République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
Université Dr. Yahia Farès de Médéa
Faculté des Sciences



Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

En Sciences de la nature et de la vie

Spécialité :Ecologie

Par:

ROUBEHIE Walid

MEDHJADJI Nour el houda

Thème :

Réponses des traits fonctionnels des Feuilles aux Changement d'altitude dans la Forêt de TAMESGUIDA MEDEA ; implication pour la dynamique des écosystèmes

Soutenue publiquement le 23/06/2024

Devant le jury composé de :

Mme. GHALEM. N	**Grade : MCB**	Etablissement	Examinatrice
Mme. HAMZA. I	**Grade : MCB**	Etablissement	Présidente
Mr. AIT MOUHEB. H	**Grade : MCB**	Etablissement	Encadrant

Année universitaire 2023/2024



“Change is the only constant in Nature”

Heraclitus, Vème siècle avant J-

dédicace

Je dédie ce modeste travail premier à mes chers parents

ce mémoire est le fruit de votre amour et votre soutien

indéfectible

Mes parents vous m'avez toujours encouragé à poursuivre

mes rêves et à donner le meilleur de moi-même

À mes belles sœurs SOUMIA NAZIHA et AYA vous avez toujours

Eté là pour moi , pour me consoler dans les moments

difficiles Et pour Célébrer mes réussites

À mon cousin NIHAD pour votre soutien

À mon directeur de mémoire monsieur AIT MOUHEB HOCINE Pour

votre enseignement précieux et votre soutien constant

Je suis reconnaissant d'avoir eu la chance d'être votre étudiant

À tous mes amies spécialement YOUCEF et MOHAMED

À mon binôme NOUR EL HOUDA pour tout son travail et tout sacrifice

Et à tous ceux qui aiment le bon travail et ne reculent

pas devant les obstacles de la vie

ROUBEHIE WALID

DÉDICACE

Je dédie ce travail :

A la lumière de ma vie maman, ton amour éclaire chacun de mes jours, et cette réussite est le reflet de ta bienveillance infinie. Merci pour être ma boussole et ma source constante d'inspiration."

A l'homme de ma vie mon cher papa, cette réussite est le fruit de notre lien indéfectible, que dieu te garde pour nous.

A mon cher frère : ZAKARIA

A ma chère sœur : nafissa et ses enfants (AYA et RAZAN et MOHAMED) et son mari REDHA

A ma chère tante : AICHA

A mon directeur de recherche monsieur AIT MOUHEB HOCINE merci pour votre soutien indéfectible, vos conseils et votre expertise ont été les fondations de cette réussite.

A Mon binôme : ROUBEHIE WALID pour tout son travail et tout sacrifice

A Mes copines : FERIEL et CHAHLA

A tous mes collègues de la promotion 2023_ 2024

MEDJADJI NOUR EL HOUDA

Remerciement

Voilà une page qui se tourne après une aventure scientifique ..pleines de surprises

nous tenons à remercier tout d'abord ALLAH le tout puissant qui m'assiste de réaliser ce travail

nous remercions particulièrement notre directeur de mémoire, monsieur Ait Moheb Hocine (docteur en écologie végétal et l'environnement) , pour ses conseils avisés, sa disponibilité, son soutien constant et inestimable ont été d'une importance capitale pour la réussite de notre projet de recherche . Sa rigueur et sa passion pour le sujet m'ont permis de progresser tout au long de ce travail.

*Notre profonde reconnaissances et notre très haute considération aux membres du jury, [**Mme. HAMZA. I et Mme. GHALEM. N**], pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail et pour leurs remarques constructives.*

*nos remerciements s'adressent également à nos professeurs [**Mme Hamza Imen**], **[Mr Belhadj] [Mme Khoudir Samia], [Mr Ait hamouda] ,[Mme Bouderbala Rachida]** et tout nos enseignants qui nous ont enseigné depuis deuxième année jusqu'a master 2 ,nous sommes fier d'avoir été formés par des enseignants compétents comme vous nous tenons à remercier les occupants du coin sacré ! de l'équipe de master 2 écologie, ce fut un plaisir de vous rencontrer .vous avez vraiment rendu cette année spécial et unique .*

Résumé :

La présente étude examine les adaptations des traits fonctionnels des plantes face aux gradients altitudinaux dans la région de TAMESGUIDA, située dans la province de MEDEA. Cette zone se distingue par sa diversité végétale exceptionnelle et ses formations pré forestières. L'objectif de l'étude était d'examiner les variations des caractéristiques physiologiques et morphologiques des espèces végétales entre 556 et 1391 mètres d'altitude, avec des prélèvements effectués sur les versants Nord et Sud en avril 2024. L'échantillonnage a concerné 81 espèces réparties sur six stations. Les paramètres étudiés incluaient la surface foliaire, la surface foliaire spécifique (SFS), la teneur en matière sèche des feuilles, l'activité chlorophyllienne et azotée, ainsi que des mesures de longueur, largeur, périmètre des feuilles, diamètre et hauteur des plantes. Les résultats ont montré une augmentation notable de la Surface Foliaire Spécifique (SFS) avec l'altitude, reflétant une adaptation des plantes pour optimiser la photosynthèse et minimiser la perte d'eau dans un environnement montagneux. Des variations significatives de la longueur des feuilles ont été notées spécifiquement chez les plantes annuelles, illustrant des adaptations précisément ajustées au cycle de vie. Par ailleurs, des variations importantes en termes de hauteur et de poids sec des feuilles ont été observées chez les géophytes et les hémicryptophytes, en réponse à des conditions climatiques difficiles et à la compétition pour la lumière en haute altitude. Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a révélé que les adaptations des plantes varient selon les facteurs écologiques et biologiques, impactant significativement la SFS et la morphologie foliaire via la première composante principale (PC1), tandis que la deuxième composante (PC2) a démontré des adaptations liées à des facteurs tels que le stress hydrique. Ces découvertes sont essentielles pour la conservation des espèces montagnardes et pour comprendre comment les communautés végétales répondent aux changements climatiques. Pour approfondir ces résultats, il est recommandé de mener des recherches futures sur les bases génétiques des traits adaptatifs et d'élargir ces études à d'autres régions à travers des analyses longitudinales.

Mots-clés : foret de TAMESGUIDA, traits fonctionnels, adaptations altitudinales, conservation des espèces, changements environnementaux, corrélation.

Abstract :

This study examines the adaptations of plant functional traits in response to altitudinal gradients in the TAMESGUIDA region, located in the MEDEA province. This area is distinguished by its exceptional plant diversity and pre-forest formations. The objective of the study was to examine the variations in physiological and morphological characteristics of plant species between 556 and 1391 meters in altitude, with samples collected from the northern and southern slopes in April 2024. The sampling involved 81 species distributed across six stations. The parameters studied included leaf area, specific leaf area (SLA), leaf dry matter content, chlorophyll and nitrogen activity, as well as measurements of leaf length, width, perimeter, plant diameter, and height. The results showed a notable increase in Specific Leaf Area (SLA) with altitude, reflecting an adaptation of plants to optimize photosynthesis and minimize water loss in a mountainous environment. Significant variations in leaf length were noted specifically in annual plants, illustrating adaptations precisely adjusted to their life cycle. Furthermore, significant variations in terms of height and dry weight of leaves were observed in geophytes and hemicryptophytes, in response to harsh climatic conditions and competition for light at high altitudes. A Principal Component Analysis (PCA) revealed that plant adaptations vary according to ecological and biological factors, significantly impacting SLA and leaf morphology via the first principal component (PC1), while the second component (PC2) demonstrated adaptations related to factors such as water stress. These findings are essential for the conservation of mountain species and for understanding how plant communities respond to climate change. To further these results, it is recommended to conduct future research on the genetic bases of adaptive traits and to expand these studies to other regions through longitudinal analyses

Keywords: TAMESGUIDA forest , functional traits, altitudinal adaptations, species conservation, environmental changes , correlation.

ملخص:

تدرس هذه الدراسة تكيّفات الخصائص الوظيفية للنباتات استجابةً للتدرجات الإرتفاعية في منطقة تامسقيدة، الواقعة في محافظة المدية. تتميز هذه المنطقة بتنوعها النباتي الاستثنائي وتشكيلاتها ما قبل الغابات. كان الهدف من الدراسة هو فحص التغيرات في الخصائص الفسيولوجية والمورفولوجية لأنواع النباتات بين 556 و1391 مترًا فوق مستوى سطح البحر، مع جمع العينات من المنحدرات الشمالية والجنوبية في أبريل 2024. شمل أخذ العينات 81 نوعًا موزعة على ست محطات. تضمنت المعايير المدروسة مساحة الورقة، والمساحة الورقية المحددة(SLA) ، ومحتوى المادة الجافة في الأوراق، والنشاط الكلوروفيلّي والنيتروجيني ، بالإضافة إلى قياسات طول الورقة وعرضها ومحيطها وقطر النبات وارتفاعه. أظهرت النتائج زيادة ملحوظة في المساحة الورقية المحددة (SLA) مع الارتفاع، مما يعكس تكيف النباتات لتحسين عملية التمثيل الضوئي وتقليل فقدان الماء في بيئة جبلية. لوحظت تغيرات كبيرة في طول الأوراق، خاصة في النباتات السنوية، مما يوضح تكيّفات محددة تتوافق مع دورة حياتها. علاوة على ذلك، لوحظت تغيرات كبيرة في ارتفاع ووزن الأوراق الجافة لدى النباتات الجذرية والنباتات النصف جذرية، استجابةً للظروف المناخية القاسية والتنافس على الضوء في الارتفاعات العالية. أظهر تحليل المكونات الرئيسية (PCA) أن تكيفات النباتات تتغير وفقًا للعوامل البيئية والبيولوجية، مما يؤثر بشكل كبير على المساحة الورقية المحددة (SLA) والمورفولوجيا الورقية عبر المكون الرئيسي الأول(PC1) ، بينما أظهر المكون الثاني (PC2) تكيّفات مرتبطة بعوامل مثل الإجهاد المائي. تعتبر هذه النتائج أساسية لحفظ الأنواع الجبلية وفهم كيفية استجابة المجتمعات النباتية للتغيرات المناخية. لتعميق هذه النتائج، يُوصى بإجراء بحوث مستقبلية حول الأسس الجينية للصفات التكيفية وتوسيع هذه الدراسات لتشمل مناطق أخرى من خلال تحليلات طولية.

الكلمات المفتاحية :غابة تامسقيدة، الخصائص الوظيفية، التكيفات الارتفاعية، حفظ الأنواع، التغيرات البيئية، الإرتباط

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1: Les points chauds de la biodiversité végétale de la région méditerranéenne(d'après Médail et Quézel, 1997)……01
Figure 2: Situation administrative de la commune de Tamezguida (HALFAOUI 2017) ……07

Figure 03 : Régime pluviométrique saisonniers (Halfaoui, 2017)……11

Figure 04 : Diagrammes ombrothermique de BAGNOLS et GAUSSEN de la région de Tamesguida……13

Figure 05 : Climagramme d'emberger de la région Tibhirine pour l'année 2007-2016 (O.N.M., 2019) ……15

Chapitre 2

Figure 06 : Classification des types biologiques de Raunkiaer……21

Figure 07 : balance électronique……23

Figure 08 : pétiole……...23

Figure 09 : l'étuve……23

Figure 10 : illustre quelques types de liaison qui peuvent exister entre ces deux Variables……26

Chapitre 3

Figure 11 : corrélation de Pearson entre SLA et le gradient altitudinal...30

Figure 12 : corrélation de Pearson entre la longueur (cm) et le gradient altitudinal (m) selon cycle de vie……....31

Figure 13 : corrélation de Pearson entre la hauteur (m) et le gradient altitudinal selon la forme de vie……...32

Figure 14 : corrélation de Pearson entre poids secs (mg) et le gradient altitudinal selon la forme de vie……..33

Figure 15 : corrélation de Pearson entre SLA et le gradient altitudinal selon la forme de vie ……34

Figure 16 : variation des moyennes de hauteur (m) des groupes des échantillons en fonction de l'altitude (m)……..35

Figure 17 : variation des moyennes de poids frais des groupes des échantillons en fonction de l'altitude ……36

Figure 18 : variation des moyennes de SLA des groupes des échantillons en fonction de l'altitude……37

Figure 19 : variation des moyennes de hauteur (m) des groupes des échantillons en fonction de l'altitude selon exposition……..38

Figure 20 : variation des moyennes de largueur en fonction de l'altitude selon exposition……39

Figure 21 : variation des moyennes de poids frais en fonction de l'altitude selon exposition……40

Figure 22 : variation des moyennes du LDMC en fonction de l'altitude selon exposition……...…….41

Figure 23 : variation des moyennes de périmètre en fonction de l'altitude selon exposition…….42

figure 24 : représente biplot qui montre les deux premières composantes principales……43

Liste des tableaux

Chapitre 1

Tableau 01 : Moyennes mensuelle et annuelles des précipitations de la région tamezguida (2007-2016) ……06

Tableau 02 : régime saisonnier précipitation de station de tamesguida…07

Tableau 03 : Moyennes des températures mensuelles de la région de Tamesguida (2007-2016) ……09

Tableau 04 : Etages bioclimatiques selon Emberger (1952)……12

Chapitre 2

Tableau 05 : Echelle Modifiedscale of Braun-Blanquet

(LeBourgeois,1993)…… 18

Liste Des Abréviations

LA: **L**eaf **A**rea

LDMC: **L**eaf **D**ry **M**atter **C**ontent

M : Température Maximale Des Mois Les Plus Chauds

m : Température Minimale Des Mois Les Plus Froids.

MM : **M**illimètre

MED : Méditerranéen

ONM : L'**O**ffice **N**ational De **M**étéorologie

PNC : Parc **N**ational De **C**hréa

P : **P**récipitation

Q2 : Quotient Pluviothermique d'Emberger

SLA : Specific **L**eaf **A**rea

T : Température

HPAE : Hiver, printemps ,Automne, Eté

SOMMAIRE

Dédicaces

Remerciement

Résumé

Liste Des Tableaux

Liste Des Figures

Liste Des Abréviations

Introduction Générale

Chapitre 1 : présentation de la zone d'étude

I.1.Introduction……..6

I.2. La situation administrative et géographique de la zone d'étude……7

I.3. appartenance phytogéographie de la zone……..8

I.4. Géologie……..……... 8

I.5. Géomorphologie…….……8

I.6. Pédologie……8

I.7. Climat…….……8

I.7. 1. Source Des Données Climatique……..9

I.7.2. Pluviosité…….9

I.7.2.1.Pluviosité Moyenne Mensuelle Annuelle……..…….9

I.7.2.2. Régimes Saisonniers……10

I.7.2. Température……..……11

I.7.4. synthèse climatique…….12

I.7.4.1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953)…….12

I.7.4.2. le Quotient pluviothermique d'Emberger…….…...13

Chapitre 2 : méthodologie générale

II.1. Méthodologie……..17

II.1.1. Prospection sur le terrain……...17

II.1.1.1. Choix de terrain……..17

II.1.1.2. Echantillonnage…….17

II.1.2. Caractérisation des différentes espèces végétales…….18

II.1.2.1. aire minimale ……18

II.1.2.2. relève phytoécologique……..……18

II.1.2.3. Caractérisation floristique…….…….. 18

II.1.2.4. Caractérisation biologique……..……19

II.1.3. protocoles de mesure des traits de feuilles…….…….. 21

II.1.3.1. Les traits physiologiques et morphologique…….……...21

II.1.3.2. protocoles de mesure……..……22

II.1.4. Analyse statistique……24

II.1.4.1. Analyse d'annova……...24

II.1.4.2. Analyse de corrélation……25

II.1.4.3. Analyse de ACP ..…….26

Chapitre 3 : résultats et discussions

III. Résultats……..……..…..30

III.1. Variation des Traits Fonctionnels en Fonction de l'Altitude ……30

III.1.1. analyses statistique de corrélation……..…30

III.1.1.1.Surface Foliaire Spécifique (SLA) et Altitud……..……..30

III.1.1.2. Longueur des Feuilles et Altitude par Cycle de Vie……....31

III.1.1.3.Influence de l'Altitude sur la Hauteur et le Poids Sec par Forme de Vie……...33

III.1.1.4.Variation du SLA en Fonction de la Forme de Vie et de l'Altitude.....34

III.1.2. Analyses de Variance (ANOVA) des Traits Fonctionnels par Altitude et Exposition……..…….……..35

III.1.2.1. Effet de l'Altitude sur la Hauteur par Station…….……...35

III.1.2.2. Effet de l'Altitude sur le Poids Frais par Station……..36

III.1.2.3. Effet de l'Altitude sur la Surface Foliaire Spécifique (SLA) par Station……37

III.1.2.4. Hauteur des Plantes par Exposition et Altitude……..……38

III.1.2.5. Largeur des Feuilles par Exposition et Altitude……..39

III.1.2.6. Poids Frais des Feuilles par Exposition et Altitude…….40

III.1.2.7. LDMC par Exposition et Altitude…….41

III.1.2.8. Périmètre des feuilles des Plantes par Exposition et Altitude…42

III.1.3.Résultats de l'Analyse en Composantes Principales (ACP)…..…43

III.1.3.1. Distribution des Traits Fonctionnels et Variations Altitudinales.....43

III.1.3.2. Biplots de l'ACP……44

III.2. Discussion……..……45

III.2.1. Adaptations des Traits Fonctionnels à l'Altitude……..…..45

III.2.2.Rôle de l'Exposition et de l'Altitude sur les Traits Fonctionnels…….

……...……46

III.2.3.Distribution des Traits Fonctionnels et Variations Altitudinales…….**……...……**46

III.2.4. Implications pour la Conservation et la Gestion des Écosystèmes de Montagne…….……..47

III.2.5. Limites Techniques et Biais Potentiels……..……..48

Conclusion générale…….……52

Références bibliographique ……..……54

Annexe …….60

Introduction générale

Introduction générale

Les forêts sont universellement reconnues comme les poumons du notre planète grâce a leur multiples services ecosystemiques indispensables qui offrent a l'homme tel que la réserve d'oxygène , stockage de CO_2 et la fourniture de bois. L'importance des forêts est encore soulignée par leur étendue considérable, représentant environ 30% de la surface terrestre selon les estimations de la **FAO** donc les arbres et les écosystèmes forestiers jouent un rôle vital dans les moyens de subsistance des populations humaines ainsi que dans le bon fonctionnement des écosystèmes.

Par ailleurs, les forêts abritent une diversité biologique exceptionnelle, en particulier dans la région méditerranéenne, reconnue comme l'un des hot-spots de la biodiversité végétale. Les écosystèmes forestiers de cette région sont une précieuse réserve de variété biologique et de ressources génétiques, abritant de nombreuses espèces endémiques et fournissant des habitats essentiels à de nombreuses formes de vie (**Myers et al., 2000).**

L'exploration de la flore dans la région méditerranéenne est très intéressante en raison de sa diversité liée à divers facteurs historiques, géographiques, climatiques, écologiques et géologiques, ainsi que de l'influence à long terme de l'activité humaine sur ces écosystèmes (**Quézel et al., 1980).** Cependant, au cours de la dernière décennie, ces écosystèmes forestiers ont été confrontés à une série de défis majeurs, parmi lesquels le changement climatique se distingue particulièrement. Ce phénomène s'est traduit par une augmentation alarmante des incendies, une élévation incroyable de la température, des perturbations saisonnières et une augmentation significative de la fréquence et de l'intensité des épisodes de sécheresse.

