



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Larbi Tébessi –Tébessa –



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département Des êtres vivants

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Ecophysiologie Animale

***Thème : Etude théorique de la
composition et de la structure d'un
peuplement animal: cas des Carabidés
(Coleoptera: Carabidae)***

Réalisé par:

- MERAH Khouloud

- MALKI Rima

Devant le jury

Présidente : HMAIDIA Houda.

Examinatrice: MACHROUM Amel.

Promotion 2019/2020

Sommaire

Remerciement.....	<i>i</i>
Dédicaces.....	<i>ii</i>
Liste des tableaux.....	<i>iii</i>
Liste des figures.....	<i>iv</i>
Introduction générale.....	1

Chapitre 1. Recueil bibliographique

1. Position systématique.....	3
2. Morphologie externe.....	4
2.1. Pigment et coloration.....	4
2.2. La tête.....	5
2.2.1 La face dorsale.....	5
2.2.2. La face ventrale.....	6
2.3. Le thorax.....	6
2.4. L'abdomen.....	7
3. Cycle biologique.....	8
3.1. Reproduction.....	8
3.2. Cycle évolutive.....	8
3.2.1. Les œufs.....	9
3.2.2. Les larves.....	10
3.2.3. Les nymphes.....	10
4. Taille et mobilité.....	11
5. L'importance écologique.....	11
5.1. Les Carabidés et la lutte biologique.....	11

5.2. Les Carabidés comme bioindicateurs.....	12
--	----

Chapitre 2. Description de la zone d'étude & échantillonnage

1. Description de la région d'étude.....	14
2. Etude bioclimatique.....	16
2.1. Variations mensuelles de la température et des précipitations.....	16
2.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls.....	17
2.3. Climagramme d'Emberger.....	18
3. Echantillonnage et identification.....	20
3.1. Méthode d'échantillonnage.....	21
3.2. Design expérimental.....	21
3.3. Identification des espèces.....	22

Chapitre 3. Etude des paramètres de composition et de structure

1. Etude de la structure et de la composition d'une communauté carabique.....	24
1.1. Abondance et occurrence.....	25
1.2. Richesse spécifique.....	27
1.2.1. Forêt de Djurdjura.....	27
1.2.2. Forêt de Chéria.....	28
1.3. Indice de Shannon.....	29
1.4. Equitabilité (équirépartition).....	29
1.5. Indice de diversité de Simpson.....	30
1.6. Indices de similarité.....	31
Conclusion générale et perspectives.....	33
Références bibliographiques.....	35

Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions DIEU tout puissant, pour la volonté, la santé, et la patience qu'il a donné durant toutes ces années d'études, afin nous puissions en arriver là.

Il nous est particulièrement agréable d'exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur Dr Amri Cherine, pour avoir bien voulu nous encadrer, pour leur encouragement, pour ses précieux conseils, pour leur patience, et pour son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire. Nous espérons qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous remercions énormément les membres du jury Mme Hmaidia et Mme Machroum d'avoir accepté de faire partie du jury et pour avoir bien voulu évaluer ce travail et nous espérons que vous apprécierez la lecture.

Nos sincères remerciements à tous nos enseignants qui nous ont donné les bases de la recherche pendant les cinq ans, et tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement pour l'accomplissement de ce travail.

Dédicace

Je remercie d'abord Dieu qui m'a aidé à atteindre ce niveau de science et m'a aidé à compléter cette note. Dieu merci toujours

Je dédie ce travail à ...✍

Pour mon ange dans la vie, à la signification de l'amour, à celui qui était le secret de mon succès, à la plus précieuse Mama hayette.

A mon chère papa Belgacem pour son encouragement, son soutien et son amour

A ma très chère sœurs : khaoula , soudjoud et chahinez

A mon frères : Mohamed Amin

A toute la famille malki et mesbahi surtout : ma deuxième mère warda

Mon binôme : khouloud m

À mes proches amies : rayan r kanza b lobna l asma et iman g sabil b yamina d hoda et fatima l zaineb z thouraya j hadjer et imad souad zouhair m oumaima s basma f et a fola b hana g zouhour m iman que dieu lui fasse miséricorde Oula a Aya m Chaima

À tous ceux qui m'ont aidé directement ou indirectement et qui me veulent du bien, merci!!!!!!...

Ryma

Je remercie d'abord Dieu qui m'a aidé à atteindre ce niveau de science et m'a aidé à compléter cette note. Dieu merci toujours.

Je dédie ce travail à ...✍

A ma très chère mère Rayhana, Tu représentes pour moi l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

Pour mon chère papa Rebai, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A ma très chère sœurs : Rania et Soumaia, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous que Dieu vous protèges.

A mes très chères frères: Abed Erezzak et Fakher eddine.

A ma très chère amie : Meryem N pour leur soutien sans faille pour qui le nombre de mercis ne sera jamais suffisant, j'ai de la chance de t'avoir dans ma vie.

A mes tantes: Abla, Hanen et Lyamna et ma grand-mère Aicha.

Mon binôme: Malki Ryma.

À tous ceux qui m'ont aidé directement ou indirectement et qui me veulent du bien.

Khouloud

Les tableaux

N° de tableau	Titre	Page
1	Tableau résume les grands lignes de la systématique des carabidés	4
2	Variations mensuelles des minimas, maximas, moyenne des températures et des précipitations à Tébessa (1972 – 2018).	19
3	Liste des espèces carabiques rencontrées à la forêt de Djurdjura et la forêt de Chréa	24
4	Abondance relative [AR%] et occurrence [Occ%] des carabidés récoltés à la forêt de Djurdjura et la forêt de Chréa	25
5	Indice de Shannon calculé par site, la forêt de Djurdjura et la forêt de Chréa.	29
6	Indice de la diversité maximale et de l'équitabilité calculés par site, la forêt de Djurdjura et la forêt de Chréa.	29
7	Indice de diversité de Simpson et indice de Simpson calculés par site, la forêt de Djurdjura et la forêt de Chréa.	30

Les figures

N° de figure	Titre	Page
1	La tête d'un carabidé (Jeannel, 1941).	5
2	L'abdomen d'un Carabidé (Jeannel, 1941).	7
3	Cycle de développement (Trautner et Gigenmuller, 1987).	9
4	La forme larvaire d'un Carabidé (Jeannel, 1941).	10
5	Exemple d'une carte géographique de la région d'étude (Mebarkia <i>et al.</i> , 2020).	15
6	Exemple du positionnement des stations d'étude (Amri, 2020).	15
7	Les variations mensuelles de la température moyenne au cours de la période 1972-2018.	16
8	Les variations mensuelles des précipitations au cours de la période 1972-2018.	17
9	Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région de Tébessa appliqué pour la période (1972-2018) .	18
10	Positionnement de Tébessa sur le climagramme d'Emberger (1972-2018).	20
11	Pots Barber installés.	21
12	Exemple d'un design expérimental.	22
13	Richesse spécifique par site et dans toute la zone d'étude.	27
14	Répartition globale de la richesse spécifique par sous famille dans la forêt de Djurdjura.	27
15	Répartition globale de la richesse spécifique par sous famille dans la forêt de Chéria.	28

Introduction générale

Introduction générale

Coleoptera représente l'ordre le plus riche du monde animal, avec plus de 350 000 espèces identifiées (Delfosse, 2009). A l'intérieur de cet ordre, la famille des Carabidae est constituée de nombreuses sous-familles comptant plus de 1800 genres et 40 000 espèces dans le monde (Dajoz, 2002). Ces dernières présentent des différences morphologiques remarquables, réagissant différemment aux conditions biotiques et abiotiques de l'environnement, et sont sensibles aux microclimats (Lambeets *et al.*, 2008). Selon Chakali et Belhadid (2005), dans les milieux forestiers, ils sont très sensibles aux variations des conditions environnementales qui influencent leurs distributions. Pour toutes ces raisons, l'utilisation de ce groupe est très répandue en écologie pour tester la qualité des milieux.

Maints facteurs influencent la distribution des carabidés à savoir la lumière, la température, la couverture végétale, la force du vent, l'accumulation de la neige en hiver, les perturbations du milieu (le feu, les coupes forestières, le changement climatique), la compétition interspécifique et l'altitude (Pena, 2001).

En Algérie, les études sur la carabidofaune dans les forêts restent fragmentaires, c'est pourquoi nous avons pris comme exemple la matrice de deux forêts : Djurdjura et Chréa, pour analyser les paramètres de diversité dans ce type d'écosystèmes. Ce travail s'articule autour de trois chapitres :

Chapitre 1. Recueil bibliographique : ce chapitre regroupe l'ensemble d'informations systématiques, biologiques, et écologique disponible sur les carabidés.

Chapitre 2. Description de la zone d'étude & échantillonnage : cette section est un résumé des étapes essentielles et requises dans l'étude de la biodiversité au niveau de n'importe quel biotope.

Chapitre 3. Etude des paramètres de composition et de structure : cette section rassemble les principaux paramètres pour évaluer la biodiversité dans un biotope donné.

Les trois chapitres sont suivis d'une conclusion générale et quelques perspectives, une liste de références bibliographiques.

Chapitre 1. Recueil bibliographique

1. Position systématique

Les Carabidés sont des insectes de l'ordre des Coléoptères, ils sont les plus abondants Arthropodes que faire jusqu'à la terre la faune avec environ 40 000 reconnues espèces, dix fois plus que les mammifères, (Dajoz, 2002). Cette famille appartient à la super famille des Caraboidea qui sont, à leur tour, une grande division du sous-ordre des Adephaga. Effectivement, la Caraboidea forme à peu près tous des Adephaga terrestres, appelés aussi les Geodephaga (Jeannel, 1941).

Les Carabidés comme les autres coléoptères, n'ont qu'une seule paire d'ailes membraneuse, parfois atrophiée. L'autre paire est des élytres sculptés, contenant des fossettes ou hérissés. Chaque élytres présent 9 rangés séparées par des sillons. Cette dernière caractéristique est primordiale dans la détermination des espèces de cette famille entomologique (Dajoz, 2002).

Pour l'identification des Carabidés, les caractères morphologiques sont très utilisés, à savoir le nombre de soies au niveau de l'œil, la présence des points enfoncés sur les inters striés et des soies des palpes et des tarse, la taille des trochanters au fémur, et la présence de l'échancrure sur les tibias antérieurs (Perrier, 1927).

Les Carabidés sont divisés en quatre section, la section A est généralement la sous-famille *Brachyninae*. Elle regroupe les espèces dont les élytres sont tronqués, couvrant une partie de l'abdomen. Cette section comprend des genres comme *Drypta*, *Brachynus*, *Lebia* et *Dromius*. Ensuite, la section B est celle des *Feroniinae*. Les espèces qui font partie de cette section possèdent deux soies au niveau de l'œil, parmi les genres on cite : *Feronia*, *Amara*, *Calathus*, *Abax* et *Sphodrus*. Puis, La section C contient des espèces de la famille *Harpalinae*, elle rassemble des espèces ayant une seule soie au niveau de l'œil. Cette section comprend plusieurs genres tels que *Harpalus*, *Daptus* et *Bradycellus*. La dernière section est la section D regroupant la *Bembidiinae*. Ce sont des espèces qui possèdent une soie au niveau de la mandibule. Cette section est représentée par les genres *Bembidion*, *Trechus* et *Aedus*. Le classement de Jeannel (1939-1940) est certainement différent de celle de Perrier (1927). Cet auteur s'est basé sur la détermination de certaines caractéristiques morphologiques des pattes et du thorax.

