

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان
Université ABOU BAKR BELKAID - TLEMCEM
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et Sciences de la Terre et de l'Univers
Département d'Ecologie
Laboratoire des Produits Naturels (LAPRONA)



MÉMOIRE

Présenté par

AMROUSS Fatima Zahra

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

Spécialité : Ecologie

Thème

**Identification des habitats préférentiels de *Calliptamus barbarus* à
travers d'une étude phytoécologique**

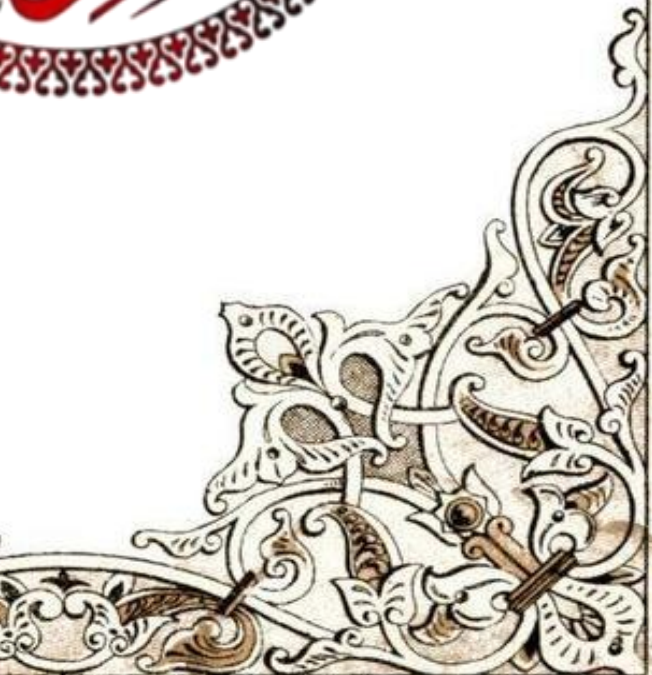
Soutenu le

devant le jury composé de :

Présidente :	Mr HASSANI Faiçal	Professeur	Université Tlemcen
Encadrants :	Mme GHALEM Sarra	MCB	Université Tlemcen
Examinatrice :	Mme DIB Nabila	MCB	Université Tlemcen

Année universitaire 2024/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciements

Avant tout, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers notre Dieu Tout-Puissant pour ses bénédictions et sa grâce qui m'ont permis d'accomplir ce modeste travail. Grâce à Lui, j'ai reçu le pouvoir, la patience et la volonté nécessaires pour mener à bien cette tâche.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Madame **GHALEM SARRA**, pour son soutien indéfectible dans l'accomplissement de ce projet, ainsi que pour tous les conseils et encouragements qu'elle a pris soin de me transmettre

Pour conclure, j'aimerais exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui m'ont soutenu dans l'accomplissement de ce Travail.



Dédicaces

À ma chère mère **Ben Aïssa Ilham**,
source inépuisable d'amour, de douceur et de prières.

À mon père **Amrouss Mohamed**,
dont la sagesse, le travail et le soutien indéfectible m'ont
toujours inspirée.

À mes sœurs **Ferdaous** et **Malak**,
pour leur affection, leurs encouragements et leur lumière
quotidienne.

À mes frères **Ahmed Sofien**,
À Merouan,
pour son soutien sincère, sa bienveillance et sa foi en moi.

Et enfin,
À tous les étudiants et étudiantes de Palestine,
qui, malgré les souffrances, l'injustice et les épreuves,
poursuivent leurs études avec courage et détermination. Que
leur résilience soit pour nous tous une leçon de dignité et
d'espoir.

AMROUSS Fatima Zahra

Résumé

L'étude menée sur *Calliptamus barbarus* dans la région de Tlemcen, en intégrant les données bioclimatiques et floristiques, a permis de mieux comprendre les conditions écologiques influençant sa répartition. Elle met en évidence une transition progressive du climat subhumide au climat aride du nord au sud, ce qui structure fortement les paysages végétaux. La flore, dominée par les Astéracées et les Poacées, est majoritairement composée de thérophytes et d'hémicryptophytes, témoignant de milieux souvent perturbés, bien que certaines stations présentent une végétation plus stable. L'appartenance de la zone au domaine méditerranéen est confirmée par la prédominance d'espèces méditerranéennes. Les indices de diversité révèlent une hétérogénéité entre les stations, liée aux degrés de perturbation, renforçant l'intérêt de cette approche pour une meilleure gestion écologique des milieux steppiques.

Abstract

The study conducted on *Calliptamus barbarus* in the Tlemcen region, by integrating bioclimatic and floristic data, has provided a better understanding of the ecological conditions influencing its distribution. It highlights a gradual transition from a sub-humid to an arid climate from north to south, which strongly shapes the plant landscapes. The flora, dominated by Asteraceae and Poaceae, is mainly composed of therophytes and hemicryptophytes, reflecting frequently disturbed environments, although some sites exhibit more stable vegetation. The area's inclusion in the Mediterranean domain is confirmed by the predominance of Mediterranean species. Diversity indices reveal heterogeneity between the sites, related to varying levels of disturbance, reinforcing the relevance of this approach for better ecological management of steppe environments.

ملخص:

أُتاحت الدراسة التي أُجريت حول *Calliptamus barbarus* في منطقة تلمسان، من خلال دمج المعطيات البيوكليمانية والنباتية، فهماً أفضل للظروف البيئية المؤثرة على توزيعه. وقد أبرزت هذه الدراسة وجود انتقال تدريجي من المناخ شبه الرطب إلى المناخ الجاف من الشمال نحو الجنوب، مما يؤثر بشكل كبير في تشكيل المشاهد النباتية. وتبين أن الغطاء النباتي تهيمن عليه الفصائل النجمية (Astéracées) والنجيليات (Poacées)، ويتكوّن في الغالب من نباتات حولية (ثيوفيت) ونباتات نصف مدفونة (هيميكريبتوفيت)، وهو ما يعكس بيئات تتعرض غالباً للاضطراب، رغم أن بعض المحطات تُظهر غطاءً نباتياً أكثر استقراراً. كما تؤكد سيادة الأنواع المتوسطة انتماء المنطقة إلى المجال المتوسطي. وتُظهر مؤشرات التنوع وجود تباين بين المحطات، مرتبط بدرجات الاضطراب، مما يعزز أهمية هذا النهج لتحقيق إدارة بيئية أفضل للبيئات السهبية.

Table de matière

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Abstract	
Table de matière	
LISTE DES TABLEAUX :	
LISTE DES FIGURES :	
INTRODUCTION.....	1
1. les animaux ravageurs :	4
1.1. Les insectes :	4
1.2 Les rongeurs :	4
1.3 Les oiseaux :	4
1.4 Les chauves-souris :	5
1.5 Les micro-organismes :	5
2. Les orthoptère :	5
2-1-Présentation de l'objet d'étude « les Orthoptères » :	6
2-1-1 Systématique des Orthoptères :	6
3-1- Sous Ordre des ensifères (sauterelles et grillons)	7
4-Comparaison les sauterelles et les criquets :	7
5-Les acridiens :	8
5-1-Caractéristiques morphologiques :	8
5.1.1 interne	9
5-1-1.1 Tête :	9
5-1.1.2 Thorax :	9
5-1-1--3 Abdomen :	9
6. Caractéristiques biologiques:	11
6-1 Cycle biologique :	11
6-2 L'état embryonnaire :	11
6-3 L'état larvaire :	11
6-4 L'état imaginal :	12
7- Le phénomène grégaire :	13
1-Particularités de ce genre :	14

2-Description morphologique	15
Chapitre II :Etude Bioclimatique	17
Introduction	18
1. Situation géographique.....	18
2. Choix et localisation des stations d'étude dans la région de Tlemcen	19
2.1 Description de la station.....	19
3. Les facteurs climatiques	20
3.1 Les précipitations	20
3.1.1 Régime mensuel.....	20
3.1.2 Régime saisonnier :.....	21
3.2 Températures	22
3.2.1 Températures moyennes mensuelles et annuelles.....	23
4.3 Les autres facteurs climatiques :	24
4.3.1 Le vent :	24
4.3.2 Humidité :	24
5 Synthèse bioclimatique :	24
5.1 Classification des ambiances bioclimatiques en fonction de "T" et "m" :	25
5.2 Indice de Martonne.....	25
4. Quotient pluviothermique d'Emberger :	26
Conclusion :.....	28
Chapitre IIIDiversité floristique	29
Introduction	30
I. Composition systématique	30
II. Caractérisation biologique	33
Type biologie.....	33
□ Indice de Simpson	47
□ Équitabilité de PIELOU	49
Conclusion_Générale	54
Références_Bibliographiques.....	57

LISTE DES TABLEAUX :

N°	TABLEAUX	page
01	Données géographiques des stations étudiées.....	20
02	Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations (2003–2024).....	21
03	Coefficient relatif saisonnier selon la méthode de Musset.....	22
04	Températures moyennes mensuelles et annuelle durant la période 2003–2024.....	23
05	Moyenne des minima du mois le plus froid « m ».....	24
06	Indices de continentalité de DEBRACH.....	25
07	Classification des étages de végétations en fonction de (T), (M), (m).....	26
08	Indice d’aridité de deMARTONNE.....	27
09	Quotients pluviothermiques d’EMBERGER.....	30
10	Résultats de l’indice de SHANNON WAEVER.....	49
11	Résultats de l’indice de Simpson.....	50
12	Résultats de l’indice de Piélou.....	52
13	Résultats de l’indice de Perturbation.....	53

LISTE DES FIGURES :

N°	FIGURES	page
01	Comparaison les sauterelles et les criquets (site web).....	09
02	Le corps des Orthoptères	10
03	Morphologie interne des orthoptères	11
04	Le cycle biologique du criquet	11
05	Morphologie d'un œuf de <i>Doclostaurus marocanus</i> JANNONE (1939)...	12
06	la ponte d'une femelle <i>L migratoria</i> THOMAS (2017).....	12
07	Développement larvaire d' <i>Oedaleus Senegalensis</i> Launois (1978).....	13
08	<i>Morphologie externe d'un mâle de Calliptamus d'après Jago, 1963</i>	16
09	Tête d'un criquet d'après (Chanet, 2010).....	16
10	Répartition des espèces par familles dans la station de Sidi El Djilali	34
11	Répartition par familles dans la station de Béni-Saf.....	34
12	Répartition par familles dans la station de Zarifet.....	34
13	Répartition par familles dans la station de El Aricha.....	34
14	Répartition par familles dans la station la station de Emir Abdelkader	35
15	Répartition par familles dans la station de Ghazaouet.....	35
16	Répartition par familles dans la station de Remchi.....	35
17	Pourcentage des types biologiques de Sidi El Djilali	38
18	Pourcentage des types biologiques de la station de Béni-Saf.....	38
19	Pourcentage des types biologiques de la station de Zarifet.....	38
20	Pourcentage des types biologiques de la station de El Aricha.....	38
21	Pourcentage des types biologiques de la station de Emir Abdelkader	39
22	Pourcentage des types biologiques de la station de Ghazaouet.....	39
23	Pourcentage des types biologiques de la station de Remchi.....	39
24	Pourcentage des types morphologiques de Sidi El Djilali	42
25	Pourcentage des types morphologiques de la station de Béni-Saf.....	42
26	Pourcentage des types morphologiques de la station de Zarifet.....	42
27	Pourcentage des types morphologiques de la station de El Aricha.....	42
28	Pourcentage des types morphologiques de la station de Emir Abdelkader	42
29	Pourcentage des types morphologiques de la station de Ghazaouet.....	42
30	Pourcentage des types morphologiques de la station de Remchi.....	43
31	Pourcentage des types biogéographiques de Sidi El Djilali	45
32	Pourcentage des types biogéographiques de la station de Béni-Saf.....	45
33	Pourcentage des types biogéographiques de la station de Zarifet.....	45
34	Pourcentage des types biogéographiques de la station de El Aricha.....	45
35	Pourcentage des types biogéographiques de la station de Emir Abdelkader	46
36	Pourcentage des types biogéographiques de la station de Ghazaouet.....	46
37	Pourcentage des types biogéographiques de la station de Remchi.....	46
38	Comparaison du pourcentage de l'indice de Shannon dans les sept stations.....	49
39	Comparaison du pourcentage de l'indice de Simpson dans les sept stations.	50
40	Pourcentage de l'indice de Piélou dans les sept stations.....	52
41	Pourcentage de l'indice de perturbation dans les sept stations.....	54

INTRODUCTION

La biodiversité constitue un enjeu majeur dans la compréhension des dynamiques écologiques, particulièrement en milieu méditerranéen où les interactions entre le climat, le sol et la végétation façonnent la distribution des espèces animales et végétales (Quézel & Médail, 2003). Dans ce contexte, les orthoptères, et notamment *Calliptamus barbarus*, représentent un groupe bio-indicateur essentiel pour évaluer l'état des écosystèmes ouverts et semi-arides (Cherrad et al., 2019). Ce criquet, largement répandu dans les régions steppiques et méditerranéennes, est étroitement lié à la structure de la végétation et aux conditions microclimatiques de son habitat.

La région méditerranéenne, riche d'une histoire biogéographique complexe, est reconnue comme l'un des 36 « hotspots » mondiaux de la biodiversité (Myers et al., 2000). Elle se caractérise par une forte hétérogénéité climatique, géologique et topographique, favorisant une mosaïque d'écosystèmes et une diversité floristique exceptionnelle (Médail & Quézel, 1997). Le climat méditerranéen, marqué par des étés chauds et secs et des hivers doux et humides, influe fortement sur la composition floristique et la structure des habitats, conditionnant ainsi la répartition des espèces animales, notamment les orthoptères.

L'Algérie, située sur la rive sud du bassin méditerranéen, présente une diversité écologique remarquable. Sa portion nord, de climat méditerranéen, offre une grande variété de formations végétales allant des forêts humides de la Kabylie aux steppes arides des Hauts Plateaux (Benabadi et al., 2007). Les zones steppiques du nord-ouest algérien constituent un terrain d'étude privilégié pour l'analyse de la distribution des insectes phytophages comme *C. barbarus*, en raison de la transition marquée entre zones humides, semi-arides et arides (Le Houérou, 1995).

La wilaya de Tlemcen, située à l'extrême nord-ouest de l'Algérie, présente un intérêt particulier par sa position géographique et sa richesse écologique. Elle englobe une diversité de paysages allant de la plaine littorale aux contreforts montagneux du Tell et aux steppes internes. Cette hétérogénéité topoclimatique favorise le développement de groupements végétaux variés, reflétant les gradients bioclimatiques locaux (Hadjadj Aouel, 1995). Ce territoire constitue un espace de transition entre les zones méditerranéennes et steppiques, ce qui en fait un milieu propice à l'étude des interactions plante-insecte et à l'identification des habitats préférentiels d'espèces phytophages.

Dans cette optique, nous avons mené une étude intégrée combinant une approche phytoécologique et bioclimatique, appliquée à sept stations représentatives de la région de Tlemcen. Cette zone, caractérisée par une grande variabilité floristique et climatique, constitue un terrain idéal pour explorer les liens entre végétation, climat et présence de *Calliptamus barbarus*.

Afin de répondre à cette problématique, le travail a été structuré en quatre volets principaux :

1. Une synthèse bibliographique sur la biologie, l'écologie et la répartition de *C. barbarus*, permettant de faire le point sur les connaissances existantes et les approches méthodologiques.
2. Une caractérisation bioclimatique des stations étudiées, basée sur l'exploitation de données climatiques (températures moyennes, précipitations annuelles, amplitude

thermique), permettant de déterminer les conditions écologiques spécifiques à chaque site (Hadjadj Aouel, 1995).

3. Une analyse de la diversité floristique, intégrant à la fois l'étude de la composition spécifique et structurale des groupements végétaux, et l'évaluation quantitative de cette diversité à l'aide des indices de Shannon-Wiener, Simpson et Pielou. Cette approche permet d'estimer la richesse, l'équitabilité et la dominance au sein des communautés végétales, tout en tenant compte des niveaux de perturbation écologiques (Magurran, 2004 ; Krebs, 1999).

Chapitre II:

Synthèse Bibliographique

1. les animaux ravageurs :

Un animal ravageur est une espèce considérée comme envahissante. Il nuit aux cultures, aux jardins et à la végétation. Il s'agit d'un fléau naturel de l'environnement qui survient chaque année, voire plusieurs fois par an. Les animaux nuisibles ont besoin d'un environnement favorable pour se développer (climat, absence de prédateurs, abondance de nourriture, etc.). De nombreux nuisibles sont des insectes, mais certains sont également des mammifères. Voici cinq des pires parasites que vous pourriez rencontrer.

1.1. Les insectes :

Ils sont petits et parfois difficiles à détecter, mais ils constituent un véritable fléau. Les insectes nuisibles se nourrissent non seulement des cultures, mais aussi du bois, comme les larves de la teigne plate du pêcher. Les cafards et les coléoptères pénètrent dans les maisons, sont attirés par la nourriture et dévorent votre garde-manger la nuit. Ils peuvent également transmettre des maladies et des allergies aux humains.

Les punaises puantes sont classées comme nuisibles, notamment parce qu'elles ont un appétit particulier pour les cultures de tomates. Ils adorent la chair sucrée du fruit et ne laissent rien au hasard pour vos pieds. Ils peuvent détruire toute votre plantation en un instant. Mais ils ne sont pas les seuls nuisibles, les fourmis peuvent également être considérées comme des nuisibles, tout comme les guêpes de boue, les larves de mites des vêtements, les doryphores, etc. D'autres nuisibles comprennent les chenilles et les escargots, les charançons, les pucerons, les enrouleuses de feuilles, les cicadelles, les sauterelles, les nématodes (vers), les acariens et bien d'autres.

1.2 Les rongeurs :

Les rongeurs (ordre Rodentia) sont des mammifères caractérisés par une seule paire d'incisives à croissance continue dans chaque mâchoire, sans canines, et avec un diastème. Ces dents leur permettent de ronger efficacement divers matériaux. Leur succès écologique s'explique par leur adaptabilité alimentaire, leur capacité de reproduction rapide et leur comportement fouisseur ou arboricole. (Wilson & Reeder, 2005).

1.3 Les oiseaux :

Certains oiseaux jouent un rôle essentiel dans le maintien de la biodiversité, en contribuant aux équilibres écologiques et en rendant des services écosystémiques tels que la dispersion des graines ou la régulation des insectes nuisibles, ce qui les rend bénéfiques pour les cultures (Whelan et al., 2008). D'autres espèces, en revanche, peuvent devenir de véritables nuisibles en milieu urbain ou agricole. C'est notamment le cas des pigeons, qui, en s'installant en grand nombre dans les villes, provoquent la dégradation des infrastructures (salissures, corrosions liées aux déjections) et nuisent à l'hygiène publique. Ils sont également vecteurs de plusieurs pathologies zoonotiques graves, telles que la chlamydie (ou ornithose), l'histoplasmose et la cryptococcose, et peuvent être à l'origine d'allergies respiratoires chroniques chez l'humain (Haag-Wackernagel & Moch, 2004).

1.4 Les chauves-souris :

Les chauves-souris, mammifères nocturnes insectivores, occupent souvent des recoins sombres et calmes des habitations humaines, notamment les combles, greniers ou espaces sous toiture. Bien qu'elles jouent un rôle écologique fondamental dans la régulation des populations d'insectes nuisibles, notamment les moustiques (Kunz et al., 2011), leur présence peut aussi poser certains problèmes sanitaires et matériels. En effet, leurs déjections (guano), riches en agents pathogènes, peuvent être à l'origine d'allergies respiratoires et de maladies comme l'histoplasmosse. Leur urine, à forte odeur, contient également des substances acides susceptibles de détériorer les matériaux sur lesquels elle s'accumule, provoquant des dommages structurels à long terme.

1.5 Les micro-organismes :

Parmi les ravageurs les plus insidieux figurent les micro-organismes et les insectes xylophages, souvent difficiles à détecter en raison de leur petite taille et de leur action progressive. Ces ravageurs forestiers, tels que les champignons pathogènes (ex. : *Armillaria*, *Phytophthora*) ou les scolytes (coléoptères de la famille des Curculionidae, sous-famille Scolytinae), peuvent gravement compromettre la santé des écosystèmes forestiers. Tandis que certains agissent sur les racines, d'autres s'attaquent aux parties aériennes en creusant des galeries sous l'écorce, interrompant la circulation de la sève, étouffant les jeunes pousses et affaiblissant les défenses de l'arbre hôte. Leur reproduction, souvent discrète, peut se faire aussi bien sous terre qu'en surface, rendant leur détection et leur contrôle difficiles. À terme, ces organismes peuvent entraîner le dépérissement rapide de vastes surfaces boisées, avec des impacts écologiques, économiques et paysagers majeurs (Desprez-Loustau et al., 2006).

2. Les orthoptère :

Les Orthoptères sont des insectes classés parmi les hémimétaboles, un group caractérisé par leur métamorphose incomplète (Bellman et Luquet, 1995 ; Christophe, 2001), leur dimension fluctue entre 3 et 50 mm Ils sont généralement décorés de teintes parfois très diverses, même entre les individus d'une même espèce. Les pièces buccales sont de forme broyeuse et leurs pattes arrière sont de type sauteur (Boitier, 2007). Chez certains Orthoptères, les ailes arrière se plient en forme d'éventail le long de certaines nervures longitudinales. Les ailes antérieures ont été durcies et se sont métamorphosées en élytres. (Benkenana, 2006).