La région de TAMESGUIDA dans la wilaya de MEDEA constitue en effet un excellent exemple des écosystèmes forestiers méditerranéens. Ces écosystèmes sont réputés pour leur biodiversité riche et leurs complexités écologiques distinctes. Sous l'influence de variations environnementales telles que l'altitude et l'exposition, ces systèmes exploitent les traits fonctionnels des plantes pour s'adapter aux changements climatiques et écologiques **(Lavorel et Garnier, 2002).** Ces traits fonctionnels, qui englobent les caractéristiques anatomiques, morphologiques, physiologiques et phénologiques des plantes, jouent un rôle crucial dans leur adaptation, leur réponse aux pressions environnementales et leur contribution à l'équilibre des écosystèmes. La diversité des

formations pré-forestières et la variabilité de la couverture végétale dans cette région fournissent un cadre idéal pour étudier comment les adaptations des traits foliaires contribuent à la survie et au développement des espèces face à diverses pressions environnementales **(Körner, 2007; Peppe et al., 2011).**

En haute altitude, nous supposons que les plantes affichent une Surface Foliaire Spécifique (SLA) élevée, optimisant ainsi l'efficacité photosynthétique dans un environnement lumineux, mais où la température froide limite la croissance. Cette adaptation permet aux plantes de maximiser la capture de lumière avec un moindre coût énergétique pour la production de nouvelles feuilles, augmentant la surface disponible pour la photosynthèse sans un investissement substantiel en biomasse foliaire **(Wright et al., 2004; Johnson et al., 2016)**. Par ailleurs, une faible Teneur en Matière Sèche des Feuilles (LDMC) est attendue en haute altitude, facilitant une meilleure rétention d'eau, essentielle pour maintenir l'activité photosynthétique et réduire le stress hydrique dans un environnement où l'humidité de l'air est réduite **(Chaves et al., 2003; Taylor et al., 2018).**

Par contre a basse altitude, les conditions plus tempérées et la compétition intense pour la lumière poussent les plantes à développer une surface foliaire plus grande, favorisant une meilleure capture de la lumière, un facteur crucial dans des zones de forte compétition. En développant de grandes feuilles, les plantes maximisent leur photosynthèse et soutiennent une croissance plus rapide dans ces milieux compétitifs **(Niinemets, 2001; Smith et al., 2017).** Des études précédentes, telles que celles de **Johnson et al. (2016)**, ont démontré que les plantes en haute altitude ajustent souvent leur SLA pour optimiser la photosynthèse malgré les contraintes de température et de nutriments, tandis que **Smith et al. (2017)** ont noté que les espèces de basses altitudes développent de grandes surfaces foliaires pour surmonter la compétition pour la lumière.

La compréhension des éléments influant sur la diversité, la structure et la composition les plantes mettent en œuvre des stratégies écologiques le long de gradients au sein des communautés. Les problèmes environnementaux sont une préoccupation importante en écologie, notamment pour compréhension des règles de l'assemblage des espèces, la relation entre leurs caractéristiques (traits)avec les éléments vivants et non vivants et les adaptations aux bouleversements planétaires

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude, dont l'objectif est de déterminer les variations des traits des feuilles en fonction du gradient altitudinal dans la foret de Tamesguida.

Pour atteindre cet objectif, nous avons effectués une expédition détaillée pendant la période de printemps de cette année (Le 21 avril 2024) dans la forêt de TAMESGUIDA, établissant un transect du point le plus bas au point le plus élevé de la région. Cette méthode systématique a permis de recueillir des échantillons à différents niveaux d'altitude, mesurant des caractéristiques physiologiques des feuilles Telles que le poids frais et sec des feuilles, la surface foliaire totale (LA), la surface foliaire spécifique (SLA), la teneur en matière sèche (LDMC), l'activité chlorophyllienne, l'activité azotée, le périmètre, la longueur et la largeur des feuilles, ainsi que le diamètre et la hauteur du tronc.".. Nous avons utilisés des analyses statistiques tel que la corrélation , ANOVA et l'ACP afin de déterminer la nature de la relations entre les traits physiologiques des feuilles et les gradients altitudinaux .Notre étude, qui a examiné ces traits fonctionnels chez 81 espèces forestières le long d'un gradient altitudinal de 556 à 1391 mètres à TAMESGUIDA, offre des perspectives essentielles pour la gestion durable et la conservation des écosystèmes forestiers méditerranéens, confrontés aux défis climatiques actuels et futurs.

Dans ce cadre, nous avançons l'hypothèse suivante :
1/Les plantes situées à des altitudes plus élevées dans la forêt de TAMESGUIDA présenteront des traits foliaires adaptés à une efficacité photosynthétique maximale dans des conditions de faible température et de forte luminosité, telles qu'une surface foliaire spécifique (SLA) élevée et une faible teneur en matière sèche (LDMC).

2/Les variations des traits fonctionnels des feuilles le long du gradient altitudinal dans la forêt de TAMESGUIDA reflèteront les stratégies d'adaptation des plantes aux contraintes environnementales spécifiques rencontrées à différentes altitudes, telles que la température, l'humidité et l'exposition au soleil.

3/Les plantes des basses altitudes développeront des traits foliaires favorisant une meilleure capture de la lumière pour soutenir une croissance rapide dans des environnements caractérisés par une compétition intense, tandis que les plantes des hautes altitudes optimiseront leur efficacité photosynthétique malgré les contraintes de

température et de nutriments.

Dans le but d'examiner ces hypothèses, cette étude est divisée en trois chapitres principales:

_ Le premier chapitre présente la zone d'étude en décrivant l'environnement biotique et abiotique.

_ Le deuxième chapitre, intitulé "Matériel et méthodes", détaille le processus d'échantillonnage ainsi que toutes les techniques d'analyse de laboratoire utilisées.

_ Le dernier chapitre analyse les résultats obtenus à travers des représentations graphiques et les discute à la lumière d'autres travaux liés à notre thématique de recherche.

_ En conclusion, une synthèse générale est présentée à la fin de ce travail

Chapitre I :
Présentation de la zone d'étude



I.1.Introduction

Les forêts méditerranéennes ont une grande importance en termes de patrimoine. Elles représentent des précieuses sources de diversité génétique, spécifique et fonctionnelle qu'il est essentiel de préserver afin de gérer de manière durable ce patrimoine biologique et ces ressources potentielles **(Quézel et Médail, 2003).**

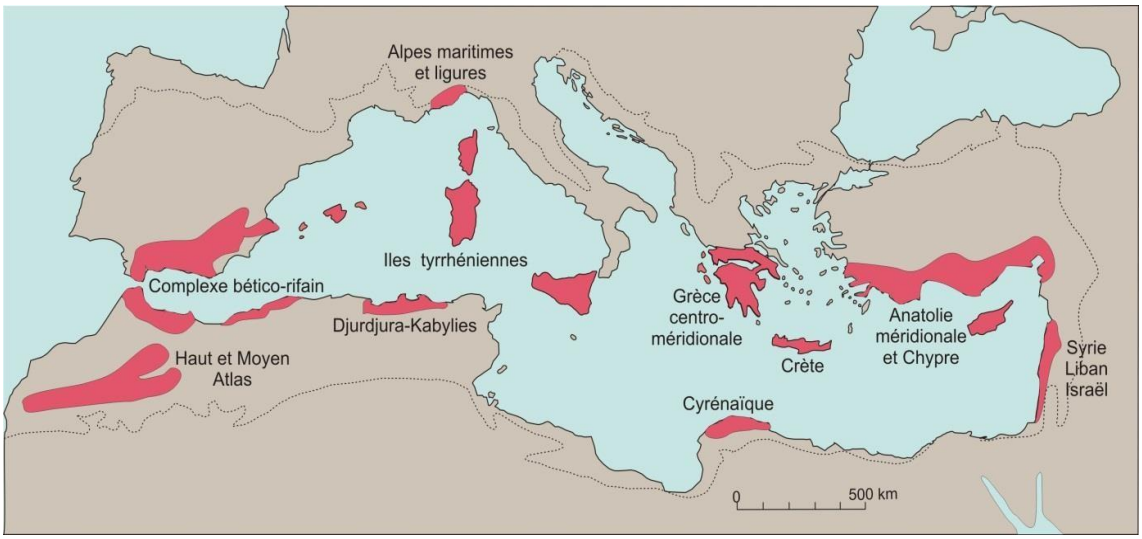


Figure1: Les points chauds de la biodiversité végétale de la région méditerranéenne (d'après **Médail et Quézel, 1997**).

La région méditerranéenne comprend environ douze hot spots régionaux pour les plantes vasculaires, dont deux se trouvent en partie ou entièrement en Algérie (l'arc bétco-rifain à l'ouest et l'ensemble Kabylies-Numidie-Kroumirie à l'est) selon **Médail & Quézel (1997), Véla & Benhouhou (2007) et Véla (2017).** L'Afrique du Nord, y compris l'Algérie, est en permanence lieu de nouvelles découvertes de plantes **(Crespo et al., 2016).**

En raison de sa localisation géographique, l'ALGERIE abrite une variété importante de habitats naturels, chacun étant caractérisé par une flore riche et diversifiée. Les forêts ont une flore exceptionnelle, certaines sont mondialement reconnues. **Selon Dahmani (1997)**, comprendre la biologie et l'écologie des espèces, ainsi que l'histoire et les facteurs actuels influençant la flore, est crucial pour la conservation de la biodiversité.

La région étudié est véritablement un joyau en termes de diversité, ce qui en fait un terrain d'étude idéal pour explorer et comprendre les caractéristiques fonctionnelles.

I.2. La situation administrative et géographique de la zone d'étude

La région de TAMESGUIDA, située dans le nord-ouest de la wilaya de MEDEA en ALGERIE, se caractérise par son relief montagneux. Englobant une superficie de 4100 hectares, elle appartient à la commune de TAMESGUIDA et relève administrativement de la daïra de Médéa. Nichée au pied du Djebel Mouzaia, qui s'élève à 1604 mètres d'altitude, cette région offre un paysage à la fois imposant et accueillant.

Géographiquement, TAMESGUIDA s'étend de 2°38'18,10" à 2°46'18,10" Est en longitude, et de 36°20'44,00" à 36°22'32,15" Nord en latitude, selon **Halfaoui (2017).** Ses frontières sont définies comme suit :

- Au Nord, elle est bordée par les communes d'Ain Romana, Chiffa et Bouarfa.
- À l'Est, elle est limitrophe de la commune d'El Hamdania.
- À l'Ouest, elle jouxte la commune de Boumadfa, dans la wilaya d'Ain Defla.
- Au Sud, elle est adjacente aux communes de Medea, Draa Esamar, Oued Harbil et Ouamri.

Cette configuration géographique confère à la région de TAMESGUIDA une position stratégique et une diversité paysagère remarquable, contribuant à son attrait tant sur le plan écologique qu'historique.

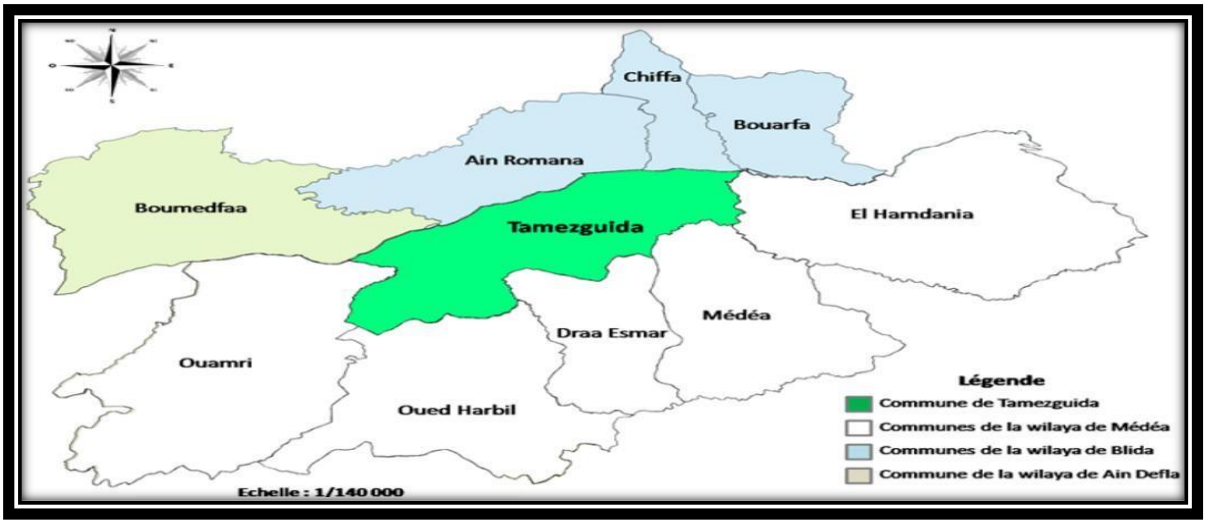


Figure 2 : Situation administrative de la commune de Tamezguida **(HALFAOUI 2017)**

I.3. appartenance phytogéographie de la zone

TAMESGUIDA, intégrée dans l'empire holarctique et le domaine phytogéographique méditerranéen maghrébin, appartient au secteur algérois et au sous-secteur du Tell Atlas **(Boutaleb, 2014).** La région bénéficie d'une biodiversité riche, située à la croisée des climats méditerranéen et continental, ce qui donne lieu à un climat tempéré, marqué par des étés chauds et secs et des hivers froids et humides, propices à une diversité floristique élevée.

TAMESGUIDA est le sanctuaire d'une multitude d'espèces végétales, y compris des espèces rares et endémiques. On y trouve le pin d'Alep (Pinus halepensis), le chêne vert (Quercus ilex), le chêne kermès (Quercus coccifera), la clématite de la Méditerranée (Clematiscirrhosa), et la gentiane de l'Atlas (Gentiana alata). L'iris de Tamesguida (Iris Tamesguidanesis) est également une espèce caractéristique de la région.

I.4. Géologie

Les reliefs accidentés de Tamesguida, souvent désignés sous le nom de "badlands", résultent de son sous-sol composé principalement de marnes. Cette caractéristique distinctive des chaînes sud-telliennes est soulignée par **Halfaoui (2017).** La présence de roches schisteuses enrichit également la diversité géologique de la région **(PNC, 2021).**

I.5.Géomorphologie

Influencée par l'orogenèse alpine, la topographie de Tamesguida est marquée par un relief montagneux accidenté, comprenant des sommets qui dépassent 1500 mètres, des plateaux calcaires, et des vallées profondes, témoignant d'une forte déclivité et de pentes abruptes, comme le note **Meddour (2002).**

I.6.Pédologie

D'après **Duchaufour (1960),** l'évolution des sols à Tamesguida est régulée par des facteurs tels que le climat, la nature de la roche mère, la topographie, la végétation, et l'empreinte humaine. **Melouani (2014)** indique que la région, en particulier la partie occidentale du Parc National du Chréa, présente une texture grossière due à une érosion intense.

7.Le climat

Le climat constitue un élément déterminant dans l'analyse environnementale, représentant la moyenne des conditions météorologiques sur un intervalle étendu dans

un lieu spécifique **(Dajoz, 1974)**. Il est caractérisé par une série de phénomènes météorologiques et leurs attributs statistiques, définissant les conditions de vie des organismes **(Dajoz, 1974)**. Ces derniers dépendent fortement de facteurs climatiques précis tels que la température, l'humidité relative, la photopériode, l'éclairement, et la pluviosité, qui doivent respecter des seuils définis pour permettre l'existence de la vie **(Dajoz, 1974)**. Par conséquent, le climat joue un rôle essentiel, influençant la mortalité et la prospérité des populations à travers les générations.

7.1. Source Des Données Climatique.

La climatologie de Tamesguida est étudiée à partir des relevés de la station de l'Office National de Météorologie (O.N.M.) localisée à Tibhirine, dans la wilaya de Médéa **(Halfaoui, 2017).** Cette analyse, s'étendant de 2007 à 2016, fournit un aperçu exhaustif des caractéristiques climatiques de la région **(Halfaoui, 2017).**

7.2. La Pluviosité

L'importance de la pluviosité en écologie est prépondérante, définie comme le volume total des précipitations sur une surface et une période données, généralement en millimètres par an **(RAMDAE, 2003)**. Elle constitue un facteur clé du climat, affectant de manière significative la végétation **(Long, 1974)**. La répartition des précipitations est souvent plus critique que leur quantité totale, la sécheresse estivale imposant une pression sélective sur les espèces adaptées au climat méditerranéen **(Ozenda, 1982)**. La pluviosité varie en fonction de facteurs géographiques tels que la longitude, l'altitude et la latitude, tendant à diminuer d'un gradient nord-sud et est-ouest, mais augmentant avec l'élévation **(Chaâbane, 1993)**.

7.2.1.Pluviosité Moyenne Mensuelle Annuelle

La documentation des précipitations pour la période de 2007 à 2016 révèle les tendances mensuelles et annuelles de la pluviosité à Tamesguida, détaillées dans le tableau suivant, qui dépeint le régime pluviométrique de la région.

Tableau 01 : Moyennes mensuelle et annuelles des précipitations de la région tamezguida (2007-2016).

Moins	**Jan**	**Fév.**	**Mrs**	**Avr.**	**Mai**	**Jun**	**Jule**	**Aout**	**Sep**	**Oct.**	**Nov.**	**Déc**	**Totale annuelle de p(mm)**
P(mm)	92.5	124.7	104.7	79.7	58.8	12.3	4.3	8.7	40.6	46.8	103	87,4	763

Source:(O.N.M Tibhirine, 2007-2016)

Pendant la période de 2007 à 2016, le cumul des précipitations annuelles enregistrées à TAMESGUIDA s'est élevé à 763 mm. Le mois de février a été le plus pluvieux, avec un total de 124,7 mm, tandis que le mois de juillet a été le plus sec, avec seulement 4,3 mm de précipitations

7.2.2.Régimes Saisonniers

Le développement des végétaux est intimement lié aux fluctuations saisonnières. Ces variations saisonnières fournissent des indications précieuses sur la distribution des précipitations. En suivant un ordre décroissant de pluviométrie, elles offrent en quelque sorte un "indicateur saisonnier" crucial pour comprendre les conditions de croissance des plantes **(Tableau) (Figure)**.

- printemps (p) : Mars-Avr.
- Automne(A) : Septembre -Novembre -Octobre.
- Hiver(H) : Décembre-Janvier- Février.
- Eté(E) : Juin-Juillet-Aout.

Tableau 2 : régime saisonnier précipitation de station de tamesguida.