Tableau 1. Tableau résume les grandes lignes de la systématique des Carabidés.

Règne	Animalia
Embranchement	Arthropoda
S/Embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous-classe	Pterygota
Infra-classe	Neoptera
Ordre	Coleoptera
Sous-ordre	Adephaga
Super-famille	Caraboidea
Famille	Carabidae

2.Morphologie externe

2.1. Pigment et coloration

La grande majorité des espèces présente dans leurs téguments un pigment brunâtre qui leur donne leur coloration brune ou noire. La dépigmentation large ou partielle du tégument produit les colorations testacées ou rougeâtres fréquentes chez la plupart des Carabiques. Quant aux colorations métalliques, ce sont des colorations dites « Physiques », résultant de phénomènes d'interférence des ondes lumineuses traversant les lames minces de la chitine, au-dessus d'un fond noir. L'extension plus ou moins grande des dessins pigmentaires, chez les espèces pâles, est en rapport évidemment avec les conditions physiques du milieu: température, luminosité, humidité relative. Mais les variétés mélaniques qui se produisent chez les Carabiques vivant à haute altitude, s'observent surtout chez des espèces métalliques. Elles ne dépendent pas d'un accroissement de la pigmentation; elles sont causées par des troubles dans l'épaisseur des lames minces. Les phénomènes d'interférence ne se produisent qu'à travers des lames transparentes d'épaisseur du même ordre de grandeur que les longueurs d'ondes lumineuses. Trop épaisses, sous l'influence des conditions de milieu, les lames ne décomposent plus la lumière et laissent librement se manifester la coloration pigmentaire sous-jacent (Jeannel, 2007).

2.2. La tête

Généralement, la tête des Coléoptères est formée par la fusion d'un certain nombre de somites primitifs, de segments homologues des segments thoraciques ou abdominaux. Ces somites céphaliques seraient au nombre de six : trois situés en avant de la bouche (oculaire et antennaire et postantennaire), mais on peut reconnaître dans le crâne ce qui relève de chacun des autres somites d'après la disposition des aires d'insertions musculaires. La tête des Carabiques est insérée dans l'axe du prothorax, où elle s'articule par une sorte d'énarthrose. Elle est robuste, très souvent arrondie, et comprend le crâne et les appendices céphaliques (Jeannel, 1941). Elle peut avoir d'autres formes : allongée, transversale, globulaire, avec ou sans un cou distinct (fig.1)(Paulian, 1988).

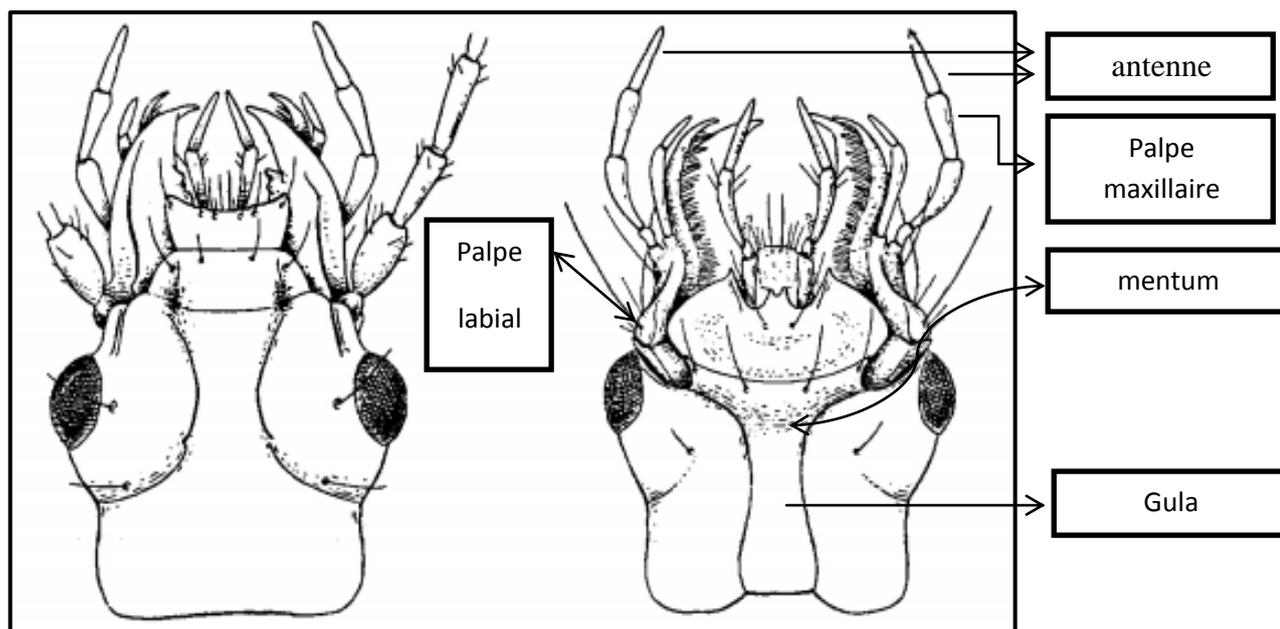


Figure 1. La tête d'un carabidé (Jeannel, 1941).

2.2.1 La face dorsale

En haut et en arrière, les sections orales qui sont normalement liées à l'alimentation sont séparées. Les mandibules et les maxillaires sont généralement grandes, fortement dentées ou ciliés chez les espèces prédatrices, telles que "*Cicindelinae*" et "*Scaritinae*". Les palpes maxillaires sont généralement composés de quatre parties, la première très courte, la seconde parfois très allongée, les deux dernières sont très variables en longueur et en forme. Les palpes labiaux ont généralement trois postes, souvent deux, rarement un seul. Le labre ou lèvre supérieure, d'habitude mobile, le clypéus ou épistome, divisée à partir du front par une claire suture ou non, le front, situé entre les yeux et à la face de

Chapitre 1. Recueil bibliographique

laquelle les antennes sont insérées, le sommet, qui atteint l'ensemble avant de les yeux et de laquelle il n'est pas distingué par des limites (Du Chatenet, 1986).

2.2.2. La face ventrale

En avant et sous les mandibules, sont insérées les maxilles qui s'articulent au crâne par l'intermédiaire du « cardo » et dont la partie distale est constituée de deux appendices, l'un externe « la galéa », l'autre interne « la licinia », dont le bord interne est généralement cilié. Juste en arrière est placé le labium, comprenant des appendices articulés, les palpes labiaux et les paraglosses, et des pièces médianes situées les unes au-dessous des autres, « la ligule » entre les paraglosses, « le mentum » et le « submentum », que prolonge « la gula » jusqu'à la base de la tête (Du Chatenet, 1986).

2.3. Le thorax

Le thorax qui est situé entre la tête et l'abdomen, comprend trois parties distinctes, le prothorax, le mésothorax et le métathorax (Du Chatenet, 1986).

La face dorsale du prothorax, ou pronotum consiste une sorte d'écu, plus au moins cordiforme, dont la pointe serait tronquée. Tout le pronotum est formé par un seul sclérite dont les parties latérales repliées constituent les épipleures prothoraciques. Deux soies s'implantent sur la gouttière marginale, l'antérieure vers le quart ou le tiers antérieure, la postérieure sur l'angle postérieure; ou un peu en avant de lui. En avant et en arrière se trouvent deux sillons transverses, plus au moins nets, non apodématiques. L'aire antérieure et l'aire basale sont des aires articulaires, la seconde le plus souvent ridée ou plissée, avec des fossettes latérales d'autant plus profondes que le pronotum est plus rétréci à la base (Jeannel, 1941).

Le mésothorax et le métathorax porteurs d'ailes sont cachées sous Les élytres, à l'exception de *scutellum*, appartenant au mésothorax. Les élytres au repos se rencontrent le long de la suture, leur partie latérale repliée, non visible d'en haut, est l'*épipleura*, les stries et les intervalles élytraux, s'ils sont présents, sont numérotés et rejoignent la marge latérale ; les stries scutellaires abrégées habituellement présentes à l'intérieur de la première strie, ou entre les deux premières stries, n'est pas comptée (Lindroth, 1974).

2.4. L'abdomen

L'abdomen montre du côté ventral six segments, dont les trois premiers sont plus ou moins soudés en un vaste arceau unique, mais les rapports de cet arceau avec les pièces pleurales établissent qu'il est bien formé de trois segments (fig.2). Les six segments ventraux d'adulte correspondent aux urosternites III à VIII, comme il est facile de s'en rendre compte par comparaison des larves, nymphes et imagos. La face tergale de l'abdomen fait voir la trace de huit tergites, chacune pourvu d'un stigmate, et représentant les urotergites II à IX. Le dernier, ou urotergite IX, est le pygidium qui fait le plus souvent saillie après le bord apical des élytres. En arrière de ces segments visibles se trouvent donc encore le sternite IX et tout l'urite X qui sont rétractés dans l'abdomen, invaginés avec l'armure génitale dont ils font partie, le sternite IX est divisé en deux sclérotites à peu près symétriques, l'urite-X, ou « segment génital » est très modifié et d'ailleurs très différent dans les deux sexes (Jeannel, 1941).

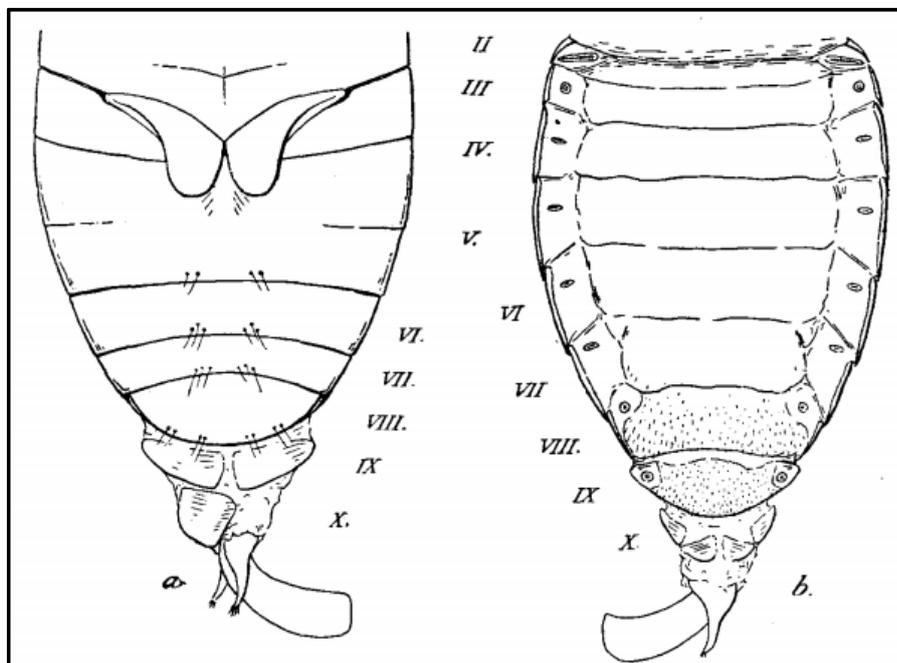


Figure 2. L'abdomen d'un Carabidé (Jeannel, 1941).