On divise les Orthoptères en deux sous-groupes : les Ensifères et les Calcifères. Le premier groupe se distingue par des antennes beaucoup plus longues que le corps, un oviscapte prolongé et à peu près courbé, ainsi qu'un organe tympanique positionné sur la face intérieure du tibia antérieur. Les valves génitales des femelles sont très développées. Elles agissent comme un organe de ponte en forme de sabre, avec des bords qui peuvent être dentés ou lisses, (Chopard, 1943).

Le second groupe (Caelifères) a des antennes de courte longueur, qui ne vont pas au-delà de la limite arrière du pronotum. Les tibias ne présentent pas d'épines apicales sur le bord supéro-externe (Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1994). De plus, ils disposent d'un appareil de ponte réduit composé de valves et d'un organe tympanique situé de chaque côté du premier segment abdominal.

Le sous-groupe des Caelifères comprend plus de 2300 genres. Environ une trentaine d'entre eux contient des espèces d'importance économique. (Copr, 1982). Parmi ceux-ci figure le genre, qui fait partie de la sous-famille des Calliptaminae

D'après Chopard (1943), les caractéristiques majeures de cette sous-famille comprennent une taille moyenne des individus, où les mâles se montrent plus petits que les femelles, une forme générale courte et robuste, un sommet du vertex obtus et un segment abdominal fortement élargi.

2-1-Présentation de l'objet d'étude « les Orthoptères » :

Dans le règne animal, la majorité des espèces connues — environ 80 % — sont constituées d'arthropodes, des animaux dotés d'un exosquelette, de pattes articulées et d'un corps segmenté. Parmi eux, les insectes représentent le groupe le plus abondant (Raccaud-Schoeller, 1980).

Les Orthoptères, un ordre d'insectes appartenant aux hémimétaboles, sont caractérisés par une métamorphose incomplète (Bellmann & Luquet, 1995). Leurs ailes postérieures, membraneuses, sont repliées en éventail le long de veines rayonnantes, tandis que les ailes antérieures, plus rigides, forment des élytres protecteurs. Ce sont des insectes sauteurs, capables de bonds puissants grâce à leurs pattes postérieures hypertrophiées, musclées et adaptées à la propulsion.

2-1-1 Systématique des Orthoptères :

Les Orthoptères font partie des insectes hémimétaboles, caractérisés par une métamorphose incomplète, c'est-à-dire sans stade nymphal distinct (Bellmann & Luquet, 1995).

L'ouvrage de Chopard (1943), consacré aux Orthoptères d'Afrique du Nord, demeure une référence majeure pour l'identification des Acridiens, malgré son ancienneté. Depuis sa publication, des révisions taxonomiques importantes ont été réalisées : plusieurs genres ont été réévalués, la classification a été remaniée, et de nouvelles espèces ont été décrites (Louveaux & Benhalima, 1987).

Selon une classification plus récente, les Orthoptéroïdes (groupe élargi des insectes apparentés aux orthoptères) sont répartis en cinq ordres :

- Les Dictyoptères, comprenant deux familles : les Blattidae (cafards) et les Mantidae (mantes religieuses) ;
- Les Dermaptères, qui regroupent les forficules (ou perce-oreilles) ;
- Les Phasmoptères, ou phasmes, insectes mimétiques ;
- Les Isoptères, qui rassemblent les termites ;
- Enfin, les Orthoptères proprement dits, comprenant les sauterelles, criquets et grillons.

La classification la plus couramment adoptée pour les Orthoptères reste celle proposée par Dirsh (1965), révisée par Uvarov (1966). Elle distingue deux sous-ordres majeurs :

- Les Ensifères, qui incluent notamment les grillons et les sauterelles aux longues antennes ;
- Les Caelifères, comprenant les criquets et autres espèces à antennes courtes.

3- Classification des Orthoptères :

3-1- Sous Ordre des ensifères (sauterelles et grillons)

Les Ensifères possèdent des antennes élancées et étroites composées d'une centaine de segments, dont la longueur est deux à trois fois supérieure à celle du corps de l'insecte (Chopard, 1943). Les femelles possèdent six valves génitales bien développées, qui apparaissent comme un organe de ponte en forme de sabre, avec des bords dentelés ou lisses. Le mâle possède un organe stridulant qui se trouve sur la partie supérieure des élytres. Le bruit est généré par l'attrition de deux élytres l'un contre l'autre. Les organes tympaniques qui permettent la réception des sons se trouvent sur les tibias des pattes avant (Duranton et *al.*, 1982). Les œufs sont déposés individuellement dans le sol ou sur des végétaux (Kevan, 1989) Ce groupe d'orthoptères est particulièrement actif la nuit et le mimétisme y est très courant chez les différentes espèces (Gwynne, 1995).

L'ordre des ensifères comprend trois familles : les Tettrigoniidae, Gryllidés et Stenopelmatidae (Doumandji et Doumandji-Mitiche, 1994).

Note : Notre travail n'inclura pas l'étude du sous-ordre des Ensifères.

4-Comparaison les sauterelles et les criquets :

Les sauterelles et les criquets appartiennent tous deux à l'ordre des Orthoptères, mais ils se distinguent par plusieurs caractéristiques morphologiques, physiologiques et écologiques. Les sauterelles, regroupées dans le sous-ordre des Ensifères, se reconnaissent à leurs antennes longues et fines, souvent plus longues que leur corps, ainsi qu'à leur organe auditif (tympan) situé sur les pattes antérieures. Elles possèdent un ovipositeur bien développé, visible sous forme de lame rigide, et sont généralement solitaires, nocturnes et omnivores, consommant aussi bien des végétaux que de petits insectes. En revanche, les criquets, classés parmi les Caelifères, présentent des antennes courtes, un tympan situé sur les premiers segments abdominaux et un ovipositeur court, peu apparent. Ils sont principalement diurnes, phytophages et certaines espèces, comme *Locusta migratoria*, peuvent adopter un comportement grégaire et former des essaims migrants, causant des dégâts agricoles considérables. Ainsi, bien que proches sur le plan taxonomique, ces deux groupes se distinguent nettement par leur morphologie et leur impact écologique (Chopard, 1943 ; Bellmann & Luquet, 1995 ; Uvarov, 1966).

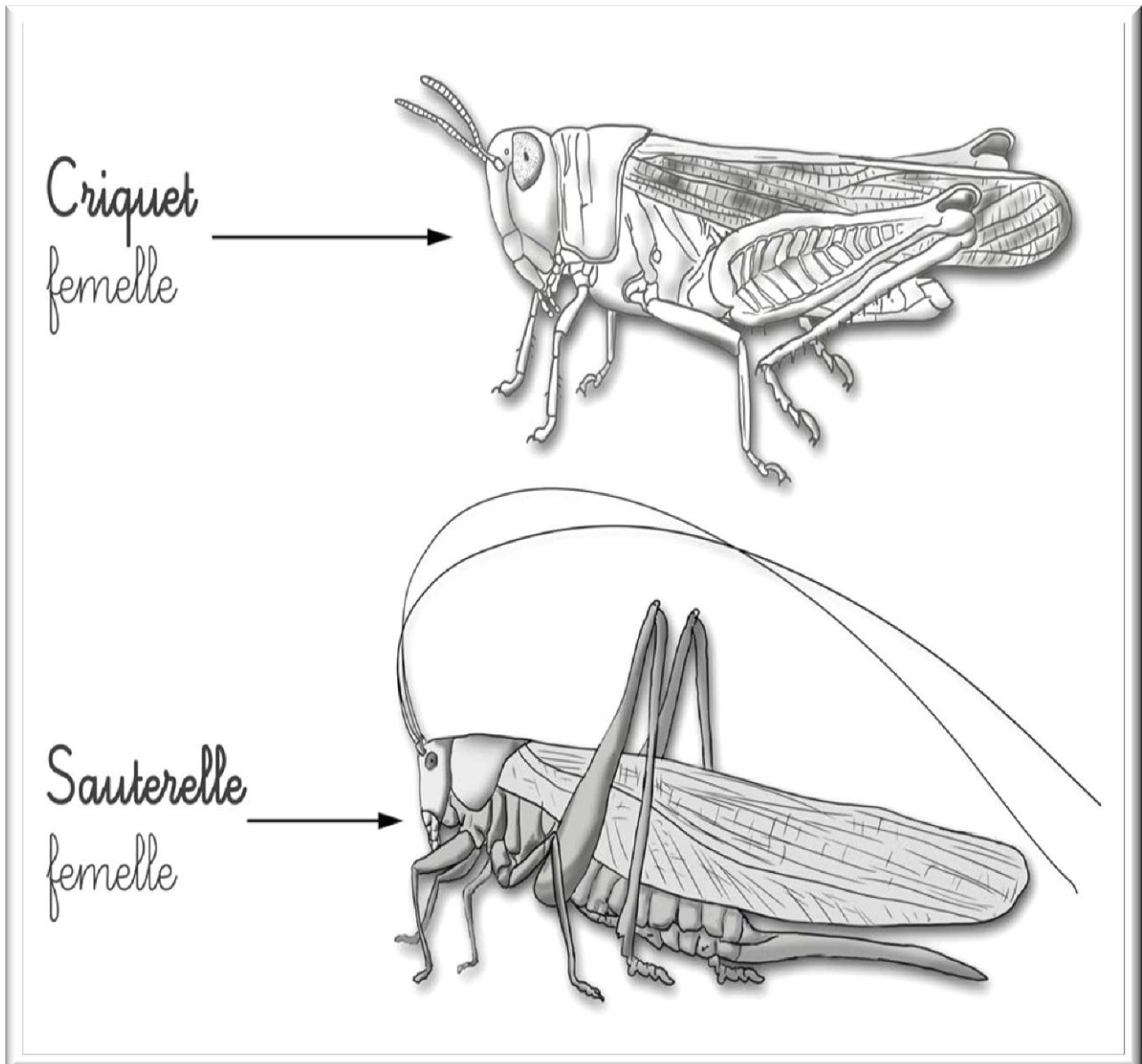


Figure 1 : Comparaison les sauterelles et les criquets (site web)

5-Les acridiens :

5-1-Caractéristiques morphologiques :

Les Acridiens, qui appartiennent à la famille des Acrididae (ordre des Orthoptères, sous-ordre des Caelifères), présentent une série de caractéristiques morphologiques bien définies. Selon Chopard (1943), leur corps est généralement court et trapu, avec une tête arrondie et des antennes courtes, ne dépassant pas l'extrémité du pronotum. Ce dernier, en forme de selle, recouvre le thorax sans prolongement latéral marqué.

5.1.1 interne

D'après Uvarov (1966), les pattes postérieures sont particulièrement développées, puissantes et adaptées au saut, grâce à des fémurs élargis renfermant une musculature robuste. Les ailes antérieures, ou élytres, sont rigides et protègent les ailes postérieures, fines et membraneuses, repliées en éventail le long de veines rayonnantes. Chez la femelle, l'organe de ponte est court et discret, formé de valves peu saillantes, contrairement aux Ensifères chez qui il est allongé (Bellmann & Luquet, 1995). On observe également, de part et d'autre du premier segment abdominal, un organe tympanique bien visible, servant à percevoir les sons.

Dirsh (1965) souligne que la coloration peut varier selon la phase : elle est souvent cryptique et terne à l'état solitaire, mais devient plus vive et contrastée en phase grégaire, comme chez *Locusta migratoria*. L'ensemble de ces traits anatomiques confère aux Acridiens une adaptation remarquable aux milieux ouverts, arides ou semi-arides, notamment les steppes et savanes.

5-1-1.1 Tête :

La tête abrite les principaux organes sensoriels tels que les yeux et les antennes, sans oublier les pièces buccales. La forme est l'un des facteurs qui permettent de différencier les divers groupes d'Orthoptères. Les Orthoptères présentent une orientation orthognathe de la capsule céphalique.

L'angle entre l'axe longitudinal du corps et celui de la tête s'approche de 90°. En effet, cet angle fluctue en fonction des genres de moins de 30° jusqu'à plus de 90° (Mestre, 1988 ; Doumandji Et Doumandji - Mitiche, 1994 ; Bellmann Et Luquet, 1995).

5-1.1.2 Thorax :

Le thorax abrite les organes de mouvement, à savoir trois paires de pattes et deux paires d'ailes, et est constitué de trois segments : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Le prothorax, qui supporte les pattes antérieures, se distingue par l'évolution de sa section dorsale qui enveloppe les flancs du corps formant le pronotum (Mestre, 1988). Dans la description systématique, le contour de ce spécimen revêt une grande importance, en particulier grâce à la présence de carènes latérales et médianes susceptibles d'avoir diverses variantes (Chopard, 1943 ; Mestre, 1988).

5-1-1-3 Abdomen :

L'abdomen est généralement constitué de onze sections distinctes délimitées par des membranes articulaires. Les organes sexuels sont situés sur les derniers segments, du côté ventral (Ripert, 2007). La majorité des segments de l'abdomen ne présente aucun intérêt spécifique. L'aspect le plus captivant est l'extrémité abdominale qui facilite la distinction entre les sexes et offre aux mâles une série de traits très pratiques pour l'identification.

La majorité des segments de l'abdomen ne présente aucun intérêt spécifique. L'aspect le plus captivant est l'extrémité abdominale qui facilite la distinction entre les sexes et offre aux mâles une série de traits très pratiques pour l'identification (Mestre, 1988).

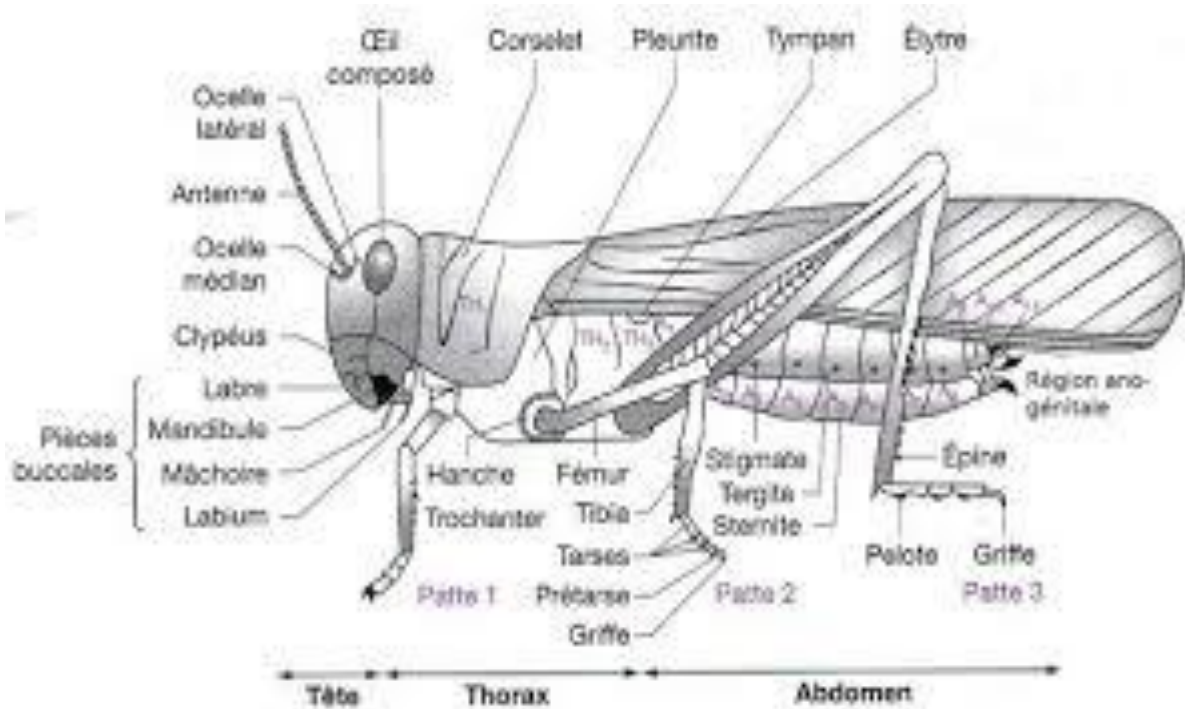


Figure 2 : Anatomie externe des Orthoptères

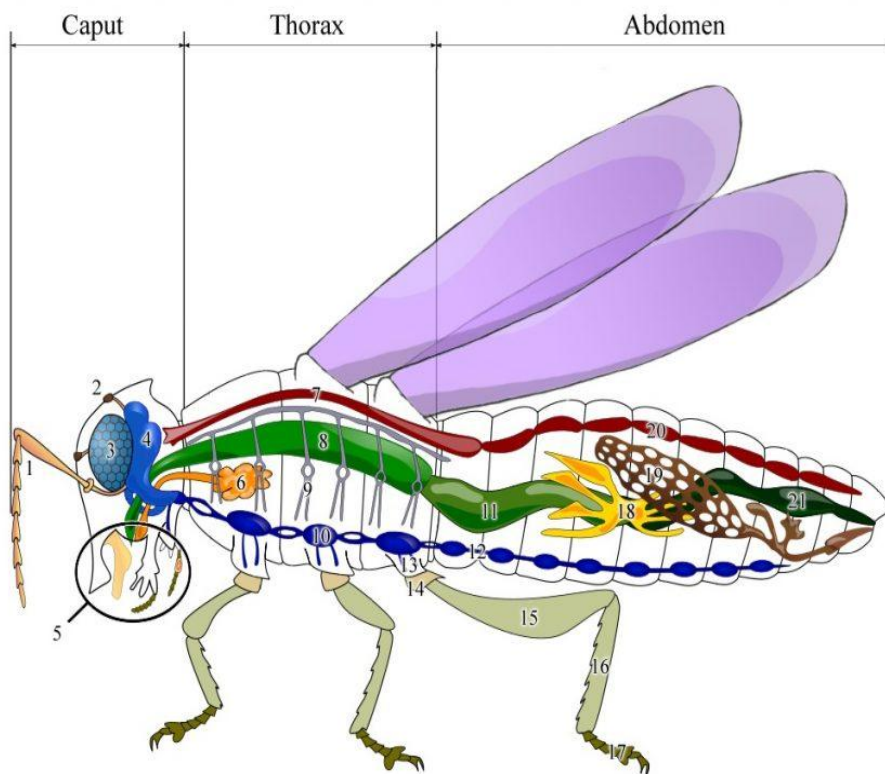


Figure 3 : Morphologie interne des orthoptères LECOQ (2012)

6. Caractéristiques biologiques:

6-1 Cycle biologique :

Les Orthoptères suivent un cycle de développement hémimétabole, c'est-à-dire à métamorphose incomplète, comprenant trois stades : œuf, nymphe et adulte (Bellmann & Luquet, 1995 ; Symmons & Cressman, 2001). Le cycle débute avec la ponte des œufs, généralement enfouis dans le sol à l'aide de l'ovipositeur chez les femelles. Le nombre d'œufs pondus varie selon l'espèce et les conditions environnementales. L'incubation peut durer de quelques jours à plusieurs semaines, en fonction de la température et de l'humidité du sol.

Les œufs donnent naissance à des nymphes qui ressemblent aux adultes mais sans ailes fonctionnelles. Ces jeunes orthoptères passent par 5 à 7 stades larvaires, appelés mues, au cours desquels leur taille augmente progressivement, leurs organes se développent, et les ailes apparaissent peu à peu. Ce processus dure généralement de 30 à 60 jours, bien que cette durée soit variable selon l'espèce et les conditions climatiques (Uvarov, 1966).

Après la dernière mue, l'insecte atteint le stade adulte (imago), avec des ailes complètes et la capacité de se reproduire. La longévité de l'adulte est de plusieurs semaines à quelques mois. Chez certaines espèces, comme les criquets migrateurs (*Locusta migratoria*), les adultes peuvent vivre plus longtemps et former des essaims grégaires en cas de surpopulation (Symmons & Cressman, 2001). En général, la reproduction est saisonnière, coïncidant avec les périodes chaudes et humides propices au développement larvaire.

6-2 L'état embryonnaire :

Chez les Orthoptères, en particulier les Caelifères (criquets), le développement embryonnaire se déroule généralement dans le sol. Dans les régions tropicales sèches, les femelles pondent leurs œufs dans des cavités souterraines, tandis que dans les régions tropicales humides, certaines espèces préfèrent déposer leurs œufs sur la végétation (Harrat et al., 2008 ; Harrat & Petit, 2009).

Les œufs sont souvent enfermés dans une structure mousseuse, appelée oothèque, qui se solidifie après la ponte et protège les embryons des conditions environnementales défavorables. Le développement embryonnaire est majoritairement hypogé, c'est-à-dire situé sous la surface du sol, comme le soulignent Popov et al. (1990).

Chez certaines espèces, une diapause embryonnaire peut se produire. Il s'agit d'une phase de latence génétiquement programmée, durant laquelle l'embryon interrompt son développement, généralement en réponse à des signaux environnementaux comme une période de froid. Cette stratégie adaptative, propre à certaines souches, permet de synchroniser l'éclosion avec des conditions climatiques plus favorables à la survie des jeunes stades larvaires (Harrat et al., 2008 ; Harrat & Petit, 2009).