Saisons	**H**	**P**	**E**	**A**	**Régime saisonnier**
Station tamezguida	101.53	80.9	25.3	63.47	HPAE

Source:(O.N.M Tibhirine ,2007-2016)

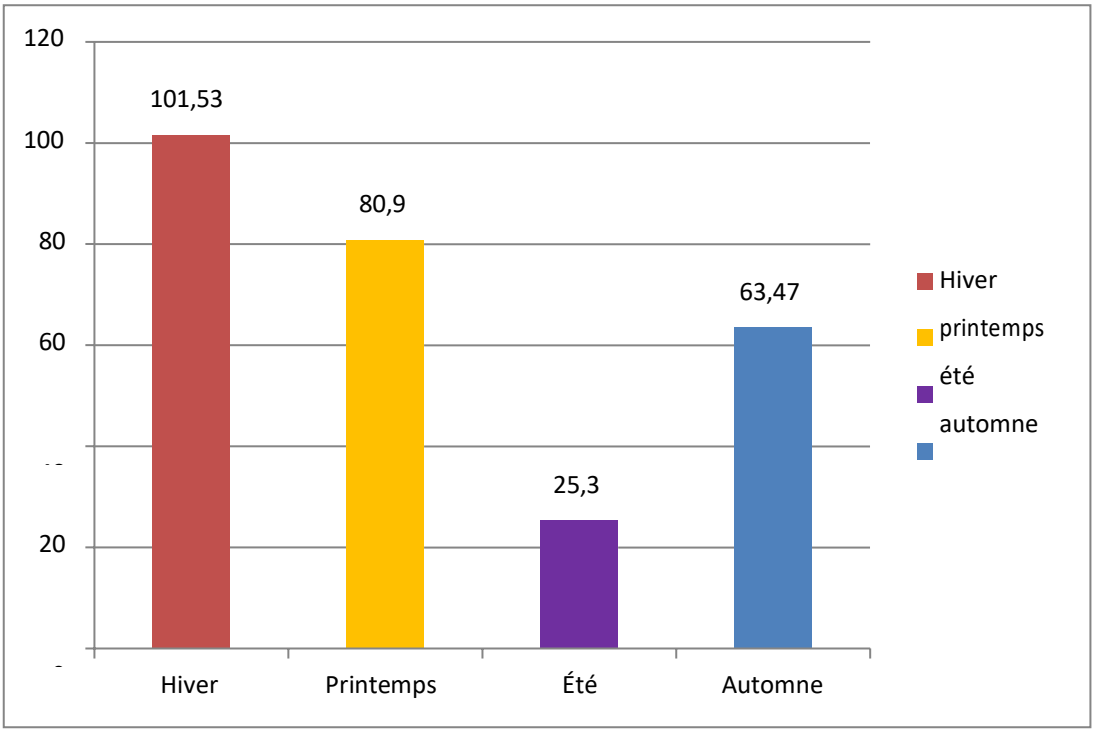


Figure 03 : Régime pluviométrique saisonniers **(Halfaoui, 2017)**

En se référant au tableau (2), nous observons que la région de TAMESGUIDA présente un climat saisonnier de type **HPAE**

7.3.Les températures

La température, mesurée à l'aide d'un thermomètre, est un facteur crucial qui influence directement des processus vitaux tels que la respiration et la photosynthèse. Ses variations importantes selon les latitudes, altitudes et saisons conditionnent largement la répartition des espèces et des communautés **(Ramade, 2003).**

Le tableau présente les paramètres thermiques mensuels, incluant les températures minimales (m), maximales (M), moyennes (M+m)/2, et l'amplitude thermique (M - m).

Tableau 03 : Moyennes des températures mensuelles de la région de Tamesguida (2007-2016).

Mois	**jan**	**fev**	**mar**	**avr**	**mai**	**juin**	**juil**	**aout**	**sep**	**oct**	**nov**	**dec**
M(°C)	15.7	15.5	19.4	24.1	28.9	33.5	37.4	36.3	32.1	28.1	20.3	16.7
m(°C)	0.1	-0.5	0.3	4.3	6.8	11.5	17	16.4	12.7	7.8	2.9	1.1
M+m/2(°C)	7.9	**7.5**	9.85	14.2	17.85	22.5	**27.2**	26.35	22.4	17.95	11.6	8.9
M-m(°C)	15.6	16	19.1	19.8	22.1	22	20.4	19.9	19.4	20.3	17.4	15.6

source: (O.N.M Tibhirine, 2007-2016 in Halfaoui, 2017).

Le mois de juillet se distingue comme le plus chaud, affichant une température moyenne de 27,2°C, tandis que le mois de février est le plus froid, avec une température moyenne de 7,5°C (tableau). Dans notre zone d'étude, l'amplitude thermique s'élève à environ 18,96°C.

7.4. synthèse climatique

Pour synthétiser le climat régional, plusieurs indices climatiques ont été développés. Cette étude examinera en particulier deux outils : le diagramme ombrothermique de **Bagnouls et Gaussen (1953**), qui illustre les variations de température et de précipitations sur une période annuelle, et le climagramme pluviothermique d'**Emberger (1955), considéré** comme l'outil le plus efficace pour décrire le climat méditerranéen. Ces graphiques sont essentiels pour comprendre les caractéristiques climatiques d'une région spécifique, notamment dans le cadre de la classification des climats selon la méthode de **Köppen**.

7.4.1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953)

Selon **Bary, Lenger et al (1979),** les précipitations et la température jouent un rôle fondamental dans le climat. La croissance des végétaux dépend principalement de deux facteurs ;

✓ L'intensité et la durée des périodes de froid, qui impactent la dormance hivernale des plantes.

✓ La durée des périodes de sécheresse estivale.

Dans leur étude de **1953**, **Bagnouls et Gaussen** définissent un mois comme sec lorsque le

total des précipitations (P), exprimé en millimètres (mm), est égal ou inférieur au double de la température (T), exprimée en degrés Celsius (°C) : P < 2T.

En utilisant le diagramme ombrothermique élaboré par **Bagnouls et Gaussen**, il est possible d'évaluer la durée et l'intensité de la période sèche. Ce diagramme est construit en plaçant les mois de l'année sur l'axe horizontal, les précipitations moyennes mensuelles (exprimées en mm) sur l'axe vertical de gauche, et les températures (exprimées en °C) sur l'axe vertical de droite. Les échelles sont choisies de manière à ce que chaque degré Celsius corresponde à 2 mm de précipitations.

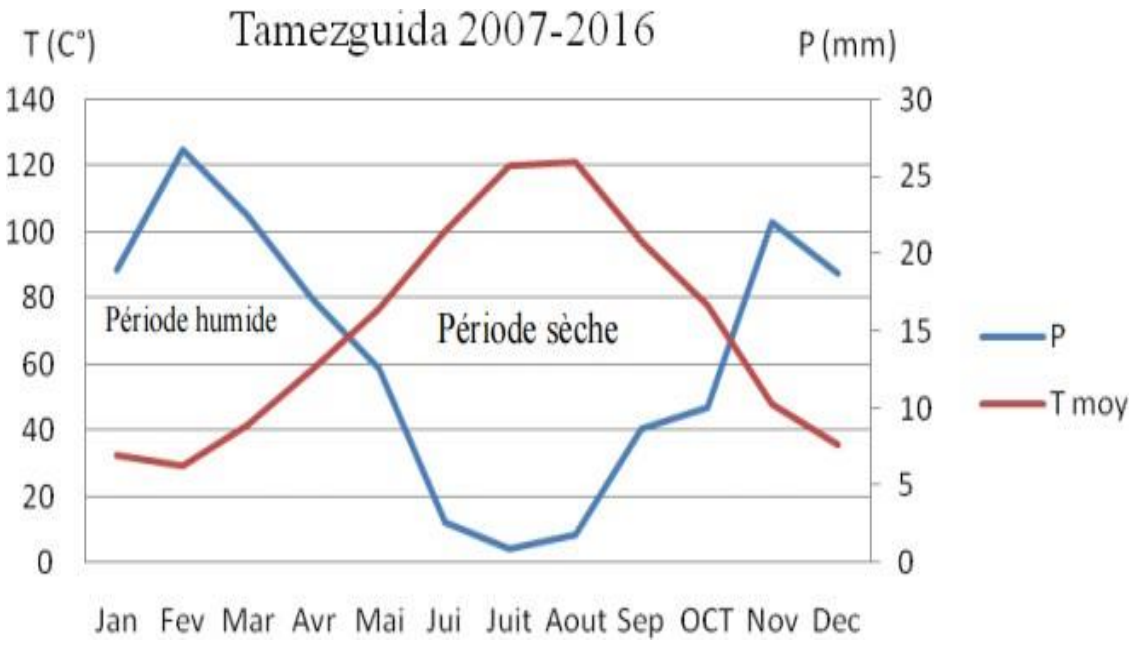


Figure 04 : Diagrammes ombrothermique de BAGNOLS et GAUSSEN de la région de Tamesguida . .

Selon les données de la figure **4**, la station de TAMESGUIDA connaît deux périodes distinctes. La première période sèche commence en mai et se termine en septembre, caractérisée par des températures élevées et des précipitations très faibles. La seconde période, humide, s'étend sur le reste de l'année, à l'exception de septembre à mai.

7.4.2 le Quotient pluviothermique d'Emberger:

Emberger a élaboré la classification des étages bioclimatiques en se fondant sur deux paramètres principaux : le quotient pluviométrique **(Q2)** et la température

du mois le plus froid **(m) (Ozenda, 1982).**

$$Q2 = 2000\ p / (M2 - m2)$$

Q2 : le quotient pluviothermique ;

P (mm) : la pluviosité moyenne annuelle ;

m (°K) : moyenne des température minimales du mois le plus froid ;

M (°K) : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

Le graphique représente "m" sur l'axe horizontal et "Q2" sur l'axe vertical. Les valeurs du quotient sont associées aux différents étages bioclimatiques ainsi qu'aux températures minimales du mois le plus froid.

La continentalité d'un climat est définie par l'amplitude thermique moyenne extrême, qui est calculée selon la méthode de **Debrach (1953)** comme la différence entre la température moyenne du mois le plus chaud (M) et celle du mois le plus froid (m). Cette approche, décrite par **Halfaoui (2017),** nous permet de caractériser le type de climat d'une région.

D'après les données climatiques, l'amplitude thermique mesurée sur le site d'étude est de 37,9°C, ce qui confirme la présence d'un climat continental. Le quotient pluviothermique pour la période de 2007 à 2016 est de Q2 = 69,08, avec une valeur de m de -0,5°C. Ces éléments situent le site d'étude dans la catégorie bioclimatique subhumide à hiver froid, comme indiqué sur le climagramme d'Emberger.

Le tableau présente l'ensemble des étages bioclimatiques définis au niveau de la région méditerranéenne selon **Emberger (1952).**

Tableau 4 : Etages bioclimatiques selon **Emberger (1952).**

Q2	**P(mm)**	**Zone bioclimatique**
Q2<1	P<100	Saharienne
10<Q2<45	100<P <400	Aride
45<Q2<70	400<P<600	Semi-aride
70<Q2<110	600<P<800	Subhumide
110<Q2<150	800<P<1200	Humide
Q2<150	P<1200	Per humide

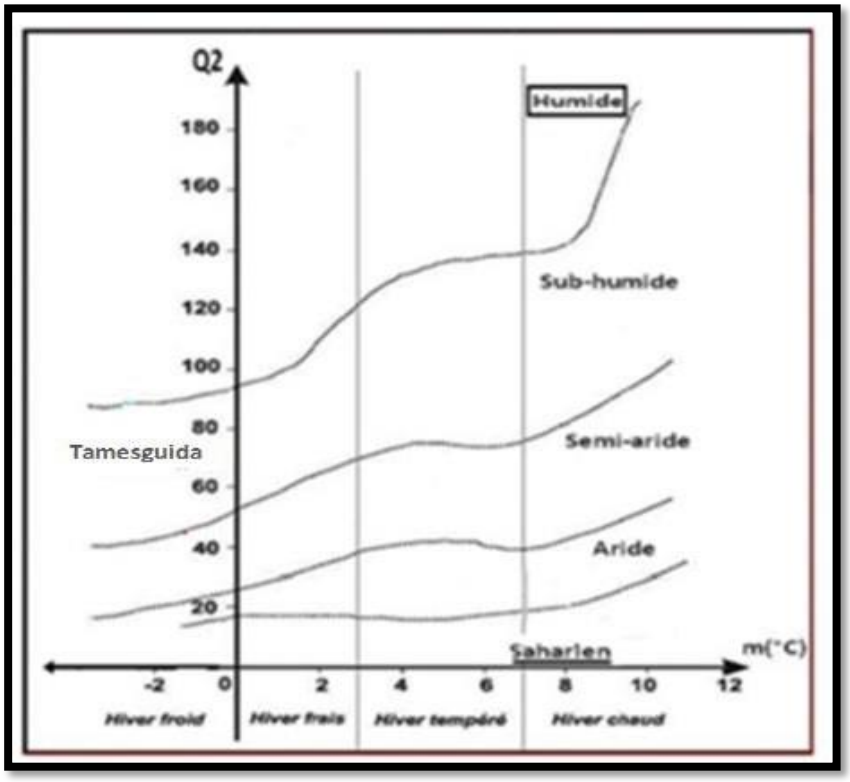


Figure 5 : Climagramme d'emberger de la région Tibhirine pour l'année 2007-2016 (O.N.M., 2019)

CHAPITREII:
MATERIELS ET METHODES



Cette recherche s'est concentrée sur l'analyse des espèces végétales de la région de TAMESGUIDA, visant à comprendre l'influence de l'altitude sur divers traits physiologiques des feuilles. Les paramètres étudiés incluaient le poids frais et sec des feuilles, la surface foliaire totale (LA), la surface foliaire spécifique (SLA), la teneur en matière sèche (LDMC), l'activité chlorophyllienne, l'activité azotée, le périmètre, la longueur et la largeur des feuilles, ainsi que le diamètre et la hauteur du tronc.

II.1 Méthodologie :

La démarche méthodologique a été structurée en trois phases principales :

- Prospection et collecte d'échantillons végétaux : Des recherches préliminaires ont été menées pour identifier les zones de végétation de TAMESGUIDA et sélectionner des unités homogènes basées sur leur flore et aspect. Une méthode d'échantillonnage systématique a été adoptée pour assurer la diversité et la représentativité des échantillons.

- Mesure des traits physiologiques : Les traits physiologiques des plantes ont été mesurés à différentes altitudes, déterminant ainsi la réponse des espèces aux variations altitudinales. Des stations ont été établies le long d'un gradient altitudinal, de 556 à 1391 mètres, comprenant des niveaux de végétation thermo-méditerranéen, méso-méditerranéen et supra-méditerranéen.

- Analyses statistiques et interprétation : Les données recueillies ont été soumises à des analyses statistiques pour interpréter les relations entre les traits physiologiques des feuilles et l'altitude.

II.1.1 prospection sur le terrain

La prospection a débuté par une évaluation détaillée de la région et la définition des unités de végétation à étudier. L'objectif était de capturer la variabilité écologique à travers des échantillons représentatifs.

II.1.1.1. choix de station

Les stations de recherche ont été stratégiquement placées pour couvrir un large éventail de conditions environnementales influencées par l'altitude. La répartition incluait des zones dans les étages de végétation thermo-méditerranéen, méso-méditerranéen, et supra-méditerranéen.

II.1.1.2. Echantillonnage:

L'échantillonnage, étant un pilier des études floristiques **(Gounot, 1969;Daget, 1976),** a été conçu pour refléter fidèlement la composition végétale de la région **(Magurran, 1988)**. Un échantillonnage stratifié a été choisi pour segmenter la diversité écologique en unités homogènes ou strates, permettant une analyse représentative et approfondie **(Bourorga, 2016)**.

II.1.2. Caractérisation de la végétation de la foret de TAMESGUIDA

II.1.2.1 Aire minimal et détermination de relevée

Déterminer l'aire minimale adéquate pour l'étude d'une communauté végétale est une démarche essentielle et délicate en recherche écologique. Cette superficie doit être soigneusement choisie pour assurer un échantillonnage représentatif et efficace de la végétation **(Gounot, 1969).** Une aire insuffisante risque de rendre le relevé fragmentaire et non représentatif, tandis qu'une aire excessive pourrait englober des espèces non pertinentes pour l'étude en question **(Gillet, 2000).** Dans les écosystèmes méditerranéens, l'aire minimale recommandée varie de 100 à 400 m² pour les forêts et de 50 à 100 m² pour les maquis **(Benabid, 1984).** Nos relevés ont été réalisés dans des zones de végétation homogène, conformément à la méthode de Braun-Blanquet (1952), avec une aire de 100m² jugée représentative pour notre étude **(Ellenberg, 1956).**

II.1.2.2 Relève phytoécologique :

La méthode du relevé phytoécologique, selon **Godron (1971),** repose sur la représentativité et l'homogénéité des données collectées, garantissant la fiabilité des résultats. Ce processus implique la collecte de données floristiques, comme l'inventaire des espèces et leur abondance, et des données écologiques, incluant le climat, l'altitude, la topographie, et la composition du sol.

II.1.2.3 Caractéristiques Floristiques :

L'analyse floristique est principalement basée sur l'indice d'abondance-dominance, un concept développé par **Braun-Blanquet en 1934**. Ce coefficient combine l'abondance des espèces, c'est-à-dire le nombre d'individus présents, et leur dominance, soit l'étendue de leur couverture végétative. Bien que cet indice soit évalué visuellement et puisse comporter une part de subjectivité, il demeure un outil précieux en phytosociologie pour décrire la structure de la végétation **(Haddad, 2011).** L'échelle de

Braun-Blanquet modifiée **(Le Bourgeois, 1993)** est utilisée pour quantifier l'abondance-dominance, facilitant ainsi l'interprétation écologique des relevés.

Tableau 05: Echelle Modified scale of Braun-Blanquet **(Le Bourgeois, 1993).**

Indice	Signification
5	Supérieur à 75%
4	Compris entre 50% et 75%
3	Compris entre 25% et 50%
2	Compris entre 5% et 25%
1	Inférieur à 5%
+	Très peu abondant
r	Espèce très rare
I	Espèce représentée par un individu unique

II.1.2.4 Les caractéristiques biologiques

Lorsqu'on s'intéresse à la végétation, une première approche peut se faire sans tenir compte de la composition floristique, mais en s'intéressant à la physionomie de la végétation.Cette approche a longtemps été utilisée avant que d'autres, plus précises, ne viennent la remplacer **(Ozenda, 1982)**. La notion de formation végétale s'appuie sur les particularités d'aspect des principaux végétaux qui la composent. On va donc chercher ici à classer les principaux végétaux en fonction de leur physionomie. Pour cela, on utilise le plus souvent la classification Etablie par le botaniste **Raunkiaer (1934)**.

La classification des types biologiques a l'avantage de refléter de nombreux traits fonctionnels. Elle s'appuie sur la morphologie générale du végétal et notamment sur la position des bourgeons de renouvellement par rapport au sol. Ces bourgeons sont les organes qui permettent de passer la mauvaise saison. (**Lacoste et Salanon, 2001 ; Floret et Pontanier, 1982)** donnent les différents types (ou formes) biologiques.

Selon **Barry (1988),** Les types biologiques ou forme de vie des espèces expriment la forme présentée par les plantes dans un milieu sans tenir compte de leur appartenance systématique. Ils traduisent une biologie et une certaine adaptation au milieu.

Alors que **Polumin, (1967),** montre que le type biologique d'une plante est la résultante,

sur la partie végétative aérienne de tous les processus biologiques, y compris ceux qui sont modifiés par le milieu pendant la vie de la plante et ne sont plus héréditaires. Parmi les principaux types biologiques définis par **Raunkiaer (1934),** on peut écrire les catégories de la manière suivantes :

✓ **Phanérophyte (Ph) :** (Phanéros = visible, phyte = plante)

est un type de plantes ligneuse dont les bourgeons dormants se trouvent à plus de 50 cm de la surface du sol.

✓ **Nanophanérophyte :** est un type spécifique de phanérophyte, dont la taille maximum ne doit pas dépasser 0,5.

✓ **Mésophanérophyte :** un type des plantes ligneuse dont les bourgeons derenouvellement se situent entre 2 et 8 mètres du sol.

✓ **Chaméphyte (Ch) :** est type de plante vivace dont les bourgeons de renouvèlement hivernent près du sol, se situent à moins de 50 cm.

✓ **Hémicryptophyte (He) :** est un type de plante herbacée vivace dont les bourgeons passent l'hiver au niveau du sol ou très proche de celui-ci.

✓ **Géophyte (Ge)** : est un type de plante vivaces dont les bourgeons se situent sous terre, dans le seul le bulbe, le tubercule ou le rhizome.

✓ **Thérophyte (Th) :** est un type de plante a cycle annuel qui meurent après leur reproduction, survivent uniquement grâce aux graines.