3. Cycle biologique

3.1. Reproduction

La phase de reproduction se divise généralement en deux périodes chez les Carabidae:

- ✓ Une période dite « printanière », propre à la majorité des espèces, les adultes émergeant au printemps et les trois stades larvaires se développant pendant la période estivale (*Harpalus affinis*, *Anchomenus dorsalis*, *Metallina lampros*, *Poecilus cupreus*, ...).
- ✓ Une période dite « automnale », les stades larvaires apparaissant au printemps suivant (*Calathus melanocephalus*, *Pterostichus melanarius*, *Pseudoophonus rufipes*, *Trechus quadristriatus*). Par ailleurs, certaines espèces utilisent une reproduction dite « bimodale », présentant deux périodes de ponte plus ou moins séparées, et une hibernation à l'état larvaire comme à l'état imaginal (Dajoz, 1989).

Cependant, la phénologie des Carabidés est très inconnue et parfois variable en fonction de la latitude et des conditions climatiques locales. Généralement, les adultes se rencontrent du printemps à l'automne, mais pas toutes les espèces sont présentes à la même période (Tenailleau *et al.*, 2011). En outre, il peut y avoir de nombreuses populations pour la même espèce qui se reproduisent à de différents moments de l'année. La reproduction peut également être sporadique au sein de la même population. Ces différences dans le cycle de reproduction peuvent résulter de phénomènes génétiques, ou sont parfois des stratégies adaptatives, permettant à une population dans un environnement instable de répartir la saison de reproduction au cours du temps, de sorte qu'au moins une partie de l'étape préimaginaire se développe dans des conditions favorables (Lambeets *et al.*, 2008).

3.2. Cycle évolutive

Les Carabidés réalisent une métamorphose complète (holométabole). Généralement, le développement se réalise en quatre étapes : l'œuf, la larve, la nymphe et l'imago ou adulte.

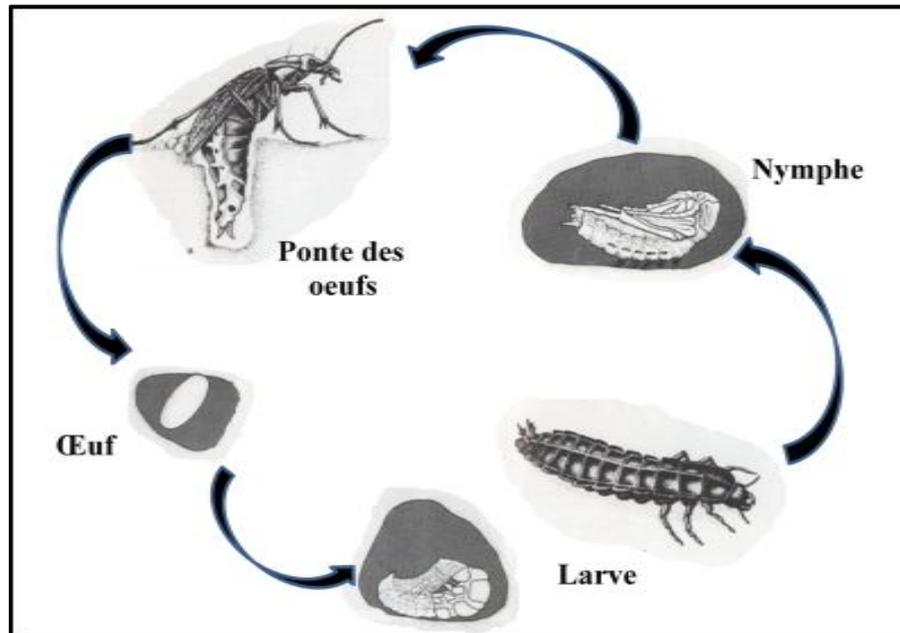


Figure 3. Cycle de développement (Trautner et Gigenmuller, 1987).

3.2.1. Lesœufs

Les Carabidés sont ovipares et les femelles possèdent un organe de ponte appelé ovipositeur. La plupart d'entre elles vont simplement pondre sur le sol, ou bien creuser de petites cavités dans lesquelles elles placent en général un seul œuf. Un comportement plus complexe peut être observé chez d'autres individus où les femelles restent près des œufs jusqu'à éclosion et même jusqu'au début de la pigmentation des jeunes imagos. Le nombre d'œufs pondus sera fonction de l'apport ou non de soins, allant de 5 à 10 pour les femelles apportant des soins et jusqu'à plusieurs centaines chez les autres. En d'autres termes, l'existence de « soins parentaux s'accompagne d'une baisse de fécondité. Le nombre d'œufs augmenterait aussi en fonction de la quantité de nourriture ingérée par les femelles (BaroneetFrank, 2003).

Contrairement au volume qui peut varier en fonction des espèces, la forme de l'œuf sera relativement la même chez toutes. En général, les œufs, du moins lors de la ponte, sont très légèrement arqués, un peu à la manière d'un haricot. L'incubation est en moyenne de 10 à 15 jours. La durée du développement est fonction des paramètres abiotiques comme la température et la quantité de nourriture disponible. Van Dijk (1994) a montré que *Calathus melanocephalus* et *Poecilus versicolor*,

Chapitre 1. Recueil bibliographique

élevés à basse température et recevant peu de nourriture, sont plus petits et se développent plus lentement.

3.2.2. Les larves

Les larves sont campodéiformes, noires ou marron foncées et ont une forme allongée. Leurs mandibules et leurs jambes sont assez robustes. Dans la majorité des cas, ils sont carnassiers. Le développement larvaire est composé de 3 stades, et au terme du dernier, la larve s'enfonce assez profondément en terre, où elle se fait une loge qui est proportionnellement très spacieuse (car il doit prendre en compte la taille du futur imago). Puis, elle rentre dans une sorte de léthargie, pendant laquelle s'opèrent en elle, à l'abri des regards, des changements internes qui permettront à la larve de muer et donner une nymphe (Trautner et Geigenmuller, 1987).

La durée du cycle est variable selon l'espèce et aussi en fonction des facteurs abiotiques tels que l'humidité et la température. Dans l'ensemble, la durée du cycle de développement larvaire est de 1 an mais elle peut atteindre jusqu'à 4 ans chez certaines espèces quand les conditions climatiques sont défavorables (Tenailleau *et al.*, 2011).

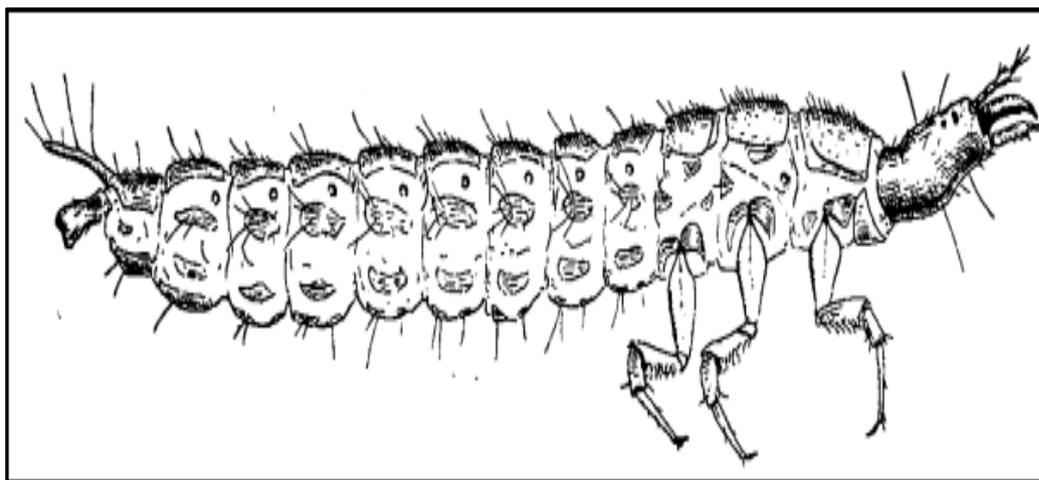


Figure 4. La forme larvaire d'un Carabidé (Jeannel, 1941).

3.2.3. Les nymphes

Parvenue au terme de sa croissance, au troisième et au dernier stade larvaire, la larve s'immobilise, c'est le stade préparatoire de la métamorphose. Après avoir passé 10 à 15 jours dans le sol, la larve se nymphose. Le tégument dorsal va alors s'ouvrir de façon longitudinale au niveau du thorax laissant ainsi libre la nymphe qui sera dans un premier temps étirée et très peu rigide. Généralement, la phase

Chapitre 1. Recueil bibliographique

d'émergence est rapide, de l'ordre de quelques minutes, et grâce à des contractions successives la nymphe va pouvoir se défaire de son enveloppe protectrice. La phase de raffermissement débute alors pour permettre à l'insecte d'acquies une forme définitive en partie semblable à l'insecte adulte, dans la mesure où il est possible de distinguer déjà certains organes et appendices (yeux, pattes,...) La durée de cette nymphose est assez courte, de l'ordre de 15 à 45 jours, durant cette période la nymphe va changer de couleur. A l'origine complètement blanche, elle va se pigmenter progressivement (yeux, mandibules, appendices thoraciques). La fin de la pigmentation (apparition de la coloration) est suivie de l'émergence de l'adulte dans un délai d'1 à 2 jours (Tenailleau *et al.*, 2011).

4. Taille et mobilité

Il existe deux formes d'individus chez les Carabidés. Les espèces macroptères, qui ont des ailes bien formées et sont capables de voler, et les espèces brachyptères, qui ont des ailes petites ou absentes et sont incapables de voler. Certaines espèces décrites comme dimorphes possèdent des individus macroptères et des individus brachyptères. La taille et la capacité de dispersion des carabidés sont étroitement liés (Gobbi et Fontaneto, 2008).

Selon de nombreux auteurs, les grandes espèces sont la plupart du temps brachyptères et sont rencontrées dans des écosystèmes fermés et stables, tandis que les petites espèces sont des macroptères et décrivent des écosystèmes ouverts (Pizzolotto, 2009). Ainsi, la taille du corps est souvent utilisée comme un indicateur de la qualité de l'habitat pour les carabidés (Eyre *et al.*, 2012).

5. L'importance écologique

5.1. Les Carabidés et la lutte biologique

Ce groupe représente un groupe coléoptérique diversifié, il a été largement étudié comme prédateurs des organismes nuisibles aux cultures, tels que les pucerons (Roubinet *et al.*, 2017).

Les Carabidés prédateurs ou polyphages contribuent au contrôle biologique en tant que prédateurs généralistes, ce qui les rend complémentaires des prédateurs spécialistes des ravageurs des cultures, car les généralistes peuvent s'alimenter de proies alternatives avant le développement des organismes dévastateurs. Ils sont présents dès l'arrivée de ces derniers et peuvent limiter leur effet nuisible, assurant le relais avant que des prédateurs plus spécialistes ne se manifestent (Symondson *et al.*, 2002).

