnivore)	++	++	-	-
<i>Harpalus distinguendus</i>	(Carnivores/Granivore)	+	-	-	-

Résultat et discussion

<i>Onitis ion</i>	(Coprophage)	-	++	-
<i>Carabus morbillosus</i>	(Carnivores/Granivore)	-	-	+++ ++
<i>Onthophagus taurus</i>	(Coprophage)	-	++	-
<i>Aphodius acrossus tingitanus</i>	(Coprophage)	-	+	-
<i>Lagrina sericea</i>	(Carnivore)	-	-	++ +++
<i>Thantophilus sinatus</i>	(Nécrophage)	-	-	++ -
<i>Silpha tritis</i>	(Nécrophage)	-	-	++ -
<i>Chlaenius canariensis</i>	(Carnivore/Granivore)	-	-	++ -
<i>Gymnopleurus geoffroyi</i>	(Coprophage)	-	-	+ -
<i>Sisyphus schaefferi</i>	(Coprophage)	-	-	- ++

Mensuellement, de mars à mi-juin, on peut constater une distribution différente des principales espèces de coléoptères avec la dominance d'un assemblage trophique particulier dans le milieu A. Au mois de mars, ce sont les espèces *Pocilus striatupunctatus* (CG), , *Brachinus efflens* (CG), *Berberomeloe majalis* (G) et *Harpalus distinguendus* (CG).

En Avril, les espèces se succèdent par ordre d'abondance comme suit *Pocilus striatupunctatus*, *Brachinus efflens* (CG), *Berberomeloe majalis* (G), *Onitis ion* (Caprophage), *Onthophagus taurus* (Caprophage), *Aphodius acrossus tingitanus* (Caprophage).

En Mai, on remarque la distribution successive suivante des abondances de *Pocilus striatupunctatus* (CG), *Carabus morbillosus* (CG), *Lagorina sericea* (Carnivore), *Thantophilus sinatus* (Nécrophage), *Silpha tritis* (Nécrophage), *Chlaenius canariensis* (CG), *Gymnopleurus geoffroyi* (Coprophage). À la Mi-juin un ordre d'arrivée concernant *Lagorina sericea* (Carnivore), *Carabus morbillosus* (CG), *Sisyphus schaefferi* (Coprophage).

La succession temporelle des coléoptères est donnée pour le milieu B dans la figure 37 et le tableau 9.

Comme pour le milieu A, taxons de la coléoptérofaune se distribuent équitablement selon le mois d'après les distances des valeurs d'abondance aux droites de tendance (fig. 37).

Cependant des espèces dominantes se distinguent par une abondance plus élevée. C'est le cas des espèces de statut carnivore *Pocilus striatupunctatus* aux mois de mars et avril, *Carabus morbillosus* en mai et *Lagrina sericea* au mois de juin (tab.9).