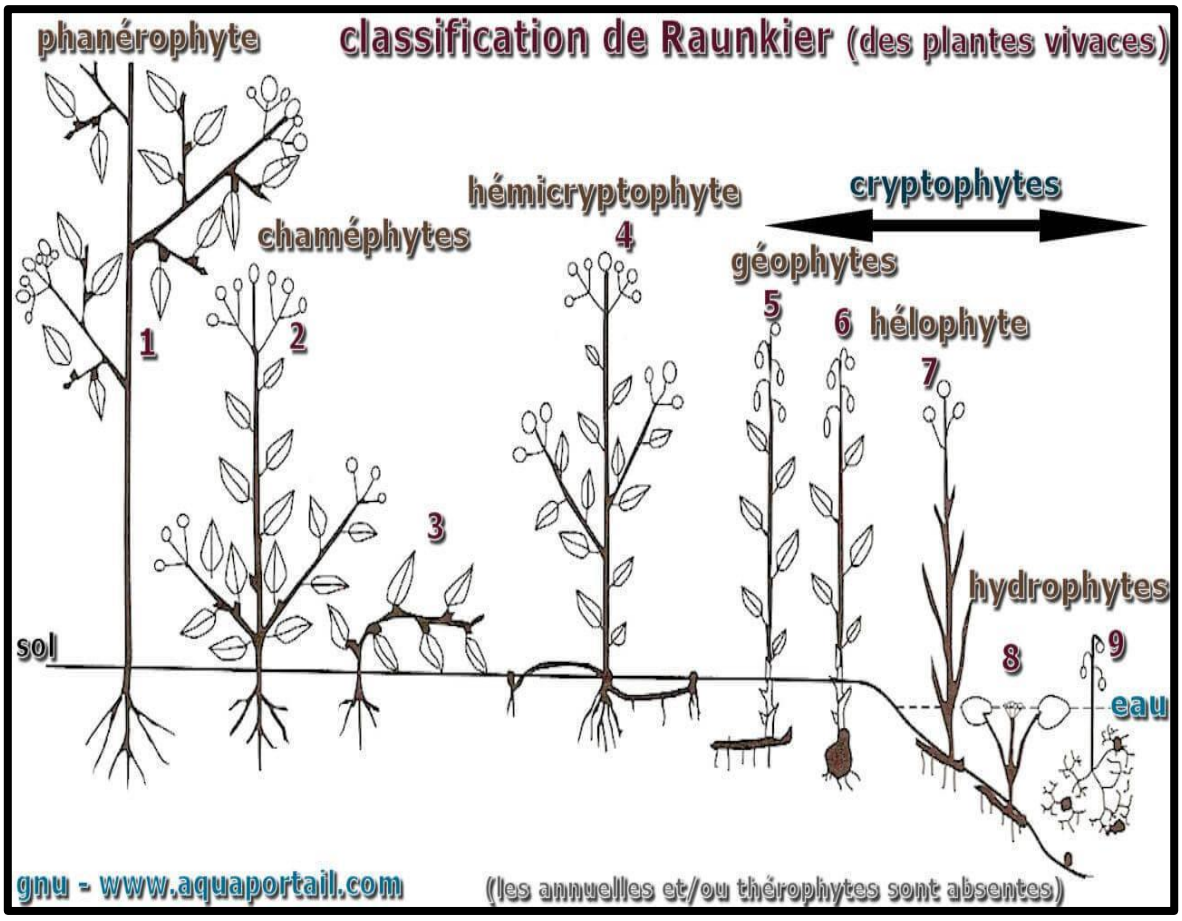


Figure 6 : Classification des types biologiques de Raunkiaer

II.1.3 protocoles de mesure des traits des feuilles

II.1.3.1 Les traits physiologiques et morphologiques

Les traits physiologiques désignent les caractéristiques ou attributs liés aux processus et aux mécanismes internes qui régissent le fonctionnement des plantes. Ces traits varient en réponse à des contraintes abiotiques telles que l'altitude, ainsi qu'aux interactions biotiques telles que la compétition, la prédation et la facilitation. Ils reflètent ainsi l'adaptation des plantes à différents facteurs environnementaux **(Keddy 1992).**

Pour décrire les stratégies écologiques des plantes on choisit les traits liés aux feuilles:

✓ **La Surface Foliaire (Leaf Area) :** est la surface totale des feuilles d'une plante, généralement exprimée en centimètres carrés ou mètres carrés. Cette mesure joue un rôle crucial dans la croissance et le développement de la plante

grâce à la photosynthèse.

✓ **La surface foliaire spécifiques (specific leaf area) SLA** : Le SLA (Surface Leaf Area) est considéré comme le trait le plus significatif pour caractériser l'utilisation des ressources par les plantes, car il réagit de manière sensible aux variations de lumière et de nutriments, tout en étant facile à mesurer **(Garnier &Navas, 2012).**Le SLA est définie comme le rapport de la surface foliaire au la matière sèche. Est un indicateur de la stratégie de la croissance d'une plante, car il est liée à sa capacité photosynthétiques.

✓ **La Teneur de Matière Sèche des Feuilles ou LDMC** :La teneur en matière sèche des feuilles, en complément du SLA, permet d'évaluer le fonctionnement d'une plante ainsi que ses stratégies d'acquisition et de conservation des ressources **(Wilson et al., 1999).**Ces deux indicateurs permettent de décrire le compromis dans le fonctionnement d'une plante entre la production de biomasse et la conservation des nutriments **(Grime, 1998; Hendrik Poorter& Garnier, 2007).**Les espèces à stratégies d'acquisition **rapide** sont souvent caractérisées par un SLA élevé et une faible teneur en matière sèche des feuilles, tandis que les espèces à stratégies de conservation, à croissance plus **lente**, présentent un SLA faible et une teneur en matière sèche des feuilles élevée **(Cruz et al., 2010; Garnier et al., 2007; H Poorter&Bergkotte, 1992).**

Autre façon LDMC est la différence entre la matière sèche d'une feuille a sa matière fraiche. LDMC est un indicateur sur la stratégie de vie de la plante et sa capacité à résister aux stress.

✓ **L'activité chlorophyllien** : la chlorophylle est un pigment végétale responsable de la coloration verte des plantes.la fonction principale de la chlorophylle est captée la lumière afin de permettre la photosynthèse (absorption de la lumière), qui permet aux plantes de produire leur propre nourriture ce qui essentiel à leur survie.

✓ **L'activité d'azote** : est cruciale car les plantes absorbent cet élément ***[l'azote]*** pour synthétiser des acides aminés, des protéines et d'autres composés organiques indispensables à leur développement.

II.1.3.2 protocoles de mesure

Le protocole d'échantillonnage a suivi la méthode d'un transect horizontal établi sur 6 stations à des altitudes variant de 548 à 1340 mètres, en considérant deux aspects différents (Nord et Sud).Concernant la sélection des espèces dans une communauté ou

un écosystème : Les espèces les plus abondantes présentes en grand nombre ont été choisies par comptage des individus.

Pour mesurer les traits, nous avons sélectionné les feuilles 1 à 3 par individu, en veillant à ce qu'elles soient en bon état. Ces feuilles ont ensuite été conservées dans des sacs hermétiques et stockées dans une boîte obscure et froide jusqu'à leur traitement au laboratoire.

Dans laboratoire, la première chose que nous calculons ***le poids frais*** des espèces en utilisant ***la balance électronique avec la précision de 0, 001 .***



Figure 7 : *balance électronique*

Ensuite, nous calculons ***la surface foliaire*** mesurée en mm² avec un Logiciel gratuitement « PÉTIOLE » **(Madre, 2013).**Nous avons également utilisé ce logiciel pour mesurer le taux ***de chlorophylle*** et le pourcentage ***d'azote*** dans les feuilles. Apres, Chaque feuille a été séchée à 75°C pendant 48 heures dans une étuve .La feuille a été pesée pour mesurer son poids sec à l'aide d'une balance électronique de précision de 10-4.

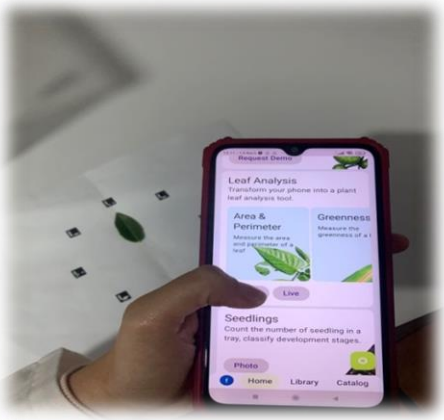




Figure 8: pétiole **Figure 9 :**l'étuve

Nous passons maintenant au calcul la surface foliaire spécifique ***(SLA)*** a été obtenue en faisant le rapport de la surface de la feuille scannée sur le poids sec des feuilles.

SLA($m^2.Kg^{-1}$)=la surface de la feuille/poids sec de la feuille

Ensuite nous calculons ***LDMC*** : Le calcul de la teneur en matière sèche de la feuille (LDMC) consiste à diviser la masse de la feuille séchée à l'étuve (à70°C pendant 48 heures) par son poids initial à l'état frais. Bien que certains auteurs l'expriment en milligrammes de matière sèche par gramme de feuille fraîche (mg/g) **(Perez-Harguindeguy et al., 2013).**

Nous avons analysé ces cinq traits physiologiques sur une espèce prélevée dans six stations différentes.

II.1.4. Analyses statistiques :

II.1.4.1 Analyse de variance (ANOVA)

L'ANOVA, ou Analyse de Variance, est une méthode statistique permettant de comparer plusieurs moyennes entre elles. Elle fonctionne en comparant les variances entre les groupes étudiés. Si ces variances sont significativement différentes, cela signifie que les moyennes le sont probablement aussi **(Armstrong et al., 2002 ; Rakotomalala, 2013).** L'exploration des variances, ou ANOVA, s'avère un outil précieux pour analyser l'influence de variables catégorielles sur une variable continue. En d'autres termes, elle permet de déterminer si des groupes distincts, définis par des caractéristiques qualitatives (comme le genre, l'origine ou la méthode d'apprentissage), présentent des différences significatives dans une variable quantitative (comme la performance, le revenu ou la satisfaction) **(Berrached, 2017)**. "Une analyse de variance

(ANOVA) à un facteur est utilisée lorsqu'il y a une seule variable explicative, tandis qu'une ANOVA factorielle est employée lorsque le nombre de variables explicatives dépasse deux **(Armstrong et al., 2002)**." Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé une analyse de variance à un facteur (One-way ANOVA) **(Berrached, 2017)**." Le test ANOVA est considéré comme significatif lorsque la (valeur-p) ou le rapport F atteignent un niveau de signification statistique. La (valeur-p) représente le seuil de significativité du test statistique **(Gelman (2013).** La (valeur-p) reflète la probabilité d'erreur dans l'acceptation du résultat. Par exemple, une (valeur-p) de 0,05 indique une probabilité de 5 % que la relation entre les variables soit due au hasard. Dans divers domaines, une valeur-p de 0,05 est jugée acceptable **(Berrached, 2017).** Les seuils de signification peuvent aller jusqu'à 10 **% (Gelman, 2013).** Surtout avec peu de réplications et beaucoup de comparaisons **(Maestre, 2004).** Le rapport F compare les variances entre les groupes (intergroupes) et à l'intérieur des groupes (intra-groupe). Une valeur élevée de F indique que l'effet du facteur testé est potentiellement significatif, car la variance entre les groupes est plus grande que celle à l'intérieur des groupes. Ainsi, un F élevé augmente la probabilité que l'effet du facteur soit statistiquement significatif **(Berrached, 2017)**

La représentation du résultat de l'analyse de variance est la suivante :

F (a, b) = c, valeur-p

a : représente le degré de liberté (**ddl**) entre les groupes (**ddl** de la variable explicative). Il estégal à k-1, dont « **k** » est le nombre des groupes.

b : représente le degré de liberté à l'intérieur des groupes (**ddl** de l'erreur). Il est égal à **n**-**k**,

dont **n**= effectif total des groupes.

c : valeur du rapport

L'analyse de variance est effectuée suite à la vérification de la distribution normale des données (à travers divers tests) et à l'évaluation de l'homogénéité des variances intra-groupes (Test de Levene) **(Rakotomalala, 2013).**

L'analyse de variance a été appuyée par l'utilisation de deux tests non paramétriques : le test de Kruskal-Wallis (KW) pour la comparaison de plusieurs groupes et le test de Mann-Whitney (MW) pour la comparaison de deux groupes **(Rakotomalala, 2008)**. En outre, suite à l'observation d'une différence significative entre les groupes, une comparaison multiple des moyennes des paramètres sélectionnés a été effectuée à l'aide du test post-hoc de Bonferroni, avec un niveau de risque retenu de $p \leq 0,05$ **(Berrached, 2017)**

II.1.4.2 .Analyse de corrélation

L'analyse de corrélation est une méthode statistique qui évalue et teste la connexion entre deux variables quantitatives. Elle permet de (i) établir l'existence d'une relation entre deux grandeurs quantitatives X et Y, (ii) décrire la nature de cette relation, qu'elle soit positive ou négative en fonction du coefficient de corrélation, et (iii) déterminer la significativité statistique de cette relation à travers la valeur-p **(Rakotomalala, 2015**). Le coefficient de corrélation sert à caractériser si la Relation linéaire est positive ou négative. Sa valeur varie entre -1 et+1. Plus il est proche de 1 (En valeur absolue), plus la relation entre X et Y est forte. Lorsque r = 0, ceci indique L'absence d'une corrélation.

L'examen du graphique en nuage de points permet de visualiser la relation entre les variables X et Y. **La Figure** illustre différents types de liens qui peuvent se manifester entre ces deux variables :

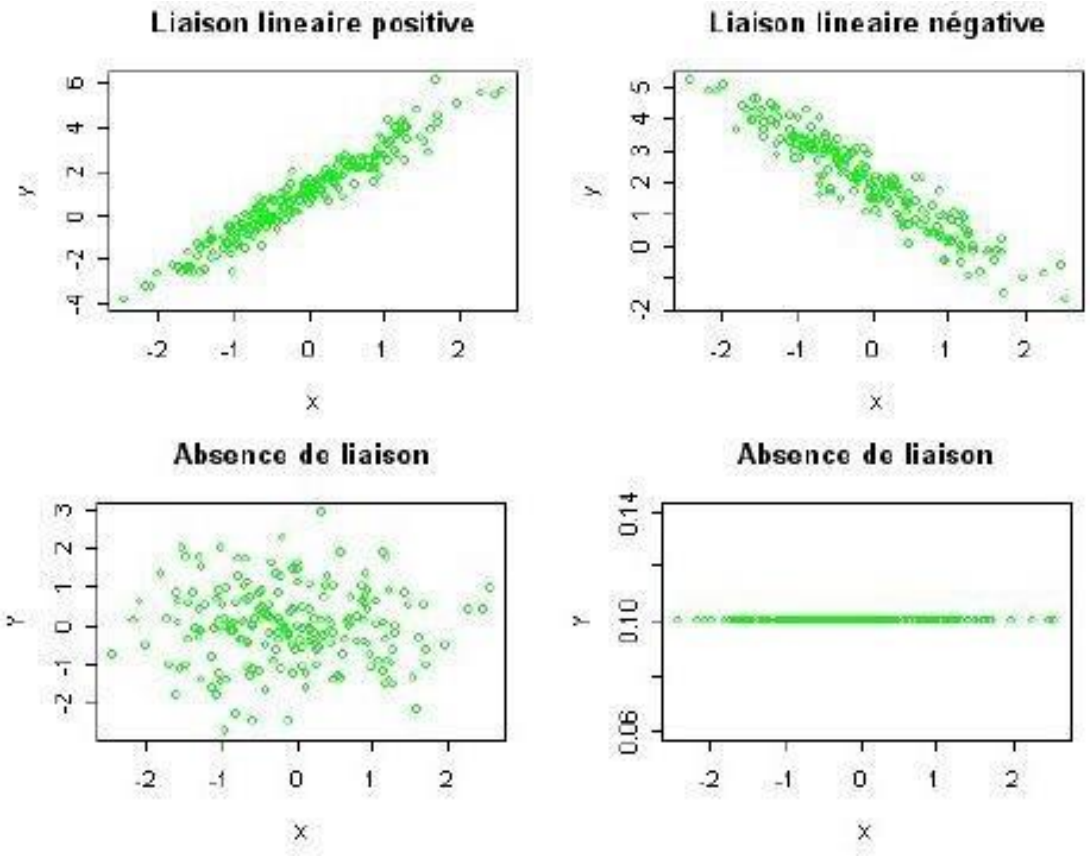


Figure 10 : illustre quelques types de liaison qui peuvent exister entre ces deuxVariables.

-Liaison linéaire positive : X et Y évoluent dans le même sens, une augmentation de X Entraîne une augmentation de Y, du même ordre quelle que soit la valeur de X.

-Liaison linéaire négative : X et Y évoluent en sens inverse. La pente est inchangée Quelle que soit la valeur de X.

-Absence de liaison : La valeur de X ne donne pas une indication sur la valeur de Y, et Inversement. L'autre situation caractéristique est que X (ou Y) est constant quelle que Soit la valeur de la seconde variable.

II.1.4.3. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une technique statistique de réduction de dimensionnalité qui est utilisée pour simplifier la complexité des ensembles de données en les transformant en nouvelles variables, appelées composantes principales. Ces composantes sont obtenues en combinant linéairement les variables d'origine de

manière à maximiser la variance capturée par chaque composante, sous contrainte que les composantes soient orthogonales entre elles **(Jolliffe, 2002).**

_ Application de l'ACP dans notre étude

Dans cette étude, l'ACP a été appliquée aux données mesurant divers traits fonctionnels des plantes, y compris mais non limité à la hauteur, le diamètre, la surface foliaire, et d'autres indices physiologiques. Notre objectif était de déterminer les axes principaux de variation parmi ces traits et d'identifier comment ces variations peuvent être associées aux gradients d'altitude.

_ Utilisation du biplot dans l'ACP

Un aspect central de notre analyse ACP a été l'utilisation du biplot, qui est un outil graphique permettant de visualiser à la fois les scores des observations (échantillons) et les coefficients des variables (traits) sur les mêmes axes des premières composantes principales **(Gabriel, 1971).** Le biplot facilite l'interprétation des relations entre les échantillons ainsi que des contributions relatives des différents traits aux composantes identifiées.

Les axes du biplot sont formés par les premières composantes principales qui, ensemble, capturent la majorité de la variance dans le jeu de données. Les points sur le biplot représentent les échantillons, positionnés selon leurs scores sur ces composantes principales. Les vecteurs (flèches), quant à eux, indiquent la direction et la magnitude de chaque trait fonctionnel dans cet espace réduit. L'angle entre les vecteurs donne une indication de la corrélation entre les traits : des vecteurs proches indiquent une corrélation positive, des vecteurs perpendiculaires indiquent peu ou pas de corrélation, et des vecteurs opposés indiquent une corrélation négative.