Selon Derron et Goy (1996), la faune des Carabidés de la forêt est caractéristique et partage peu d'espèces avec des champs avoisinants. Ainsi les espèces de Carabidés sont plutôt spécifiques, par

Chapitre 1. Recueil bibliographique

exemple *Calosoma sycophanta* se nourrit, comme sa larve, de chenilles poilues nuisibles telles celles des « Disparates » nommés encore « Bombyx disparates » (*Lymantria dispar* : Lymantriidae) se nourrissant des chênes, et des Processionnaires du pin (*Thaumetopoea pityocampa* : Notodontidae). C'est donc un animal très utile pour lutter contre ces ravageurs. De ce fait, il est même utilisé en lutte biologique.

Des travaux scientifiques récents ont aussi montré que les espèces de carabesphytophages peuvent aussi jouer un rôle dans le contrôle des adventices (Bohan et *al.*,2011).

5.2. Les carabes comme bio indicateurs

Un nombre important de Carabidés est considérée comme des espèces utiles. En effet, plusieurs études ont révélé que ce sont des bioindicateurs efficaces illustrant les changements dans l'environnement (Garcin *et al.*, 2011), et sont capables de refléter les altérations des habitats (Rainio & Niemela, 2003); car ils sont affectés par les activités anthropiques telles que l'urbanisation et la gestion des cultures et des forêt (Avgin et luff, 2010). Cette aptitude leur est attribuée à cause de la faible capacité de dispersion de certains espèces, liée à l'atrophie des ailes postérieures (Erwin, 1979).

*Chapitre2. Description de la zone
d'étude & échantillonnage*

1. Description de la région d'étude

Dans ce type d'études, la description des régions, zones ou sites choisis est indispensable. En effet, ces caractéristiques vont aider beaucoup dans l'explication et l'interprétation des résultats qui seront obtenus à la fin de la recherche. La description doit être assez complète et comporte toutes les informations pouvant servir, de loin ou de près, le vif du sujet de l'étude. Or, parmi les éléments à décrire la situation géographique avec les coordonnées (*eg.* 35° 53' 137" N, 6° 30' 200" E, élévation de 900 m), une carte très claire et explicative, des détails sur la végétation, le sol, la topographie, ... etc.

(Figure 05-06)

Quand on choisit un site d'étude, on arrive à une autre étape très importante; le choix des stations d'étude. Généralement, le site est une grande étendue et ne peut pas être toute étudiée, c'est pour cette raison qu'il faut opter pour des parties de cette étendue, appelées stations, afin de réaliser le travail de recherche convenablement. Ce choix ne se fait pas aléatoirement, c'est en fonction des objectifs fixés à priori que le chercheur prend en considération telle ou telle station. Il est à signaler que le choix doit être justifié afin d'y donner une valeur scientifique, par exemple le choix des stations peut reposer sur plusieurs critères: (i) le couvert végétal (présence ou absence et le type de végétation dominant), (ii) l'éloignement des stations l'une de l'autre dans le même site, (iv) aucune étude récente ou ancienne n'a été effectuée sur la faune en question dans ces stations et, (v) l'accessibilité et la sécurité et autres. Dans le cas des Carabidae, on favorise toujours les endroits ayant une bonne densité végétale et humides, mais ça ne veut pas dire qu'on exclut les autres endroits (sec et nus).

Ci-dessous un exemple d'une carte géographique de la wilaya de Tébessa, qui représente dans ce cas la zone d'étude. Les numéros 1 à 6 représentent les stations choisies par le chercheur pour échantillonner ses espèces.

Chapitre 2. Description de la zone d'étude & échantillonnage

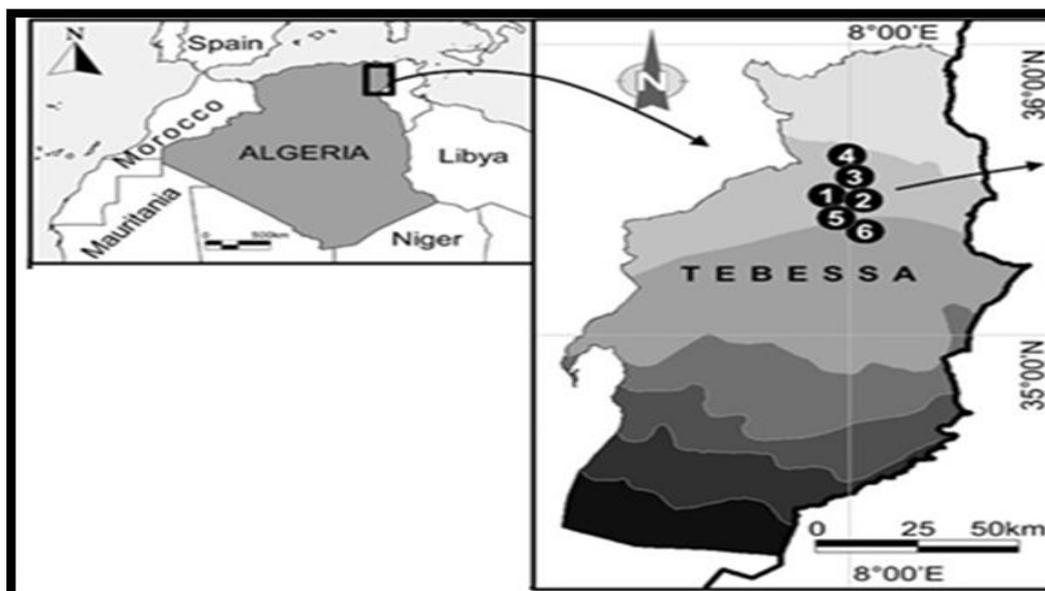


Figure 5. Exemple d'une carte géographique de la région d'étude (Mebarkia *et al.*, 2020).

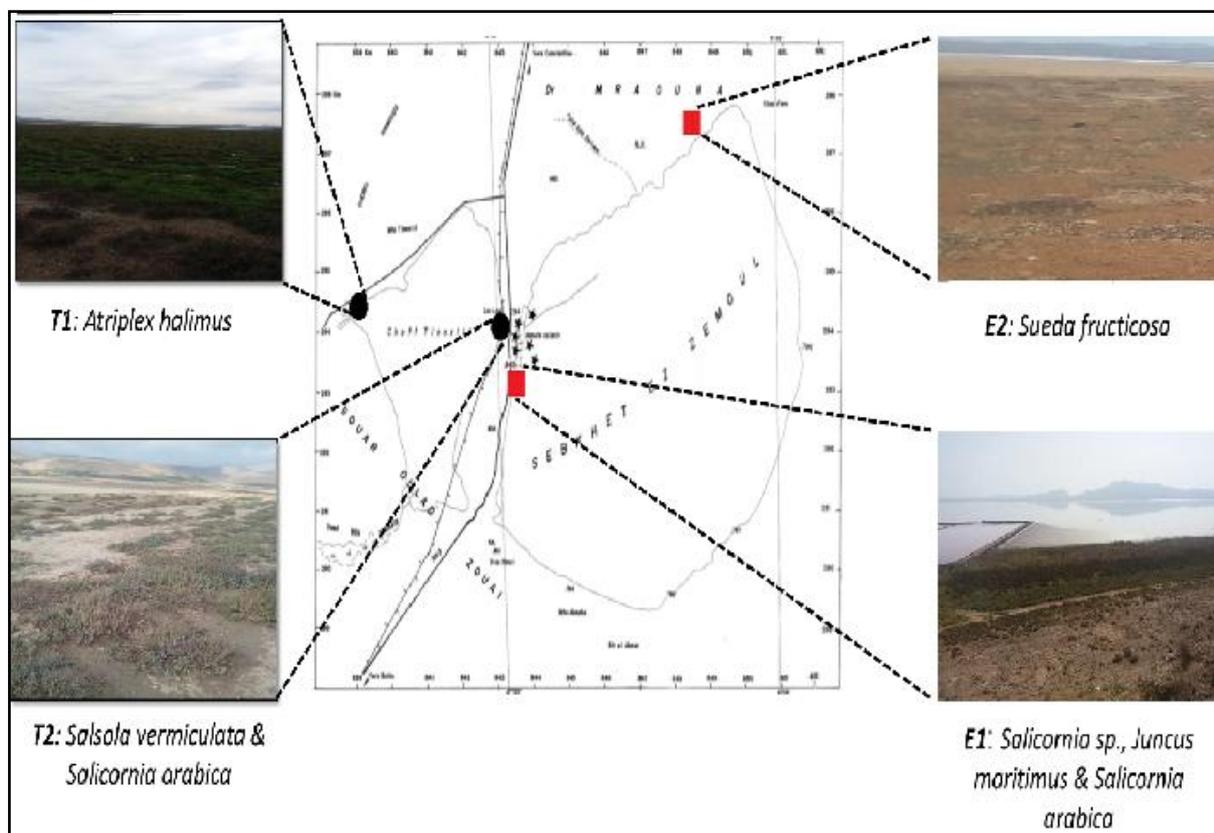


Figure 6. Exemple du positionnement des stations d'étude (Amri, 2020).

2. Etude bioclimatique

La description climatique de la zone d'étude représente la deuxième étape de l'étude. Elle est faite sur la base des données météorologiques de plusieurs années (plus de 20 ans), et permet d'analyser les variations des précipitations et des températures sur une longue période et sur la période d'étude.

2.1. Variations mensuelles de la température et des précipitations

Ci-dessous des graphes des variations de la température et de la précipitation dans la région de Tébessa sur une période de 46 ans (1972-2018).

L'analyse des variations des précipitations et des températures sur cette période de 46 ans, montre que la température maximale est enregistrée le mois de Juillet avec 40,18 °C et la minimale en Janvier avec -3,81 °C. En plus, les mois les plus arrosés sont Septembre (40,93 mm) et Mai (38,02 mm). Cependant, le mois le plus sec est Juillet avec une moyenne de 14,95 mm.

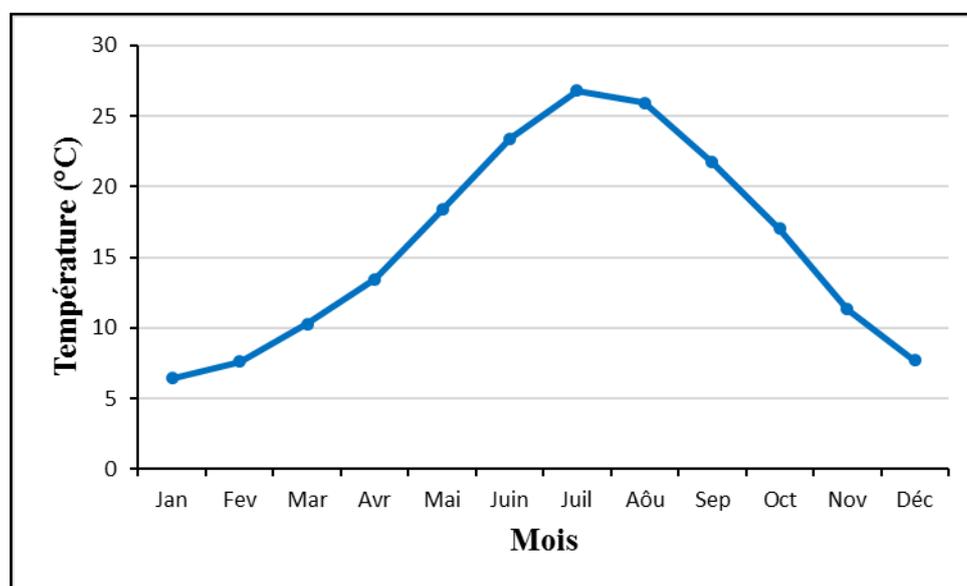


Figure 7. Les variations mensuelles de la température moyenne au cours de la période 1972-2018.