6-3 L'état larvaire :

Chez les Orthoptères, l'éclosion des œufs donne naissance à une larve de premier stade, qui résulte d'une mue immédiatement post-embryonnaire, parfois qualifiée de mue intermédiaire, mais considérée comme une véritable mue par Duranton et Lecoq (1990). Cette larve,

morphologiquement semblable à l'adulte mais dépourvue d'ailes, entame alors une série de mues successives.

Le nombre de stades larvaires varie généralement de quatre à huit, en fonction de l'espèce, du sexe et des conditions écologiques, notamment la température et la disponibilité alimentaire. Chaque mue permet une croissance progressive de la larve, ainsi que le développement progressif des ailes et des structures adultes.

La durée totale de la phase larvaire peut être très variable, allant de 18 jours à plus de 8 mois, selon les espèces et les conditions environnementales. La température joue un rôle clé dans la régulation de cette durée : des températures élevées accélèrent le développement, tandis que des températures plus fraîches peuvent entraîner une prolongation du cycle larvaire, voire une interruption temporaire en cas de conditions défavorables.

Ce développement larvaire, caractérisé par une succession de mues jusqu'au stade adulte, est illustré ci-après dans le cas de *Oedaleus senegalensis*, un acridien typique des zones sahéliennes (Figure).

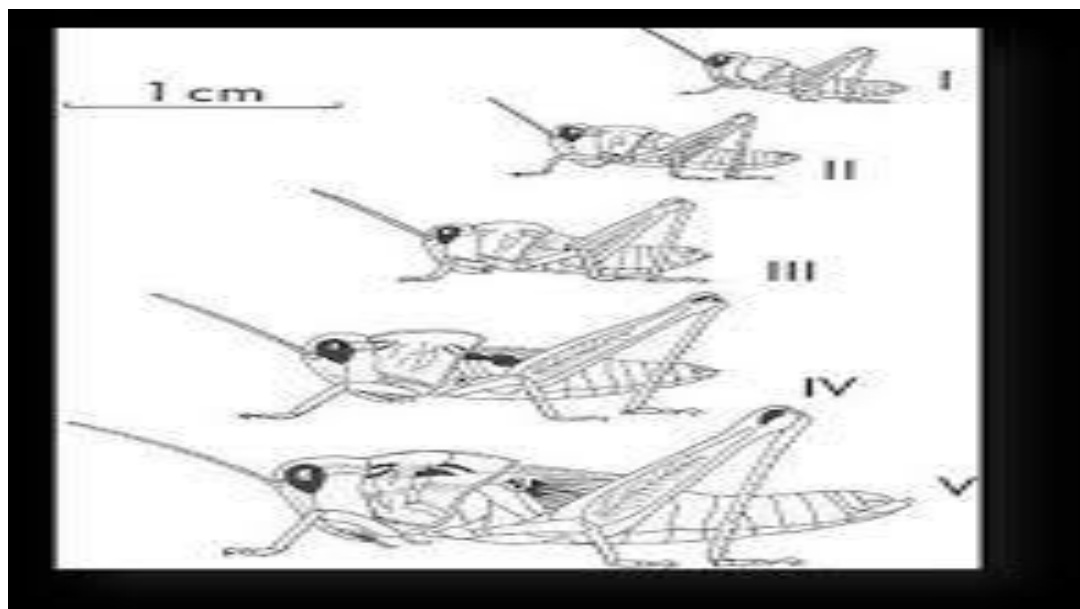


Figure 7 : Développement larvaire d'*Oedaleus Senegalensis* Launois (1978).

6-4 L'état imaginal :

L'état imaginal correspond à la dernière phase du développement post-embryonnaire chez les Orthoptères. La dernière mue, appelée mue imaginale, marque la transition vers l'imago, c'est-à-dire l'adulte sexuellement mature. Au cours de cette étape, les ailes deviennent pleinement développées, et le durcissement de la cuticule (sclérisation des téguments) s'effectue rapidement, permettant au corps de l'insecte de résister aux agressions mécaniques et à la dessiccation.

Les adultes deviennent alors mobiles, aptes au vol, et peuvent se disperser à la recherche de ressources (nourriture, partenaires, sites de ponte). La maturité sexuelle est atteinte peu après l'émergence, bien que chez certaines espèces, une phase de maturation pré-reproductive

puisse durer plusieurs jours, influencée par des facteurs comme la température, la photopériode ou l'alimentation.

Chez les espèces grégaires, comme *Locusta migratoria* ou *Oedaleus senegalensis*, ce stade est crucial pour la formation des essaims migrants (Duranton & Lecoq, 1990 ; Symmons & Cressman, 2001).

6- L'alimentation chez les Orthoptères :

Dans son milieu de vie, l'insecte se doit de choisir les nutriments indispensables à ses activités physiologiques. De manière instinctive, il ajuste son apport alimentaire pour conserver son poids en fonction de ses réserves. De nombreux autres éléments influencent le comportement alimentaire, comme la couleur, l'arôme, et surtout la sensation de faim. Tous ces facteurs déterminent le choix d'un aliment spécifique (Decerier et al., 1982).

La polyphagie représente le type alimentaire fondamental pour l'immense majorité des Orthoptères. L'alimentation a un effet direct sur la physiologie de l'insecte ; selon sa qualité et son abondance. Elle intervient en modifiant la fécondité, la longévité, la vitesse de développement et la mortalité des individus (Dajoz, 1982).

L'éventail alimentaire d'un acridien désigne l'ensemble des besoins nutritifs (quantitatifs et qualitatifs) nécessaires au bon fonctionnement de son organisme tout au long de son cycle de vie. Selon Ould El Hadj (2001), l'objectif principal de l'alimentation est de couvrir les besoins énergétiques de l'individu, en maintenant un équilibre entre les apports caloriques et les dépenses métaboliques.

Les Acridiens, insectes phytophages et étroitement liés à la végétation, dépendent directement du tapis végétal pour leur alimentation. Ce dernier, influencé par des paramètres écologiques locaux (climat, sol, biodiversité végétale), joue un rôle central dans les dynamiques de population acridienne. En tant qu'élément de liaison entre l'environnement et l'insecte, il constitue un facteur limitant ou facilitateur de la prolifération (Ould El Hadj, 2001).

Comme le souligne Dreux (1980), la qualité et la quantité de nourriture disponibles influencent directement des facteurs abiotiques tels que la croissance, la reproduction ou la longévité. Toutefois, Dajoz (1985) précise que le choix de la plante nourricière ne repose pas uniquement sur sa valeur nutritive. Des critères sensoriels et comportementaux interviennent également dans cette sélection.

À ce titre, Le Gall (1989) observe que les criquets présentent un comportement alimentaire particulier : ils explorent la surface foliaire à l'aide de leurs palpes labiaux, mordent la plante, puis la rejettent fréquemment après une première dégustation. Ce comportement pourrait être lié à des mécanismes de détection chimique ou gustative permettant à l'insecte de discriminer les espèces végétales selon leur teneur en substances attractives ou répulsives.

7- Le phénomène grégaire :

Les criquets, généralement discrets et solitaires, peuvent devenir de redoutables ravageurs lorsqu'ils entrent en phase grégaire. Certaines espèces africaines, notamment *Schistocerca gregaria* (le criquet pèlerin), sont capables de former d'immenses essaims migrants regroupant plusieurs millions d'individus. Ces essaims parcourent parfois des milliers de

kilomètres, causant des dégâts considérables aux cultures agricoles et à la végétation naturelle.

Le terme locuste désigne spécifiquement les espèces de criquets présentant une plasticité phasique marquée, c'est-à-dire une capacité à passer d'un mode de vie solitaire à grégaire. Cette transformation est appelée phénomène de phase. Elle implique des modifications profondes, tant morphologiques (couleur, taille du pronotum, forme des ailes), que comportementales (gregarismo, appétit accru, vol en groupe) et physiologiques (maturation sexuelle plus rapide, activité hormonale modifiée).

À l'inverse, les sauteriaux sont des espèces de criquets qui présentent des transformations phasiques limitées, avec des différences comportementales ou morphologiques peu marquées entre les individus solitaires et grégaires.

Une seule espèce peut ainsi présenter deux phénotypes distincts, qualifiés de phase solitaire et phase grégaire. Le déclenchement de cette transformation dépend principalement de la densité de population et des conditions environnementales (température, sécheresse, disponibilité alimentaire). Lorsqu'un nombre élevé de criquets se retrouve dans un espace restreint, les stimulations mécaniques répétées entre individus (contact des pattes postérieures, vibrations) déclenchent une cascade neurohormonale qui induit rapidement un comportement grégaire, même chez des individus initialement solitaires.

✓ Le genre *Calliptamus*:

1-Particularités de ce genre :

Le genre *Calliptamus*, appartenant à la famille des Acrididae et à la sous-famille des Calliptaminae, comprend plusieurs espèces acridiennes largement répandues dans le bassin méditerranéen. Selon Chopard (1943), les espèces de ce genre présentent une grande variabilité morphologique, notamment au niveau de la taille, de la forme, et de la coloration des élytres et des ailes. Il signale la présence de sept espèces du genre *Calliptamus* en Algérie.

Dans une étude comparative, Blanchet (2009) identifie quatre espèces proches dans le sud de la France et le sud-ouest du bassin méditerranéen : *C. barbarus*, *C. italicus*, *C. siciliae* et *C. wattenwylanus*. En parallèle, Chara (1987) signale la présence en Algérie de deux espèces bien établies : *C. barbarus* et *C. wattenwylanus*. Quant à Dirsh (1965), il mentionne trois espèces présentes en Afrique du Nord : *C. italicus*, *C. wattenwylanus* et *C. barbarus*, ces deux dernières étant particulièrement bien représentées en Algérie.

Sur le plan morphologique, Jago (1963) propose des critères de diagnostic spécifiques aux femelles, reposant sur des caractères tels que la taille corporelle, la longueur et la couleur des ailes, ainsi que la forme, le nombre et la disposition des taches situées sur les faces internes des fémurs postérieurs. Il décrit également les ailes postérieures comme étant vivement rosées à leur moitié basale, un trait distinctif utile pour l'identification.

D'après Chopard (1943), la taille des mâles varie de 15 à 17 mm, tandis que les femelles sont nettement plus grandes, atteignant 24 à 34 mm. Les caractères génitaux sont également utilisés dans la détermination des espèces. Ainsi, Benzara (2004) décrit chez *Calliptamus barbarus* des valves péniennes fortement sclérifiées, rugueuses, allongées et souvent évasées, caractéristiques discriminantes à l'échelle spécifique.

2-Description morphologique

Les Arthropodes, dont font partie les insectes, présentent une organisation corporelle métamérique, structurée en unités fonctionnelles appelées tagmes, résultant de la fusion de segments primitifs ou métamères. Chez les insectes, le corps est typiquement divisé en trois régions principales : la tête, le thorax et l'abdomen. Ces structures sont spécialisées respectivement pour les fonctions sensorielles, locomotrices et reproductives.

Dans le cas du genre *Calliptamus*, des auteurs tels que Beaumont et Cassier (1998) ont décrit plusieurs caractères morphologiques distinctifs. Les antennes, de type filiforme, mesurent approximativement la longueur combinée de la tête et du pronotum, et sont insérées dans une zone membraneuse tendue sur un anneau sclérifié. La tête est globuleuse, avec un vertex large, et porte les organes sensoriels (yeux composés, ocelles, antennes) ainsi que les pièces buccales de type broyeur, typiques des Orthoptères.

Les Arthropodes possèdent une structure essentielle métamérique, constituée de tagmes qui sont créés par l'assemblage de segments primitifs désignés sous le nom de métamères. Les insectes se composent principalement de trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen.

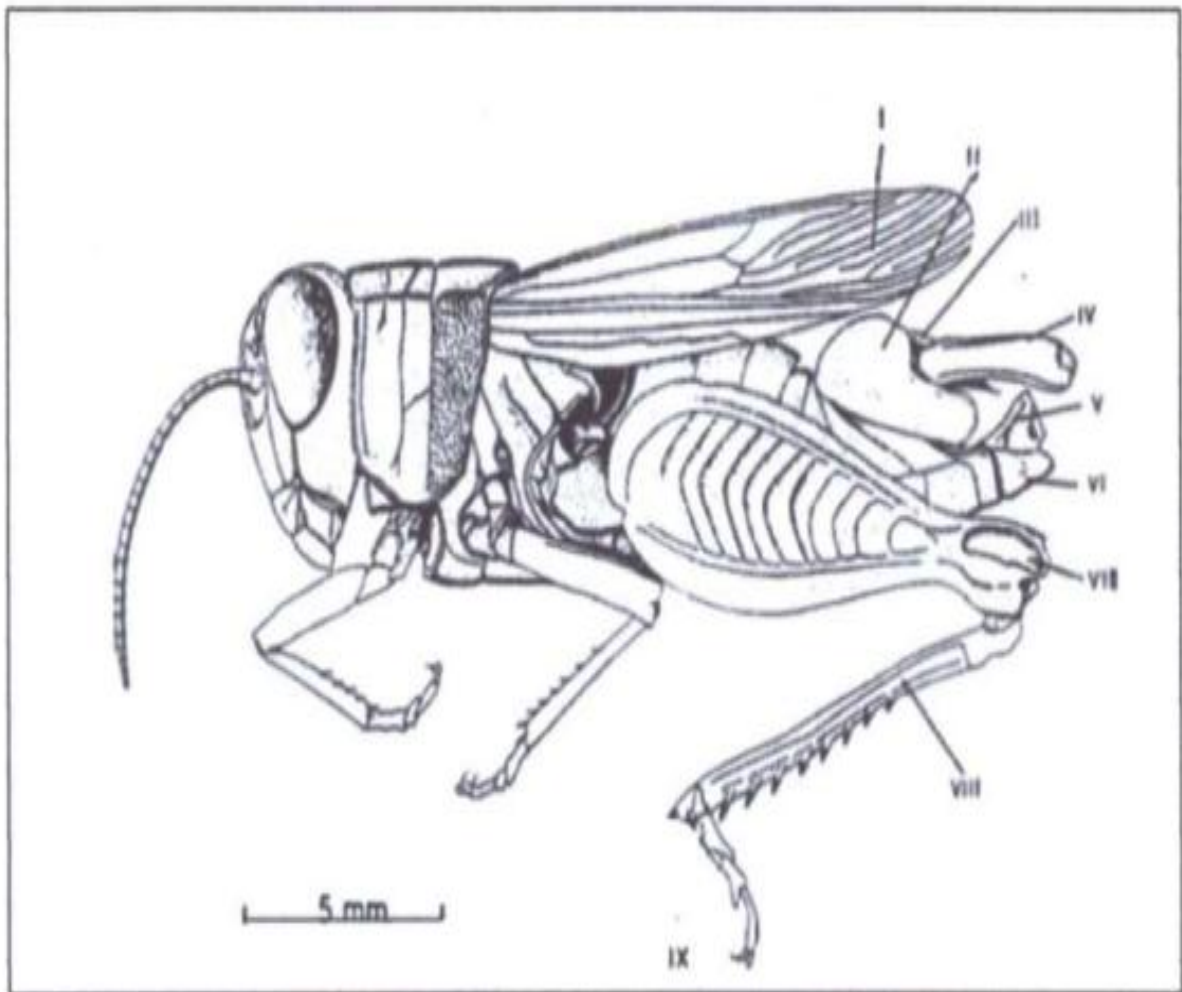


Figure 8 : Morphologie externe d'un mâle de *Calliptamus* d'après Jago, 1963.
I :Tégmina ; II : tergites abdominaux 9 et 10 ; III – plaque anale ; IV : cerque ; V : ectophallus ; VI : plaque sous-génitale ; VII : articulation du fémur postérieur ; VIII : tibia postérieur et épines ; IX : griffes.

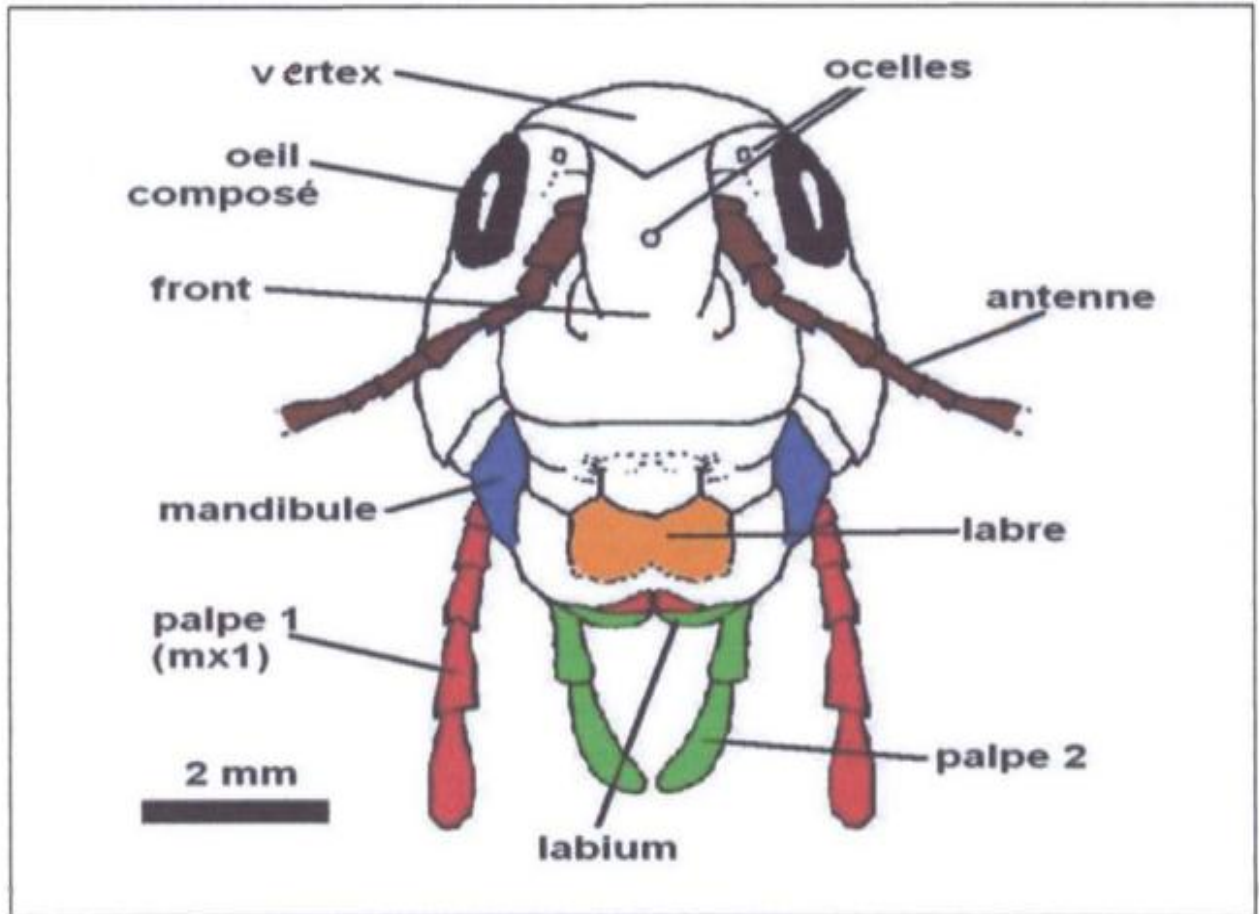


Figure 9 : Tête d'un criquet d'après (Chanet, 2010)

Chapitre II :

Etude Bioclimatique

Introduction

Le climat se définit comme l'ensemble des conditions météorologiques et atmosphériques spécifiques à une zone géographique de la Terre. On détermine le climat d'une région en examinant les paramètres météorologiques (température, niveau d'humidité, précipitations, puissance et orientation du vent, durée de l'ensoleillement, etc.) sur une période s'étendant sur plusieurs dizaines d'années (Omar,2022).

La bioclimatologie est une science écologique qui étudie les relations entre les êtres vivants et les conditions météorologiques de leur milieu environnant. Cependant, son attention se porte majoritairement sur les conséquences des conditions météorologiques sur la vie végétale, compte tenu de leur rôle dominant dans ce secteur (Rata,2022).

Les écologistes, phytogéographes et bioclimatologistes définissent aisément la région méditerranéenne sur le plan climatique : elle regroupe les zones où l'on observe d'abondantes précipitations durant la saison fraîche et les jours courts, suivies de longues sécheresses estivales (Emberger, 1955).

Quezel (1976) a insisté sur le fait qu'une connaissance approfondie de la bioclimatologie est indispensable pour comprendre la dispersion et les relations entre les divers différents types de forêts méditerranéennes. Le rôle déterminant de la diversité bioclimatique et topographique est crucial pour la distribution des diverses espèces végétales, tout comme pour le développement et le changement des sols.

Le climat méditerranéen est généralement caractérisé par une longue saison d'été sèche, des hivers plutôt doux, et des précipitations rares et fortement fluctuantes. Toutefois, ce descriptif général dissimule une grande diversité en raison de variations spatiales significatives et de contrastes saisonniers prononcés. Ces disparités sont dues à l'impact des systèmes météorologiques, comme les cyclones du front polaire en hiver et les hautes pressions subtropicales en été. Ces phénomènes influencent respectivement les régions méditerranéennes, créant ainsi des conditions climatiques diverses et évolutives (Skouri, 1994).