_ Traitement des données

Avant de réaliser l'ACP, les données ont été standardisées pour chaque trait afin de garantir que la variance de chaque variable soit égale, permettant ainsi une comparaison équitable sans être biaisée par les échelles des mesures originales. Cette standardisation a été accomplie en soustrayant la moyenne et en divisant par l'écart-type de chaque variable **(Smith et al., 2009).**

La sélection des composantes à retenir a été basée sur le critère de Kaiser, en conservant les composantes dont la variance expliquée était supérieure à la valeur moyenne de la variance expliquée par toutes les composantes **(Kaiser, 1960).**

CHAPITRE III :

RESULTATS ET DISCUSSIONS



III. Résultats

III.1.Variation des Traits Fonctionnels en Fonction de l'Altitude

III.1.1. analyses statistique de corrélation

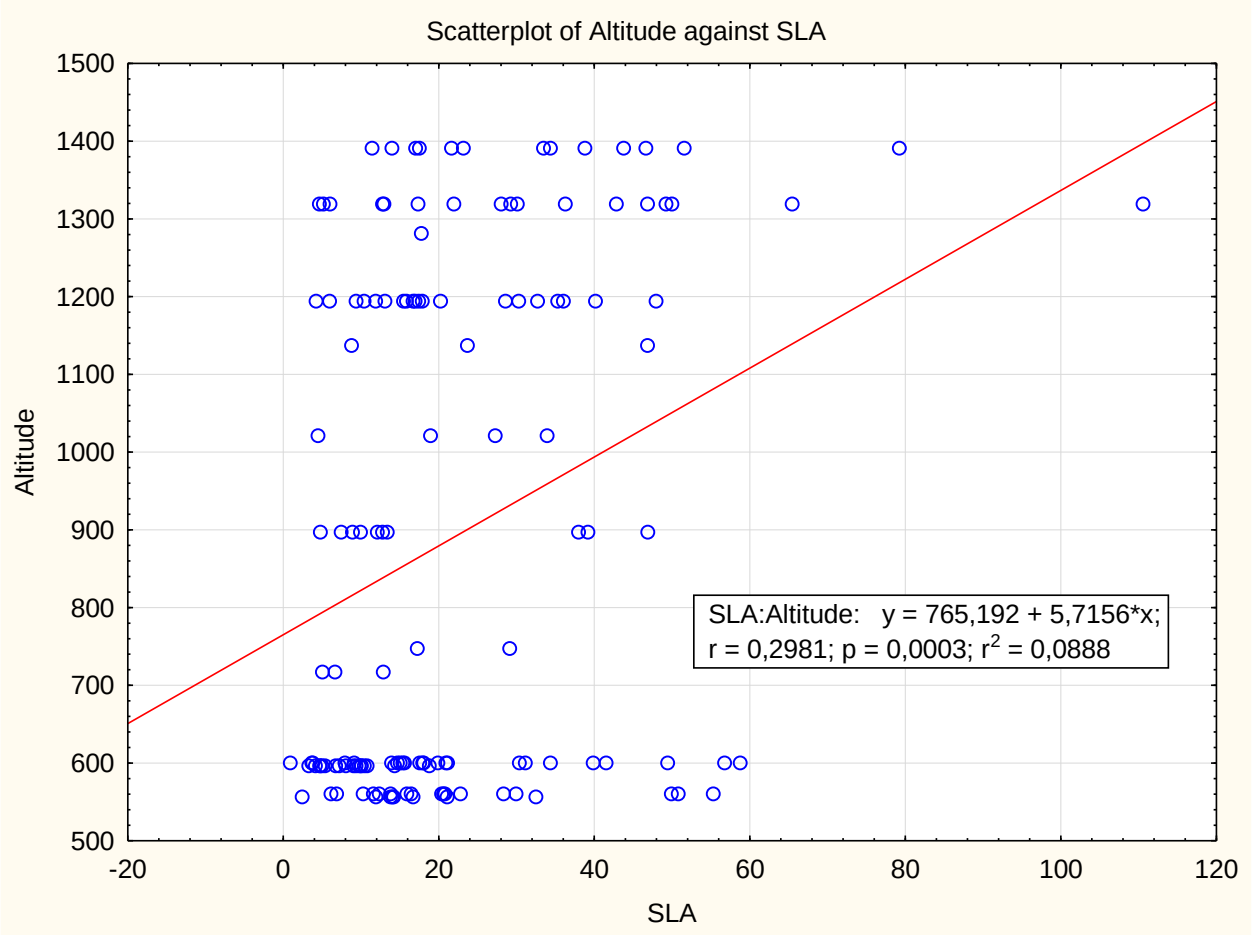


Figure 11 : corrélation de Pearson entre SLA et le gradient altitudinal

III.1.1.1.Surface Foliaire Spécifique (SLA) et Altitude La relation entre l'altitude et la SLA est illustrée dans la Figure 11, où un scatterplot montre une corrélation positive significative (p = 0.00003). Ce résultat indique que la SLA augmente avec l'altitude, ce qui peut refléter des adaptations des plantes à des conditions environnementales plus rudes en haute altitude.

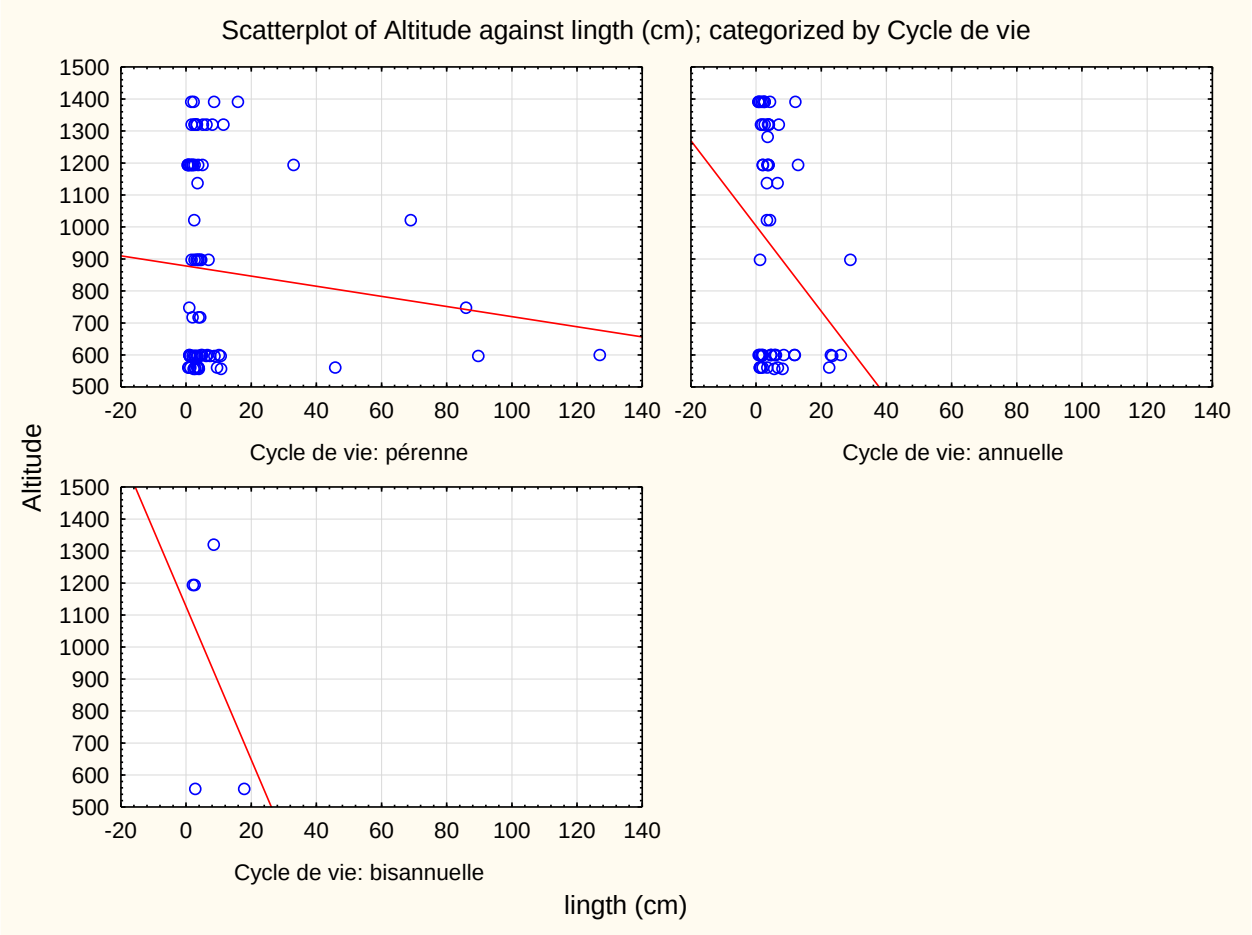
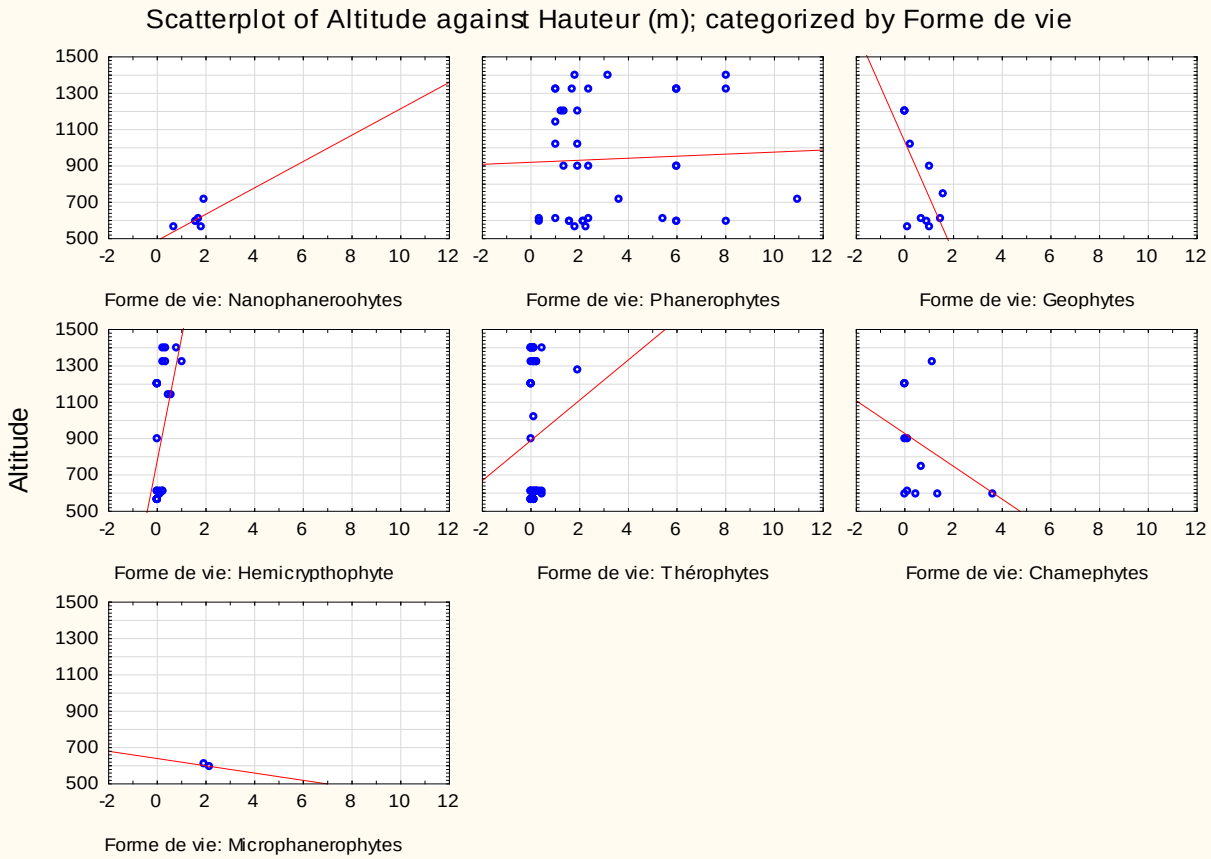


Figure 12 : corrélation de Pearson entre la longueur (cm) et le gradient altitudinal (m) selon cycle de vie

III.1.1.2.Longueur des Feuilles et Altitude par Cycle de Vie Comme le montre la Figure 12, la longueur des feuilles varie significativement avec l'altitude chez les plantes annuelles (p = 0,005), mais aucune relation significative n'a été trouvée pour les cycles de vie bisannuel et pérenne. Ce résultat suggère que les adaptations liées à la longueur des feuilles sont spécifiques à certains cycles de vie.


Scatterplot of Altitude against Hauteur (m); categorized by Forme de vie
Altitude
Hauteur (m)
Forme de vie: Nanophaneroohytes
Forme de vie: Phanerophytes
Forme de vie: Geophytes
Forme de vie: Hemicrypthophyte
Forme de vie: Thérophytes
Forme de vie: Chamephytes
Forme de vie: Microphanerophytes

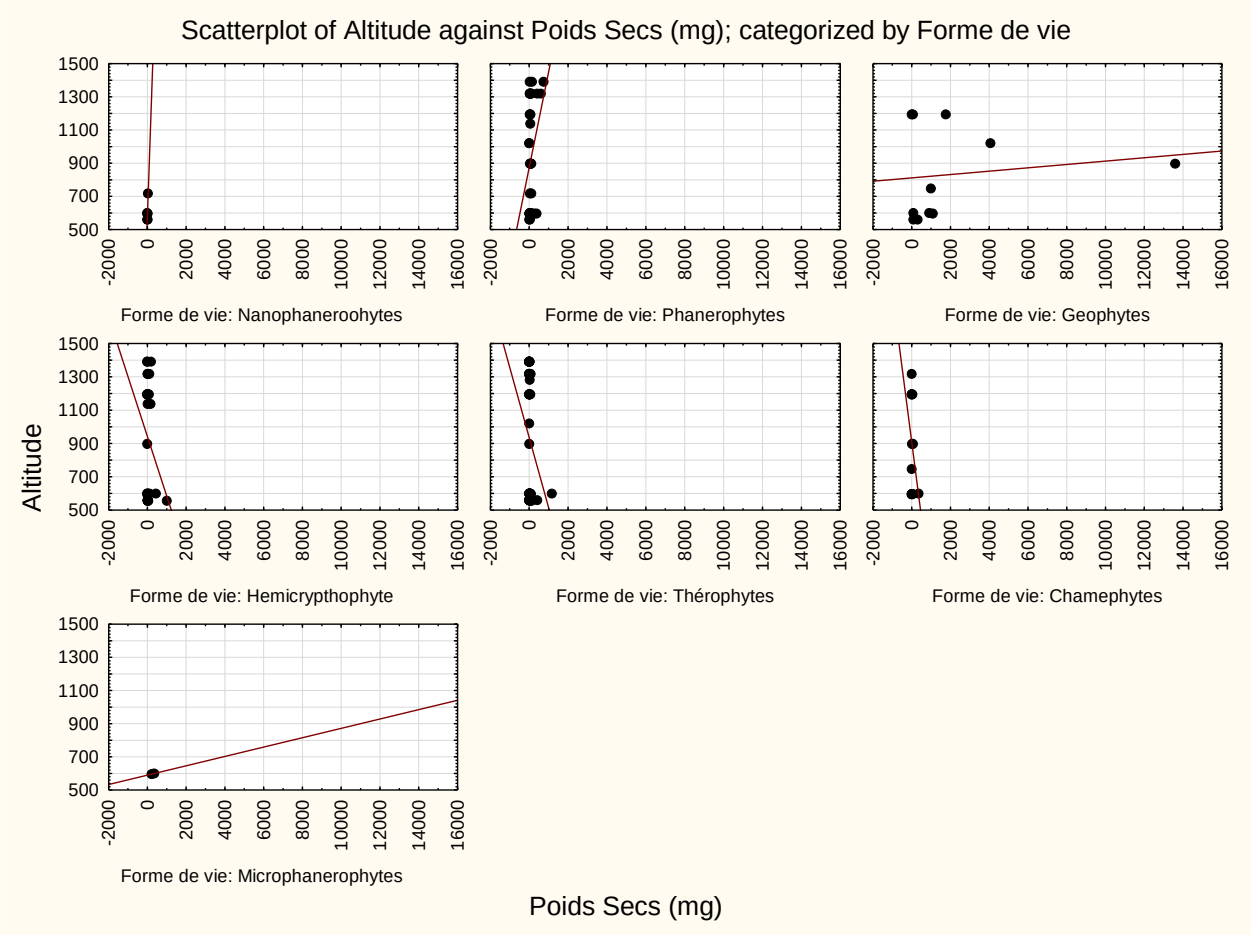


Figure 14 : corrélation de Pearson entre poids secs (mg) et le gradient altitudinal selon la forme de vie

III.1.1.3.Influence de l'Altitude sur la Hauteur et le Poids Sec par Forme de Vie La Figure 13 révèle une corrélation significative entre la hauteur des plantes et l'altitude pour les géophytes (p = 0,00267) et les hémicryptophytes (p = 0,00057). La Figure 14 indique une relation significative entre le poids sec et l'altitude chez les géophytes (p = 0,00101) et une tendance proche de la significativité chez les phanérophytes (p = 0,00766). Ces relations soulignent comment différentes formes de vie adaptent leurs traits structurels en réponse aux variations altitudinales.

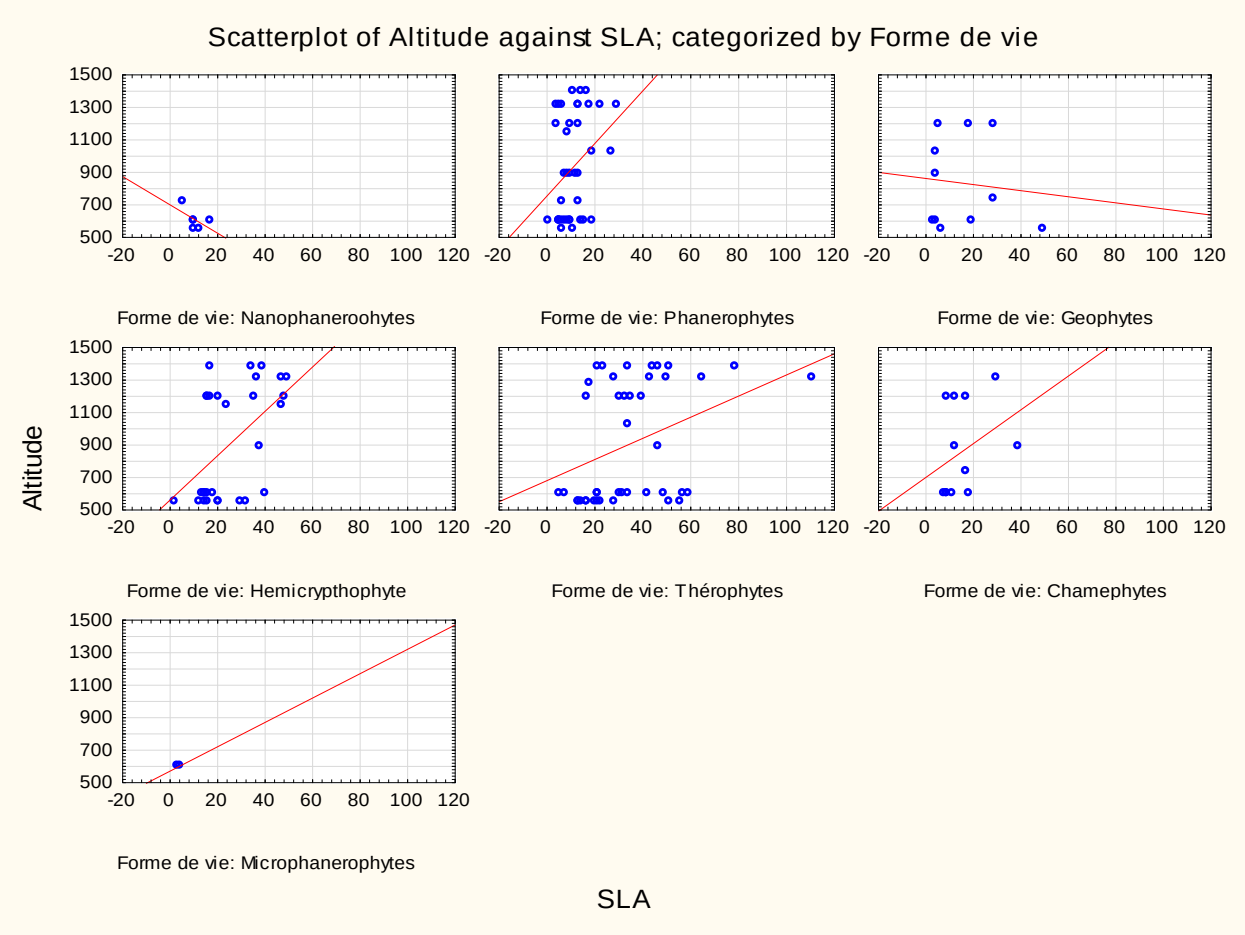


Figure 15 : corrélation de pearson entre SLA et le gradient altitudinal selon la forme de vie

III.1.1.4.Variation du SLA en Fonction de la Forme de Vie et de l'Altitude Selon la Figure 15 des différences significatives dans la variation du SLA en fonction de l'altitude ont été observées entre les différentes formes de vie, avec des relations très significatives chez les phanérophytes (p = 0,0555), les hémicryptophytes (p = 0,0044), et les thérophytes (p = 0,0171). Ces résultats montrent que l'altitude influence de manière différente le SLA selon la forme biologique de la plante.