Résultat et discussion

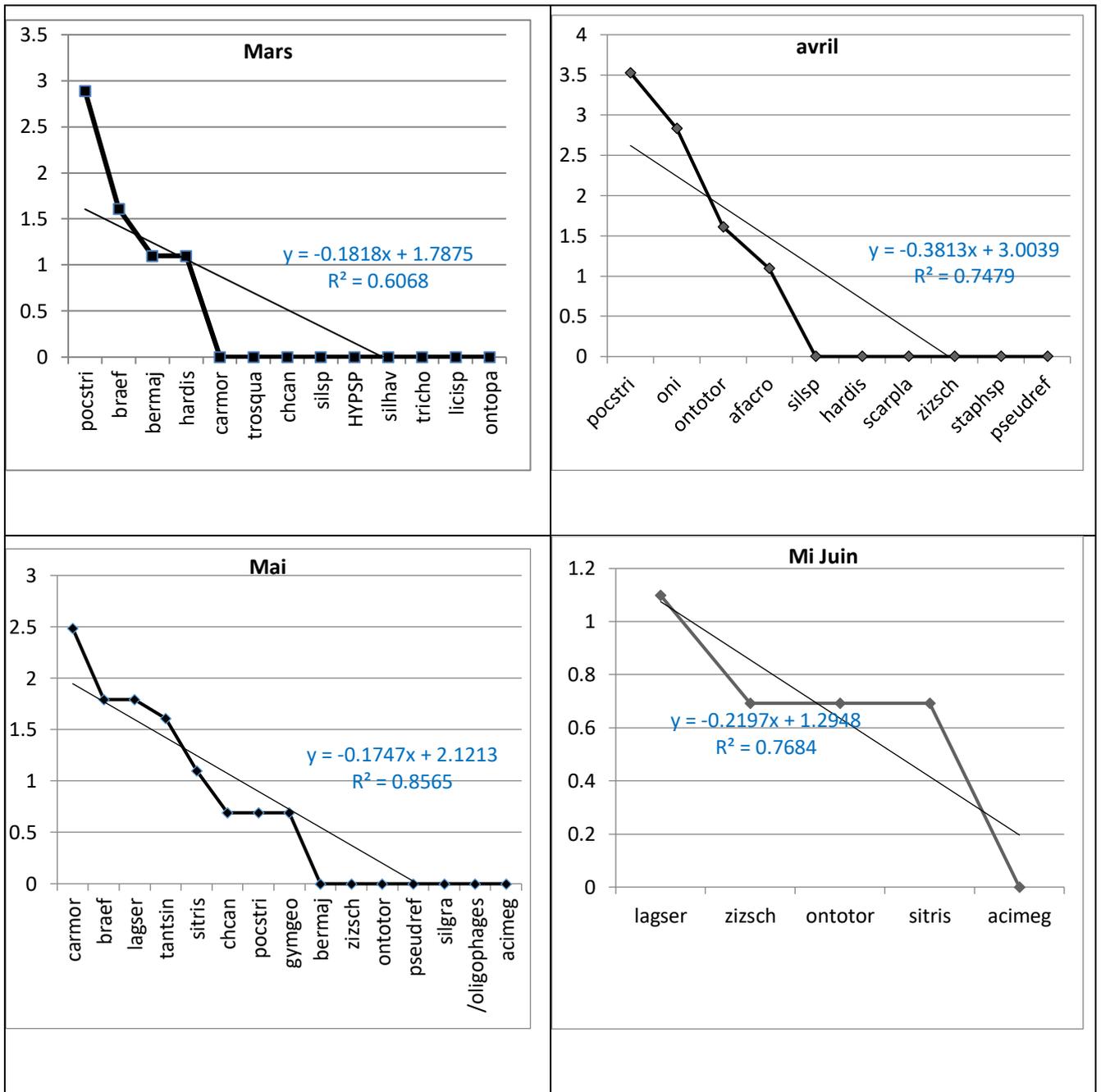


Figure 37: Diagramme rang-fréquence appliqué aux peuplements de Coléoptères du Milieu B.

Tableau 9 : Variation de l'intensité d'abondance des espèces de coléoptères durant la saison printanière dans le milieu B (+++ : très abondant, ++ : moins abondant, + : abondance faible)

Milieu B		Mars	Avril	Mai	Mi-juin
Espèces	Groupe trophique				
<i>Pocilus striatupunctatus</i>	Carnivore/Granivore	+++	+++	-	-
<i>Harpalus distinguendus</i>	Carnivore/Granivore	+++	-	-	-
<i>Pachnephorus</i>	Phytophage /Oligophage	++	-	-	-

Résultat et discussion

<i>Brachinus efflens</i>	Carnivore/Granivore	++	+++	-	-
<i>Chrysolina bankii</i>	Phytophage /Oligophage	++	-	-	-
<i>Agriotes</i> sp	Phytophage/oligophage	+	++	-	-
<i>Carabus morbillosus</i>	Carnivore/Granivore	-	+++	-	++
<i>Chleanus canariensis</i>	Carnivore/Granivore	-	++	-	-
<i>Gymnoploereus mopus</i>	Coprophage	-	++	-	-
Sylphyde	Nécrophage	-	+	-	-
<i>Cantharis livida</i>	prédateur	-	+	-	-
<i>Gymnoploerus geoffroi</i>	coprophage	-	-	+++	-
<i>Allecula rhenana</i>	Détritivore	-	-	++	-
<i>Scybalicus oblongiuscules</i>	Carnivores/granivore	-	-	++	-
<i>Hypera circumvaga</i>	Phytophage	-	-	+	-
<i>Odemera barbara</i>	Détritivore	-	-	+	-
<i>Tricho chlaenius</i>	Carnivore/granivore	-	-	+	-
<i>Ophonus ardosiacus</i>	Carnivore/granivore	-	-	+	-
<i>Rhagonycha lignosa</i>	Prédateur	-	-	+	-
<i>Dermestes frischii</i>	Détritivore	-	-	+	-
<i>Onthopagus torus</i>	Carnivore/Granivore	-	-	-	+++
<i>Thantophilus sinatus</i>	Nécrophage	-	-	-	++

Mensuellement, de mars à mi-juin, on peut constater une distribution différente des principales espèces de coléoptères avec la dominance d'un assemblage trophique particulier dans le milieu B. Au mois de mars, ce sont les espèces *Pocilus striatupunctatus* (CG), *Harpalus distinguendus* (CG) *Pachnephorus* (PH), *Brachinus efflens* (CG), *Chrysolina bankii* (PH).

En Avril, les espèces se succèdent par ordre d'abondance comme suit *Pocilus striatupunctatus* *Agriotes* sp (phytophage/oligophage), *Chleanus canariensis*, (carnivore/granivore) *Gymnoploereus mopus* (coprophage), Sylphyde (nécrophages), *Cantharis livida* (prédateurs).

En Mai, on remarque la distribution successive suivante des abondances de *Gymnoploereus geoffroi* (coprophage), *Allecula rhenana* (détritivore), *Scybalicus oblongiuscules* (carnivore/granivore). Et, à la Mi-juin un ordre d'arrivée différent concernant *Onthopagus torus* (carnivore/granivore), *Thantophilus sinatus* (nécrophage) et *Carabus morbillosus* (carnivore/granivore).

Discussion générale :

L'évaluation du fonctionnement des écosystèmes et de leur état repose, avant tout, sur l'évaluation de la biodiversité et demande, pour un site donné, selon Adam et *al.*, (2015) entre autres de connaître les espèces végétales et animales et des habitats en présence, de leur

répartition ; de connaître les interrelations avec les milieux voisins du site ou plus éloignés et d'évaluer les capacités d'adaptation des milieux aux perturbations dont la pollution directement ou indirectement d'origine anthropique.