Dans ce chapitre, nous examinons les paramètres climatiques, notamment la pluviométrie et la température, en raison de leur variabilité temporelle et spatiale, ainsi que de leur importance dans le cadre de notre recherche.

Nous mettons l'accent sur leur influence directe sur la distribution, la composition et la dynamique de la végétation, ce qui justifie pleinement leur prise en compte dans l'analyse des écosystèmes étudiés.

1. Situation géographique

La présente recherche concerne la région de Tlemcen, située à l'extrême nord-ouest de l'Algérie, entre les latitudes 34°40' N et les longitudes 2°30' O.

Cette zone s'étend sur une superficie de 9 017,69 km² et se délimite géographiquement comme suit :

- ✓ Au nord, elle est bordée par la mer Méditerranée ;
- ✓ Au nord-est, elle est limitrophe de la wilaya d'Aïn Témouchent ;
- ✓ À l'est, elle est voisine de la wilaya de Sidi Bel Abbès ;

- ✓ À l'ouest, elle partage une frontière avec le Royaume du Maroc ;
- ✓ Au sud, elle est délimitée par la wilaya de Naâma.

2. Choix et localisation des stations d'étude dans la région de Tlemcen

Les sept stations d'étude sélectionnées couvrent une diversité d'environnements caractéristiques de la région. Elles incluent :

- des zones steppiques arides, telles que Sidi Djilali et Aricha ;
- des zones côtières humides, comme Beni Saf et Ghazaouet ;
- des zones de transition, à l'exemple de Zarifet ;
- des milieux forestiers en altitude, tels que ceux d'Amir Abdelkader ;
- ainsi que des plaines agricoles, comme la région de Remchi.

Cette répartition géographique permet une analyse comparative pertinente des variations climatiques au sein de la région de Tlemcen.

2.1 Description de la station

Les stations sélectionnées dans la région de Tlemcen reflètent une diversité de conditions climatiques et paysagères, offrant un échantillonnage représentatif pour l'analyse des dynamiques végétales.

- Sidi Djilali : Située dans une zone steppique du sud-ouest de la wilaya, cette station se caractérise par un climat semi-aride, une végétation xérophile dominée par les *Stipa tenacissima* et *Artemisia herba-alba*, ainsi qu'un sol pauvre en matière organique (Boukhatem et al., 2012).
- Aricha : Localisée à la limite sud de la wilaya, cette zone steppique connaît des conditions climatiques très sèches, avec des précipitations annuelles inférieures à 300 mm. La végétation y est clairsemée, principalement constituée de halophytes et de psammophytes (Benabderrahmane, 2007).
- Zarifet : Cette station représente une zone de transition entre les steppes du sud et les zones plus tempérées du nord. Le couvert végétal y est plus diversifié, mêlant espèces steppiques et éléments méditerranéens (Chelbi & Aidoud, 2000).
- Amir Abdelkader : Station forestière située en zone montagneuse, elle est caractérisée par un climat subhumide. Le milieu forestier y est dominé par le chêne vert (*Quercus ilex*) et le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) (Medjahdi et al., 2010).
- Remchi : Cette plaine agricole du nord de la wilaya bénéficie d'un climat relativement favorable. L'occupation du sol y est largement influencée par l'agriculture irriguée, ce qui a modifié la végétation naturelle originelle (Bouterfas et al., 2005).
- Beni Saf : Située en zone côtière, cette station bénéficie d'un climat méditerranéen humide. La végétation y est typique des zones littorales, avec une dominance de maquis et de formations arbustives (Nouar et al., 2013).
- Ghazaouet : Également localisée sur la bande littorale, cette station présente un environnement humide avec une végétation dense et variée, influencée par la proximité maritime et les précipitations relativement abondantes (Benslama & Mederbal, 2011).

Tableau 01. Données géographiques des stations étudiées

Station	Altitude (m)	Latitude (°N)	Longitude (°W)
Sidi Djilali	≈ 880 m	34.630	-1.280
Beni Saf	≈ 20 m	35.300	-1.380
Zarifet	≈ 700 m	34.720	-1.330
Aricha	≈ 950 m	34.260	-0.970
Amir Abdelkader	≈ 1 000 m	34.890	-1.340
Ghazaouet	≈ 50 m	35.100	-1.860
Remchi	≈ 290 m	35.060	-1.430

3. Les facteurs climatiques

Afin de mieux appréhender le bioclimat de la zone étudiée, deux paramètres fondamentaux sont pris en compte : les précipitations et la température.

3.1 Les précipitations

Dans le domaine de la météorologie, on parle de précipitations lorsque les cristaux de glace ou les gouttes d'eau, suite à des processus de condensation et d'agglomération au sein des nuages, deviennent trop lourds pour être maintenus en suspension dans l'atmosphère et finissent par se déposer au sol (Hammouche, 2022).

Les précipitations se caractérisent par la descente d'une variété de particules comme la pluie, la bruine, la neige, la grêle, les granulés de glace, le grésil et les prismes de glace. Elles trouvent généralement leur source dans les nuages. Ces particules peuvent soit toucher partiellement la surface de la Terre après une évaporation partielle, soit s'évaporer complètement durant leur descente (Rata, 2022).

Selon Djebaili (1978), L'identification du type de climat se fait principalement sur la base de la quantité de pluie. Elle occupe une position essentielle dans la préservation et la répartition de la flore, tout en ayant un impact sur la dégradation écologique par le biais du processus d'érosion, surtout au début du printemps.

3.1.1 Régime mensuel

L'altitude, la longitude et la latitude sont les facteurs primordiaux qui impactent les fluctuations de la pluviosité. Effectivement, il y a une baisse de la quantité de précipitations du nord vers le sud et de l'est vers l'ouest, avec une hausse marquée dans les régions montagneuses. Cette constatation a été confirmée par Chaabane (1993) qui met en évidence

que le gradient de précipitation diminue d'Est en Ouest. Ce phénomène est dû à l'obstruction ou au détournement vers l'Est des nuages pluvieux venant de l'Atlantique, provoqué par la présence de la Sierra Nevada en Espagne et des montagnes hautes du Maroc qui ne laissent passer que les nuages de plus grande altitude.

Tableau 02. Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations (2003–2024)

(Exprimées en mm – Source : Office National de la Météorologie)

Station	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total annuel (mm)
Ghazaouet	29	19	25	25	17	5	3	5	10	28	34	18	218 mm/an
Sidi Djilali	31.2	32.9	29.4	23.6	26.8	5.3	7.6	9.7	12.3	27.9	44.3	24.0	275mm/an
Remchi	55.8	47.3	44.3	42.1	28.2	8.5	1.4	2.8	19.7	39.1	51.1	52.6	392 mm/an
Aricha	31.2	32.9	29.4	23.6	26.8	5.3	7.6	9.7	12.3	27.9	44.3	24.0	275mm/an
Zarifet	5	6	18	25	11	2	2	7	11	12	10	3	112 mm/an
Beni Saf	60	55	40	30	15	4	1	1	10	25	65	40	346 mm/an
Amir Abdelkader	58.1	58.0	34.8	32.5	18.0	5.4	1.5	0.9	21.3	39.9	67.3	53.8	391.5 mm/an

3.1.2 Régime saisonnier :

Musset a établi la première définition de ce concept en 1935. Cette méthode consiste à ordonner les saisons selon leur taux de précipitation décroissant, facilitant ainsi la création d'un indice saisonnier pour chaque station météo. Cette distribution saisonnière est particulièrement significative pour le développement des espèces végétales annuelles, qui occupent fréquemment une place centrale dans la composition de la végétation.

Chaque saison est symbolisée par un segment de trois mois, désigné par sa première lettre (P.H.E), ou encore (A). Ainsi, nous avons :

- Q : Printemps (Mars, Avril, Mai).
- H : hiver (Décembre à Février).
- E : été (juin, juillet, août).
- A : saison d'automne (Septembre, Octobre, Novembre).

Csr= Ps X4/Pa

Crs : Coefficient relatif saisonnier de MUSSET

Ps: précipitations saisonnières

Pa : précipitations annuelles

Tableau 03. Coefficient relatif saisonnier selon la méthode de Musset

Station	Hiver	Printemps	Été	Automne	Total annuel (mm)
Ghazaouet	66 mm (30%)	67 mm (31%)	13 mm (6%)	73 mm (33%)	219 mm
Sidi Djilali	92 mm (33%)	80 mm (29%)	23 mm (8%)	70 mm (25%)	265 mm
Remchi	156 mm (40%)	115 mm (29%)	13 mm (3%)	108 mm (28%)	392 mm
Aricha	91 mm (34%)	80 mm (30%)	23 mm (9%)	71 mm (27%)	265 mm
Zarifet (estimation)	65 mm (33%)	60 mm (30%)	15 mm (7%)	55 mm (28%)	195 mm (est.)
Beni Saf	155 mm (45%)	85 mm (25%)	6 mm (2%)	100 mm (28%)	346 mm
Amir Abdelkader	170 mm (35%)	85 mm (18%)	8 mm (2%)	140 mm (29%)	403mm

L'analyse des données pluviométriques saisonnières des sept stations réparties dans la région de Tlemcen révèle des régimes climatiques globalement méditerranéens, caractérisés par une nette concentration des précipitations durant les saisons hivernale et automnale, et une sécheresse marquée en été.

Dans la majorité des stations, les précipitations hivernales représentent la part la plus importante des apports hydriques annuels :

L'automne vient en deuxième position, et représentant plus du quart des précipitations annuelles dans la plupart des autres stations.

La comparaison entre les stations met en évidence une variation spatiale importante des totaux annuels :

Les stations du nord côtier comme Beni Saf (346 mm) et Ghazaouet (219 mm) reçoivent plus de précipitations que les zones intérieures steppiques, telles que Sidi Djilali ou Aricha (265 mm).

Remchi (392 mm) et Amir Abdelkader (403 mm) se distinguent par leur apport pluviométrique élevé, lié à leur altitude et à leur position géographique.

La station de Zarifet, bien qu'estimée, montre une répartition relativement équilibrée entre l'hiver, le printemps et l'automne, traduisant sa position de zone de transition entre le nord humide et le sud plus aride.

3.2 Températures

La température constitue un paramètre essentiel pour les écosystèmes végétaux, et elle est perçue davantage comme une variable environnementale cruciale que comme une mesure physique quantifiable, comme l'a mis en évidence Peguy (1970).

L'évaluation de la température dans un lieu précis repose généralement sur l'interprétation d'au moins quatre facteurs Djebailli (1984), qui sont :

- Les températures moyennes mensuelles.
- Les températures maximales.
- Les températures minimales.
- L'écart thermique.

3.2.1 Températures moyennes mensuelles et annuelles

Le climat moyen dans la région méditerranéenne demeure un élément écologique essentiel qui a une influence considérable sur les variations altitudinales significatives de la végétation. Toutefois, ces fluctuations peuvent être ajustées par des éléments géographiques, en particulier dans des chaînes de montagnes situées à des latitudes identiques mais à des longitudes distinctes, où interviennent d'autres facteurs climatiques (Barbéro et Quézel, 1984).

Tableau04. Températures moyennes mensuelles et annuelle durant la période 2003–2024

Station	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy. Annuelle
Zarifet	8.4 °C	9.2 °C	12.0 °C	14.7 °C	18.2 °C	23.1 °C	27.0 °C	26.3 °C	22.5 °C	17.2 °C	11.5 °C	9.0 °C	17.0 °C
Beni Saf	11.0 °C	12.1 °C	13.8 °C	16.0 °C	20.0 °C	24.9 °C	28.1 °C	27.6 °C	24.4 °C	20.1 °C	15.3 °C	12.0 °C	19.1 °C
Aricha	5.9 °C	7.4 °C	11.0 °C	14.0 °C	18.5 °C	24.8 °C	29.3 °C	28.7 °C	23.8 °C	17.4 °C	10.0 °C	6.8 °C	16.6 °C
Ghazaouet	11.2 °C	12.1 °C	13.7 °C	15.8 °C	19.4 °C	23.7 °C	26.6 °C	26.3 °C	24.1 °C	20.2 °C	15.8 °C	12.7 °C	18.6 °C
Remchi	9.4 °C	10.3 °C	13.0 °C	16.0 °C	20.1 °C	25.0 °C	29.0 °C	28.4 °C	24.0 °C	18.7 °C	13.4 °C	10.0 °C	18.6 °C
El Amir Abdelkader	8.9 °C	9.8 °C	12.9 °C	16.2 °C	20.7 °C	25.4 °C	29.2 °C	28.5 °C	24.1 °C	18.6 °C	12.9 °C	9.2 °C	18.6 °C
Sidi Djilali	7.5 °C	8.7 °C	11.9 °C	15.5 °C	20.1 °C	25.3 °C	29.6 °C	29.0 °C	24.8 °C	18.5 °C	11.6 °C	8.3 °C	17.9 °C

• Moyenne des températures minimales du mois le plus froid :

Emberger fait appel à la moyenne des températures les plus basses du mois le plus froid, désignée par « m », afin d'évaluer tant l'intensité que la durée de la phase critique des gelées dans sa classification climatique.

Selon Hadjadj Aouel (1995), la saison froide est définie comme la période durant laquelle la température moyenne mensuelle reste inférieure à 11 °C. Ce seuil permet de distinguer les mois à rigueur thermique marquée, caractérisant ainsi les conditions climatiques hivernales dans les régions méditerranéennes à influence continentale.

Par ailleurs, l'auteur propose également d'évaluer le comportement thermique d'une région à partir de l'amplitude thermique mensuelle ou annuelle (Δ), définie par la formule suivante :

$$\Delta = M - m$$

Où :

M : température moyenne mensuelle maximale (°C)

m : température moyenne mensuelle minimale (°C)

Δ : amplitude thermique (°C)

Tableau.05 : Moyenne des minima du mois le plus froid « m ».

Station	Mois le plus froid	Moy. mensuelle (°C)	Δ estimé	m = Moy. - $\Delta/2$	T° minimale estimée
Zarifet	Janvier	8.4 °C	9 °C	8.4 - 4.5	3.9 °C
Beni Saf	Janvier	11.0 °C	6 °C	11.0 - 3.0	8.0 °C
Aricha	Janvier	5.9 °C	10 °C	5.9 - 5.0	0.9 °C
Ghazaouet	Janvier	11.2 °C	6 °C	11.2 - 3.0	8.2 °C
Remchi	Janvier	9.4 °C	8 °C	9.4 - 4.0	5.4 °C
El Amir Abdelkader	Janvier	8.9 °C	8 °C	8.9 - 4.0	4.9 °C
Sidi Djilali	Janvier	7.5 °C	10 °C	7.5 - 5.0	2.5 °C

4.3 Les autres facteurs climatiques :

L'analyse climatique se concentre fréquemment sur les deux variables mesurables principales, à savoir les précipitations et la température. Pour ce qui est des autres facteurs : évaporation, vents, lumières, les informations sont recueillies de manière distincte (Babali, 2014).

4.3.1 Le vent :

Le vent est un facteur clé dans la création des dunes et la structuration du couvert végétal en déchirant les plantes annuelles, en modifiant la forme des végétaux et en agissant sur la répartition des graines lors de leur propagation (Bouazza, 2021).

4.3.2 Humidité :

Le taux d'humidité relative représente la proportion de vapeur d'eau réellement présente dans l'atmosphère (dénommée humidité absolue) comparativement à la quantité maximale que l'air est capable de retenir sous des conditions identiques de température et pression. C'est un facteur déterminant du climat qui a un impact direct sur la croissance ou la pérennité de diverses espèces animales et végétales (Anonyme, 1981).

5 Synthèse bioclimatique :

Des climatologues et des biogéographes ont collaboré pour combiner des équations simples aux paramètres climatiques essentiels tels que la température et les précipitations. Cette méthode est essentielle pour saisir la distribution des divers types de végétation et pour définir les régions naturelles, ainsi que les différentes espèces forestières à l'échelle mondiale. C'est

de cette manière qu'est apparue la notion de définir les différents climats de la planète par le biais de formules, d'indices et de diagrammes climatiques, couramment désignés sous le terme de formules ombrothermiques (Omar, 2022).

Cette synthèse bioclimatique sera construite sur la base des travaux de recherche effectués par Emberger (1930,1955), Bagnouls et Gaussen (1953), et De Martonne (1926), ajustées à nos informations météorologiques. Le but est d'apprécier le climat de la zone d'étude.

Les divers indices bioclimatiques qui ont été déterminés.

- Indice selon De Martonne.
- Indice d'Emberger.
- Indicateur de Sécheresse.
- L'indice de Bagnouls et Gaussen.
- Fluctuations saisonnières.

5.1 Classification des ambiances bioclimatiques en fonction de "T" et "m" :

(Rivas Martinez) utilise la température moyenne annuelle « t » ainsi que la température moyenne des minima pour définir les étages de végétation

Tableau 07: classification des étages de végétations en fonction de (T), (M), (m).

Étages de végétations	T (C°)	M (°C)	m (°C)
Thermo-méditerranéen	>16	>13	>+3
Méso-méditerranéen	12 à 16	8 à 13	0 à 3
Supra-méditerranéen	8 à 12	3 à 8	-3 à 0

5.2 Indice de Martonne

L'indice d'aridité de De Martonne sert à examiner et décomposer les interactions existantes entre le climat et la végétation, de même qu'à déterminer l'emplacement de la station d'étude.

Martonne (1926), a défini, cet indice constitue une mesure précieuse pour évaluer l'ampleur de la sécheresse, comme exprimé par la relation suivante

$$I = P / (T+10)$$

P : {Précipitations moyennes annuelles (mm)}.

T : {Températures moyennes annuelles (°C)}.

I : {Indice d'aridité}.

Valeur de l'indice d'aridité (I) Type de climat

$I < 5$	Climat hyper-aride
$5 \leq I < 10$	Climat désertique/aride
$10 \leq I < 20$	Climat semi-aride / steppique
$20 \leq I < 30$	Climat tempéré / subhumide
$I \geq 30$	Climat humide

Tableau 08: indice d'aridité deMARTONNE.

Station	Précipitations (mm)	Température (°C)	Indice De Martonne	Type de climat
Sidi Djilali	275	17.9	9.86	Aride
Beni Saf	346	19.1	11.89	Semi-aride
Aricha	275	16.6	10.34	Semi-aride
Amir Abdelkader	391.5	18.6	13.69	Semi-aride
Ghazaouet	218	18.6	7.62	Aride
Remchi	392	18.6	13.71	Semi-aride

Les valeurs de l'indice de De Martonne, qui combine précipitations et température annuelle moyenne, permettent de classer les stations selon leur degré d'aridité :

- Sidi Djilali et Ghazaouet présentent des indices inférieurs à 10 (respectivement 9.86 et 7.62), indiquant un climat aride, marqué par une faible pluviosité ne compensant pas les besoins liés à la température.
- Les autres stations (Beni Saf, Aricha, Amir Abdelkader, Remchi) ont des indices compris entre 10 et 20, les classant en climat semi-aride. Ce type de climat se caractérise par une sécheresse marquée, mais un peu moins rigoureuse que l'aride.
- Remchi et Amir Abdelkader ont les indices les plus élevés (13.71 et 13.69), ce qui témoigne d'un semi-aride "plus humide" comparé à Beni Saf ou Aricha.

Globalement, toutes les stations étudiées se situent dans une zone sèche à très sèche, confirmant l'aridité générale de la région avec une dominance du climat semi-aride.

4. Quotient pluviothermique d'Emberger :

Le quotient pluviothermique (Q2) d'Emberger (1952) est spécifiquement conçu pour les régions méditerranéennes, facilitant l'établissement de diverses zones bioclimatiques. Effectivement, cet indice tient compte des précipitations annuelles (P en mm), de la

température maximale moyenne du mois le plus chaud (M en °C) et de la température minimale moyenne du mois le plus froid (m en °C).

La formule suivante est utilisée pour calculer l'indice **d'Emberger** :

$$Q = \frac{1000p}{M - m} \quad \frac{2000p}{(M + m/2)(M - m)}$$

- **Q** : Moyenne annuelle de la précipitation.
- **M** : Moyenne des températures maximales pour le mois le plus chaud (T + 273°K).
- **m** : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid (T + 273K).

Tableau 09: Quotients pluviothermiques d'EMBERGER.

Station	Q	Étage bioclimatique approximatif
Ghazaouet	51.46	Subhumide supérieur
Beni Saf	44.96	Subhumide inférieur
El Amir Abdelkader	37.97	Semi-aride à tendance subhumide
Remchi	36.28	Semi-aride supérieur
Zarifet	33.68	Semi-aride supérieur
Sidi Djilali	24.14	Semi-aride inférieur
Aricha	16.74	Aride supérieur à semi-aride inférieur

L'indice Q d'Emberger permet de caractériser plus finement les étages bioclimatiques, en tenant compte des précipitations annuelles ainsi que des températures extrêmes. Plus l'indice est élevé, plus le climat est humide.

- Ghazaouet (Q = 51.46) : se classe en subhumide supérieur, ce qui reflète un climat relativement plus humide que le reste des stations.
- Beni Saf (Q = 44.96) : appartient à l'étage subhumide inférieur, légèrement moins humide que Ghazaouet.