III.1.2.Analyses de Variance (ANOVA) des Traits Fonctionnels par Altitude et Exposition

III.1.2.1.Effet de l'Altitude sur la Hauteur par Station

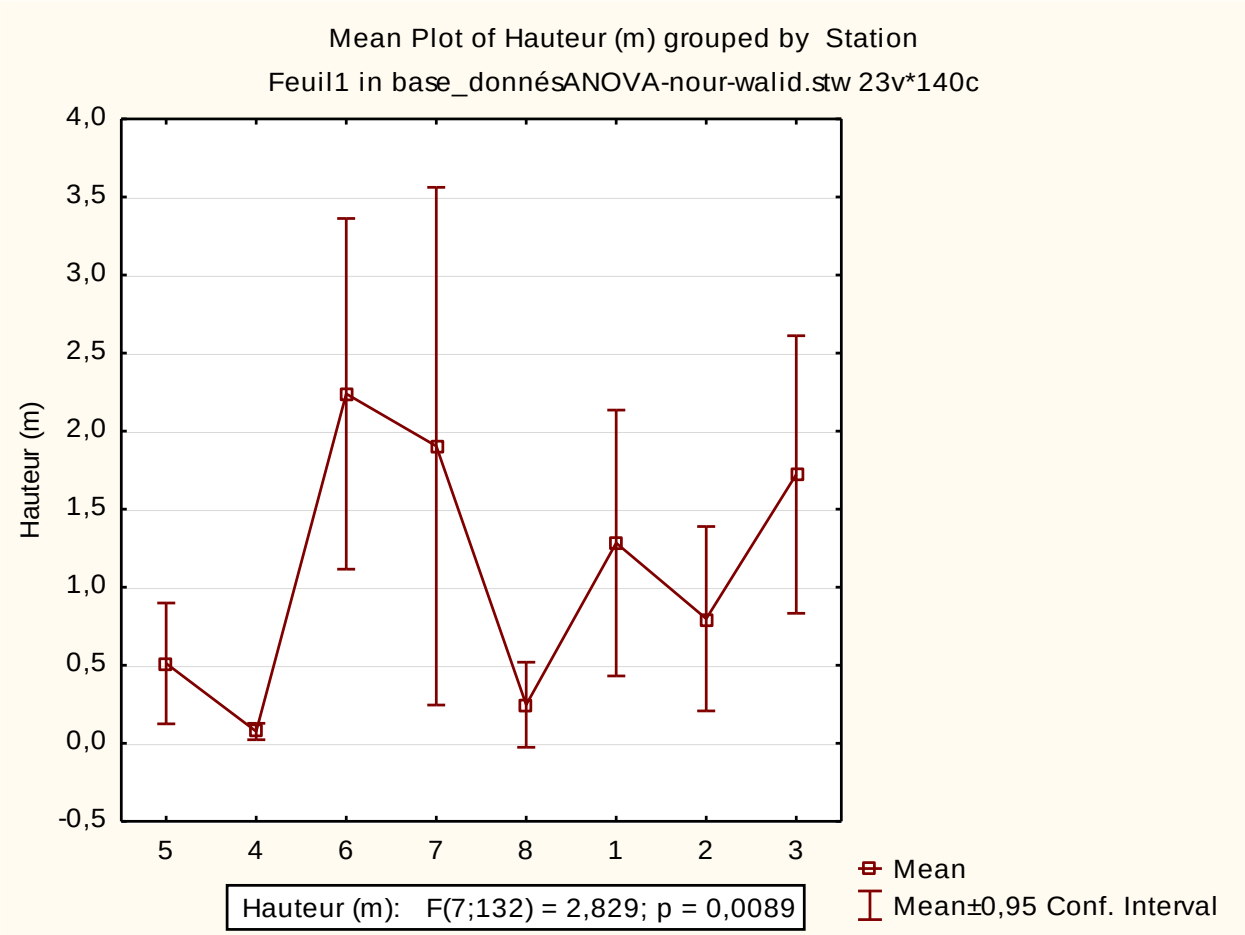


Figure 16 : variation des moyennes de hauteur (m) des groupes des échantillons en fonction de l'altitude (m)

ANOVA a été utilisée pour tester si les différences de hauteur moyenne entre les stations étaient statistiquement significatives. Les résultats montrent que les variations de hauteur entre les stations situées à différentes altitudes sont très significatives (p = 0,00089). Les stations en altitude plus élevée présentent généralement des hauteurs plus grandes, ce qui pourrait indiquer une adaptation des plantes à des conditions climatiques plus froides et plus venteuses en altitude.

III.1.2.2. Effet de l'Altitude sur le Poids Frais par Station

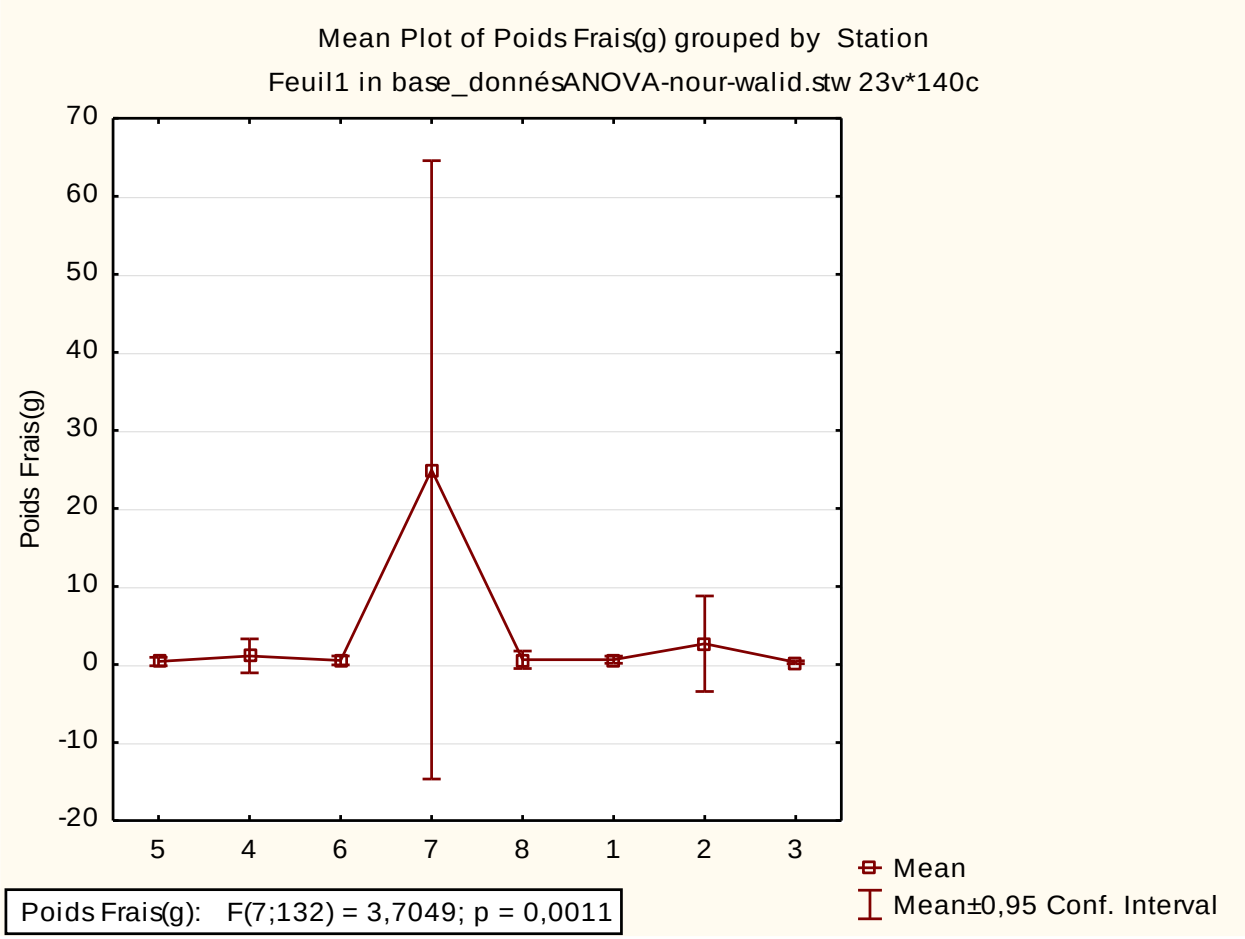


Figure 17 : variation des moyennes de poids frais des groupes des échantillons en fonction de l'altitude

Une relation très significative a été observée entre l'altitude et le poids frais des feuilles (p = 0,0001). Cette relation peut suggérer que les plantes en haute altitude développent des feuilles plus lourdes, potentiellement en réponse à une moindre évapotranspiration due à des températures plus basses.

III.1.2.3. Effet de l'Altitude sur la Surface Foliaire Spécifique (SLA) par Station

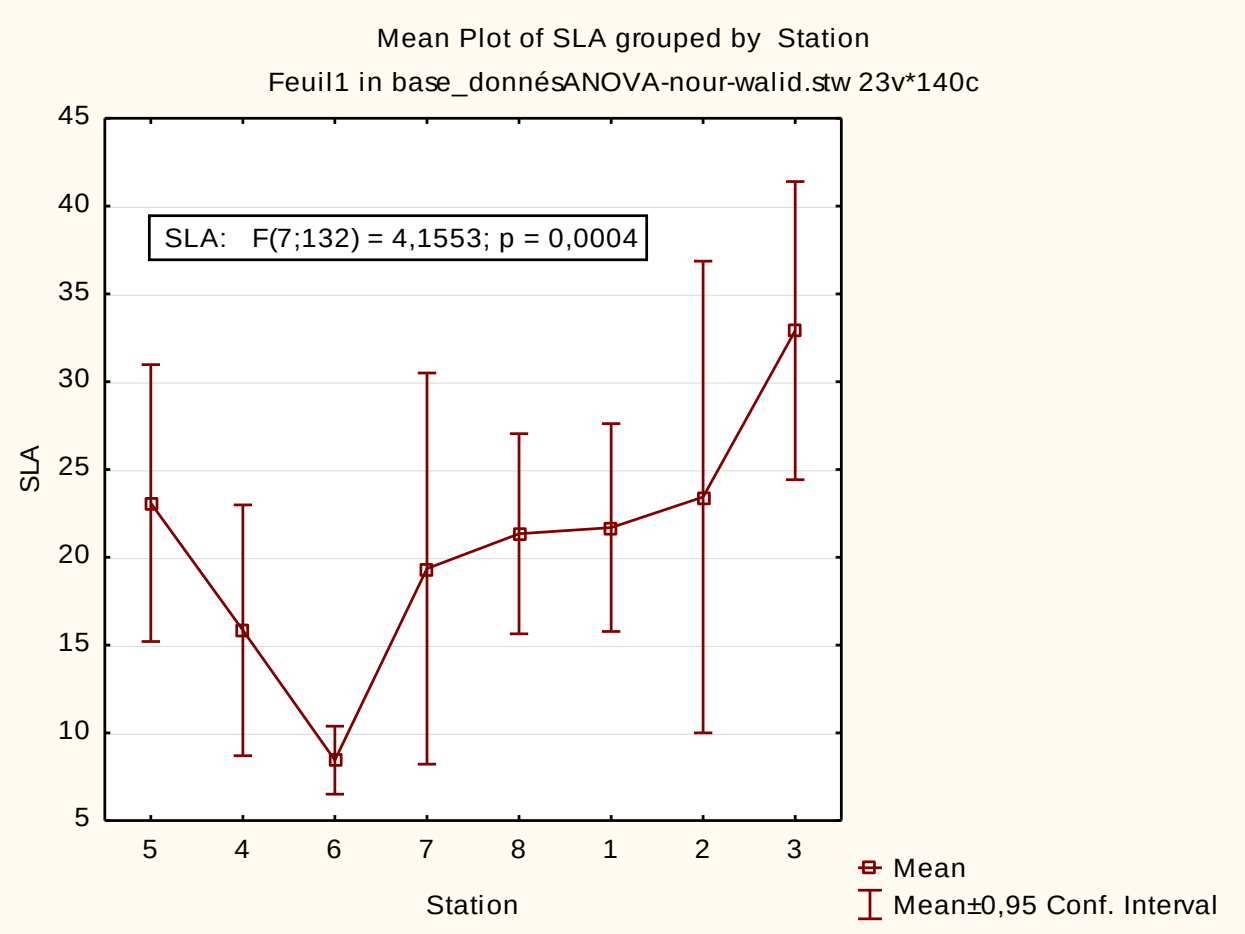


Figure 18 : variation des moyennes de SLA des groupes des échantillons en fonction de l'altitude

L'effet de l'altitude sur la SLA a été examiné à travers une ANOVA, révélant un effet très significatif (p = 0,00004). Les plantes en haute altitude tendent à avoir une SLA plus élevée, ce qui peut être interprété comme une adaptation à des niveaux de lumière plus faibles ou à des contraintes de ressources.

III.1.2.4. Hauteur des Plantes par Exposition et Altitude

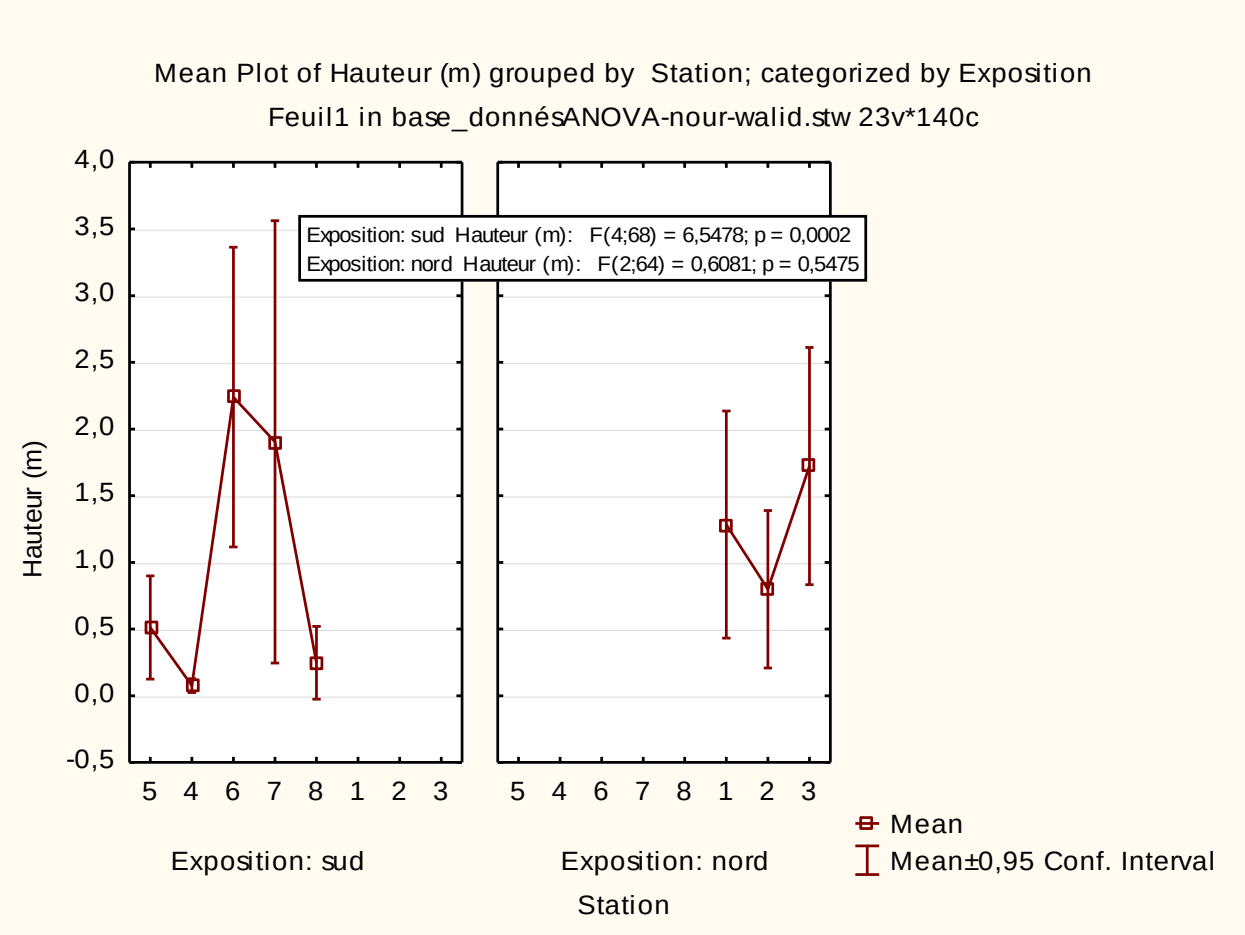


Figure 19 : variation des moyennes de hauteur (m) des groupes des échantillons en fonction de l'altitude selon exposition

L'ANOVA a montré que l'exposition influence significativement la hauteur des plantes en fonction de l'altitude (p = 0,00002), avec des plantes exposées au sud présentant des hauteurs plus élevées. Ce résultat suggère que l'exposition au soleil peut jouer un rôle crucial dans la croissance des plantes en haute altitude.