Tous parmi les différents polluants atmosphériques connus à ce jour, les oxydes d'azote, l'ammoniac, le dioxyde de soufre, l'ozone, métaux lourds, polluants organiques (dioxines), et les particules fines... n'ont pas un effet clairement défini sur l'environnement. Les oxydes d'azote, l'ammoniac et le dioxyde de soufre, issus notamment des gaz d'échappement, le mercure, libéré par l'industrie, sous la forme méthylée, se révèle être un neurotoxique néfaste qui s'amplifie le long des chaînes alimentaires. Par bioaccumulation, ce sont les prédateurs de bout de chaîne qui présentent le risque d'exposition le plus élevé (Lovett et *al.*, 2009, Zaninotto et Faure, 2015).

La pollution organique des milieux naturels est une des causes les plus importantes quant à la diminution des peuplements de l'arthropodofaune, dont les insectes constituent le groupe le plus important en termes de biodiversité. Celle-ci n'agit pas directement par effet toxique sur les organismes, mais en provoquant des modifications physico-chimiques du milieu favorisant certaines espèces aux dépens d'autres. Parmi les conditions du milieu les plus importantes quant à leur impact sur les peuplements, citons : La conductivité électrique, le calcaire, le pH, ... Ces modifications du milieu se traduiront, en général, par la disparition des espèces sensibles.

Selon Moreau (1988), on peut penser que si certaines plantes sont amenées à voir leur population fortement régressée, certains coléoptères qui recherchent leurs ressources nutritives aux dépens de ces plantes verront, corrélativement, leur population se réduire. De façon générale, on peut dire que les polluants atmosphériques vont agir en premier sur la flore, donc intervenir indirectement sur l'entomofaune fréquentant la zone considérée. Les animaux « complexes », plus résistants et adaptables à la pollution atmosphérique sont néanmoins touchés indirectement par des pertes de ressources trophiques et des baisses de succès reproducteurs. Dans les communautés, si un certain nombre d'individus des populations sensibles disparaît, une action sélective peut se manifester sur les espèces les plus tolérantes qui survivent, aboutissant à la sélection d'un phénotype particulier.

Price et *al.* (1974) démontrent que les insectes des bords des routes donc d'une zone polluée présentent une forte contamination par le plomb. Celle-ci, selon les mêmes auteurs est plus importante chez les insectes prédateurs que chez les insectes phytophages ou suceurs de

sève et qu'il est possible que cette plus forte contamination entraîne des réductions des populations de prédateurs.

Dans une revue bibliographique sur les effets des polluants atmosphériques sur les populations d'insectes, Alstad et Edmunds (1982), rapportent que la pollution par les fluorures a entraîné le déclin de populations d'arthropodes. Les effets du dioxyde de soufre passent plus par des dégradations de la plante et des effets indirects sur les insectes des coléoptères. En ce qui concerne l'ozone, quelques travaux suggèrent que celui-ci peut affecter directement les populations d'insectes.

Ce travail est une contribution à l'évaluation de l'impact de la zone industrielle qui est située à proximité de l'Oued Mazafran sur la Coléoptérofaune de milieux naturels proches A et B distant de 500m et 2 km respectivement de la zone industrielle. La durée de notre échantillonnage s'est étalée de Mars à la mi-juin 2021.

Les analyses physico-chimiques ne révèlent pas de différences notables entre les deux milieux d'étude, pour la majorité des paramètres. Le pH est neutre à légèrement alcalin. Les valeurs de la matière organique montre que les deux milieux sont riches en matière organique. La conductivité est en moyenne de 1368 us/cm dans le milieu A contre une valeur moyenne de 1335 us/cm pour le milieu B et les teneurs en calcaire total et en calcaire actif étaient élevées avec une tendance à la chlorose pour la végétation.

L'inventaire floristique durant la période d'étude a révélé une différence dans la composition floristique des deux milieux. Le milieu B, plus éloigné des usines est plus riche en familles botaniques (7 familles) par rapport au milieu A (4 familles). Le recouvrement du sol est surtout dominé par les Poaceae et les Fabaceae alors que les autres familles étaient représentées par des individus peu abondants ou dispersés du reste des familles de plantes inventorié.

Le recensement de la faune des Coléoptères dans les deux milieux totalise 337 individus et 2 espèces. Ces dernières se répartissent en 13 familles (Carabidae, Scarabidae, Curculionidae, Meloidae, Chrysomelidae, Tenibronidae, Elateridae, Oedermedae, Dermestidae, Staphylinidae, canthridae, Histeridae, Silphidae). Les familles des Chrysomélidae, des Scarabidae, des Silphidae et des Carabidae sont les mieux représentées en espèces dans notre zone d'étude.

Les espèces communes pour les deux milieux sont *Carabus morbillosus*, *Brachinus efflans*, *Chlaenius canariensis*, *Pocilus striatupunctatus*, *Harpalus distinguendus*, *Trichochlenius Onitis ion*, *Podagrira fusicoris*, *Silphidaesp*, *Thantophilus sinatus*.

Certaines espèces comme *Carabus morbillosus* a été signalée, au niveau de la région de Constantine, d'après l'inventaire déjà réalisé par Saouache (2015). Certaines d'autre comme *Trichochlaenius*, *Chlaenius canariensis* ont été signalé par Ouchtati (2013) au niveau de la région d'El kala et *Licinus sp* au niveau de la région de Tébessa.

L'étude de la faune des Coléoptères des deux milieux montre que le milieu B est le plus riche en familles que le milieu A. Cette différence pourrait être liée aux conditions écologiques plus favorables offertes par ce biotope, comme la densité du couvert végétal et l'absence de facteurs anthropiques.