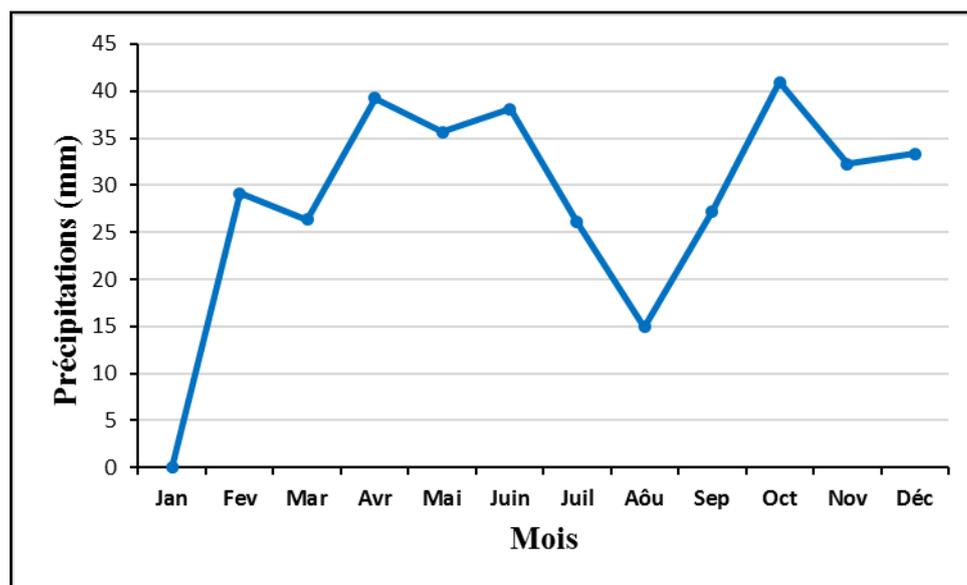


Figure 8. Les variations mensuelles des précipitations au cours de la période 1972-2018.

2.2. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls

Ils sont construits en portant en abscisses les mois et en ordonnées les précipitations sur un axe et les températures sur le second en prenant soin de doubler l'échelle par rapport à celle des précipitations (Faurie *et al.*, 2003). La saison aride apparaît quand la courbe des précipitations recoupe celle des températures (Dajoz, 1985). Un mois est réputé « sec » si les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne, et réputé « humide » dans le cas contraire (Frontier *et al.*, 2004).

Pour la période climatique sus-indiquée montre que la saison sèche s'étend de Mai jusqu'au mois de Septembre. (Figure 9)

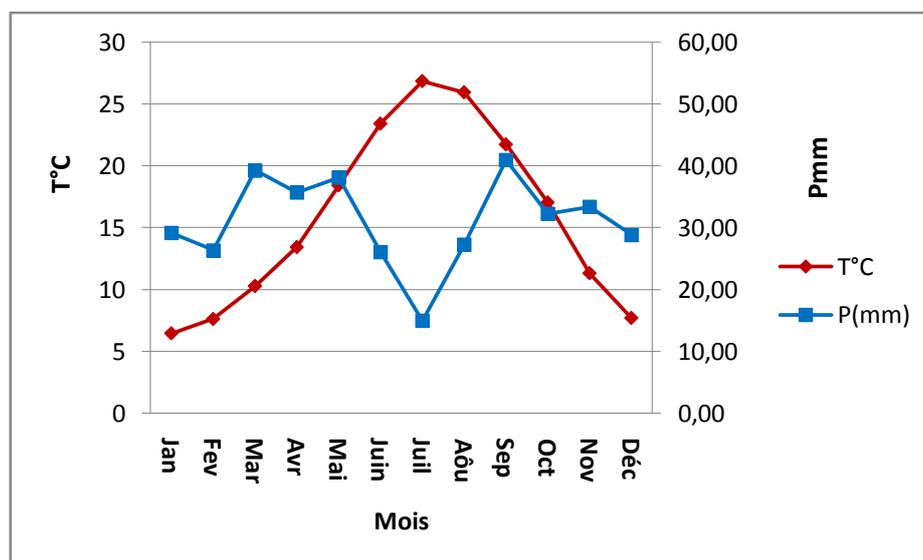


Figure 9. Diagramme ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la région de Tébessa appliqué pour la période (1972-2018) .

2.3. Climagramme d'Emberger

En 1932, Emberger proposa une formule permettant le calcul de l'indice d'aridité annuel en tenant compte des précipitations et de la température. Cette formule s'énonce comme suit :

$$Q = \frac{1000 P}{\frac{M+m}{2} (M - m)}$$

Où :

Q : Quotient pluviométrique d'Emberger

P : Pluviométrie annuelle en (mm)

$M+m/2$: Température moyenne

$M-m$: Amplitude thermique maximale

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en (°C)

m : Moyenne des minima de mois le plus froid (°C)

Cette formule a été modifiée par Stewart (1969), et est devenue par la suite plus simple:

$$Q = 3,43 \times \frac{P}{M - m}$$

Chapitre 2. Description de la zone d'étude & échantillonnage

On prend comme exemple les données climatiques obtenues de la station météorologique de Tébessa pour une période de 46 ans (1972 – 2018). Le calcul du quotient d'Emberger Q a permis de placer Tébessa dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid, soit $Q=29,38$ et $m = -3,81^{\circ}\text{C}$.

*Application numérique : $Q = 3,43 \times (372,03 / 43,99) = 29$

Tableau 2. Variations mensuelles des minimas, maximas, moyenne des températures et des précipitations à Tébessa (1972 – 2018).

	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Avr</i>	<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Juil</i>	<i>Aôu</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Déc</i>
M°C	19,12	21,39	25,11	28,49	33,46	38,43	40,18	38,48	35,51	30,07	24,1	20,11
m°C	-3,81	-3,13	-1,59	0,87	4,48	8,84	12,55	12,31	8,42	3,78	-0,43	-3,04
T°C	6,43	7,62	10,25	13,43	18,39	23,41	26,82	25,93	21,72	17,02	11,3	7,68
P(mm)	29,12	26,35	39,26	35,65	38,08	26,04	14,95	27,22	40,93	32,23	33,36	28,84
P_{somme} = 372,03 M – m = 40,18 + 3,81 = 43,99 T_{moy} = 15,83												

De même, selon l'indice d'aridité de De Martonne, Tébessa est soumise à un climat semi-aride avec un indice $I = 14,40$. L'indice de De Martonne est donné par la formule suivante:

$$I_{\text{ar-DM}} = P / (T_m + 10)$$

P : le total annuel des précipitations en mm.

T_m : la température moyenne annuelle en °C.

*Application numérique : $I_{\text{ar-DM}} = 372,03 / (15,83 + 10) = 14,40$

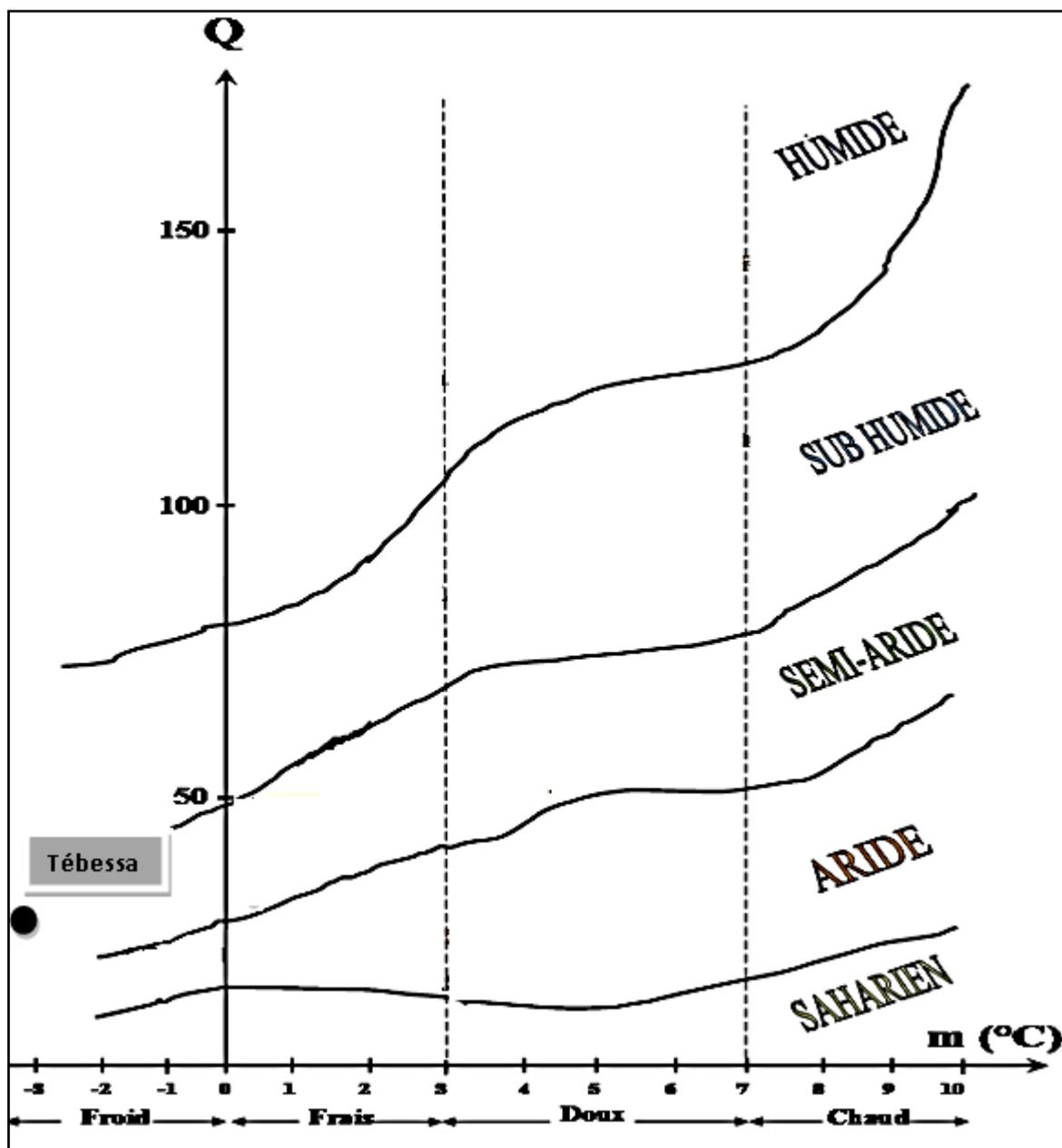


Figure 10. Positionnement de Tébessa sur le climagramme d'Emberger (1972-2018).