III.1.2.5. Largeur des Feuilles par Exposition et Altitude

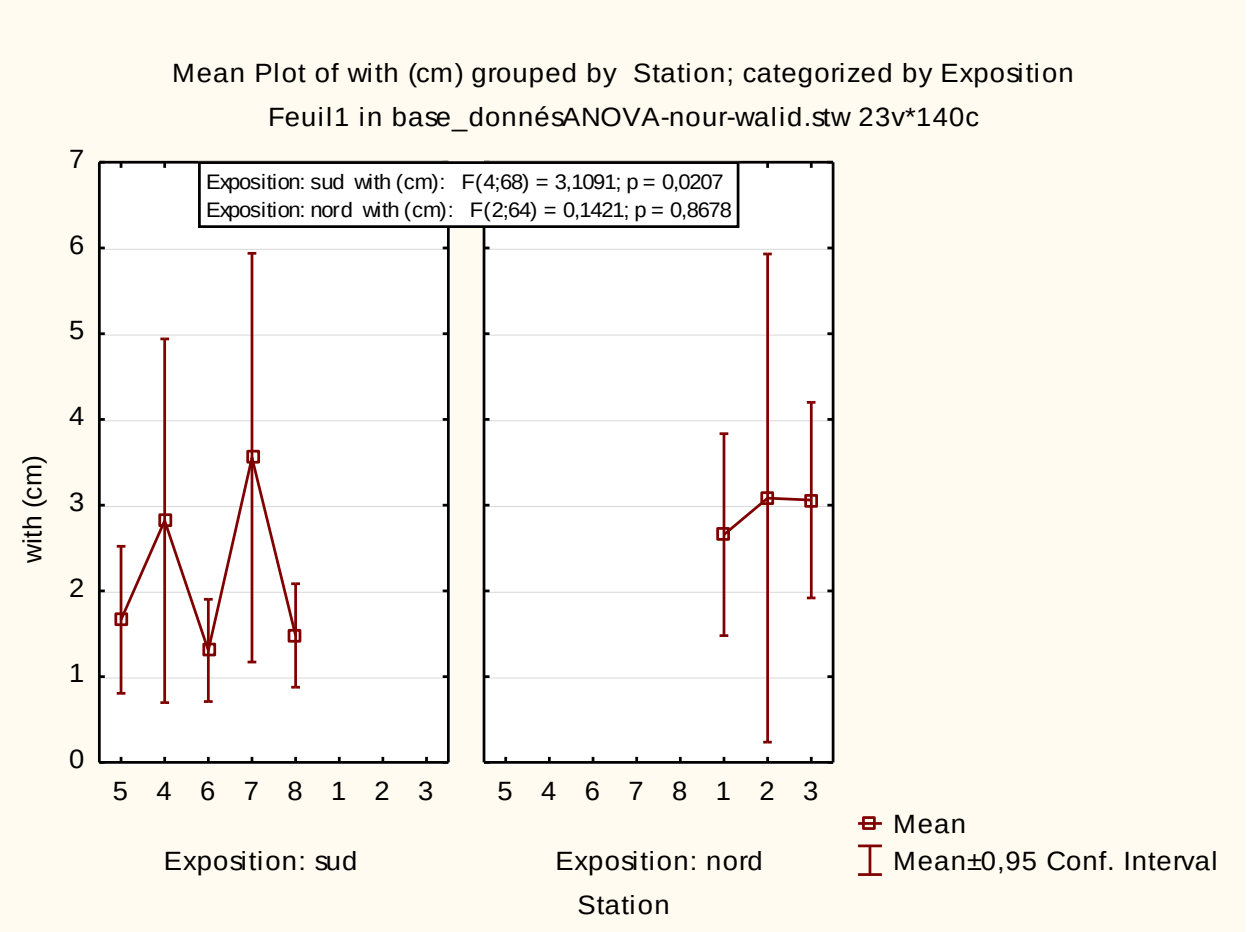


Figure 20 : variation des moyennes de largueur en fonction de l'altitude selon exposition

Une corrélation significative a été trouvée entre l'altitude et la largeur des feuilles pour les plantes exposées au sud (p = 0,00207). Aucune relation significative n'a été trouvée pour l'exposition nord, indiquant que les conditions microclimatiques spécifiques du côté sud favorisent une plus grande largeur de feuille.

III.1.2.6. Poids Frais des Feuilles par Exposition et Altitude

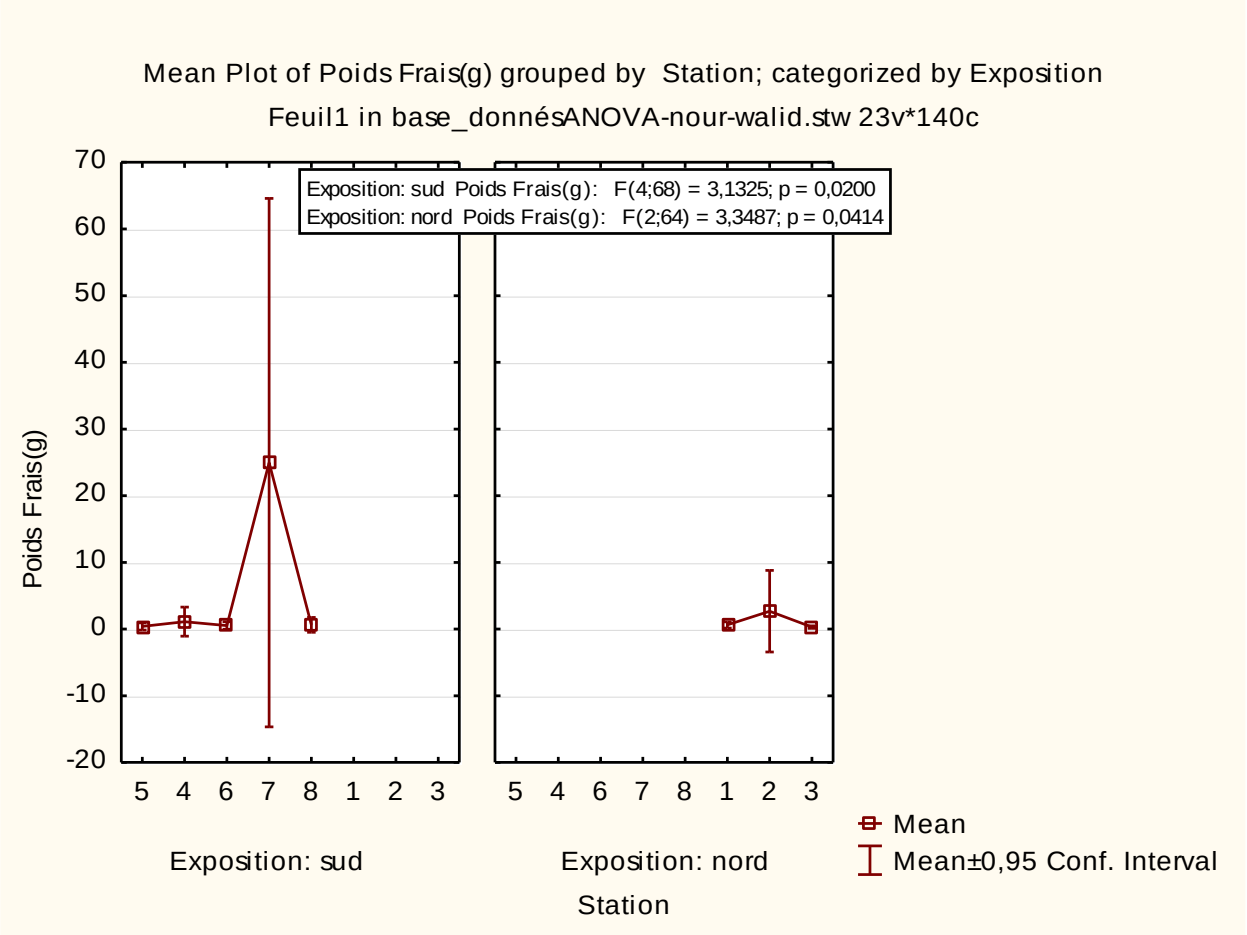


Figure 21 : variation des moyennes de poids frais en fonction de l'altitude selon exposition

Les résultats indiquent que l'altitude a un effet significatif sur le poids frais des feuilles, surtout pour les stations de haute altitude exposées au sud (p = 0,00200) et au nord (p = 0,00414). Ces variations peuvent refléter des adaptations à des variations d'humidité et de température associées à l'exposition et à l'altitude.

III.1.2.7. LDMC par Exposition et Altitude

FF

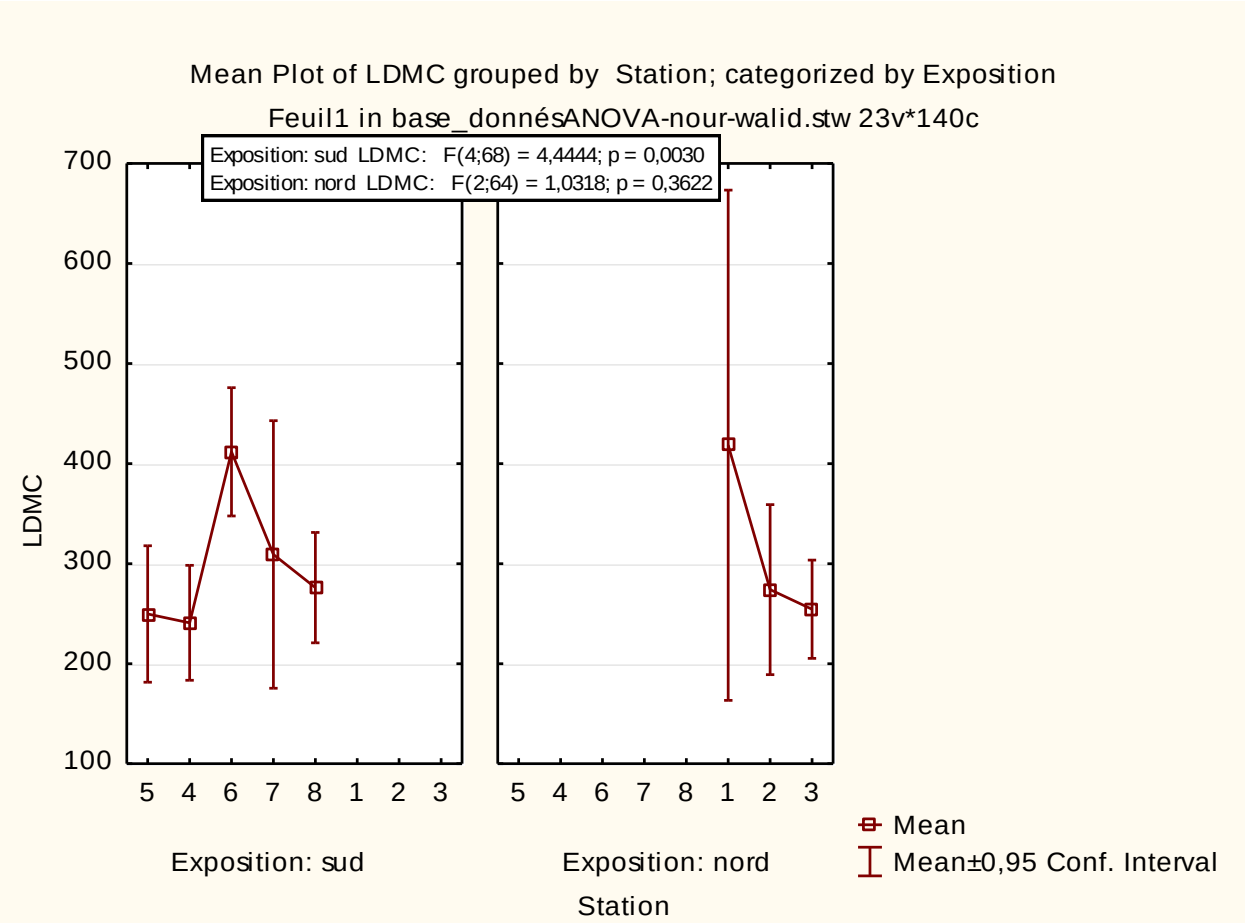


Figure 22 : variation des moyennes du LDMC en fonction de l'altitude selon exposition

L'ANOVA a révélé une différence significative dans la LDMC en fonction de l'exposition sud (p = 0,00030), mais pas pour l'exposition nord. Les plantes exposées au sud en haute altitude montrent une LDMC plus élevée, ce qui peut indiquer des adaptations à des contraintes hydriques plus sévères.

III.1.2.8. Périmètre des feuilles des Plantes par Exposition et Altitude

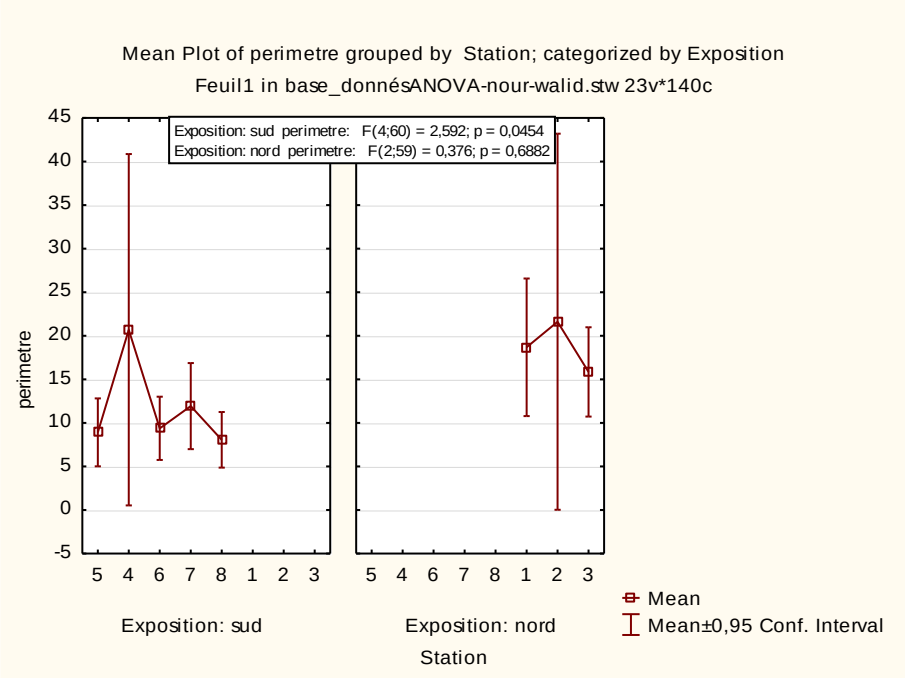
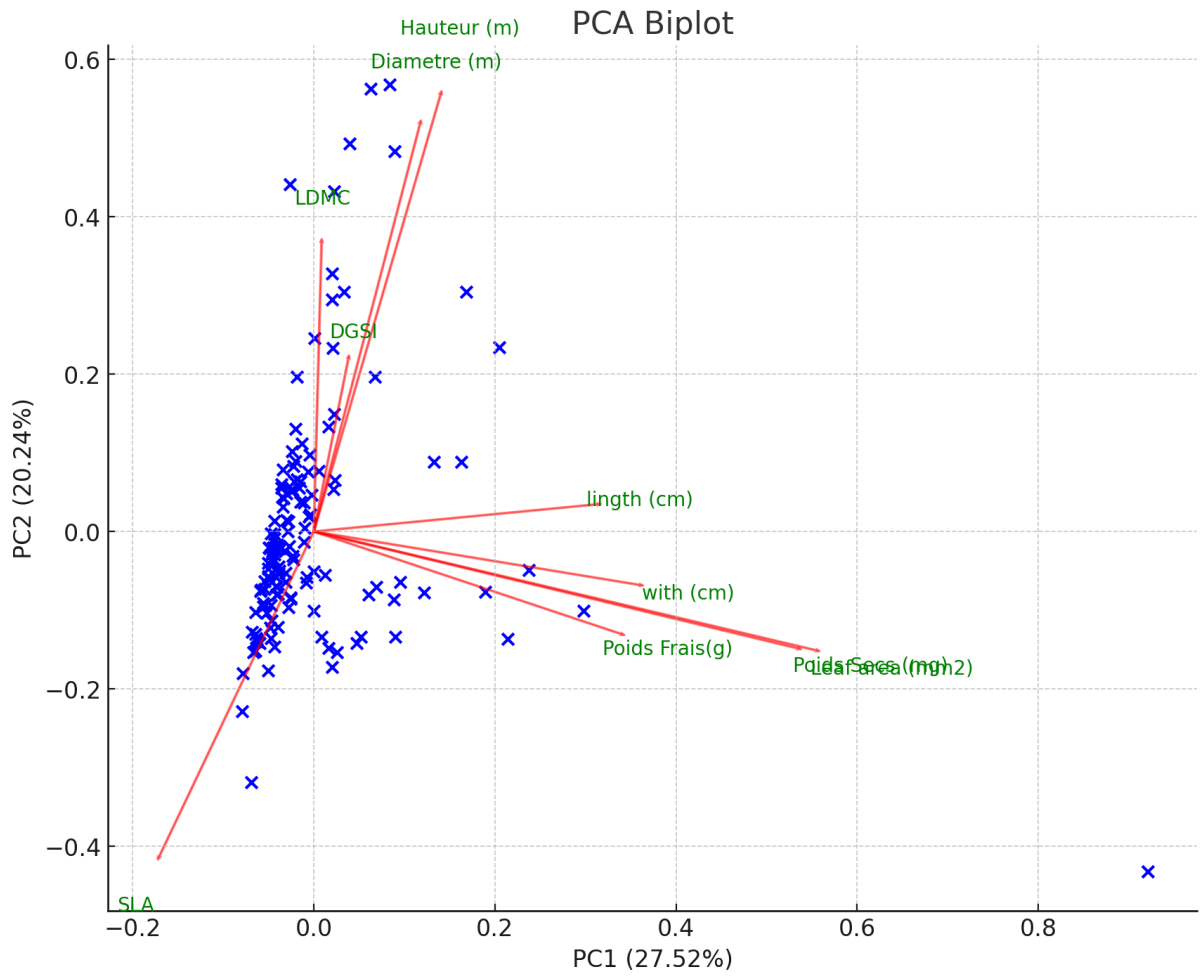


Figure 23 : variation des moyennes de périmètre en fonction de l'altitude selon exposition

Une relation significative a été trouvée entre l'altitude et le périmètre pour les plantes exposées au sud (p = 0,00454). Cette tendance suggère que les plantes en haute altitude peuvent développer des structures physiques plus robustes pour résister aux conditions environnementales difficiles.

III.1.3.Résultats de l'Analyse en Composantes Principales (ACP)

III.1.3.1Distribution des Traits Fonctionnels et Variations Altitudinales



La figure 24 représente biplot qui montre les deux premières composantes principales (PC1 et PC2) de l'Analyse en Composantes Principales pour nos traits fonctionnels. Les points bleus représentent les observations individuelles dans l'espace réduit par PC1 et PC2.Les flèches rouges indiquent la direction et la magnitude de chaque trait fonctionnel dans cet espace de composantes principales. Les labels verts indiquent les traits spécifiques associés à chaque flèche.

L'Analyse en Composantes Principales a été effectuée sur un ensemble de données composé de plusieurs traits fonctionnels mesurés sur des plantes collectées à différentes altitudes. Les traits analysés incluaient la hauteur, le diamètre, la surface foliaire, ainsi que des indices physiologiques tels que l'indice de surface foliaire spécifique (SLA) et la densité de la masse foliaire (LDMC). Après la standardisation des données, l'ACP a

été appliquée pour réduire la dimensionnalité et identifier les principaux axes de variation.

Les deux premières composantes principales ont expliqué une proportion significative de la variance totale des données. La première composante principale (PC1) a expliqué 27,52% de la variance, tandis que la deuxième composante principale (PC2) a contribué à 20,24% de la variance. Ensemble, ces deux composantes expliquent près de 47,76% de la variance totale observée.

III.1.3.2.Biplots de l'ACP

Le biplot généré pour visualiser les résultats de l'ACP a révélé des insights intéressants sur la distribution des traits fonctionnels par rapport aux composantes principales. Les vecteurs représentant chaque trait sur le biplot ont montré que les traits liés aux feuilles, tels que la surface foliaire et la longueur des feuilles, étaient fortement chargés sur PC1, indiquant leur importance dans la variation globale des traits fonctionnels des plantes. En revanche, PC2 a capturé des variations principalement associées aux gradients d'altitude, illustrant comment les traits adaptatifs varient avec l'altitude.