Selon Norris & Kogan (2005), certains polluants peuvent directement influencer l'abondance ou la richesse en espèces de certains coléoptères comme les carabes dans un habitat donné, la réduction de la source de nourriture pour les espèces phytophages ou polyphages, ou indirectement pour les prédateurs qui se nourrissent sur les espèces dépendantes sur les plantes pour la nourriture ou de l'habitat.

La différence spatio-temporelle de l'abondance et la richesse spécifique observées dans chaque station pourrait être associée aux conditions climatiques, essentiellement les précipitations, la densité du couvert végétal, humidité du sol et les facteurs anthropiques (Mullen et al. 2008).

Nous avons constaté, que les espèces carnivores/granivores et les phytophages sont nombreuses. La présence des espèces phytophages qui viennent en deuxième position, était certainement liée à la densité du couvert végétal au niveau des biotopes (Saouache et al., 2014). L'augmentation de la diversité végétale entraîne l'augmentation de la diversité des phytophages et en conséquence de leurs prédateurs (Southwood et al., 1979).

Les coléoptères carabiques sont importants en termes d'agro-écologie. En tant que prédateurs polyphages, ce sont d'importants agents biologiques de contrôle des ravageurs des cultures (Melnichuk et al, 2003). Les peuplements de carabidés qui se rencontrent dans les cultures ont été étudiés surtout en raison de leur valeur potentielle comme prédateurs d'espèces nuisibles (Nietupski et al, 2015).

Durant la période d'échantillonnage, le groupe trophique des carnivores/granivores a dominé en abondance et en richesse. Les espèces de ce groupe apparaissent précocement dès le mois de mars et semblent atteindre une plus grande activité en mai. Trois espèces appartenant aux Carabidae (fig. 38) sont fréquentes dans les captures relevées.



Carabus morbillosus
Gr (×10) Photo originale



Pocilus striatupunctatus
Gr (×10) photo originale



Brachinus efflans
Gr (×10) photo originale

**Figure 38 : Principales espèces abondantes du groupe des carnivores/granivores
Rencontrées dans les milieux d'étude**

Les échantillons de sols analysés ont permis de mettre en évidence des teneurs élevées en calcaire actif et total d'une part, le caractère humifère et les teneurs en sels d'autre part. Ces particularités physico chimiques caractéristiques des sols des milieux étudiés ne semblent pas influencer la diversité et la composition des communautés de la coléoptérofaune. En effet, nous avons observé une corrélation positive entre la richesse en coléoptères et la diversité des milieux d'étude avec une bonne équitabilité, ce qui reflète la stabilité de ces communautés et leur équilibre. Nous pouvons émettre l'hypothèse de la résistance ou tolérance de certains taxons dominants qui survivent en raison de la disponibilité suffisante de leurs ressources nutritives que ce soit pour les phytophages qui peuvent provenir des milieux cultivés avoisinants ou des carnivores dont le rôle est de réguler les populations appartenant à un même niveau trophique. La richesse en matière organique des milieux d'étude pourrait s'expliquer par entre autres par une bonne activité des nécrophages et des coprophages.

A notre sens, les deux milieux sont impactés par les particules de différentes catégories de polluants émises par les usines quel que soit la distance de ces milieux à la zone industrielle. Nous avons noté au voisinage des stations d'étude, à moins de 800 mètres environ, des parcelles de cultures bordées par des brises vents, où les traitements phytosanitaires à base de pesticides sont toujours possibles. A travers le transfert et la diffusion des particules fines de ces traitements, il pourrait y avoir une influence sur les interactions entre la végétation et les communautés de prédateurs via leurs proies cibles phytophages, probablement au niveau du milieu A distant seulement de 500 mètres de la zone des usines.

D'après nos résultats, l'inventaire de la coléoptérofaune terricole a permis d'appréhender les assemblages trophiques au cours d'une saison, au printemps de l'année 2021. Des taxons à régime trophique spécifique ont été identifiés mais pas d'espèces polyphages selon nos échantillonnages.

D'après Brandmayr et *al.* (2005), les polyphages augmentent dans les milieux perturbés. La période de notre investigation pourrait être insuffisante pour une évaluation soutenue de l'effet de cette zone anthropisée, englobant cultures et industries, sur les communautés.

Conclusion générale et perspectives

Cette étude menée sur une courte période de mars à mi-juin 2021, dans la région de Oued Mazafan Kolea, nous a permis de répertorier 52 espèces de coléoptères. Ces espèces appartiennent à 13 familles, avec la dominance de la famille des Carabidae, des Chrysomelidae, des Scarabeidae, et des Silphidae.

Nos résultats ont révélé une différence dans les deux milieux situés dans une zone industrielle plus ou moins proches ou éloignés. Les indices écologiques de composition montrent que la richesse totale la plus importante est notée pour le milieu B avec 35 espèces.

L'équitabilité tend vers 1 d'où nous pouvons déduire que le peuplement des Coléoptères est équilibré avec quelques espèces dominantes.

La valeur de l'indice de Shannon-Weaver signifie que la diversité de la coléoptérofaune dans les milieux d'étude est assez diversifiée.

Il découle de cette étude préliminaire que les espèces carnivores/granivores dominent le milieu A alors que les phytophages sont dominants dans le milieu B.

Un certain nombre de questions se posent pour compléter et approfondir ce travail.