3. Echantillonnage et identification

La stratégie d'échantillonnage des organismes vivants est fondée sur la réalisation d'un dénombrement visuel, ou de prélèvements, effectués au hasard dans un espace uniforme, mais en tenant compte du mode de répartition des individus constituant la population dans l'espace considéré (Ramade, 2003).

De surcroît, le rythme de prélèvement doit être précisé; par exemple les sorties ont été effectuées de façon régulière tous les 7 jours durant une année entière depuis Novembre 2019 jusqu'au mois d'Octobre 2020.

Chapitre 2. Description de la zone d'étude & échantillonnage

3.1. Méthode d'échantillonnage

L'objectif principal de ce type de recherches est d'avoir une image faunistique la plus complète possible d'un peuplement d'insectes inféodés à des biotopes choisis. Dans le cas des Carabidae, étant donné que ce sont des espèces terricoles et nocturnes, la méthode d'échantillonnage adoptée est l'utilisation des pièges d'interception, appelés les pots Barber. Il s'agit des pots en plastique, avec une profondeur et un diamètre connus (*eg.* 10 cm / 9 cm), et sont enterrés verticalement de façon à créer des puits dans lesquels les Carabidae vont choir, et sont remplis aux deux tiers de leur contenu avec un liquide conservateur (*eg.* 1 L d'eau, 300 g de sel, des gouttes de vinaigre et quelques gouttes de détergent). Figure 11



Figure 11. Pots Barber installés.

3.2. Design expérimental

Après avoir précisé la méthode d'échantillonnage adéquate pour l'étude, des détails sur la façon d'échantillonner sont requis. A titre d'exemple dans chaque station, vingt (20) pots Barber ont été installés, répartis sur deux (2) rangées. Au sein de chacune d'elles, sont placés cinq (5) quadrats équidistants de 20 m. Dans chaque quadrat, dont la surface est de 2 m², deux (2) pots sont enterrés. Un autre exemple est donné dans la figure 11.

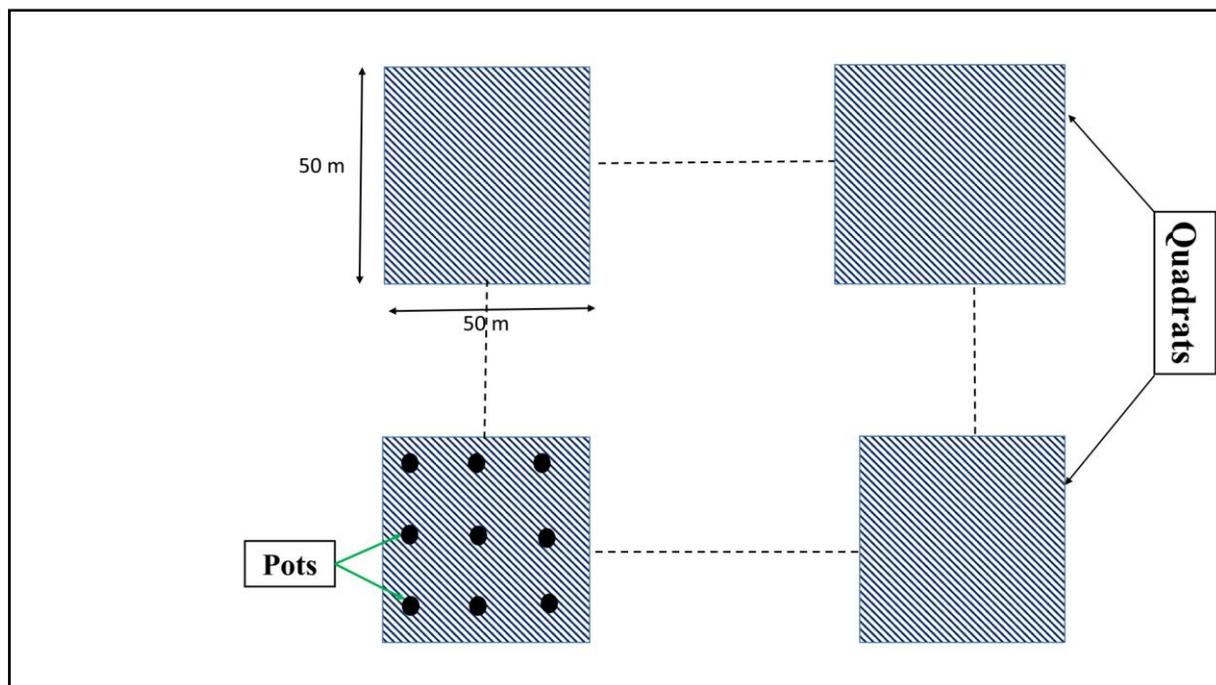


Figure 12. Exemple d'un design expérimental.

À chaque collecte, le contenu des pots est versé dans des boîtes en plastique, portant des étiquettes contenant toutes les informations sur l'échantillon (la date, la station, le numéro du quadrat et le numéro de la répétition).

3.3. Identification des espèces

Dans le cas des Carabidae, le contenu des boîtes est rincé à l'eau de robinet, puis mis sur du papier absorbant. Après rinçage et séchage, les spécimens sont triés sous une loupe binoculaire, à grossissement suffisant (x10 ou plus). Les spécimens séparés sont conservés, soit dans l'alcool à 70° (espèces non identifiées), soit directement étalés, à l'aide des épingles entomologiques N°2, dans des boîtes entomologiques (espèces identifiées). Des clés d'identification sont utilisées afin de reconnaître les spécimens piégés par exemple: Bedel (1895), Antoine (1955, 1957, 1959, 1961, 1962), Trautner et Geigenmuller (1987).

*Chapitre 3. Etude des paramètres de
composition et de structure*

1. Etude de la structure et de la composition d'une communauté carabique

Afin d'étudier la biodiversité d'un peuplement carabique, nous avons pris comme exemple une carabidofaune qui a été répertoriée dans deux forêts : Djurdjura et Chréa. A Partir de cette matrice, on va faire toutes les applications numériques des paramètres de composition et de structure proposés dans le présent mémoire.

Tableau 3. Liste des espèces carabiques rencontrées à la forêt de Djurdjura et la forêt de Chréa (Belhadid *et al.*, 2014).

Espèces	Forêt de Djurdjura	Forêt de Chréa	Nombre total
<i>Agonum nigrum</i> (Dejean, 1828).	1	0	1
<i>Brachinus sclopeta</i> (Fabricius, 1792).	0	3	3
<i>Calathus circumseptus</i> (Germar, 1842).	1	22	23
<i>Calathus fuscipes algerinus</i> (Goeze, 1777).	79	48	127
<i>Calathus opacus</i> (Lucas, 1846).	4	3	7
<i>Calathus sp</i>	3	1	4
<i>Eurycarabus famini algerinus</i> (Dejean, 1826).	0	3	3
<i>Harpalus attenuatus</i> (Stephens, 1828).	36	0	36
<i>Harpalus sp</i>	0	1	1
<i>Laemostenus barbarus</i> (Lucas, 1846).	1	0	1
<i>Laemostenus complanatus</i> (Dejean, 1828).	0	8	8
<i>Macrothorax morbillosus</i> (Fabricius, 1792).	4	8	12
<i>Nebria andalusia</i> (Rambur, 1837).	5	12	17
<i>Parophonus hespericus</i> (Jeanne, 1985).	3	0	3
<i>Sphodrus leucophthalmus</i> (Linné, 1758).	0	1	1
<i>Zabrus farctus</i> (Zemmenmann, 1831).	1	0	1

Chapitre 3. Etude des paramètres de composition et de structure

<i>Zabrus jurjurae</i> (Peyerimhoff, 1908).	16	0	16
<i>Zabrus sp.</i>	2	0	2
Nombre d'individus (N)	156	110	266
Richesse spécifique (S)	13	11	24

1.1. Abondance et occurrence

L'abondance relative (AR) est le rapport entre le nombre d'individus d'une espèce et le nombre d'individus total (N). L'abondance absolue (AA) est déterminée par le nombre d'individus par espèce (Magurran, 2004).

La fréquence d'occurrence (Occ) est le nombre de fois où l'espèce a été trouvée / le nombre total des relevés. Il y a quatre classes d'espèces : (i) espèces très accidentelles (Vac), dont la fréquence d'occurrence est moins de 10%, (ii) espèces accidentelles (Acc), la fréquence d'occurrence varie entre 10 et 24%, (iii) espèces communes (Cmt), présentes dans 25 – 49% des relevés, (iv) espèces constantes (Cst) présentes dans 50% des relevés ou plus (Bigot & Bodot, 1973).

*Application numérique : pour les calculs de l'occurrence, les informations sont indisponibles ; donc on a supposé que le nombre total des relevés est de l'ordre de 12. En plus, en fonction du nombre d'individus, on a supposé le nombre de relevés là où l'espèce **x** est récoltée.

Tableau 4. Abondance relative [AR%] et occurrence [Occ%] des carabidés récoltés à la forêt de Djurdjura et la forêt de Chréa

Sous familles [AR%]	Espèces	[AA]	[AR%]	[Occ%]	Classe
Carabinae [5.64]	<i>Macrothorax morbillosus</i>	12	4.51	16.66%	Cmt
	<i>Eurycarabus famini algerinus</i>	3	1.12	8.33%	Acc
Nibriinae [6.40]	<i>Nebria andalusia</i>	17	6.39	16.66%	Cmt
Pterostichinae [7.14]	<i>Zabrus jurjurae</i>	16	6.01	8.33%	Acc
	<i>Zabrus farctus</i>	1	0.37	8.33%	Acc
	<i>Zabrus sp.</i>	2	0.75	8.33%	Acc

Chapitre 3. Etude des paramètres de composition et de structure

Platyninae [64.66]	<i>Calathus circumseptus</i>	23	8.64	16.66%	Cmt
	<i>Calathus fuscipes algerinus</i>	127	47.74	16.66%	Cmt
	<i>Calathus opacus</i>	7	2.63	16.66%	Cmt
	<i>Calathus sp</i>	4	1.50	16.66%	Cmt
	<i>Sphodrus leucophthalmus</i>	1	0.37	8.33%	Acc
	<i>Laemostenus complanatus</i>	8	3.00	8.33%	Acc
	<i>Laemostenus barbarus</i>	1	0.37	8.33%	Acc
	<i>Agonum nigrum</i>	1	0.37	8.33%	Acc
Harpalinae [15.04]	<i>Harpalus attenuatus</i>	36	13.53	8.33%	Acc
	<i>Harpalus sp</i>	1	0.37	8.33%	Acc
	<i>Parophonus hespericus</i>	3	1.12	8.33%	Acc
Brachininae [1.12]	<i>Brachinus sclopeta</i>	3	1.12	8.33%	Acc

En termes d'individus, 266 individus sont capturés avec 156 individus dans la station la forêt de Djurdjura contre 110 individus dans la station la forêt de Chéria. La sous famille des Platyninae est la plus représentés avec une abondance de 172 individus, soit 64,66% du total, suivie par les deux sous familles Harpalinae (40 individus, 15,04%) et Pterostichinae (19 individus, 7,14%). Les autres sous familles sont faiblement représentées avec des pourcentages fluctuant entre 1,12% et 6,40%. À l'échelle spécifique, l'espèce *Calathus fuscipes algerinus* a enregistré la plus forte abondance avec 127 individus, soit 47,74% du total, suivie par *Harpalus attenuatus* (36 individus, 13,53%). Le reste des espèces a une abondance relative inférieure à 8% (Tab.4).