- El Amir Abdelkader ($Q = 37.97$) : marque une transition vers le semi-aride, ce qui traduit une situation intermédiaire.
- Remchi ($Q = 36.28$) et Zarifet ($Q = 33.68$) : relèvent du semi-aride supérieur, signalant un climat assez sec mais moins rigoureux que les étages inférieurs.
- Sidi Djilali ($Q = 24.14$) : est en semi-aride inférieur, indiquant des conditions plus arides.
- Aricha ($Q = 16.74$) : est à la limite de l'aride supérieur et semi-aride inférieur, ce qui traduit un climat particulièrement sec, typique des zones steppiques.

Les stations étudiées couvrent un gradient climatique allant du subhumide supérieur (Ghazaouet) à l'aride supérieur (Aricha). Cette diversité illustre une transition écologique marquée entre la zone littorale plus humide et l'intérieur des terres beaucoup plus sec.

Conclusion :

L'étude climatique effectuée dans la région de Tlemcen, en se basant sur sept stations représentatives (Ghazaouet, Beni Saf, Remchi, El Amir Abdelkader, Zarifet, Aricha et Sidi Djilali), a révélé une diversité bioclimatique notable. Cette diversité est associée aux fluctuations des paramètres climatiques selon la position géographique, l'altitude et la proximité de la mer.

Les résultats mettent en évidence une opposition claire entre le nord côtier humide (Ghazaouet, Beni Saf) et le sud aride de la steppe (Sidi Djilali, Aricha). Des conditions intermédiaires sont observées dans des zones de transition comme Zarifet et des régions montagneuses comme Amir Abdelkader, ce qui reflète la complexité des gradients climatiques dans la région.

L'analyse des précipitations indique une saisonnalité prononcée, avec une intensification des pluies durant l'hiver et l'automne, et une notable sécheresse estivale, qui est typique du climat méditerranéen. Cette tendance est confirmée par les températures, avec des étés chauds et secs et des hivers doux à frais, en fonction de l'altitude et de la latitude.

L'analyse de l'indice Q d'Emberger met en évidence un gradient bioclimatique marqué entre les différentes stations étudiées. Les régions côtières, telles que Ghazaouet et Beni Saf, se distinguent par un climat subhumide, traduisant des conditions relativement plus favorables à la végétation. À l'inverse, les stations situées à l'intérieur des terres, comme Sidi Djilali et surtout Aricha, présentent des indices faibles, correspondant à des étages semi-arides à arides, caractérisés par une forte sécheresse. Cette variation spatiale reflète l'influence combinée de la continentalité et de l'altitude sur les conditions climatiques régionales. Elle souligne également la nécessité d'adapter les pratiques de gestion des ressources naturelles selon le contexte bioclimatique local.

Chapitre III

Diversité floristique

Introduction

La végétation de la région de Tlemcen a été l'objet de plusieurs publications s Quezel (2000) ; Benabadji et Bouazza (1991-1995) ; Meziane, (1997) ; Bouazza et al. (2001) et Mesli-Bestaoui (2001-2009), attestent que la forêt méditerranéenne est extrêmement riche et variée en termes de patrimoine végétal. Toutefois, il sera nécessaire de continuer à étudier l'impact de l'activité humaine, l'effet des changements climatiques sur la biodiversité et la distribution de cette végétation (expansion ou extinction de certaines espèces) dans les années à venir.

Dans l'évaluation réalisée par (Quézel et al.,1999), La forêt méditerranéenne comprend approximativement 247 espèces de bois par comparaison avec les forêts européennes. (13 espèces).

L'homme, en grande partie par l'usage traditionnel et harmonieux de son environnement, est à l'origine de la biodiversité végétale méditerranéenne. (Quézel et al.,1999). En dépit des attaques constantes auxquelles elles ont fait face pendant un millénaire, les forêts méditerranéennes continuent à présenter, par moment, une croissance significative.

Le terme biodiversité est dérivé de diversité biologique et englobe trois niveaux de variabilité biologique : la complexité de l'écosystème, la richesse des espèces et la variation génétique. (Robert-Pichette et Gillespie., 2000).

Dahmani (1997) met en exergue que « L'étude de la diversité floristique des divers groupements ainsi que de leurs propriétés biologiques et chronologiques pourrait révéler leur singularité floristique, leur niveau de préservation et leur valeur héritage ».

Dans la zone d'étude, les groupements forestiers et préforestiers ainsi que les matorrals, qui atteignent leur plein développement, sont illustrés sur le plan physiognomique par trois formations végétales : arborées, arbustives et herbacées. (Barka,2016).

L'objectif de notre travail est d'analyser la répartition des espèces végétales, selon leur type biologique, morphologique et leur caractérisation phytogéographique, au sein des cinq stations étudiées.

Selon les recensements de la flore réalisés, la forêt des zones examinées comprend près de 83 espèces appartenant aux sous-groupes des Gymnospermes et Angiospermes, réparties sur diverses familles.

I. Composition systématique

L'évaluation de la biodiversité, comme initialement définie par Wilson et al. (1990), implique le dénombrement total des espèces présentes à un lieu déterminé. On considère donc la végétation comme un miroir fidèle des conditions stationnelles, elle en est une expression synthétique selon Beguin et al. (1979) et Rameau, (1988).

L'identification de la physiognomie, qui est primordiale pour comprendre le comportement et la dynamique des différents groupements végétaux, fait partie intégrante de l'importance de la formation végétale. Pour comprendre la végétation, il est indispensable d'étudier les changements et la structure de la couverture végétale. (Barka, 2016).

Dans ce cadre, nous avons abordé, à travers ce chapitre, l'étude de la richesse floristique en nous appuyant sur un échantillonnage exhaustif et des relevés floristiques effectués dans

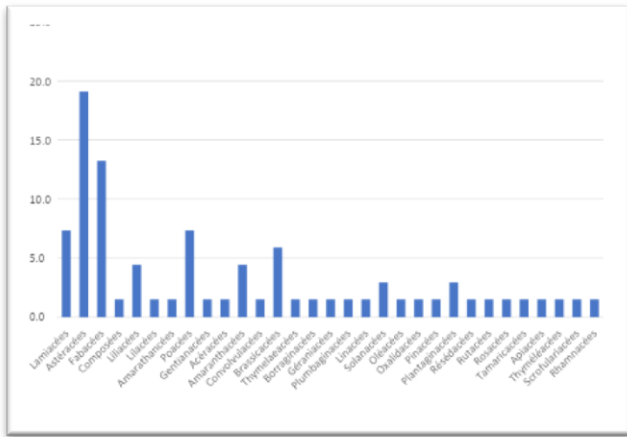


Fig.14 : Répartition par familles dans la station de Emir Abdelkader

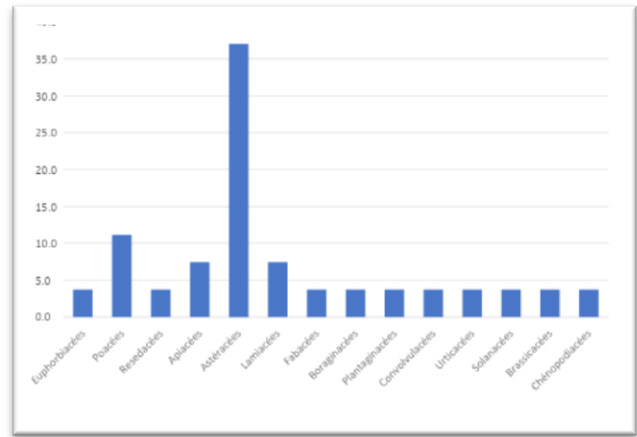


Fig.15 : Répartition par familles dans la station de Ghazaouet

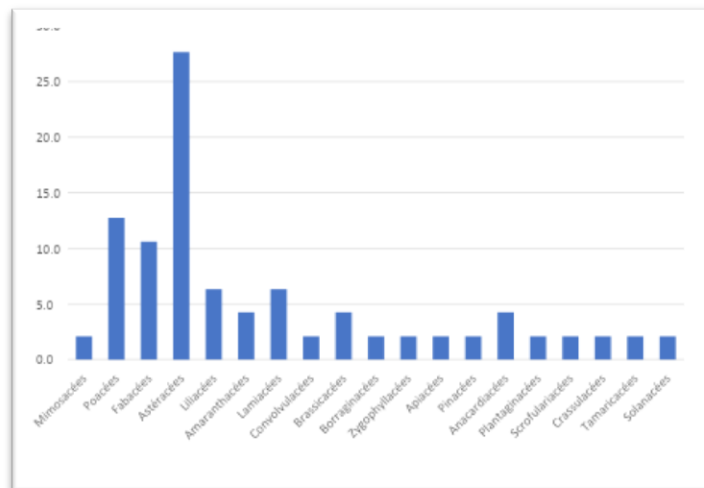


Fig 16 : Répartition par familles dans la station de Remchi

Le cortège floristique de la station de Sidi El Djilali est constitué de 26 familles botaniques. Les Astéracées dominent largement. Elles sont suivies par les Poacées, puis par les Lamiacées et les Brassicacées. Les Apiacées (6,85 %), les Fabacées (5,48 %) et les Liliacées (4,11 %) présentent également une présence notable. Les Cistacées, Cupressacées et Réседacées affichent chacune un taux de 2,74 %. Les autres familles sont faiblement représentées, avec un pourcentage de 1,37 %.

Le cortège floristique de la station de Beni Saf comprend 18 familles botaniques. Les Astéracées et les Poacées dominent la composition floristique, représentant chacune 15,40 % des espèces recensées. Elles sont suivies par les Lamiacées et les Cistacées, avec un taux de représentation de 7,70 %. Les autres familles ne sont représentées que par une seule espèce chacune, correspondant à un pourcentage de 3,84 %.

Le cortège floristique de la station de Zarifat est constitué de 29 familles botaniques. Les Astéracées y occupent une place dominante, suivies par les Poacées. Viennent ensuite les Fagacées et les Linacées. Les autres familles sont présentes mais de manière moins marquée, avec des taux de représentation plus faibles.

Le cortège floristique de la station d'El Aricha est composé de 19 familles botaniques. Les Amaranthacées dominent la flore locale avec un pourcentage de 19 %, suivies par les Poacées (7,8 %). Les Brassicacées, Plantaginacées, Fabacées, Astéracées et Cistacées présentent chacune un taux de 3,9 %. Les autres familles sont faiblement représentées, avec un nombre d'espèces presque équivalent.

Le cortège floristique de la station d'El Emir Abdelkader comprend 31 familles botaniques. Les Astéracées dominent largement avec un pourcentage de 19,1 %, suivies par les Fabacées (13,2 %). Les Poacées et les Lamiacées présentent chacune un taux de 7,4 %, tandis que les Brassicacées atteignent 5,9 %. Les Liliacées et les Amaranthacées sont représentées à hauteur de 4,4 %, et les Plantaginacées à 2,9 %. Les autres familles sont faiblement représentées.

Le cortège floristique de la station de Ghazaouet comprend 14 familles botaniques. Les Astéracées y sont largement dominantes, représentant 37 % des espèces recensées. Elles sont suivies par les Poacées (11,1 %), puis par les Apiacées et les Lamiacées, chacune avec 7 %. Les autres familles sont faiblement représentées, avec un taux de 3,7 % chacune.

Le cortège floristique de la station de Rémchi est composé de 19 familles. Les Astéracées y prédominent également, avec un pourcentage de 27,7 %, suivies par les Poacées (12,8 %) et les Fabacées (10,6 %). Les Lamiacées et les Liliacées présentent chacune un taux de 6,4 %, tandis que les Anacardiacees atteignent 4,3 %. Les autres familles sont représentées de manière égale, avec un taux de 2,1 %.

II. Caractérisation biologique

La classification biologique des plantes, selon le système de Raunkiaer, permet d'interpréter les stratégies adaptatives des espèces face aux contraintes environnementales. Dans les régions méditerranéennes, comme le nord de l'Algérie, les thérophytes (plantes annuelles à cycle de vie court) sont généralement dominants, atteignant parfois plus de 50 % des cortèges floristiques, en raison de leur adaptation efficace à la sécheresse estivale (Medail & Quézel, 2022). Les hémicryptophytes, caractérisés par des bourgeons au ras du sol, occupent souvent la deuxième place avec des taux variant entre 20 et 30 %, traduisant une bonne résistance au froid hivernal et aux conditions modérées de stress hydrique (Benhouhou et al., 2020). Les géophytes (plantes à organes souterrains persistants) représentent en moyenne 10 à 15 % de la flore locale, tandis que les chaméphytes (plantes à port bas) se situent autour de 5 à 10 %, souvent dans des milieux rocaillieux ou pâturés. Les phanérophytes, comprenant les arbres et arbustes, sont généralement minoritaires (< 5 %), leur faible représentation étant liée aux fortes pressions climatiques et anthropiques (Fennane & Ibn Tattou, 2018).

Type biologie

Les types biologiques sont des caractéristiques morphologiques grâce auxquels les végétaux sont adaptés au milieu dans lesquels ils vivent (Dajoz, 1996).

Le type biologique d'une plante est la résultante, sur la partie végétative de son corps, de tous les processus biologiques y compris ceux qui sont modifiés par le milieu pendant la vie de la plante et ne sont pas héréditaires (Polumin, 1967).

Pour Raunkiaer (1904-1907), les types biologiques sont considérés comme une expérience de la stratégie d'adaptation de la végétation aux conditions du milieu.

Raunkiaer (1905-1934), a regroupé ses formes en types biologiques dont chacun traduit un équilibre adaptatif avec les conditions du milieu.

Parmi les principaux types biologiques définis par Raunkiaer (1904) ; on peut évoquer les catégories suivantes :

- **Phanérophytes** : (phaneros=visible, phyton=plante)

Plantes vivaces principalement arbres et arbrisseaux, les bourgeons pérennes situés sur les tiges aériennes dressés et ligneuses, à une hauteur de plus de 25cm au-dessus du sol. On peut les subdiviser en Nanophanérophytes avec une hauteur inférieure à 2 m : en Microphanérophytes chez lesquels la hauteur peut atteindre 2 à 8cm et les Mésophanérophytes qui peuvent arriver à 30cm et plus.

On distingue également des phanérophytes ligneux (arbres, arbuste, arbrisseaux), herbacées (régions tropicales humides), succulents (cactées et Euphorbes des déserts) et grimpants (lierre, lianes des forêts tropicales).

- **Chamaephytes** : (chamai= à terre) :

Herbes vivaces et sous arbrisseaux dont les bourgeons hibernants sont à moins de 25cm au-dessus du sol sur des pousses aériennes courtes, grimpantes ou érigées, mais vivaces. Ces bourgeons peuvent jouir d'un certain abri (neige, effet de groupe).

- **Hémicryptophytes** : (crypto= caché) :

Plante vivace à rosette de feuilles étalées sur le sol. Les bourgeons pérennants sont ici au ras du sol (l'appareil aérien de ces végétaux est donc très fragile et fugace- pas de présence de lignine) ou dans la couche superficielle du sol la partie aérienne est herbacée et disparaît à la mauvaise saison. On distingue notamment les formes en rosette ou à long rhizome rampant.

- **Géophytes** :

Plante à organes vivaces. Ces végétaux ayant une partie aérienne particulièrement fragile et fugace, passant la mauvaise saison à l'aide de bulbes, tubercules ou rhizomes enfouis sous terre. Elles sont très communes dans les régions tempérées.

- **Thérophytes (théros=été)** :

Plante annuelle à cycle végétatif complet, de la germination à la graine mûre. Ces végétaux représentent le cas limite de l'adaptation aux rigueurs climatiques ils passent en effet la mauvaise saison sous forme de graine. Elles comprennent une courte période végétative et ne subsistent en effet plus à la mauvaise saison qu'à l'état de graines, de spores ou autres corps reproducteurs spéciaux.

Spectres Biologiques

Le spectre biologique, tel que défini par Gaussen et al. (1982), correspond à la répartition en pourcentage des différents types biologiques au sein d'une flore donnée. Selon Romane (1987), l'analyse de ces spectres constitue un indicateur pertinent non seulement de la distribution des caractères morphologiques des plantes, mais également, de manière probable, de leurs caractères physiologiques. En effet, les types biologiques sont fortement influencés par les conditions du milieu : ainsi, la dominance d'un type sur les autres permet de caractériser la formation végétale et d'en déduire des informations sur les contraintes

écologiques locales. Cette physionomie végétale, reflet direct des conditions environnementales (climat, sol, perturbations), est donc intimement liée au spectre biologique. Dans le cadre de cette étude, le dénombrement des types biologiques a été réalisé sur l'ensemble des espèces inventoriées dans chaque station, afin d'en établir une lecture écologique précise.

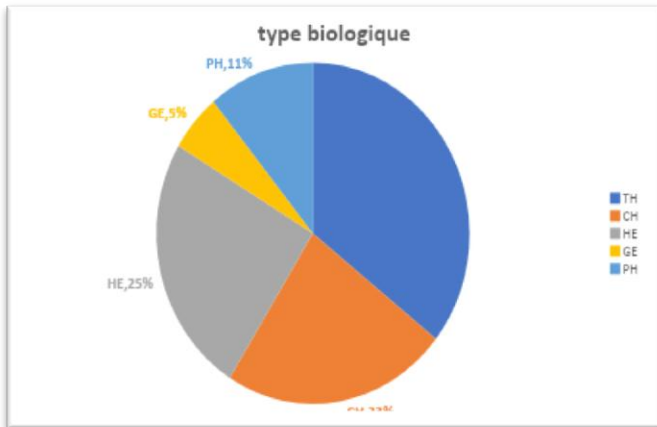


Fig.17 : Pourcentage des types biologiques de la station de Sidi El Djilali.

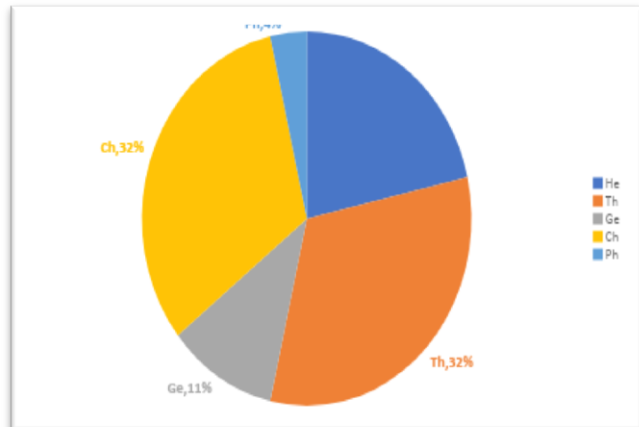


Fig 18. Pourcentage des types biologiques de la station de Béni saf

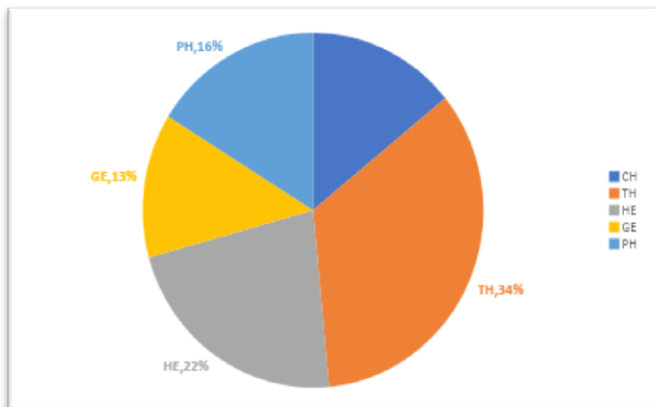


Fig 19. Pourcentage des types biologiques de la station Zarifet

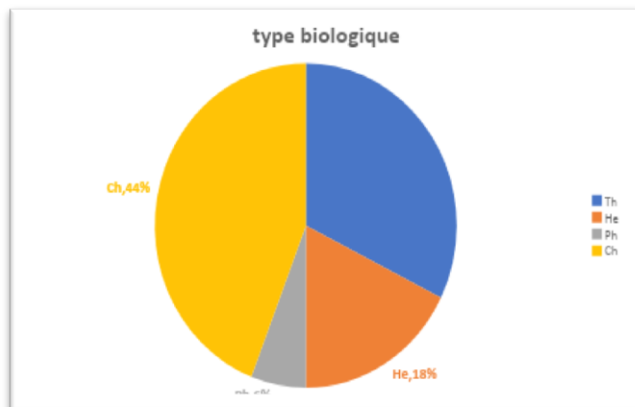


Fig 20. Pourcentage des types biologiques d'El Aricha

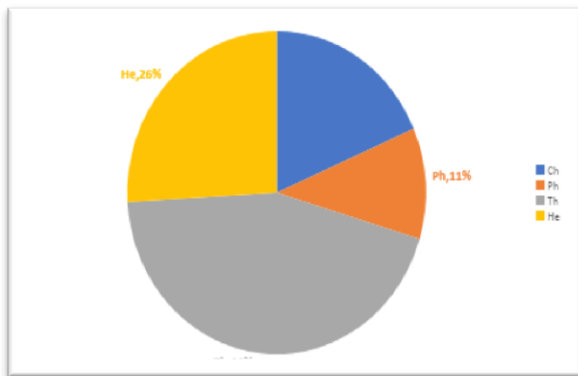


Fig 21. Pourcentage des types biologiques de la station d'El Amir Abdelkader

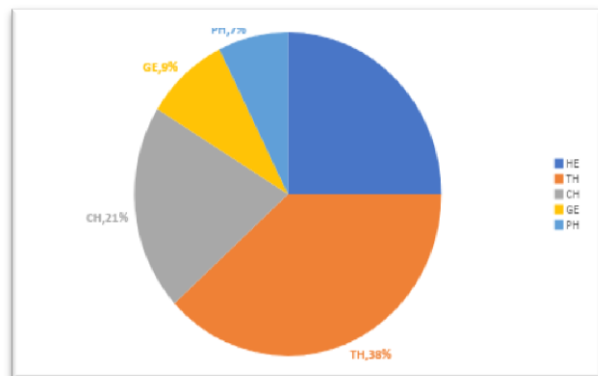


Fig 22. Pourcentage des types biologiques de Ghazaouet

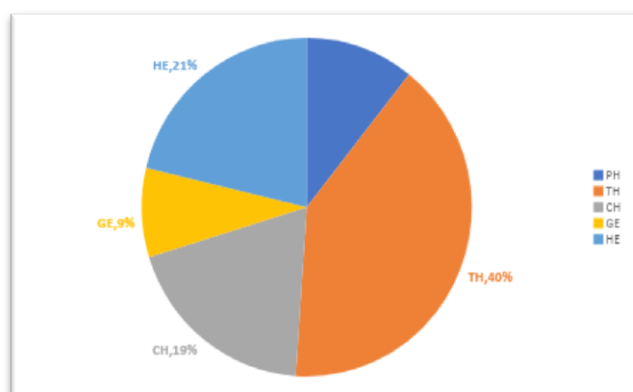


Fig 23. Pourcentage des Types biologiques de la station de Remchi

La répartition des types biologiques au sein du cortège floristique de la station de Béni Saf (Rechgoune) met en évidence une nette dominance des thérophytes (TH), suivis des hémicryptophytes (HE), puis des chaméphytes (CH), phanérophytes (PH) et enfin des géophytes (GE).