Il serait intéressant en perspectives d'appréhender la variation de l'impact de la pollution selon le milieu de vie des coléoptères et si ce phénomène peut s'accompagner à court terme d'effets bénéfiques pour certaines espèces. .

Référence bibliographique :

1. **Adam Y., Béranger C., Delzons O., Frochot B., Gourvil J., Lecomte P., Parisot-Laprun M. 2015** - *Guide des méthodes de diagnostic écologique des milieux naturels* - Application aux sites de carrière. AFIE, MNHN, 390P.
2. **ALSTAD D. N. & EDMUNDS G. F., 1982.** - Effects of air pollutants on insect populations. *Annual Review of Entomology*, 27: 9-384.
3. **ALTERIE M. A., HAGEN K.S., TRUJILLO J., ALTAGISONE L.E.1982 : In DAJOZ R.,1987.** *Le régime alimentaire des coléoptères et son importance dans le fonctionnement des écosystèmes, cahiers des naturalistes .bulletin des naturalistes parisiens, tome 43, paris.*
4. **BACHELIER, G. (1978).** La faune des sols, son écologie et son action. *V.R.S.T.M., Init. Doc. Tech. 38, pp. 391.*
5. **BAYARTOGTOKH, B., 2001.** Tree new soil mites of the genus *Epidamaeus* (Acari, Oribatida, Damaeidae) from Mongolia. *Zoosystema (France). V. 23 (1), p. 29-49.*
6. **BEDEL, L. (1895)** - *Catalogue raisonné des coléoptères du nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie, et Tripolitaine avec notes sur la faune des îles canaries et de Madère.* société entomologique de France, Paris. 402p.
7. **BENISTON M. TW. S., 1984.** *Les fleurs d'Algérie.* Ed. Entreprise Nationale du livre Alger/ 359 p
8. **BENKHELIL, M. et DOUMANDJI, S. (1992)** - Notes écologiques sur la composition et la structure du peuplement des Coléoptères dans le parc national de Babor (Algérie). *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent, (57/3a): 617 – 621*
9. **BENNAS, N. (2002)** - *Coléoptères Aquatiques Polyphaga du Rif (Nord du Maroc) : faunistique, Ecologie Biogéographie.* Thèse en Sciences Biologiques, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences de Tetouan : 383 p.
10. **BENZECRI, J.P. (1973)** - *L'analyse des données. I : La taxinomie. II : L'analyse des correspondances.* Dunod ed., Paris, 619p.
11. **BIGOT, L. (1965).** – *Etudes écologiques et éthologiques des invertébrés haliophiles de dunaires dans les formations littorales du sud-ouest malgache.* Rapport de mission.
12. **BOUDJLLAL L. 2009.** *Rôle de l'oasis dans la création de l'îlot de fraîcheur dans les zones chaudes et arides « cas de l'oasis de Cheema-Biskra-Algérie- ».* Thèse de magistère en Architecture bioclimatique, Université Mentouri, Constantine, pp. 68-69

13. **BOUKLI HACENE, S. (2012)** - *Bioécologie des Coléoptères (Arthropodes-Insectes) du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Tlemcen)*. Diplôme de Doctorat en Ecologie animale, Université de Tlemcen, 159 P.
14. **BOUSSEBOUA H., 2005.** *Eléments de microbiologie*. Campus-Club, Algérie, (2ème Edition), 179- 199.
15. **BRAUN-BLANQUET J., ROUSSINE N. & NEGRE R., 1952.** *Les groupements végétaux de la France méditerranéenne*. Dir. Carte Group. Vég. Afr. Nord, CNRS, 292 p.
16. **BREURE-SCHEFFER J.M.,1989-** *Le monde étranges insectes*. Ed. comptoir du livre- Crealivres. Paris. P.5
17. **CHARDY, P., GLEMARC, M. et LAUREC, A. (1976)** - Application of inertia methods to benthic marine ecology: practical implications of the basic options. *Estuarine and coastal marine Science*, 4; 176- 205.
18. **CHASSIN P., BAIZE D., CAMBIER PH. & STERCKEMAN T., 1996.** Les éléments traces métalliques et la qualité des sols : impact à moyen et à long terme. *Forum « le sol un patrimoine menacé ? »*. Paris (France), 297-303
19. **CHAUSSOD, 1996.** La qualité biologique des sols. Evaluations et implications. *Forum « Le sol, un patrimoine menacé ? »*. Paris, 24 octobre 1996. Numéro spécial. Etudes et Gestion des Sols, 3,4 : 261-278.
20. **CHERIGUENE, I. (2011)** - *Recherche d'une microdistribution des Coléoptères dans différents habitats de l'amont de la Tafna (Tlemcen)*. Diplôme de Magister en Ecologie et Biologie des populations, Département d'Ecologie et Environnement, Université de Tlemcen, 173 P.
21. **CHEVROLAT, L.A. (1861)** - Descriptions de Coléoptères nouveaux de l'Algérie. *Revue et Magasin de Zoologie (2) 13*, pp. 118-126, 147-155, 205-208, 264-270, 306-312.
22. **COINEAU, Y. (1974).** *Introduction à l'étude des microarthropodes du sol*. Document pour enseignement pratique de l'écologie. Dept. Zool. IAV Hassan II, Rabat.
23. **COSTANZA, R., DARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, M., LIMBURG, K., NAEEM, S., ONEILL, R.V., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., VAN DEN BELT, M., 1997.** The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature 387(6630) : 253-260*.
24. **CROWSON, R.A. (1981).** *The Biology of Coleoptera*. Academic Press, London. 802 pp