Quant aux valeurs de la fréquence d'occurrence (Occ) des 18 espèces capturées, uniquement deux classes sont trouvées, la plupart des espèces sont accidentelle (12 espèces). Cependant, six d'entre elles sont communes: *Macrothorax morbillosus* (Carabinae), *Nebria andalusia* (Nibriinae), *Calathus circumseptus*, *C. fuscipes algerinus*, *C. opacus*, et *Calathus sp* (Platyninae) (Tab.4).

1.2. Richesse spécifique

C'est le nombre d'espèces totales que comporte un peuplement considéré effectivement présentes sur un site d'étude à un moment donné.

Le nombre d'espèces dans la forêt de Djurdjura est de l'ordre de 13 espèces (72,22%), alors que dans la forêt de Chéria 11 espèces ont été répertoriées; soit 61.11% du total des espèces (Fig. 13).

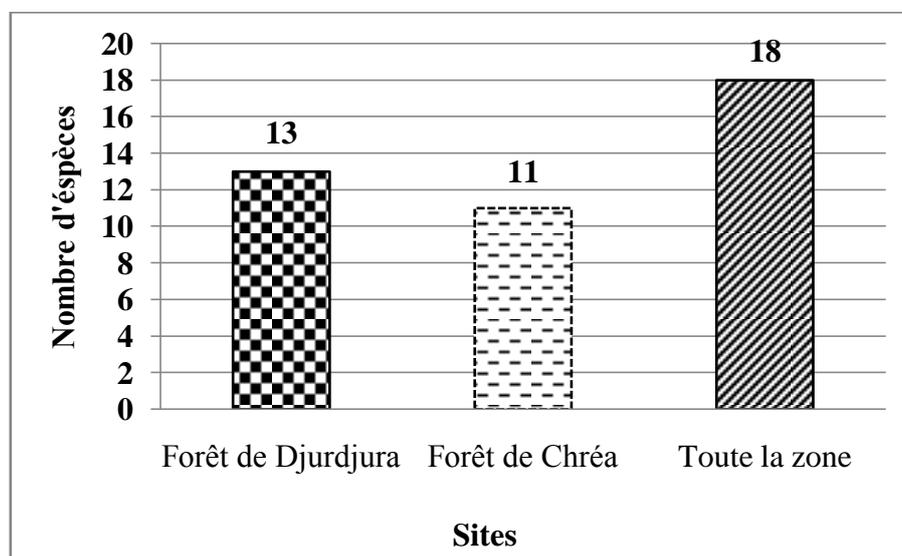


Figure 13. Richesse spécifique par site et dans toute la zone d'étude.

1.2.1. Forêt de Djurdjura

D'après l'analyse de la figure (14), dans la forêt de Djurdjura, les individus capturés appartiennent à 5 sous familles, 8 genres et 13 espèces. La sous famille des Platyninae est la plus riche en espèces 6 espèces, (46,15% de la richesse totale), suivie par celles des Pterostichinae et Harpalinae, avec 3 espèces pour première (23,07%), et 2 espèces pour la deuxième (15,38%), et enfin, les Carabinae et Nibriinae avec une seule espèce pour chacune (7,69%).

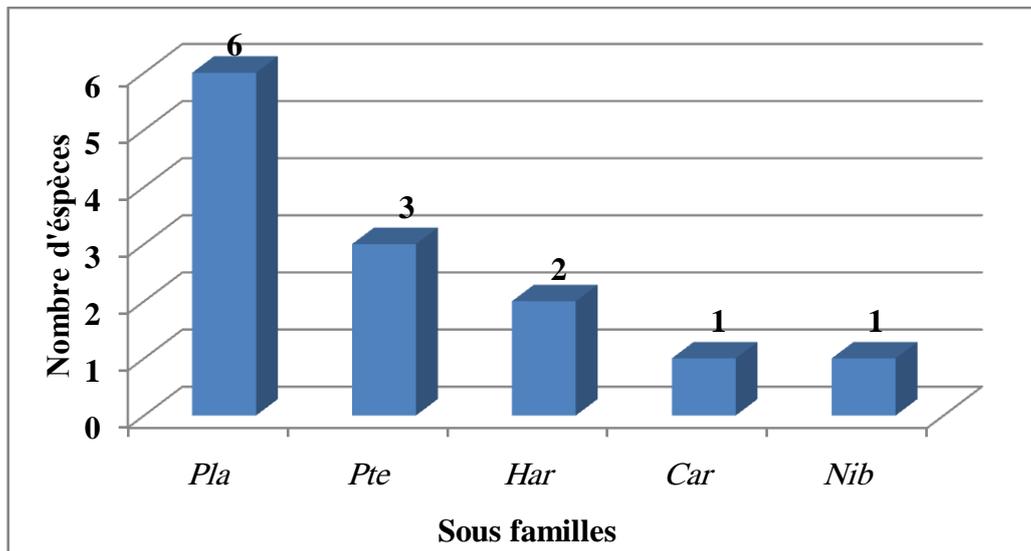


Figure 14. Répartition globale de la richesse spécifique par sous famille dans la forêt de Djurdjura.

1.2.2. Forêt de Chéria

Pour tout le site, les carabidés récoltés appartiennent à 5 sous familles, 8 genres et 11 espèces. La sous famille des Platyninae est la plus représentée avec 6 espèces (54,54% de la richesse totale), suivie par les Pterostichinae (2 espèces, 18,18%). Enfin, une seule espèce avec pourcentage de 9,09 % pour les 3 sous familles restantes respectivement (Harpalinae, Carabinae et Nibriinae) (Fig. 15).

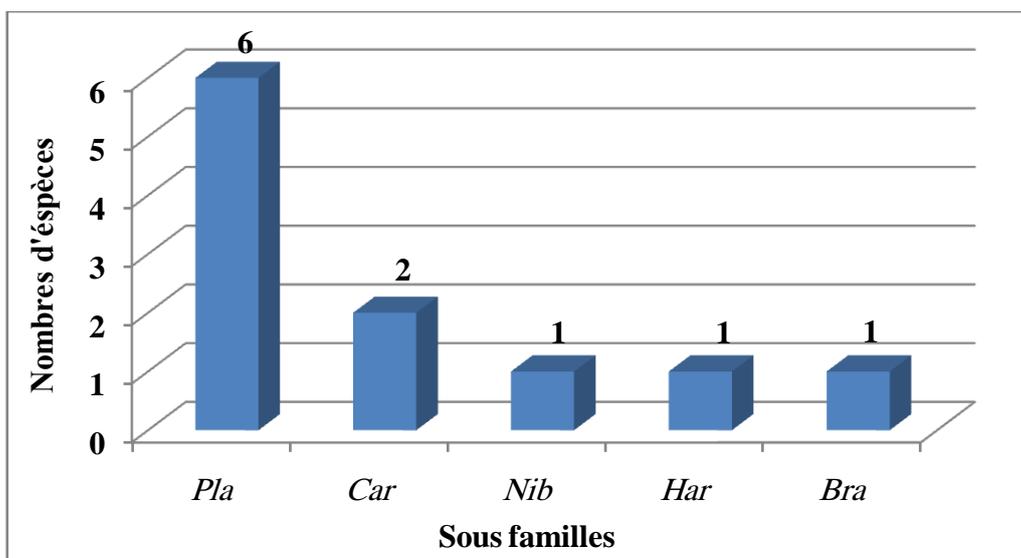


Figure 15. Répartition globale de la richesse spécifique par sous famille dans la forêt de Chéria.

1.3. Indice de Shannon

L'indice de Shannon Weaver (H') est exprimé par la formule suivante :

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

P_i : représente la probabilité de rencontrer l'espèce, il est calculé par la formule : $P_i = n_i/N$, où n_i : est le nombre des individus de l'espèce i et N est le nombre total des individus de toutes les espèces. La diversité d'un peuplement informe sur la façon dont les individus sont répartis entre les diverses espèces (Daget, 1979).

*Application numérique

Tableau 5. Indice de Shannon calculé par site, la forêt de Djurdjura et la forêt de Chréa.

	Forêt de Djurdjura	Forêt de Chréa
H'	1.55	1.72

Le site de forêt de Chéria se caractérise par une valeur maximale de H' de l'ordre de 1.72 bits, alors que le site de forêt de Djurdjura montre une valeur minimale de 1.55 bits.

1.4. Equitabilité (équirépartition)

C'est le rapport de l'indice de diversité observé (H') à l'indice de la diversité maximale (H'_{\max}) qui correspond à la valeur la plus élevée possible du peuplement ($H'_{\max} = \log_2 S$ où S est le nombre total des espèces). L'indice d'équitabilité varie entre 0 et 1, il se rapproche de 0 lorsque la quasi-totalité des effectifs appartient à une seule espèce, par contre elle se rapproche de 1 lorsque chaque espèce est représentée par le même nombre d'individus (Ramade, 1984).

*Application numérique

Tableau 6. Indice de la diversité maximale et de l'équitabilité calculés par site, la forêt de Djurdjura et la forêt de Chréa.

	Forêt de Djurdjura	Forêt de Chréa
H'_{\max}	2.56	2.39

Chapitre 3. Etude des paramètres de composition et de structure

E	0.60	0.71
----------	------	------

D'après l'analyse du Tableau ci-dessus, la valeur de l'équitabilité la plus élevée est celle de la forêt de Chéria (0.71), alors que dans la forêt de Djurdjura, la valeur de cet indice est de l'ordre de (0.60).

1.5. Indice de diversité de Simpson

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce, la formule est donnée comme suit:

$$D = \frac{\sum Ni (Ni-1)}{N (N-1)}$$

Ni: nombre d'individus de l'espèce donnée

N: nombre total d'individus

Cet indice aura une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité, et une valeur 1 pour indiquer le minimum de diversité.

Dans le but d'obtenir des valeurs plus intuitives, on peut préférer l'indice de diversité de Simpson représenté par 1-D, le maximum de la diversité étant représenté par la valeur 1, et le minimum de diversité par la valeur 0 (Dumont, 2008). Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares.

*Application numérique

Tableau 7. Indice de diversité de Simpson et indice de Simpson calculés par site, la forêt de Djurdjura et la forêt de Chéria.

	Forêt de Djurdjura	Forêt de Chéria
D	0.32	0.25
1 - D	0.68	0.75

Les valeurs de l'indice de diversité de Simpson et indice de Simpson calculés dans les deux stations, la forêt de Djurdjura et la forêt de Chéria, sont récapitulées dans le tableau 7. À travers lequel nous avons

Chapitre 3. Etude des paramètres de composition et de structure

remarqués qu'il y a une légère différence de valeurs. La grande valeur est enregistrée à Chéria avec 0.75 vs. 0.68 à Djurdjura.