Ce schéma de type TH > HE > CH > PH > GE est caractéristique des zones à climat méditerranéen, où les conditions de sécheresse estivale et les perturbations anthropiques favorisent les formes annuelles à cycle court. La forte proportion de thérophytes reflète une flore pionnière et opportuniste, adaptée aux milieux ouverts et instables, tandis que la présence des autres types témoigne d'une certaine diversité écologique et de microhabitats variés au sein de la station.

Types biologiques du cortège floristique de la station de Zarifet

L'analyse de la distribution des types biologiques dans la station de Zarifet révèle une dominance marquée des thérophytes (TH), suivis des hémicryptophytes (HE), des phanérophytes (pH), des chaméphytes (CH) et des géophytes (GE).

Types biologiques du cortège floristique de la station de Aricha

L'analyse des types biologiques a été effectuée sur l'ensemble des espèces recensées dans la station d'Aricha. La répartition observée met en évidence une dominance des chaméphytes (CH), suivis des thérophytes (TH), des hémicryptophytes (HE) et enfin des phanérophytes (pH). Cette composition biologique reflète une végétation adaptée à des conditions écologiques relativement contraignantes

Types biologiques du cortège floristique de la station d'El Amir Abdelkader

L'analyse des types biologiques a été réalisée sur l'ensemble des espèces inventoriées dans la station d'Abdelkader. La répartition observée suit l'ordre suivant : thérophytes (TH) > phanérophytes (pH) > chaméphytes (CH) > géophytes (GE). Cette dominance des thérophytes traduit une végétation majoritairement constituée d'espèces annuelles, bien adaptées aux variations climatiques et aux perturbations

Types biologiques du cortège floristique de la station de Ghazaouet

Les types biologiques, fortement influencés par les conditions environnementales locales, jouent un rôle déterminant dans la caractérisation des formations végétales. Dans la station de Ghazaouet, les espèces ont été classées selon leur type biologique sur l'ensemble du cortège recensé. La répartition obtenue suit le schéma suivant : thérophytes (TH) > hémicryptophytes (HE) > chaméphytes (CH) > phanérophytes (pH).

Types biologiques du cortège floristique de la station de Ramchi

L'inventaire des espèces de la station de Ramchi a permis une classification selon les types biologiques, sur la base de l'ensemble des espèces recensées. La répartition observée suit le schéma suivant : thérophytes (TH) > hémicryptophytes (HE) > chaméphytes (CH) > phanérophytes (pH) > géophytes (GE).

La prédominance des thérophytes reflète un milieu soumis à des conditions écologiques instables, souvent perturbées par les facteurs climatiques (sécheresse, forte insolation) ou les activités anthropiques. Ce résultat est en accord avec les observations de Daget (1980), qui souligne que les thérophytes représentent souvent plus de 50 % de la flore dans les régions méditerranéennes, en raison de leur cycle de vie court leur permettant d'échapper aux périodes défavorables.

La présence notable d'hémicryptophytes et de chaméphytes témoigne d'une certaine résilience écologique, ces formes étant adaptées à des conditions plus stables. Selon Raunkiaer (1934), la composition biologique d'une flore reflète les caractéristiques climatiques et édaphiques du milieu, les hémicryptophytes étant typiques des zones semi-arides et tempérées, tandis que les chaméphytes indiquent des adaptations aux microclimats locaux ou à la faible disponibilité en eau.

Les Chamaephytes sont mieux adaptées à la sécheresse plus que les Phanérophytes ; elles sont plus xérophiles, et généralement, elles produisent beaucoup de graines. (Bouazza et Benabadji, 2002).

Selon Benabadji, (1995) le pâturage favorise l'installation d'une manière globale les Chamaephytes souvent refusés par le troupeau.

Cette répartition va dans le même sens que celle que Floret *et al.*, (1978) ont décrit, en accord avec Raunkiaer (1934) et Orshan *et al.*, (1985), et qui considèrent les Chamaephytes comme étant mieux adaptées aux basses températures et à l'aridité.

Selon Koechlin (1961) les types biologiques constituent des indices de la stratégie de vie des espèces.

Dans la station de Ghazaouet on l'absence de géophytes d'après Daget (1980) souligne que les géophytes sont sensibles aux perturbations mécaniques du sol (labour, piétinement, érosion), car leurs organes de survie étant enfouis dans le sol, toute perturbation de la couche superficielle peut compromettre leur développement. Ainsi, dans des stations fortement soumises à l'activité humaine ou à l'érosion, leur représentation est souvent réduite, voire absente.

Selon Quézel (1985), les géophytes sont souvent localisées dans des biotopes spécifiques comme les bas-fonds humides ou les zones ombragées, peu présents dans les paysages ouverts et secs où dominent les thérophytes. Par ailleurs, leur absence peut aussi refléter une stratégie de survie moins compétitive face aux espèces annuelles opportunistes (thérophytes), mieux adaptées à exploiter rapidement les ressources disponibles après les pluies.

Enfin, La faible proportion des phanérophytes (pH), qui regroupent les espèces ligneuses de grande taille telles que les arbres et grands arbustes, s'explique généralement par des conditions climatiques défavorables et une forte pression anthropique.

Selon Daget (1980), les phanérophytes sont très sensibles aux conditions hydriques, car leur port élevé implique des besoins importants en eau pour maintenir leur structure végétative. Leur développement est donc restreint dans les stations exposées à un stress hydrique prolongé, où les espèces herbacées annuelles ou les vivaces basses sont plus compétitives. Comme le souligne Le Houérou (1980), dans de nombreuses zones du Maghreb, la dégradation des forêts et des maquis a conduit à une régression marquée des espèces arbustives et arborées, au profit d'un cortège floristique dominé par les formes herbacées annuelles ou vivaces de faible taille.

Caractérisations morphologiques

(Gadrot, 1999), (Romane, 1987) in (Dahmani-Megrerouche, 1997) mettent en évidence l'existence d'une bonne corrélation entre les types biologiques et de nombreux caractères morphologiques.

L'état de la physionomie d'une formation végétale peut se définir par la dominance et l'absence des espèces à différents types morphologiques. La forte dégradation agit sur la régénération des espèces. La non- régénération des vivaces entraîne ainsi des modifications qui donnent des parcours non résilients, et entraîne aussi du changement dans la production potentielle et la composition botanique (Wilson, 1986).

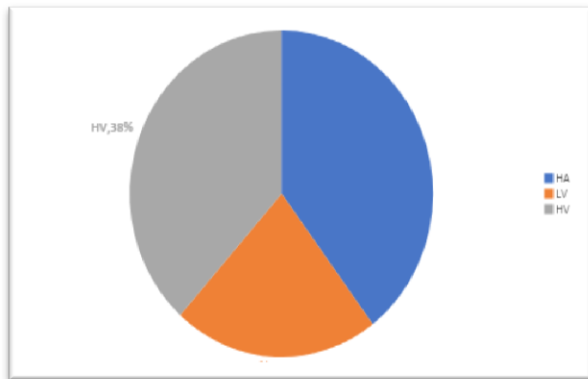


Fig. Pourcentage des types morphologiques de la station de Sid el Djilali

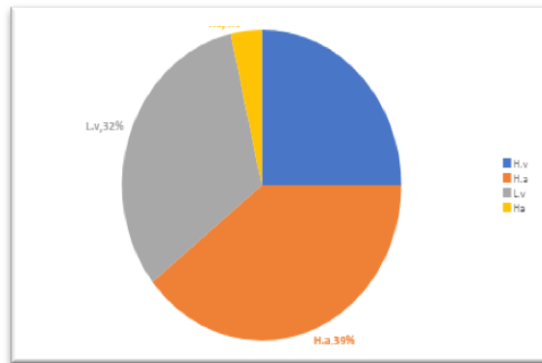


fig. Pourcentage des types morphologiques de la station de Béni saf

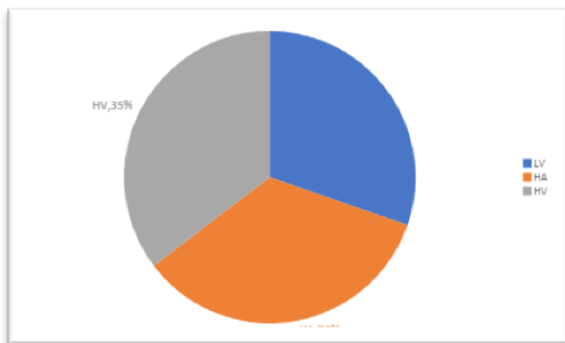


Fig. Pourcentage des types morphologiques De la station de Zarifet

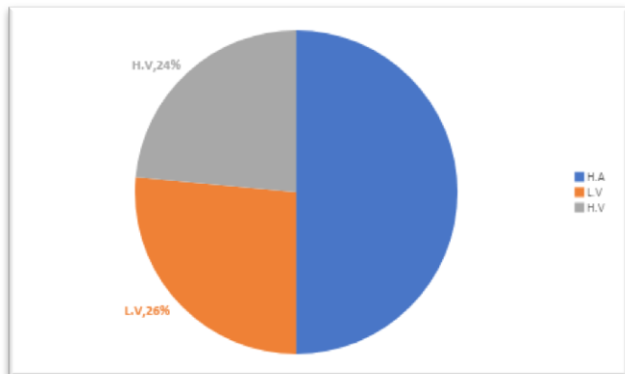


Fig. Pourcentage des types morphologiques de la station d'El Aricha

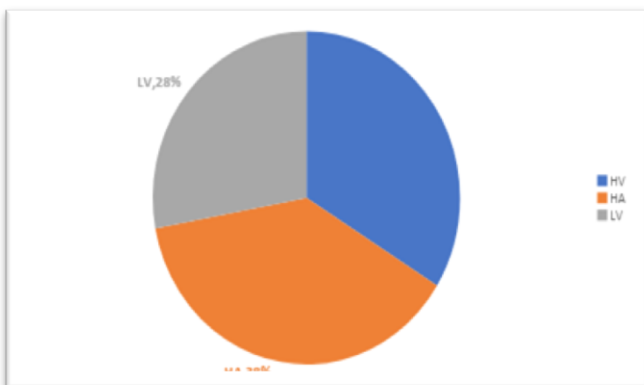


Fig. Pourcentage des types morphologiques de la station de Ghazaouat

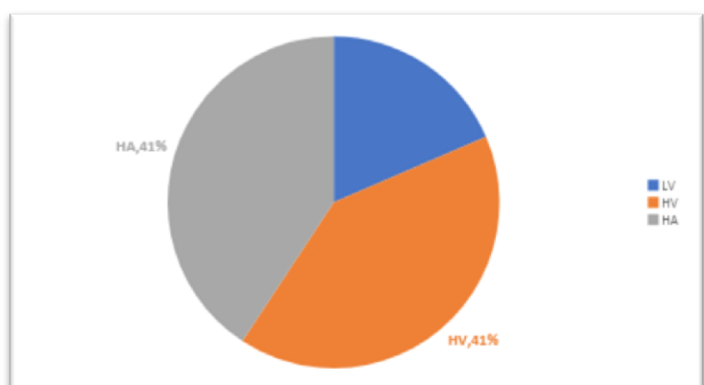


Fig. Pourcentage des types morphologiques d'El Amir Abdelkader

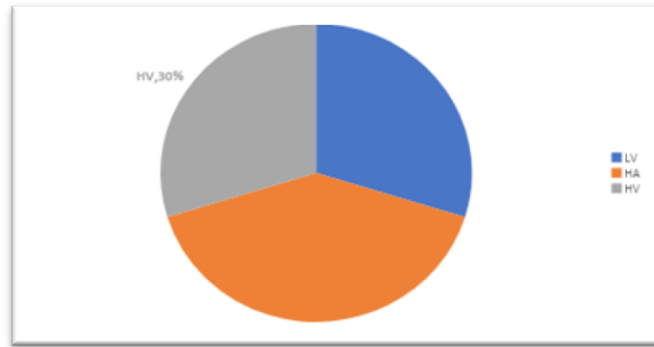


Fig. Pourcentage des types morphologiques
de la station de Remchi

▪ **Station de Sidi El Djilali**

Dans cette station, les herbacées vivaces dominent avec 58 %, suivies des herbacées annuelles (40 %), tandis que les ligneux vivaces sont faiblement représentés (22 %).

▪ **Station de Béni-Saf**

Dans cette station, les herbacées annuelles dominent avec un pourcentage de 39 %, suivies des ligneux vivaces (32 %), tandis que les herbacées vivaces sont très faiblement représentées avec seulement 4 %.

▪ **Station de Zarifat**

Cette station présente une distribution relativement équilibrée entre les trois types : herbacées vivaces (35 %), herbacées annuelles (34 %), et ligneux vivaces (31 %).

▪ **Station d'El Aricha**

On note une prédominance nette des herbacées annuelles (50 %), suivies des ligneux vivaces (26 %), puis des herbacées vivaces (24 %).

▪ **Station d'El Amir Abdelkader**

Dans cette station, on a la dominance des herbacées annuelles (38 %), suivies des herbacées vivaces (31 %), tandis que les ligneux vivaces sont moins représentés (21 %).

▪ **Station de Ghazaouet**

Les herbacées annuelles et vivaces sont à égalité (41 % chacune), tandis que les ligneux vivaces restent peu représentés (18 %).

▪ **Station de Remchi**

Cette station est caractérisée par la dominance des herbacées annuelles (40 %), suivies des herbacées vivaces (30 %) et des ligneux vivaces (30 %).

L'analyse des types morphologiques au sein des sept stations étudiées révèle une prédominance marquée des herbacées annuelles, notamment dans les stations de Béni Saf, Aricha, Abdelkader, Ghazaouet et Ramchi.

Dans la majorité des stations (Béni Saf, Aricha, Abdelkader, Ghazaouet, Ramchi), les herbacées annuelles dominent. Ce type de végétation est typique des milieux perturbés, souvent exposés au pâturage intense, aux sécheresses saisonnières, ou à des sols pauvres, comme le soulignent Quézel et Médail (2003). Ces espèces ont un cycle de vie court et s'adaptent facilement aux variations climatiques interannuelles.

Dans certaines stations comme Sidi El Djilali et Zarifat, la forte proportion des herbacées vivaces peut refléter une meilleure stabilité écologique, ou une moindre pression anthropique. Les vivaces indiquent souvent un état de régénération plus avancé ou un sol plus profond et structuré (Pignatti, 1994).

De manière générale, les ligneux (arbustes et petits arbres) sont minoritaires, sauf dans quelques stations comme Zarifat (31 %) ou Béni Saf (32 %). Leur faible présence peut être liée à la dégradation de la végétation climacique, probablement due à des activités humaines, au déboisement ou à un climat semi-aride défavorable à leur régénération naturelle (Le Houérou, 2001).

Les stations de Zarifat et Ghazaouet montrent une répartition équilibrée entre les types morphologiques, ce qui pourrait refléter une diversité écologique plus stable ou moins de perturbations récentes.

Enfin, les ligneux vivaces sont globalement sous-représentés dans l'ensemble des stations, à l'exception de quelques sites comme Zarifat ou Béni Saf. Leur faible abondance reflète probablement une dégradation progressive de la végétation climacique, liée à une exploitation excessive du milieu et à une insuffisance de régénération naturelle dans un contexte écologique contraignant (Quézel, 1978 ; Le Houérou, 2001).

Ainsi, la distribution des types morphologiques étudiés permet de dresser un diagnostic écologique global des stations, révélant différents niveaux de dégradation et de résilience des écosystèmes végétaux face aux pressions naturelles et anthropiques.

Caractérisations biogéographiques :

La biogéographie se définit comme étant l'étude et la compréhension de la répartition des organismes vivants à la lumière des facteurs et processus présents et passés (Hengeveld, 1990).

L'étude phytogéographie constitue également un véritable modèle pour interpréter les phénomènes de régression (Olivier *et al*, 1995). Pour Quézel (1991), une étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité.

L'analyse biogéographique des flores actuelles est susceptible de fournir de précieux renseignements sur les modalités de leur mise en place, en particulier à la lumière des données paléohistorique de nombreux travaux consacrés à cette question signalons tout particulier

parmi les plus récents (Walter et Siraka, 1970), (Axelrod, 1973), (Axelrod et Raven, 1978), (Pignati, 1978) et (Quézel, 1978 ;1985 ; 1995).

La répartition des taxons inventoriés est déterminée à partir de la flore de l'Algérie et des régions désertiques et méridionales de Quézel et Santa (1962-1963) et la flore du Sahara Ozenda, (1977).

Les figures suivantes illustrent la répartition phytogéographique des types morphologiques dans les sept stations étudiées.

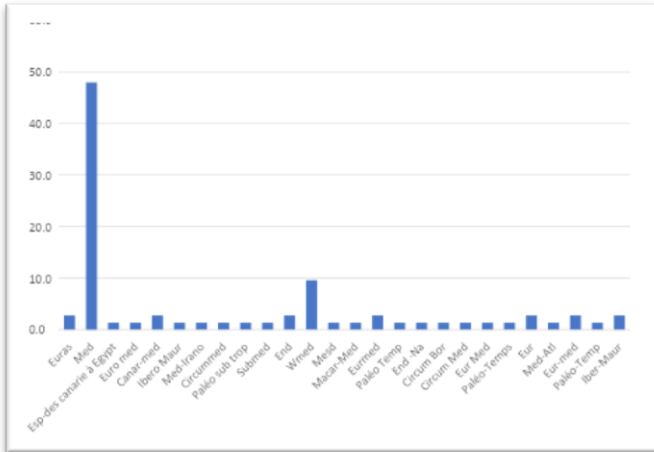


Fig31 . Pourcentage des types biogéographiques de Sid El Djilali

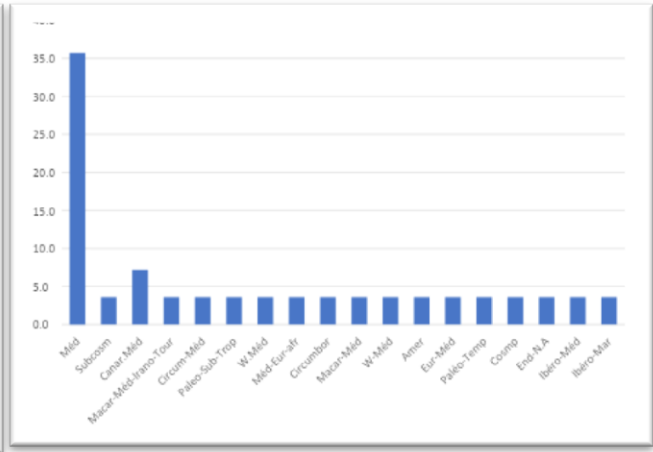


Fig 32. Pourcentage des Types biogéographiques de Béni saf

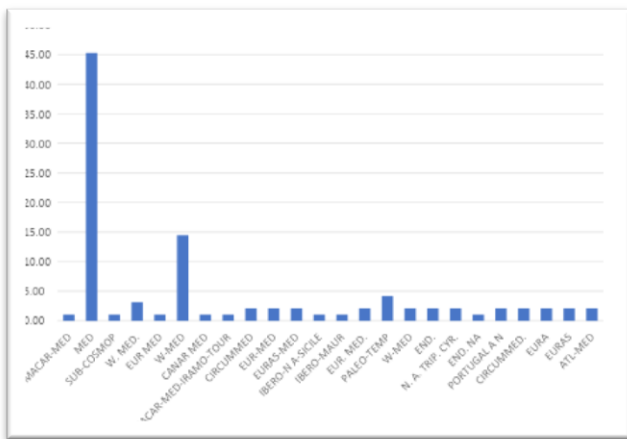


Fig 33. Pourcentage des types biogéographiques de Zarifat.