25. **DAJET, J. (1976)** - *Les modèles mathématiques en écologie*, Masson ed., Paris, 172p.
26. **DAJOZ R., 1985.** *Précis d'écologie*. 5 ème édition, Ed. Dunod, Paris, 505 p.
27. **DESPREZ, M. (1981)** - *Etude de la macro benthos intertidal de l'estuaire de la seine*. Thèse Doctorat 3 cycle. Université de Rouen (France) : 186p.
28. **DU CHATENET, G. (2005)** .– *Coléoptères d'Europe, Carabes, Carabiques et Dytiques*. Tome 1. Adepaga. N.A.P. éditions.1-359p.
29. **DUCHEZ, J et LOY, M. (2005)** - *La classification ascendante hiérarchique*. Projet d'analyse de données. Insa ; Rouen.
30. **FAURIE C., FERRA CH. ET MEDORI P., 1984.** *Ecologie* .Ed. J.B. Bailliere, Paris ,162 p.
31. **FERNANDEZ S., COTOS-YAÑEZ T., ROCA-PARDIÑAS J., ORDOÑEZ C., 2018.** Geographically Weighted Principal Components Analysis to assess diffuse pollution sources of soil heavy metal: Application to roughmountain areas in Northwest Spain. *Geoderma*, 31, 120-129.
32. **FERRAND, M., GARRIN, M., MERIGUE, T B ET GADOUM, S. (2014)** - Réalisation d'un inventaire diagnostic entomologique dans le cadre d'une démarche Oasis-nature (portée par Humanité et Biodiver-sité) dans le parc de la Villette (75), *Rapport final 2012-2014. Etablissement public du parc et de la grande halle de la Villette (EPPGHV), Office pour les insectes et leur environnement (Opie), 90 p* **32.**
33. **FILSER, J., HÖLSCHER, G., 1997.** *Experimental studies on the reaction of Collembola to copper contamination*. *Pedobiologia* 41, 173-178.
34. **FRONTIER S., 1983.** *Stratégies d'échantillonnage en écologie*. Ed. Masson, Paris, 494 p.
35. **FRONTIER, S. & VIALE, D. (1992).**– Ecologie et systématique. 224-247. In Y. *Le Gallou et B. Bouchon- Meunier* édit, *Systématique*. Théorie et application. Technique., Documentation- Lavoisier ; 341p
35. **GAUBIL, J. (1849)** - *Catalogue synonymique des coléoptères d'Europe et d'Algérie*. Volume 1 : 297p.
36. **GOBAT, J.-M., ARAGNO, M., MATTHEY, W., 2013.** Le Sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols. *Troisième édition revue et augmentée*. Presses polytechniques et universitaires romandes, ISBN : 978-2-88074-718-3, 519 p.
37. **GRIFFITHS B.S., & PHILIPPOT L., 2013.** Insights into the resistance and resilience of the soil microbial community. *Blackwell Publishing Ltd., FEMS Microbiol Rev*, 37 :112-129.

38. **GUESSOUM, A., 2001.** *L'effet de l'irrigation sur la salinité du sol dans la région de Saada - Biskra.*, Thèse Ing, Agro, Univ Batna., 50 P
39. **GUTIERREZ, D., R. MENENDEZ, AND M. MENDEZ., 2004.** Habitat-based conservation priorities for carabid beetles within the Picos de Europa National Park, northern Spain. *Biological conservation* 115 :379-393
40. **HAVLICEK, E., 2012.** Soil biodiversity and bioindication: From complex thinking to simple acting. *European Journal of Soil Biology*, 49 : 80-84.
41. **Hiba Daasa ., Yasmine Adjamia ., Rym Ghanema., Amador Viñolasb., Mohamed Laid Ouakida., Abdelkrim Tahraouia 2016.** *Inventaire des Coléoptères des subéraies du Nord-Est Algérien* Turkish Journal of Forestry , 2016, 17(Special Issue): 11-17.
42. **HILY, C. (1984)** - *Variabilité du macrofaune dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest.* Thèse Doctorat d'état. Université. Bretagne Occidentale. 696p.
43. **JEANNOT, R., LEMIERE B., CHIRON S. AUGUSTIN F. & DARMENDRAIL D., 2000.** *Guide méthodologique pour l'analyse des sols pollués.* Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. France.
44. **JUN W., JIAN L., LEIMING L., XIUYUN M., YONGMING L., 2018.** Pollution, ecological-health risks, and sources of heavy metals in soil of the northeastern Qinghai-Tibet Plateau. *Chemosphere*, 201, 234- 242
45. **KHELLOUT, S. (2004-2010),** *Impact de la pollution par le pétrole sur la stabilité structurelle d'un sol.*p13
46. **KOTZE D. J., ASSMANN T., NOORDIJK J., TURIN H. AND VERMEULEN R., 2011.** Carabid beetles as bioindicators : Biogéographical, Ecological and Environmental studies, *Proceedings of XIV European Carabidologists Meeting.* Westerbork, 14-18 September 2009. *Zookeys*, 100 :574 p.
47. **LAMBEETS K., HENDRICKX F., VANACKER S., VAN LOOY K., MAELFAIT J. P. AND BONTE D., 2008.** Assemblage structure and conservation value of spiders and carabid beetles from restored lowland river banks. *Biodiversity and Conservation* 17 :3133-3148.
48. **LAVELLE, P., DECAËNS, T., AUBERT, M., BAROT, S., BLOUIN, M., BUREAU, F., MARGERIE, P., MORA, P., ROSSI, J.P., 2006.** Soil invertebrates and ecosystem services. *ICSZ - Soil Animals and Ecosystems Services, Proceedings of the XIVth International Colloquium on Soil Biology.* *European Journal of Soil Biology*, 42 :3-15.