1.6.Indices de similarité

Dans le but de décrire la diversité bêta qui s'intéresse aux variations de la composition des communautés entre les différentes stations, l'indice de similarité de Jaccard (β_{jac}) peut être estimé, il est donné par la formule suivante $\beta_{jac} = c / (a + b - c)$, où **c** est le nombre d'espèces communes, **a** est le nombre d'espèces dans la station 1, et **b** est le nombre d'espèces dans la station 2 (De Bello *et al.*, 2007).

*Application numérique

$$\beta_{jac} = 6 / (156 + 110 - 6)$$

$$\beta_{jac} = 0.02$$

En appliquant l'indice qualitatif de Jaccard (β_{jac}), les deux forêts ont révélé une très faible similarité (2%).

*Conclusion générale et
perspectives*

Conclusion générale et perspectives

Dans le cadre d'analyser la diversité d'une carabidofaune, qui est un groupe écologiquement important, nous avons pris comme exemple une communauté répertoriée par Belhadid et *al.* (2014) dans deux forêts situées dans l'étage bioclimatique sub-humide étant : Djurdjura et Chréa.

Un inventaire systématique à l'aide de la méthode des pots Barbera conduit à la détermination d'une collection de 266 individus, répartis sur 6 sous familles, 11 genres et 18 espèces. Notre analyse a mis en exergue que les communautés de Carabidae ont des compositions différentes entre les deux sites que nous avons mentionnés précédemment avec une prédominance des espèces de la sous famille des Platyninae qui représentent 44,44% du total d'espèces récoltées.

Il y a une légère différence en termes de richesse spécifique entre les deux forêts ; 13 espèces à Djurdjura et 11 espèces à Chréa. La forêt de Djurdjura représente le site le plus abondant en individus (156 individus, 58,64% du total) avec la dominance du taxon *Calathus fuscipes algerinus*. En général, les peuplements carabiques des deux forêts ont une diversité proche et équilibrés. En sus, l'indice de similarité calculé a révélé une très faible similarité avec un pourcentage de 2%.

L'étude de la biodiversité dans les deux forêts : Djurdjura et Chréa, montre que ces sites ont une bonne diversité et doivent être protégés. Parmi les perspectives à recommander :

- Mener une étude taxonomique et environnementale approfondie dans les forêts ;
- Evaluer l'effet des facteurs environnementaux tels que la lumière, la température, la couverture végétale sur ce groupe sous les conditions locales de ces forêts ;
- Contribuer à la protection et à la préservation de ce type d'écosystèmes.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

-A-

- Avgin SS, Luff ML (2010). Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators of human impact. *Munis Entomology & Zoology* 5: 209-215.
- Antoine M (1955). Coléoptère carabiques du Maroc, Zoologie 1. 1st ed. Paris, France: LaRose.
- Antoine M (1957). Coléoptères carabiques du Maroc, Zoologie 2. 1st ed. Paris, France: LaRose.
- Antoine M (1959). Coléoptères carabiques du Maroc, Zoologie 3. 1st ed. Paris, France: LaRose.
- Antoine M (1961). Coléoptère carabiques du Maroc, Zoologie 4. 1st ed. Paris, France: LaRose.
- Antoine M (1962). Coléoptère carabiques du Maroc, Zoologie 5. 1st ed. Paris, France: LaRose.

-B-

- Barone M, et Frank T., (2003). Habitat age increases reproduction and nutritional condition in a generalist arthropod predator: *Oecologia.*, vol. 135, no1, pp. 78-83.
- Bohan D. A., Boursault A., Brooks D. R. and Petit S., (2011). National scale regulation of the weed seedbank by carabid predators. *Journal of Applied Ecology*, 48(4) : 888-898.
- Bigot L. et Bodot P., (1973). Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quecus coccifera*– II. Composition biotique du peuplement des invertébrés. *Vie et Milieu*, Vol. 23, Fasc. 2 : 229-249.
- Belhadid Z, Aberkane F, Gahdeb C (2014). Variability of ground beetle (Coleoptera–Carabidae) assemblages in Atlas Cedar of Algeria. *International Journal of Zoology* 4(3): 71-78.
- Belhadid, Z., Gahdeb, C., Ghalem, M., Haddar, L., & Boughrara, H. (2013). Distribution des caraboidea dans différents peuplements forestiers du parc national de Chréa, Algérie. *Lebanese Science Journal*, 14(2), 53.
- Bedel L (1895). Catalogue raisonné des coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine) avec notes sur les îles de Canaries. 1st ed. Paris, France: NabuPress (in French).

-C-

- Chakali, G. et Belhadid, Z. 2005. European Carabidologists Meeting-Ground beetles askey group for biodiversity conservation studies in Europe. Ed. officina de congresosde Murcia, 4p.

Références bibliographiques

-D-

- Daget, J. (1979). Les méthodes mathématiques en écologie. Ed. Masson, Coll.n°8, Paris.
- Dajoz R (2002). Les coléoptères carabidés et tenebrionides. Ecologie et biologie. 1^{ère}ed.Paris, France : Tec & Doc.Lavoisier, 522p.
- Dajoz R., 1989. Les Coléoptères Carabidae d'une région cultivée à Mandres-les Roses (Valde Marne). Cahiers des Naturalistes, 45(2) : 25-37.
- Dajoz, R. (1985). Précis d'écologie. 5^{ème} édition, Ed. Dunod, Paris. 505.
- Du Chatenet G (1986). Guide des coléoptères d'Europe. Neu châtel. Paris 5-182
- Dajoz R (2002). Les coléoptères carabidae d'un région cultivée : cahier des naturaliste facs2, p25-37.
- De Bello F, Leps J, Sebastia MT (2007). Grazing effects on the species-area relationship : Variation along a climatic gradient in NE Spain. Journal of Vegetation Science 18: 25-34.
- Delfosse E., (2009). Le nombre d'espèces d'Insectes connus en France et dans le monde (Arthropoda : Insectes). Le bulletin d'Arthropoda, 42 : 4-37.

-E-

- Eyre M. D., Luff L. M. and Leifert C., 2012. Crop, field boundary, productivity and disturbance influences on ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in the agroecosystem. Agriculture, agrosystem and environment, n°165, 60-67.
- Erwin TL (1979). Thoughts on the evolutionary history of ground beetles: Hypothesis generated from comparative faunal analyses of lowland forest sites temperate and tropical regions. In Erwin TL, Ball GE, Whitehead DR (editor).Carabid Beetles : their Evolution, Natural History and Classification. Junk, The Hague, pp. 539-592.

-F-

- Faurie, C ., Ferra, CH ., Medori, P ., Devaux, J. (1998). Ecologie approche scientifique et pratique. 4^{ème} édition, Ed. Lavoisier Tec& Doc. Londres, Paris, New York. 399.

Références bibliographiques

- Faurie, C ., Ferra, Ch ., Medori, P ., Devaux, J ., Hemptienne, J-L. (2003). Ecologie, Approche scientifique et pratique. 5ème édition, Ed. Lavoisier Tec & Doc. 407.

- Frontier S., Pichod-Viale D., Leprêtre A., Davoult D. et Luczak Ch., 2004. écosystèmes. Structure, Fonctionnement, Evolution. Ed. Dunod, Paris, 549 p.

-G-

- Gobbi M, Fontaneto D (2008). Biodiversity of ground beetles (Coleoptera : Carabidae) in different habitats of the Italian Po lowland. Agriculture, Ecosystems Environment 127: 273 -276.

- Garcin A., Picault S. et Ricard J.M., 2011. Le Point sur les Carabes en cultures fruitières et légumières. Ctifl, 31:1-8.

-J-

- Jeannel R (1939). Faune de France coléoptères carabiques partie 1. 1 ère ed. le chevalier et fils, Paris, T.1. 571p

- Jeannel R (1941). Faune des coléoptères carabiques, partie 2 émeed. le chevalier et fils, Paris, T.2. 571-1173p

- Jeannel R (1941). Faune des coléoptères carabiques de France, partie 1 ère ed. Paris, France : Paul Le chevalier et fils.

- Jeannel, R. (2007). Faune de France coléoptères carabiques 1 er part. Paul le chevalier et fils 12, Rue de Tournon 1941, Paris.

-L-

-Lambeets K, Vandegehuchte ML, Maelfait JP, Bonte D (2008). Understanding the impact of flooding on trait-displacements and shifts in assemblage structure of predatory arthropods on river banks. Journal of Animal Ecology 77: 1162-1174.

-Lindroth CH (1974). Coleoptera, Carabidae. Handbooks for the Identification of British Insects. Royal Entomological Society of London 4 : 1-148.

- Lindroth, CH (1986). The Carabidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. Fauna. Entomologica Scandinavica 15: 233-497.

Références bibliographiques

-M-

- Melnynchuk ,N.A ., Qlfert,O., Youngs ,B., et Gillot ,C.(2003).Abundance and diversityof carabidae (coleoptera) in different farming systems.Agriculture Ecosystems and environment,95.69-72.

-Mebarkia N, Neffar S, Djallab S, Antonio R, Haroun C.(2020).Insectes orientaux, 1-30.

-P-

- Paulian R(1988). biologie des coléoptères, paris. 719 PerrierP (1927).faune de la France illustrée. Coléoptères. Ed delagrave. Paris, 192p

Références bibliographiques

- Pizzolotto R., 2009. Characterization of different habitats on the basis of species traits and eco-field approach. *Acta Oecologia- International Journal of Ecology*, 35 : 142-148.

-Pena, M. 2001. Les Carabidae (Coleoptera) des hauts sommets de Charlevoix: Assemblages et cycles d'activité dans les environnements alpin, subalpin et forestier. *Mémoire Univ. Québec, Rémouski*, 59p.

-R-

- Rainio J, Niemela J (2003). Ground beetles (Coleoptera : Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 12: 487-506.

-Ramade F., 1984. *Eléments d'écologie : écologie fondamentale*. Ed. McGraw et Hill, Paris, 576 p.

- Ramade F., 2003. *Elément d'écologie écologie fondamentale*. 3ème édition, Ed. Dunod, Paris, 690p.

- Roubinet E, Birkhofer K, Malsher G, Staudacher K, Ekbom B, Traugott M, Jonsson M (2017). Diet of generalist predators reflects effects of cropping period and farming system on extra- and intraguild prey. *Ecological Application* 27:1167–1177.

-S-

- Symondson WO, Sunderland KD, Greenstone MH (2002). Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology* 47: 561-94.

-T-

- Trautner J, Geigenmüller K (1987). *Tiger beetles, Ground beetles. Illustrated Key to the Cicindelidae and Carabidae of Europe*. Ed. Josef Margraf Publisher. Germany, 488p

- Tenailleau, M., Dor, C., & Maillet-Mezeray, J. (2011). Synthèse bibliographique sur l'écologie des Carabidae: 22-23.

-V-

-Van Dijk TH. S., 1994. On the relationship between food, reproduction and survival of two carabid beetles: *Calathus melanocephalus* and *Pterostichus versicolor*: *Ecological Entomology* Volume 19 Issue 3, Pages 263 – 270.