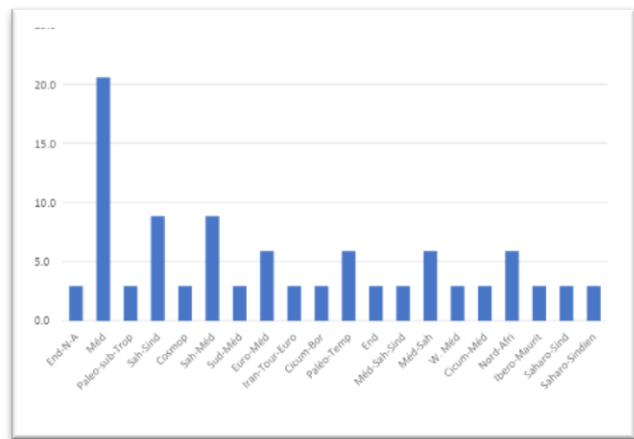


Fig 34. Pourcentage des types biogéographiques D'El Aricha

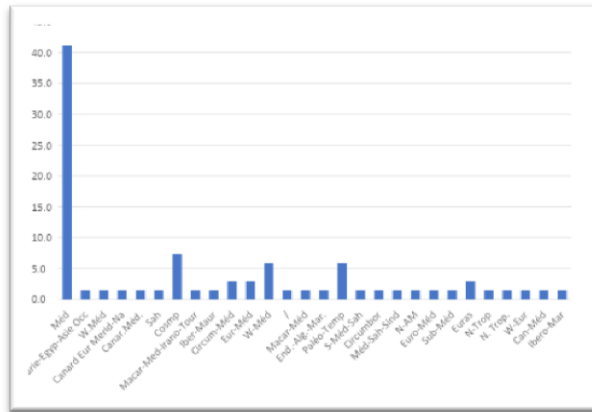
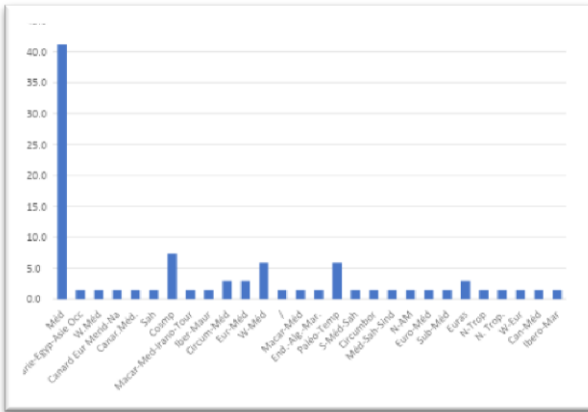


Fig 35. Pourcentage des types biogéographiques D'El Amir Abdelkader **Fig 36. Pourcentage des types biogéographiques de Ghazaouat**

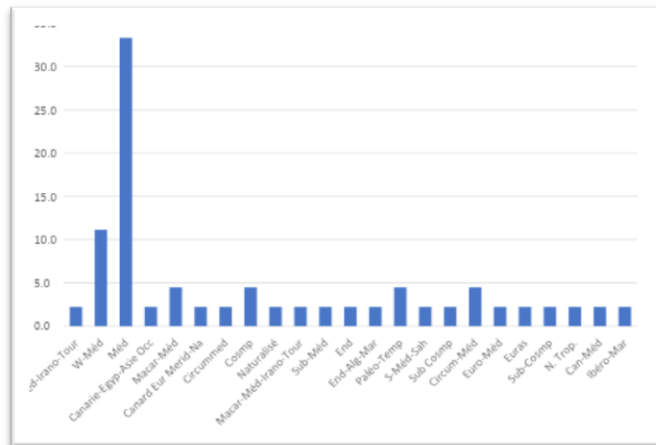


Fig.37 Pourcentage des types biogéographiques de Remchi

Station de Sid El Djilali

Comme l'illustre la figure ci-dessus, la station de Sidi El Djilali se caractérise par une dominance marquée des espèces de type biogéographique méditerranéen, représentant 47,9 % du cortège floristique. Ce groupe est suivi par les espèces à affinité ouest-méditerranéenne (W-Med) avec 9,6 %, tandis que les autres types biogéographiques restent faiblement représentés.

Station de Béni Saf

Comme l'illustre la figure ci-dessus, la station de Béni Saf se caractérise par une dominance des espèces de type biogéographique méditerranéen (35 %), suivies par celles du type canaréo-méditerranéen (Canar-Méd) avec 7 %. Les autres éléments biogéographiques sont faiblement représentés.

Station de Zarifat

La figure ci-dessus montre que la station de Zarifat est dominée par les espèces de type méditerranéen (45 %), suivies par celles du type ouest-méditerranéen (W-Méd) avec 14,43 %. Les autres types biogéographiques présentent des pourcentages nettement moindres.

Station d'El Aricha

Comme le montre la figure ci-dessus, la station de El Aricha présente une prépondérance des espèces méditerranéennes (20,6 %), suivies par celles du type saharo-sindien et saharo-méditerranéen (8,8 %). Les autres types biogéographiques restent relativement peu représentés.

Station d'El Amir Abdelkader

L'illustration ci-dessus indique que la station de Amir Abdelkader est dominée par les espèces de type méditerranéen (41,2 %), suivies du type cosmopolite (7,4 %), puis des types ouest-méditerranéen et paléo-tempéré (5,9 % chacun). Les autres éléments biogéographiques apparaissent en faibles proportions.

Station de Ghazaouet

La figure ci-dessus met en évidence que la station de Ghazaouet présente une prédominance des espèces méditerranéennes (18,5 %), suivies par les types eurasiatique et cosmopolite (7,4 %). Les autres groupes biogéographiques y sont peu fréquents.

Station de Remchi

Selon la figure ci-dessus, la station de Remchi est majoritairement composée d'espèces méditerranéennes (33,3 %), suivies du type ouest-méditerranéen (W-Méd) (11,11 %) et du type eurasiatique-méditerranéen (Eur-Méd) avec 4 %. Les autres types sont très faiblement représentés.

L'analyse biogéographique des cortèges floristiques dans les différentes stations montre une forte dominance des espèces de type méditerranéen, en particulier dans les stations de Sidi El Djilali (47,9 %), Zarifat (45 %), Abdelkader (41,2 %) et Béni Saf (35 %). Cette prépondérance témoigne de l'appartenance de ces territoires à la région bioclimatique méditerranéenne, où les conditions climatiques (été sec, hiver doux et pluvieux) favorisent le développement d'un important réservoir floristique endémique ou sub-endémique à ce bassin (Quézel, 1978 ; Médail & Quézel, 1999).

Le type ouest-méditerranéen (W-Méd), bien représenté à Zarifat (14,43 %) et Ramchi (11,11 %), traduit un ancrage floristique localisé, caractéristique du Maghreb occidental. Ces types biogéographiques restreints soulignent l'importance de ces zones pour la conservation d'espèces à répartition étroite, souvent vulnérables (Benhouhou et al., 2011).

Les types saharo-sindiens et saharo-méditerranéens, présents notamment à El Aricha, indiquent une influence continentale et aride, révélatrice d'un gradient écologique vers des zones plus sèches. De telles espèces sont typiquement adaptées à des conditions climatiques

extrêmes, ce qui suggère une transition floristique entre milieux méditerranéens et steppiques (Le Houérou, 1995).

Les éléments cosmopolites, eurasiatiques ou paléo-tempérés, faiblement représentés (moins de 10 % dans toutes les stations), traduisent la présence d'espèces généralistes ou relictuelles. Leur faible fréquence renforce l'idée que la flore locale reste largement structurée par des facteurs climatiques et géographiques régionaux, plutôt que par des migrations floristiques plus larges (Pignatti, 1994).

Caractérisation écologique

À partir des relevés phytoécologiques effectués sur les sept stations d'étude, nous avons calculé les indices de biodiversité de Shannon, de Simpson ainsi que l'équitabilité de Shannon. Ces indices offrent une lecture quantitative de la diversité floristique, reflétant le niveau de stabilité et de perturbation écologique de chaque station.

Indices Eco-biologique

Richesse spécifique (S) :

$$S = sp1 + sp2 + \dots + spn$$

S : richesse spécifique ; **sp** : les espèces végétales observées (Ramade, 2003).

Indice de Shannon –Wiener (H') :

Selon (Blondel, 1979 ; Frontier, 1983 ; Ramade, 2003) :

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

H' : Indice de Shannon –Wiener ; **pi** : le nombre d'individus.

- **L'indice de SHANNON WAEVER et l'équitabilité :**

L'indice de SHANNON WAEVER : est un indice de diversité peut se traduire à l'aide d'un seul nombre, la richesse spécifique d'une part et l'abondance relative d'autre part, reflète l'équilibre dynamique de la biocénose (Dajoz, 1974). Un indice de diversité élevé correspond à des conditions de milieu favorable permettant l'installation de nombreuses espèces, chacune étant représentée par un petit nombre d'individus. Un indice de diversité faible traduit des conditions de vie défavorable, le milieu étant pourvu de peu d'espèces mais chacune d'elles ayant en général de nombreux individus.

À partir des relevés phytoécologiques réalisés, nous avons calculé les indices éco-biologiques pour les sept stations étudiées. Les valeurs obtenues sont présentées dans le tableau et la figure ci-dessous.

L'indice de diversité spécifique de Shannon-Wiener est d'autant plus élevé que la richesse taxonomique est importante et que les individus sont répartis de manière équilibrée entre les espèces. À l'inverse, un peuplement peu diversifié, caractérisé par la dominance de quelques espèces, se traduit par une valeur plus faible de cet indice.

Tableau 10. Résultats de l'indice de SHANNON WAEVER

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7
Indice de Shannon	2,70026467	2,72	3,38	2,62	2,98	4,73	2,51

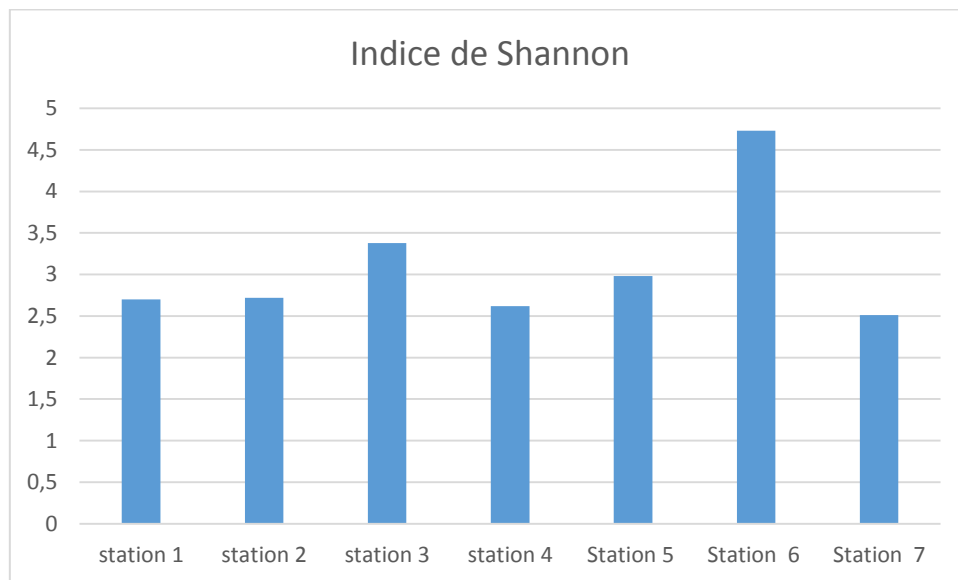


Fig38. Comparaison du pourcentage de l'indice de Shannon dans les sept stations

Le diagramme met en évidence les valeurs de l'indice de diversité de Shannon pour sept sites d'échantillonnage. Cet indice permet de quantifier la diversité spécifique d'un écosystème en tenant compte à la fois du nombre total d'espèces (richesse spécifique) et de leur abondance relative.

La station 1 présente un indice d'environ 2,7, indiquant une diversité modérée. Selon Whittaker (1972), une telle valeur reflète une richesse spécifique moyenne et une répartition relativement équilibrée des espèces.

La station 2, avec une valeur équivalente (~2,7), traduit une situation écologique similaire. La station 3 atteint environ 3,4, ce qui, d'après Margalef (1974), est caractéristique d'une communauté floristique plus diversifiée et stable.

La station 4 montre un indice de 2,6, proche des stations 1 et 2, suggérant une diversité comparable.

La station 5, avec un indice de 3,0, révèle une diversité relativement importante, traduisant un

écosystème plus structuré (Odum, 1971).

La station 6 enregistre la valeur la plus élevée (~4,7), illustrant une forte diversité spécifique. Un tel indice est généralement observé dans les habitats riches, peu perturbés et écologiquement stables (Magurran, 2004).

Enfin, la station 7 affiche la valeur la plus faible (~2,5), ce qui pourrait témoigner d'un déséquilibre floristique, soit par dominance d'un petit nombre d'espèces, soit par des conditions environnementales défavorables (Pielou, 1975).

- **Indice de Simpson**

L'indice de Simpson définit la probabilité que deux sous-unités de taille égale d'un paysage, choisies au hasard, appartiennent à des types de couvert végétal différents.

Formulation

$$L = \frac{\sum_{i=1}^S n_i \cdot (n_i - 1)}{N \cdot (N - 1)}$$

- ❖ Pi= proportion d'individus d'espèce (pi=ni/N).
- ❖ ni= nombre d'individus de l'espèce i.
- ❖ N= nombre totale d'individus.
- ❖ S= le nombre total de la liste d'espèce.

Tableau. 11 : Résultats de l'indice de Simpson

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7
Indice de Simpson	0,888	0,920	0,946	0,897	0,921	0,826	0,8777

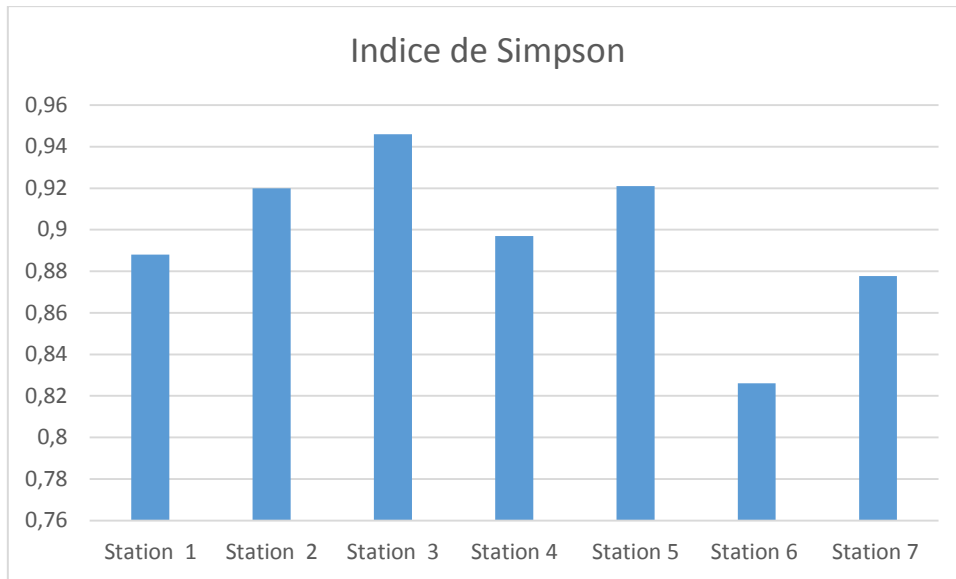


Fig 49. Comparaison du pourcentage de l'indice de Simpson dans les sept stations

La figure ci-dessus illustre la variation de l'indice de Simpson dans les sept stations étudiées. Cet indice permet d'évaluer la diversité spécifique en tenant compte de la richesse en espèces et de l'abondance relative des individus. Plus sa valeur est proche de 1, plus la diversité est élevée.

- Station 1 enregistre une valeur de 0,888, ce qui traduit une diversité spécifique relativement élevée, bien que légèrement inférieure à celle observée dans d'autres stations. Cela indique une communauté végétale assez équilibrée.
- Station 2 présente un indice de 0,920, signalant une diversité importante et une répartition relativement homogène des espèces. Cette valeur reflète un écosystème floristique stable et bien structuré.
- Station 3, avec une valeur de 0,946, affiche la plus forte diversité parmi toutes les stations. Cette situation suggère un milieu écologique favorable où la compétition interspécifique est équilibrée.
- Station 4 atteint une valeur de 0,897, indiquant une bonne diversité, légèrement inférieure à celle des stations 2, 3 et 5. La communauté végétale y est bien représentée.
- Station 5 montre une valeur de 0,921, très proche de celle de la station 2, soulignant une diversité spécifique élevée et une bonne répartition des individus entre les espèces.
- Station 6 se distingue par la valeur la plus faible de 0,826, traduisant une diversité spécifique réduite.
- Enfin, Station 7 présente une valeur de 0,8777, comparable à celle de la Station 1. Cette station montre une diversité modérée, suggérant une structure végétale relativement équilibrée.

Les résultats obtenus à partir de l'indice de Simpson montrent une diversité spécifique variable selon les stations. Ce type de variation est fréquemment observé dans les études de végétation et peut s'expliquer par divers facteurs tels que la nature du sol, le climat, le degré

de perturbation anthropique ou encore la disponibilité des ressources (Whittaker, 1972 ; Magurran, 2004).

La station 3, qui présente la valeur la plus élevée (0,946), indique une structure floristique équilibrée avec une forte richesse spécifique. Selon Magurran (2004), des indices proches de 1 sont typiques des communautés stables, peu perturbées, et caractérisées par une forte hétérogénéité environnementale favorisant la coexistence d'un grand nombre d'espèces.

Les stations 2 et 5, avec des indices de 0,920 et 0,921 respectivement, confirment également une bonne diversité, comme le soulignent Krebs (1999) et Begon et al. (2006), pour qui une telle diversité reflète des habitats écologiquement riches, offrant des niches multiples à la flore.

En revanche, la station 6, avec un indice plus faible (0,826), suggère une dominance d'une ou de quelques espèces. D'après Odum (1983), une faible diversité floristique est souvent associée à des milieux instables ou fortement perturbés, où certaines espèces opportunistes ou pionnières prennent le dessus.

La présence d'une diversité modérée dans les stations 1, 4 et 7 pourrait être attribuée à une transition écologique ou à un gradient environnemental, phénomène bien documenté par Grime (1979) qui montre que les communautés végétales se situant entre milieux perturbés et stables présentent souvent une diversité moyenne, reflet d'un équilibre dynamique entre compétition et colonisation.

- **Équitabilité de PIELOU**

L'équitabilité de Pielou (E) correspond au rapport entre la diversité obtenue et la diversité maximale. Il exprime la régularité ou l'équitable répartition des individus au sein des espèces. Il est donné par la formule :

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

L'équitabilité est faible lorsque $E_q < 0,6$, moyenne quand E_q est compris entre 0,6 et 0,8 et élevée si $E_q \geq 0,8$. Si E est faible (Djogo j., *et al*, 2012).

Tableau.12 : Résultats de l'indice de Piélou

	station 1	station 2	station 3	station 4	station 5	station 6	station 7
Indice de Pielou (J)	0,83	0,94	1,00	0,87	0,87	0,84	0,85

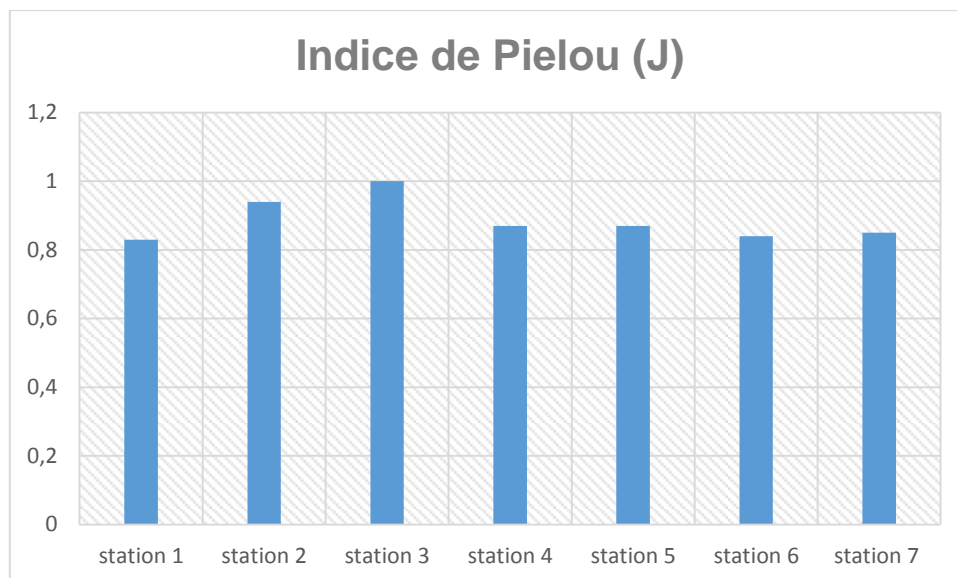


Fig 40. Pourcentage de l'indice de Piélu dans les sept stations

L'indice d'équidistribution de Pielou (J) permet d'évaluer l'uniformité de la répartition des individus entre les espèces d'une communauté. Sa valeur varie entre 0 (forte dominance d'une espèce) et 1 (répartition parfaitement équitable). Les valeurs obtenues pour les sept stations indiquent globalement une bonne équidistribution, avec quelques variations notables.