49. **LE BRIS, H. (1988)** - *Fonctionnement des écosystèmes côtiers au contact d'estuaires, la rade de Lorient et la baie de Vilaine*. Thèse Doctorat 3ème cycle, Université de Bretagne Occidentale, Brest (France). 311p.
50. **LEBART, L., MORINEAU, A et FENELON, J.P. (1982)** - *Traitement des données statistiques méthodes et programmes*. Dunod édition. Paris. 518p.
51. **LEGENDRE, L et LEGENDRE, P. (1984)** - *Ecologie numérique. I. Le traitement multiple des données écologiques ; II. La structure des données écologiques*. 2ème Ed. Masson., Presses de l'Université du Québec, Paris : 260p./335p.
52. **LEI C., GUOBO W., YUCEN Z., ZHENYAO S., 2016**. Evaluating the impacts of soil data on hydrological and nonpoint source pollution prediction. *Science of the Total Environment*, 564, 19-28.
53. **Lovett, GM; Tear, TH; Evers, DC; Findlay, SEG; Cosby, BJ; Dunscomb, JK; Driscoll, CT; Weathers, KC. 2009**. Effects of air pollution on ecosystems and biological diversity in the Eastern United States. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1162:99-135.
54. **MARCO C., MASSIMILIANO L., GENGYUAN L., SERGIO U., THEODORE AE., 2018**. Aerosol pollution, including eroded soils, intensifies cloud growth, precipitation, and soil erosion: A review. *Journal of Cleaner Production*, 189, 135-144.
55. **MEHENNI, M.T. (1994)** - *Recherches écologiques et biologiques sur les Coléoptères des Cédraies Algériennes*. Thèse Doctorat. Université des sciences techniques de Houari Boumedienne Alger (Algérie). 239p.
56. **MELNYCHUK, N. A., O. OLFERT, B. YOUNGS, AND C. GILLOTT. 2003**. Abundance and diversity of Carabidae (Coleoptera) in different farming systems. *Agriculture Ecosystems & Environment*95: 69-72
57. **Melnychuk, N. A., O. Olfert, B. Youngs, and C. Gillott. 2003**. *Abundance and diversity of Carabidae (Coleoptera) in different farming systems. Agriculture Ecosystems & Environment*95 : 69-72
58. **MOREAU J.P., 1988**. — Pucerons et pollution : une association catastrophique. *Phytoma*, 398 : 22.
59. **MULLEN K., O'HALLORAN J., BREEN J., GILLER P., PITHON J. AND KELLY T., 2008**. Distribution and composition of carabid beetle (Coleoptera, Carabidae)communities across the plantation forest cycle- Implications for management. *Forest Ecology and Management*, 256 : 624-632.
60. **NadiaBrague., Bouragbaa Ahmed.,BragueaSaliha., Delloulib François Lieutierc ,Comparaison des peuplements de Coléoptères et d'Araignées en zone reboisée et en**

- zone steppique dans une région présaharienne d'Algérie. Comptes Rendus Biologies. Volume 330, Issue 12, December 2007, Pages 923-939.*
61. **NAHRATH, S., 2000.** Screening historique des régimes institutionnels de la ressource sol (1870-2000). *Working paper de l'IDHEAP 5/2000. UER : Politiques publiques et environnement. 131 pp.*
62. **Nietupski ., Kosewska A., Markuszewski B., and Sądej W., 2015.** Soil management system in hazelnut groves (*Corylus* sp.) versus the presence of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Journal Of Plant Protection Research, 55(1) : 26-34.*
63. **NIETUPSKI., KOSEWSKA A., MARKUSZEWSKI B. AND SAĐEJ W., 2015.** Soil management system in hazelnut groves (*Corylus* sp.) versus the presence of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Journal Of Plant Protection Research, 55(1) : 26-34.*
64. **PENGYAN Z., CHENGZHE Q., XIN H., GUOHUA K., MINGZHOU Q., DAN Y., BO P., YANYAN L., JIANJIAN H., RICHARD PD., 2018.** Risk assessment and source analysis of soil heavy metal pollution from lower reaches of Yellow River irrigation in China. *Science of the Total Environment, 633, 1136- 1147*
65. **PETTER F., 1956** – Evolution du dessin de la surface d'usure des molaires de Gerbillus, Meriones, Pachyuromys et Skeetamys. *Mammalia, 20 (4) :P 419 – 426*
66. **PEYERIMHOFF, P. (1927)** - Etude sur la systématique des Coléoptères du nord-africain. I : Les Pachychila (Tenebrionidae). *L'Abeille, 34 :1-57.*
67. **PEYERIMHOFF, P. (1933)** - Description de quatre Tenebrionidae du sahara central. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord, 24 (9) : 344-356*
68. **PEYERIMHOFF, P. (1935)** - Coléoptères marocains récoltés par M. Ch. Rungs. *Bulletin de la Société des Sciences naturelles du Maroc, 15 : 19-25*
69. **PEYERIMHOFF, P. (1939)** - Coléoptères nouveaux ou mal connus de Berbérie. XII : Le genre *Belopus* Gebien. *Bulletin de la Société entomologique de France, 44 : 25-28.*
70. **PEYERIMHOFF, P. (1943)** - Matériaux pour un catalogue des coléoptères sahariens. II : Descriptions d'espèces nouvelles. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord, 34 (Maroc) : 199p.*
71. **PEYERIMHOFF, P. (1947)** - Etudes et descriptions de Coléoptères marocains (II). *Bulletin de la Société des Sciences naturelles du Maroc, 25-27 : 248-308.*
72. **PONGE, J. F. (2000).** Biodiversité et biomasse de la faune du sol sous climat tempéré. *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France, p. 129-134.*