La station 3 présente un indice de 1,00, signalant une uniformité parfaite dans la répartition des individus entre les espèces. Cette situation est rare et traduit une communauté extrêmement équilibrée.

La station 2 suit de près avec un indice de 0,94, témoignant également d'une structure floristique très homogène.

Les stations 4 et 5, avec une valeur identique de 0,87, ainsi que la station 1 (0,83) et la station 7 (0,85), présentent une bonne équidistribution, avec une légère dominance de certaines espèces, mais sans déséquilibre majeur.

La station 6, avec un indice de 0,84, se situe dans la même gamme, bien qu'un peu en retrait par rapport aux stations les plus équilibrées.

Ces résultats indiquent que toutes les stations présentent une diversité relativement bien répartie, ce qui témoigne d'une stabilité écologique globale. Cependant, la station 3 se distingue nettement par sa structure floristique parfaitement équilibrée, tandis que la station 1 affiche l'équidistribution la plus faible du groupe, bien que toujours satisfaisante selon les critères écologiques (Magurran, 2004 ; Pielou, 1975).

- **Indice de perturbation**

L'importance de l'indice de perturbation est directement liée à la dominance des thérophytes, qui trouvent dans cet environnement des conditions propices à leur développement, reflétant ainsi un milieu plus ouvert. Cet indice met en évidence la thérophytisation de la zone, résultant d'un processus de steppisation, considéré comme le stade ultime de la dégradation des écosystèmes variés, avec une prévalence d'espèces sub-nitrophiles dues au surpâturage

(Barbero et *al.*, 1990). En 1993, Loisel et ses collaborateurs confirment que le calcul de l'indice de perturbation permet de quantifier ce phénomène de thérophytisation d'un milieu. Il est exprimé par la formule suivante :

$$I_p = \frac{\text{Nbre des Th} + \text{Nbre des Ch}}{\text{Nbre totale}}$$

- **IP** = Indice de perturbation.
- **N.CH** = Nombre des chamaephytes.
- **N.TH** = Nombre des thérophytes.
- **N. Totale** = Nombre totale des espèces rencontrées.

Tableau 13 : Résultats de l'indice de Perturbation

	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4	Station 5	Station 6	Station 7
Indice de perturbation	36	32,13	34,33	32,4	38,2	44,44	40,43

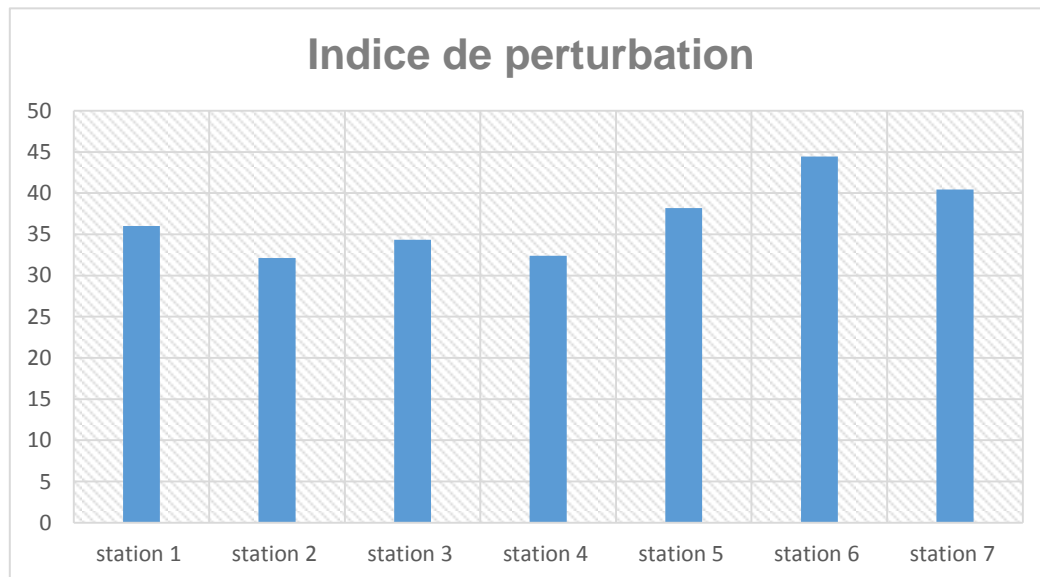


Fig 41 : Pourcentage de l'indice de perturbation dans les sept stations

La figure montre les valeurs de l'indice de perturbation mesurées dans les sept stations. Cet indice permet d'évaluer l'impact des facteurs perturbateurs (pression anthropique, pâturage, etc.) sur la communauté végétale. Plus l'indice est élevé, plus la station est perturbée.

Stations 1, 3 et 4 affichent des valeurs intermédiaires (~33 à 36), ce qui indique des perturbations modérées. Ces stations semblent soumises à une pression anthropique moins intense ou mieux régulée.

Station 2 montre la valeur la plus basse (~32), traduisant un niveau de perturbation relativement faible, ce qui peut expliquer en partie sa bonne diversité floristique (indice de Simpson élevé).

Station 5 enregistre un indice élevé (~38), ce qui peut affecter sa richesse floristique si les perturbations persistent ou s'intensifient.

Station 6 présente la valeur la plus élevée (~45), indiquant un niveau de perturbation très fort. Cela confirme les observations faites précédemment concernant sa faible diversité floristique (cf. indice de Simpson), probablement due à la dominance d'espèces rudérales ou pionnières favorisées par les perturbations (Odum, 1983).

Station 7 suit avec une valeur également élevée (~40), suggérant une pression perturbatrice importante, bien que légèrement inférieure à celle de la station 6.

On observe une relation inverse générale entre l'indice de perturbation et la diversité spécifique : les stations les plus perturbées (station 6 en particulier) présentent une diversité réduite, tandis que les stations les moins perturbées (comme la station 2) montrent une structure floristique plus riche et équilibrée.

Cette observation rejoint les travaux de Grime (1979) et Odum (1983), selon lesquels une perturbation excessive tend à réduire la diversité spécifique en favorisant les espèces compétitives ou tolérantes, au détriment des espèces plus sensibles.

Conclusion

L'analyse comparative des sept stations révèle une dominance nette des Astéracées et des Poacées, familles caractéristiques des milieux ouverts méditerranéens. Cette tendance floristique est accompagnée d'une forte représentation des thérophytes, suivis généralement des hémicryptophytes, traduisant une flore majoritairement composée d'herbacées annuelles et vivaces, bien adaptées aux conditions climatiques arides et aux perturbations du milieu.

L'étude floristique menée dans les différentes stations a permis de dégager des tendances marquées aussi bien sur le plan biologique, morphologique que biogéographique. Sur le plan morphologique, la dominance des herbacées annuelles dans la majorité des stations traduit des milieux soumis à des perturbations écologiques, telles que le pâturage, la sécheresse ou les activités humaines. Ces espèces, à cycle court, colonisent facilement les sols dégradés. Toutefois, dans certaines stations comme Zarifat et Sidi El Djilali, la part plus importante des herbacées vivaces témoigne d'un état végétatif plus stable, souvent associé à des conditions écologiques moins perturbées. Le faible pourcentage des ligneux vivaces dans la plupart des stations peut être interprété comme un indicateur de régression des formations arbustives et arborées.

D'un point de vue biogéographique, la forte représentation des espèces à affinité méditerranéenne dans l'ensemble des stations confirme l'appartenance de la région étudiée au domaine biogéographique méditerranéen. Cette dominance reflète les conditions climatiques locales, marquées par des étés secs et des hivers doux.

L'analyse comparative de l'indice de Simpson met en évidence une hétérogénéité de la diversité floristique entre les stations. Les stations 3, 2 et 5 se démarquent par leur forte diversité, tandis que la station 6 présente une diversité plus faible, probablement en lien avec des facteurs écologiques ou anthropiques défavorables.

L'analyse de l'indice de perturbation révèle une variabilité notable entre les stations étudiées. Les stations 6 et 7 se distinguent par des niveaux de perturbation élevés, probablement dus à des pressions anthropiques marquées (pâturage intensif, fréquentation humaine...), ce qui pourrait expliquer leur diversité floristique relativement faible. À l'inverse, la station 2, faiblement perturbée, présente une structure végétale plus équilibrée et diversifiée.

Ces résultats mettent en évidence l'impact direct des perturbations sur la composition et la dynamique des communautés végétales. Une gestion durable des milieux naturels et la réduction des pressions anthropiques s'avèrent ainsi essentielles pour préserver la diversité spécifique et maintenir l'équilibre écologique des stations.

Conclusion

Générale

Dans ce contexte, l'étude de *Calliptamus barbarus* à travers une approche combinant données bioclimatiques et caractéristiques floristiques permet de mieux cerner les conditions écologiques favorables à sa présence. Elle s'inscrit dans une perspective de compréhension fine des interactions entre climat, végétation et faune dans des milieux contrastés, allant des zones littorales aux steppes internes de la région de Tlemcen.

L'étude bioclimatique des sept stations situées dans la région de Tlemcen met en évidence une variabilité climatique marquée, traduisant une transition progressive du climat subhumide au climat aride à mesure que l'on se déplace du nord vers le sud. Cette hétérogénéité est clairement illustrée par les valeurs de l'indice de Q d'Emberger, qui permet de caractériser chaque station selon son étage bioclimatique méditerranéen.

Cette étude met en lumière le rôle fondamental des paramètres climatiques dans la structuration des paysages végétaux. La connaissance des étages bioclimatiques permet non seulement de mieux comprendre la répartition écologique des espèces, mais aussi de proposer des mesures de gestion adaptées pour la conservation de la flore, en tenant compte de la vulnérabilité croissante des milieux secs face aux changements climatiques et aux pressions anthropiques.

L'analyse floristique comparative des sept stations a révélé une dominance marquée des familles des Astéracées et des Poacées, caractéristiques des milieux ouverts méditerranéens. Cette composition floristique traduit une végétation bien adaptée aux conditions climatiques arides et à une forte pression anthropique.

La flore des stations étudiées est majoritairement composée de thérophytes et d'hémicryptophytes, reflétant une dominance d'herbacées annuelles et vivaces, caractéristiques des milieux instables et perturbés. Toutefois, dans certaines stations comme Zarifat et Sidi El Djilali, la présence plus marquée d'herbacées vivaces suggère des conditions écologiques plus stables.

Sur le plan biogéographique, la flore est majoritairement composée d'espèces méditerranéennes, confirmant l'appartenance de la zone au domaine biogéographique méditerranéen, avec des espèces bien adaptées aux étés secs et aux hivers doux.

L'analyse des indices de diversité (Simpson) et de perturbation a mis en évidence une variabilité importante entre les stations. Certaines (stations 2, 3 et 5) se distinguent par une forte diversité spécifique et une perturbation modérée, alors que d'autres, comme les stations 6 et 7, présentent une diversité plus faible, probablement liée à une perturbation accrue.

Dans l'ensemble, ces résultats montrent clairement que la composition floristique et la diversité végétale des stations sont étroitement liées aux conditions écologiques locales et au degré de perturbation.

Par conséquent, cette étude souligne non seulement la nécessité de préserver la diversité floristique, mais également l'importance de maintenir des habitats fonctionnels pour assurer la coexistence durable de la flore et de la faune. Une gestion écologique intégrée, fondée sur la réduction des pressions anthropiques et la restauration des écosystèmes dégradés, s'impose comme une priorité pour garantir l'équilibre et la pérennité du patrimoine naturel local.

Et pour conclure, l'analyse phytoécologique des stations étudiées révèle que *Calliptamus barbarus* montre une nette préférence pour les habitats riches en espèces thérophytiques. Ces espèces annuelles,

adaptées aux conditions climatiques sèches et aux perturbations, dominant la végétation dans les milieux ouverts, steppiques ou perturbés, offrant ainsi un environnement favorable au développement de *C. barbarus*. Leur cycle de vie rapide, synchronisé avec les périodes de disponibilité en ressources, semble coïncider avec les exigences écologiques de ce criquet. Cette affinité traduit la capacité de *C. barbarus* à s'adapter à des milieux à végétation éphémère, confirmant son opportunisme écologique et orientant l'identification de ses habitats préférentiels vers les stations à forte dominance thérophytique.

Références

Bibliographiques

1. **Anonyme** (1981). Rôle écologique de l'humidité atmosphérique. Publication technique, ONM Algérie.
2. **Babali, N.** (2014). Influence du vent sur la répartition de la végétation. Mémoire de Magister, Université de Béchar.
3. **Bagnouls, F. & Gaussen, H.** (1956). Saison sèche et diagrammes ombrothermiques. *CNRS, Toulouse*.
4. **Barbéro, M. & Quézel, P.** (1984). *Fluctuations climatiques en zones montagneuses méditerranéennes. Écologie Méditerranéenne*, 10(1), 55–78.
5. **Beaumont, J. & Cassier, P.** (1998). Morphologie céphalique de *Calliptamus barbarus*. *Acta Zoologica*, 79(3), 257–267.
6. **Bellmann, H. & Luquet, G.** (1995). *Guide des sauterelles, grillons et criquets d'Europe occidentale*. Delachaux et Niestlé, Paris. **383 p.**
7. **Benabderrahmane, M.** (2007). *Écologie des zones steppiques d'Aricha*. Mémoire de Magister, Université de Béchar.
8. **Benkenana, N.** (2006). *Étude de la morphologie des ailes chez les Orthoptères*. Mémoire de Magister, Université de Constantine. **~150 p.**
9. **Benslama, M. & Mederbal, K.** (2011). Structure écologique de Ghazaouet. *Revue du CNDRB*, 8(1), 91–102.
10. **Benzara, H.** (2004). *Structure génitale de Calliptamus barbarus*. Mémoire de Magister, Université de Tlemcen. **134 p.**
11. **Boitier, E.** (2007). *Les Orthoptères de France*. Bulletin de la Société Entomologique de France.
12. **Boukhatem, M.L., Djelid, R., & Belhamra, M.** (2012). Caractérisation de la station de Sidi Djilali. *Revue Agro Biotech*, 2(3), 14–25.
13. **Bouterfas, M., Harhoura, K., & Hadj-Mahammed, M.** (2005). Milieu agricole de Remchi. *Revue d'Agronomie*, 25(4), 215–228.
14. **Chaabane, S.** (1993). *Étude des gradients pluviométriques en Algérie*. Thèse de doctorat, Université d'Alger.
15. **Chanet, B.** (2010). *Structure de la tête des criquets*. Thèse de doctorat, Université de Montpellier.
16. **Chelbi, B. & Aidoud, A.** (2000). Étude de la végétation à Zarifet. *Sécheresse*, 11(1), 37–42.
17. **Chopard, L.** (1943). *Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord*. Faune de l'Empire Français, Larose, Paris. **450 p.**
18. **Christophe, D.** (2001). *Classification des Orthoptères*. Document universitaire non publié, **Université algérienne**.
19. **COPR** (1982). *The Locust and Grasshopper Agricultural Manual*. Centre for Overseas Pest Research, London. **690 p.**
20. **Dajoz, R.** (1982). *Écologie générale*. Dunod, Paris. **719 p.**
21. **De Martonne, E.** (1926). L'indice d'aridité. *Annales de Géographie*, 35(192), 449–458.
22. **Desprez-Loustau, M. L., Robin, C., Buee, M., Courtecuisse, R., Garbaye, J., Suffert, F., Sache, I., & Rizzo, D. M.** (2006). The fungal dimension of biological invasions. *Trends in Ecology & Evolution*, **22**(9), 472–480. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.04.005>
23. **Djebaili, A.** (1978). *Précipitations et distribution floristique en Algérie*. OPU, Alger.
24. **Djebaili, A.** (1984). *Évaluation thermique des écosystèmes algériens*. Office des Publications Universitaires.
25. **Doumandji, S. & Doumandji-Mitiche, B.** (1994). *Les Caelifères de l'Algérie*. Publication universitaire, Institut Agronomique, Alger.

26. **Dreux, P.** (1980). *Écologie alimentaire des Orthoptères*. Travaux du CNRS, Paris.
27. **Durantou, J.F., Lecoq, M. & Mestre, J.** (1982). *La lutte antiacridienne en zone sahélienne*. CIRAD, Montpellier.
28. **Emberger, L.** (1952). Le quotient pluviothermique. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 99(3–4), 262–268.
29. **Emberger, L.** (1955). Une classification bioclimatique des climats. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 240, 1891–1893.
30. **Gwynne, D.T.** (1995). The evolution of parental care in insects. *Annual Review of Entomology*, 40, 145–173.
31. **Haag-Wackernagel, D., & Moch, H.** (2004). Health hazards posed by feral pigeons. *Journal of Infection*, 48(4), 307–313.
<https://doi.org/10.1016/j.jinf.2003.11.002>
32. **Hammouche, S.** (2022). *Rôle des précipitations dans la répartition de la végétation en milieu méditerranéen*. Mémoire de Master, Université de Tlemcen.
33. **Harrat, A. & Petit, D.** (2009). Diapause embryonnaire chez des espèces sahariennes. *Actes de la Société Entomologique Algérienne*, 2, 33–45.
34. **Harrat, A., Benslama, M., & Petit, D.** (2008). La diapause embryonnaire chez les Orthoptères tropicaux. *Journal of Orthoptera Research*, 17(1), 55–60.
35. **Jago, N.D.** (1963). Systematics and ecology of West African grasshoppers. *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, Entomology, 13(5), 183–278.
36. **Jannone, G.** (1939). Étude sur la morphologie des œufs de *Dociostaurus marocanus*. *Bulletin biologique France–Belgique*, 24(3), 135–164.
37. **Kunz, T. H., de Torrez, E. B., Bauer, D., Lobova, T., & Fleming, T. H.** (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223, 1–38. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x>
38. **Kevan, D.K.M.** (1989). *Orthoptera and their ecological significance*. Springer-Verlag.
39. **Medjahdi, B., Rebbas, K., & Messaoudene, M.** (2010). Station forestière El Amir Abdelkader. *Revue des Forêts Méditerranéennes*, 31(2), 112–120.
40. **Mestre, J.** (1988). *Anatomie comparée des Orthoptères*. Mémoire de recherche, Université de Montpellier.
41. **Nouar, A., Benslama, M., & Mehdadi, Z.** (2013). Dynamique de la station de Beni Saf. *Revue Sciences & Technologie*, 18(2), 67–79.
42. **Omar, S.** (2022). *Climat et bioclimatologie*. Mémoire de Master, Université de Tlemcen.
43. **Ould El Hadj, M.D.** (2001). *Régime alimentaire des Orthoptères dans le Sud-Ouest algérien*. Mémoire de Magister, Université de Béchar.
44. **Peguy, C.** (1970). *Température et écosystèmes végétaux*. Publications de Météo-France.
45. **Popov, G.B., Lecoq, M. & Bennaceur, A.** (1990). *Egg morphology in grasshoppers*. FAO Technical Bulletin No. 67.
46. **Quézel, P.** (1976). *Les forêts méditerranéennes*. CNRS Éditions, Paris. 302 p.
47. **Raccaud-Schoeller, J.** (1980). *Biologie et écologie des arthropodes*. Masson, Paris. 216 p.
48. **Rata, F.** (2022). *Relations entre climat et êtres vivants*. Université d'Oran.
49. **Ripert, C.** (2007). *Étude anatomique de la région abdominale des Acrididés*. Thèse de doctorat, Université de Lyon.
50. **Rivas-Martínez, S.** (2007). *Bioclimatología y clasificación de la vegetación*. *Itinera Geobotanica*, 20, 5–33.
51. **Skouri, A.** (1994). *Effets des systèmes météorologiques sur la végétation méditerranéenne*. Thèse de doctorat, Université de Constantine.
52. **Stewart, J.** (1969). Révision du quotient d'Emberger. *Météorologie et Climat*, 6(2), 45–52.
53. **Symmons, P. & Cressman, K.** (2001). *Desert Locust Guidelines* (Vol. 1–4). FAO, Rome.

54. **Thomas, M.** (2017). Behavioral ecology of *Locusta migratoria*. *Entomological Review*, 97(5), 432–446.
55. **Uvarov, B.P.** (1966). *Grasshoppers and Locusts: A Handbook of General Acridology* (Vol. 1). Cambridge University Press. **481 p.**
56. **Wilson, D. E., & Reeder, D. M. (Eds.)**. (2005). *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference* (3rd ed.). Baltimore: Johns Hopkins University Press.
57. **Whelan, C. J., Wenny, D. G., & Marquis, R. J.** (2008). Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **1134**, 25–60. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>

Site Web:

<https://lemagdesanimaux.ouest-france.fr/article-99-animaux-ravageurs-qui-sont-ils-le-top-5.html>