73. **PONGE, J.F. (1983).** Les collemboles, indicateurs du type d'humus en milieu forestier. *Résultats obtenus au sol de Paris. Acta Ecologica. Gener, 4(4), 359-374.*
74. **PRICE P. W., RATHCKE B. J. & GENTRY D. A., 1974.** — Lead in terrestrial arthropods: evidence for biological concentration. *Environmental Entomology, 3: 370-372.*
75. **QI W., ZHIYI X., FANGBAI L., 2015.** Using ensemble models to identify and apportion heavy metal pollution sources in agricultural soils on a local scale. *Environmental Pollution, 206, 227-235.*
76. **RAMADE F., 1984.** *Eléments d'écologie : écologie fondamentale.* Ed. McGraw et Hill, Paris, 576 p.
77. **RAMADE R., 2000.** *Dictionnaire encyclopédique des pollutions.* Ed. Science internationale. Paris (France), 58-365
78. **RONG J., MEIE W., WEIPING C., XUZHI L., 2018.** Ecological risk evaluation of combined pollution of herbicide siduron and heavy metals in soils. *Science of the Total Environment, 626, 1047- 1056.*
79. **ROTH, F. X. (1980).** — Micro-organisms as a source of protein for animal nutrition. *Anim. Res. Dev., 12: 7-19.*
80. **RUIZ, N., MATHIEU, J., CELINI, L., ROLLARD, C., HOMMAY, G., IORIO, E., LAVELLE, P., 2011.** IBQS: A synthetic index of soil quality based on soil macro-invertebrate communities. *Soil Biology & Biochemistry, 43 : 2032-2045.*
81. **SADAKA, L.N. ; PONJ, J.F. (2000).** Influence du stade de décomposition des feuilles des chênes verts sur la biologie d'*Onychivrus sinensis* Stach (Collembola : Onychivridae). *European Journal of soil biology. V. 36 (2), p. 97-105.*
82. **SAOUACHE Y ET DOUMANDJI S.E., 2014.** Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) assemblages in two agricultural landscapes in North-Eastern Algeria. *ecologia mediterranea, 40 (2) :5-16.*
83. **SASKA., 2007.** Diversity of Carabids (Coleoptera: Carabidae) within two Dutch cereal fields and their boundaries. *Baltic Journal of Coleopterology, 7(1) : 37-50.*
84. **SEGHIER Merzak, et DJAZOULI Zahr-Eddine, 2018-** *DIVERSITÉ ÉCOLOGIQUE DU PEUPEMENT DE COLÉOPTÈRES DANS DEUX BIOTOPES SAHARIENS DE LA RÉGION DE BÉCHAR (ALGÉRIE).*
85. **SHIXUE W., XINRAN L., MIN L., XING C., SAI L., CHENGA L., XIANBIAO L., YE L., 2018.** Sources, influencing factors and environmental indications of PAH pollution in urban soil columns of Shanghai, China. *Ecological Indicators, 85, 1170-1180.*

86. **SODDY, J. P. ; ANDRE, P. ; LEGRIRI, F.H. (1984).** Influence des intensités d'éclaircies sur les populations de macroarthropodes et d'annelides dans les litières d'épicéa. *Péd biologia*, 26, 179-184.
87. **SOUTHWOOD, T. R.E. BROWN, V. K. & READER, P.M. (1979).** – The relationships of plant and insect diversities in succession. *Biological Journal of the Linnean Society* 12: 327-348.
88. **SPANGLER, P. WARREN, E. & STEINER, JR. (2005).**– A new aquatic beetle family, Meruidae, from Venezuela (Coleoptera: Adephaga). *Systematic Entomology*. 30, 339–357p.
89. **TACHET H., BOURNAUD M. & RICHOUX P., 2006.** – *Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématique élémentaire et aperçu écologique)*. 315 p.
90. **VELASQUEZ, E., LAVELLE, P., ANDRADE, M., 2007.** GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biology & Biochemistry*, 39(12) : 3066-3080.
91. **WENYOU H., HUIFENG W., LURUI D., BIAO H., OLEK B., HANS CHRISTIAN BH., YUE H., PETER EH., 2018.** Source identification of heavy metals in peri-urban agricultural soils of southeast China: An integrated approach. *Environmental Pollution*, 23, 650-661.
92. **ZANINOTTO V., FAURE E., 2015** - *Pollution atmosphérique, biodiversité et écosystèmes*. Atelier la pollution atmosphérique, CERES-ERTI , 24p.

Photos de quelques espèces récoltées :



Pseudoophonus rufipes



Coccinella septempunctata



Gymnopleurus geoffroy



Agriotes sp



Onthophagus taurus



Hypera sp



Thanatophilus sinatus



Chrysolina bankii