De plus, l'orientation des vecteurs sur le biplot a montré des corrélations significatives entre certains traits. Par exemple, une corrélation positive a été observée entre la surface foliaire et la longueur des feuilles, suggérant que les plantes avec des feuilles plus grandes tendent également à avoir des feuilles plus longues. D'autre part, des traits tels que la densité de la masse foliaire (LDMC) ont montré peu ou pas de corrélation avec la taille des feuilles, indiquant des adaptations indépendantes à d'autres facteurs environnementaux ou physiologiques.

III.2.Discussion

Les écosystèmes forestiers méditerranéens, notamment ceux de la région de Tamesguida, offrent un laboratoire naturel pour étudier l'adaptation des plantes aux gradients environnementaux tels que l'altitude et l'exposition. Ces écosystèmes sont caractérisés par une biodiversité riche et des complexités écologiques qui influencent les stratégies adaptatives des plantes face aux changements climatiques et écologiques **(Lavorel et Garnier, 2002).** Notre étude visait à explorer comment les variations altitudinales affectent les traits foliaires des plantes, fournissant des insights pour la gestion durable et la conservation de ces habitats précieux.

III.2.1.Adaptations des Traits Fonctionnels à l'Altitude

_ Influence de l'Altitude sur la Surface Foliaire Spécifique (SLA)

Les résultats montrent une augmentation significative de la SLA avec l'altitude ($p = 0,00003$), illustrée dans la Figure 1. Cette adaptation peut être interprétée comme une réponse aux conditions environnementales extrêmes en haute altitude, où une irradiation solaire accrue et des températures plus basses prévalent. Comme **Körner (2003)** l'a suggéré, l'augmentation de la SLA est une stratégie d'optimisation de la capture lumineuse et de la photosynthèse sous des pressions atmosphériques réduites et des températures froides. Des recherches récentes par **Zhu et al. (2020)** confirment également que la SLA accrue aide à minimiser le stress hydrique en réduisant la transpiration, une fonction cruciale pour la survie dans des environnements où l'eau est souvent limitée.

_ Variabilité de la Longueur des Feuilles Selon le Cycle de Vie

La longueur des feuilles, qui varie significativement avec l'altitude chez les plantes annuelles ($p = 0,005$) comme le montre la Figure 2, souligne une adaptation potentielle aux saisons de croissance courtes typiques des environnements de haute montagne. **Callaway et al. (2002)** ont noté que les plantes annuelles peuvent exhiber des taux de croissance plus rapides pour exploiter les fenêtres de croissance saisonnière brèves. En complément, **Sundqvist et al. (2018)** ont observé que cette stratégie pourrait être particulièrement prononcée chez les espèces rencontrant des conditions altitudinales extrêmes, adaptant leur morphologie pour optimiser la capture de ressources en un temps limité.

_ Hauteur et Poids Sec des Plantes

La corrélation significative entre la hauteur des plantes et l'altitude chez les géophytes et les hémicryptophytes, ainsi que les variations du poids sec, indiquent des adaptations structurelles pour résister aux vents forts et optimiser l'accès à la lumière solaire en haute altitude. Comme discuté par **Grabherr et al. (1994),** et confirmé récemment par **Pugnaire et al. (2019),** ces adaptations peuvent également être influencées par des interactions biotiques, telles que la compétition pour les ressources limitées et la nécessité d'éviter la herbivorie.

III.2.2.Rôle de l'Exposition et de l'Altitude sur les Traits Fonctionnels

_ Hauteur et Largeur des Feuilles selon l'Exposition

L'augmentation de la hauteur et de la largeur des feuilles avec une exposition sud en haute altitude ($p < 0,00207$) révèle l'importance de l'exposition solaire pour la croissance des plantes. **Valladares et Pearcy (1997)** ont montré que l'exposition au soleil peut affecter profondément la morphologie végétale, notamment par des ajustements dans l'architecture foliaire pour maximiser l'efficacité photosynthétique et minimiser le stress dû à l'exposition aux UV. **Liancourt et al. (2020)** ont également trouvé que l'orientation par rapport au soleil influence de manière significative la stratégie de croissance des plantes en haute altitude.

III.2.3.Distribution des Traits Fonctionnels et Variations Altitudinales

L'application de l'ACP a permis d'identifier les principaux axes de variation des traits fonctionnels des plantes en réponse aux gradients altitudinaux. La première composante principale (PC1), expliquant 27,52% de la variance, et la deuxième composante principale (PC2), contribuant à 20,24% de la variance, ont ensemble révélé des aspects cruciaux de la plasticité phénotypique des plantes face à des conditions environnementales variées **(Legendre & Legendre, 2012).** Le biplot généré illustre clairement que les traits liés aux feuilles, tels que la surface foliaire et la longueur des feuilles, sont particulièrement sensibles aux conditions altitudinales, comme le montrent leurs fortes charges sur PC1 **(Jolliffe & Cadima, 2016).**

Les résultats indiquent que PC1 capte essentiellement des variations liées à la morphologie foliaire, soulignant l'importance de ces traits dans la capacité des plantes à

s'adapter à l'environnement altitudinal. La corrélation positive entre la surface foliaire et la longueur des feuilles révélée par le biplot suggère que des feuilles plus grandes sont une stratégie adaptative pour maximiser la photosynthèse dans les environnements de haute altitude, où la lumière est plus abondante mais les saisons de croissance sont courtes **(Pérez-Harguindeguy et al., 2013).** En revanche, PC2 montre que des traits tels que la densité de la masse foliaire (LDMC) sont moins influencés par l'altitude, ce qui pourrait indiquer des adaptations spécifiques à d'autres facteurs environnementaux comme le stress hydrique ou la fertilité du sol **(Craine et al., 2018).**

Les insights fournis par l'ACP concernant la façon dont les traits fonctionnels varient avec l'altitude sont essentiels pour la gestion des écosystèmes de montagne. La compréhension des stratégies adaptatives des plantes peut aider à prédire les réponses des communautés végétales aux changements climatiques et à élaborer des stratégies de conservation qui tiennent compte de la variabilité intraspécifique et de la plasticité phénotypique **(Siefert et al., 2015).** Par exemple, les informations sur la variation de la SLA et de la LDMC peuvent être utilisées pour identifier les espèces potentiellement vulnérables à l'intensification des sécheresses ou aux changements dans les régimes de précipitations prévus avec le changement climatique **(Milla et al., 2017).**

III.2.4.Implications pour la Conservation et la Gestion des Écosystèmes de Montagne

La variation des traits fonctionnels en réponse à l'altitude et à l'exposition souligne l'importance de ces facteurs dans la gestion des écosystèmes de montagne. Comme le suggèrent **Pauli et al. (2007),** comprendre ces adaptations est essentiel pour formuler des stratégies de conservation qui maintiennent la biodiversité et la résilience des écosystèmes face aux changements climatiques. **Halbritter et al. (2021)** renforcent cette idée en soulignant l'importance des adaptations locales pour la préservation des interactions écologiques et fonctionnelles au sein des écosystèmes montagneux.

La nécessité de reconsidérer les modèles écologiques actuels est cruciale, surtout si les hypothèses sont partiellement ou entièrement invalidées. Les travaux de **Thompson et al. (2024)** soulignent que les modèles écologiques doivent évoluer pour incorporer des données multi-échelles et multidimensionnelles, permettant une meilleure prédiction des réponses des plantes aux changements globaux. Cela inclut l'adoption de modèles plus

flexibles qui peuvent accommoder des variables environnementales non linéaires et des interactions complexes entre les traits.

L'intégration de facteurs additionnels tels que les changements dans les régimes de précipitations, les interactions entre espèces, et même les modifications anthropogéniques du paysage est essentielle. Comme indiqué par **Patel et Franklin (2025)**, comprendre comment ces facteurs influencent l'adaptation des plantes peut aider à développer des stratégies de conservation plus efficaces et plus adaptatives, qui sont capables de soutenir la biodiversité dans un climat en mutation.

III.2.5.Limites Techniques et Biais Potentiels

L'une des principales limites techniques de cette étude réside dans sa dépendance aux données recueillies uniquement dans des zones spécifiques, ce qui peut poser des questions quant à la généralisabilité des résultats. Comme le soulignent **Smith et al**. **(2021**), les études écologiques qui se basent sur des données de terrain limitées à certaines géographies peuvent ne pas capturer la variabilité complète des réponses des plantes à des gradients environnementaux plus larges. Cela peut limiter l'application des découvertes à d'autres régions où les conditions altitudinales ou autres facteurs environnementaux peuvent différer de manière significative.

La méthode de l'Analyse en Composantes Principales (ACP), utilisée pour identifier les principaux axes de variation des traits fonctionnels, est puissante pour réduire la dimensionnalité des données complexes. Cependant, comme le notent **Jolliffe et Cadima (2016),** bien que l'ACP soit utile pour détecter des patterns et des tendances, elle ne permet pas d'établir des relations causales entre les variables étudiées. Sans des analyses complémentaires, telles que des modèles de régression ou des expériences manipulatives, il est difficile de déterminer si les variations observées dans les traits fonctionnels sont directement causées par l'altitude ou par d'autres facteurs corrélés.

Les biais potentiels de cette étude pourraient également résulter de l'échantillonnage non aléatoire, où certaines zones ou certains types de plantes pourraient être surreprésentés ou sous-représentés. Comme le discutent **Gonzalez et al. (2020),** un échantillonnage biaisé peut conduire à des interprétations erronées des relations écologiques, surtout dans les études où les gradients environnementaux sont complexes et

multidimensionnels. En outre, la variabilité non mesurée dans les conditions environnementales autres que l'altitude, telles que les variations de sol, d'humidité ou d'exposition au soleil, peut également introduire des erreurs dans l'analyse des données et affecter les conclusions tirées.

certaines de nos hypothèses s'avèrent fausses, cela pourrait indiquer des lacunes dans notre compréhension actuelle des mécanismes d'adaptation. Comme l'ont suggéré **Higham et al. (2023),** l'échec de certaines hypothèses pourrait révéler l'influence d'autres facteurs non considérés initialement, tels que les interactions génétiques, les effets de microhabitats ou les influences biotiques comme la compétition ou la prédation, qui pourraient masquer ou modifier les réponses attendues à l'altitude. Cela appelle à une réévaluation des modèles écologiques actuels pour intégrer ces facteurs complexes et souvent interdépendants.

CONCLUSION GENERALE



Conclusion générale

Cette étude a mis en lumière la complexité et la diversité des adaptations des traits fonctionnels des plantes face aux gradients altitudinaux dans La forêt de TAMESGUIDA. Les résultats montrent clairement que l'augmentation de la Surface Foliaire Spécifique (SLA) avec l'altitude, la variabilité de la longueur des feuilles selon le cycle de vie, et les adaptations spécifiques en termes de hauteur et de poids sec selon les formes de vie, sont des réponses directes aux conditions environnementales extrêmes rencontrées en haute altitude.

Principales Découvertes

- **Surface Foliaire Spécifique (SLA):** L'augmentation de la SLA avec l'altitude ($p = 0,00003$) confirme que les plantes adaptent leur morphologie pour maximiser la photosynthèse et minimiser la perte d'eau, ce qui est crucial dans les environnements montagneux où l'exposition solaire est intense et les ressources en eau sont limitées.
- **Longueur des Feuilles:** Les variations significatives de la longueur des feuilles avec l'altitude chez les plantes annuelles ($p = 0,005$), par rapport aux cycles de vie bisannuel et pérenne, illustrent comment les adaptations peuvent être finement ajustées selon le cycle de vie de la plante.
- **Hauteur et Poids Sec des feuilles :** Les géophytes et les hémicryptophytes montrent des adaptations claires en termes de hauteur et de poids sec, ce qui pourrait être une réponse à la nécessité de résister aux conditions climatiques rigoureuses et de compétition accrue pour la lumière en altitude.
- **L'Analyse en Composantes Principales (ACP)** a révélé que les adaptations ne sont pas uniformément réparties parmi tous les traits ou formes de vie mais varient significativement selon les facteurs écologiques et biologiques. Les variations de la SLA et de la morphologie foliaire capturées par PC1 soulignent l'importance de ces traits dans l'adaptation aux défis de haute altitude, tandis que PC2 indique que des traits comme la densité de la masse foliaire (LDMC) répondent à d'autres facteurs environnementaux comme le stress hydrique ou la fertilité du sol.

Ces découvertes ont des implications importantes pour la conservation des espèces de montagne, notamment en prévision des changements climatiques. Comprendre comment les traits fonctionnels varient avec l'altitude aide à prédire les réponses des communautés végétales aux changements environnementaux et à élaborer des stratégies de conservation qui tiennent compte des capacités adaptatives des plantes.

Pour approfondir notre compréhension, des recherches futures devraient se concentrer sur l'intégration des données génomiques pour explorer les bases génétiques des traits adaptatifs et étendre l'analyse à d'autres régions pour tester la généralisabilité de ces résultats. De plus, des études longitudinales permettraient de suivre les réponses adaptatives des plantes au fil du temps, fournissant des insights précieux sur la dynamique des adaptations face à l'évolution rapide des conditions climatiques.

Perspectives de Recherche Future

_ Exploration des Mécanismes Physiologiques

Pour approfondir les résultats obtenus, il serait essentiel d'explorer les mécanismes physiologiques sous-jacents aux adaptations observées. Comme le suggèrent **Moreno et al. (2022),** l'étude des réponses physiologiques, telles que les changements dans la photosynthèse, la transpiration, et l'allocation de ressources, pourrait éclairer les stratégies spécifiques utilisées par les plantes pour gérer les contraintes de l'altitude. Des études expérimentales en conditions contrôlées, ainsi que des mesures in situ de la performance physiologique des plantes, pourraient être particulièrement instructives.

_ Extension Géographique de l'Analyse

Étendre l'analyse à d'autres régions et à des gradients altitudinaux variés permettrait de tester la robustesse des patterns adaptatifs observés. Cette expansion géographique pourrait révéler des variations adaptatives spécifiques à certains contextes écologiques ou démontrer des principes plus universels d'adaptation. **Aspinwall et al. (2023)** recommandent l'utilisation de réseaux de surveillance écologique à long terme pour suivre les changements phénotypiques des populations végétales à travers divers écosystèmes.

_ Intégration de Données Génomiques

L'intégration de données génomiques pourrait révolutionner notre compréhension de la base génétique des traits adaptatifs. Selon les travaux de **Singh et al. (2024)**, l'analyse des séquences génomiques des plantes de différentes altitudes pourrait révéler des variations génétiques associées à des traits adaptatifs, offrant une perspective plus complète de l'adaptation des plantes aux changements environnementaux. Ces informations pourraient faciliter la sélection de traits favorables pour la conservation et le renforcement de la résilience des espèces végétales face au changement climatique.

Les recherches futures devraient continuer de déconstruire les interactions complexes entre les traits des plantes et leur environnement, en s'appuyant sur des approches multidisciplinaires qui intègrent l'écologie, la physiologie, la génomique, et la bioinformatique. En enrichissant notre compréhension des adaptations des plantes, ces études contribueront non seulement à la science fondamentale mais aussi à la gestion pratique des ressources naturelles dans un monde en rapide changement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Armstronget al ., 2002.- The application of analysis of variance(ANOVA) to different experimental designs in optometry. Ophthal. Physiol. Opt., 22, 248–2

Bagnouls F et Gaussen H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse (88). P : 3-4 et 193-239.

Barry J -P. 1988 -Approche Ecologique des Régions Arides de l'Afrique.Université de Nice. ISS de Nouakchott. 107p.

Bary, Lenger et al (1979),

Benabid A., 1984 -Etude phytosociologique et phytodynamique et leurs utilités.Ann. Rech. Forest. Maroc. pp : 3-35

Berrached, R., 2017. Contribution à l'étude spatio-temporelle des stations à armoise blanche (Artemisia herba-alba Asso.) des hautes plaines steppiques et études phrénologiques. Univers des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.

Bourorga, 2016.

BOUTALEB, A., 2014. Contribution a l'élaboration de la carte de sensibilité aux incendies dans la partie centrale de l'atlas blidéen et prévention des risques .

Callaway, R. M., et al. (2002). - Used to discuss how annual plants may exhibit faster growth rates to take advantage of short growing seasons at high altitudes.

Chaâbane, 1993, Etude de la végétation du littoral septentrional de Tunisie: Typologie, Syntaxonomie et éléments d'aménagement. Th. Doct. ès-sciences en Ecologie. Uni. Aix-Marseille III. 205 p + annexes

Crespo et al., 2016

Cruz et al., 2010; Garnier et al., 2007; H Poorter&Bergkotte, 1992).

Cruz, P et al (2010). Leaf Traits as Functional Descriptors of the Intensity of Continuous Grazing in Native Grasslands in the South of Brazil. *Rangeland Ecology & Management*, *63*(3), 350–358.

Daget, 1976

Dajoz, 1974).

Debrach J, (1953), Notes sur les climats du Maroc occidental -, Maroc méd., n°342:14 p

DUCHAUFOUR P ,(1960) Précis de pédologie, ed Masson et C ie .438p

Ellenberg, 1956.

Emberger L., 1952 –Sur le Quotient Pluviothermique. C.R. Sci. n°234. pp 2508-2511. Paris.

Gabriel, K. R. (1971). The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58(3), 453-467.

Garnier E, & Navas, M. L, (2012). A trait-based approach to comparative functional plant ecology: Concepts, methods and applications for agroecology. A review. Agronomy for Sustainable Development (Vol. 32).

Gelman A., 2013.- P values and statistical practice. Epidemiology, 24(1), 69-72. Doi:10.1097/EDE.0b013e31827886f7

Gillet, 2000

Gounot M., 1969.- Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie, Paris, 314Godron M., 1971. Comparaison d'une courbe aire-espèces et de son modèle. *Oecol. Plant*., 6, 189- 193.

Gounot M., 1969.- Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie, Paris, 314 Godron M., 1971. Comparaison d'une courbe aire-espèces et de son modèle. *Oecol. Plant*., 6, 189- 193.

Grabherr, G., et al. (1994). - Cited to discuss how structural adaptations in plants, such as height and dry weight, help them resist high-altitude wind conditions and optimize light access.

Grime, 1998; Hendrik Poorter& Garnier, 2007)

Grime, J. P. (1998). Benefits of plant diversity to ecosystems: Immediate, filter and foundereffects. Journal of Ecology, 86(6), 902–910

Halfaoui F, (2017) Application du SIG dans la cartographie des formations végétalesde larégion deTamezguida, Wilaya de Médéa.p . 15,17,25-31

Jolliffe, I. T. (2002). *Principal Component* Analysis. Springer Series in Statistics. Springer-Verlag, New York.

Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and PsychologicalMeasurement*, 20, 141-151.

Keddy P. A. (1992) Assembly and response rules: two goals for predictive community ecology. Journal of Vegetation Science 3:157-164 .

Körner, C. (2003). - Cited to support the argument that the increase in Specific Leaf Area (SLA) with altitude is a strategy for optimizing light capture and photosynthesis under reduced atmospheric pressure and cooler temperatures.

Lacoste et Salanon, 2001 ; Floret et Pontanier, 1982

Lavorel, S., & Garnier, E. (2002). - This reference is used to discuss the biodiversity and ecological complexities of Mediterranean forest

ecosystems, specifically emphasizing their role in plant adaptation to environmental gradients like altitude and exposure.

Le Bourgeois, 1993

Long, 1974.

Maestre F.T., 2004.- On the importance of patch attributes, environmental factors and past human impacts as determinants of perennial plant species richness and diversity in Mediterranean semiarid steppes. Diversity and Distributions, 10(1), 21-29

Magurran, 1988

MEDDOUR R ,(2002) Bioclimats, étages et séries de végétation de l'Atlas Blidéen (Algérie), Phytocoenologia, Berlin Stuttgart, pp 101-128.

Melouani N, (2014) Contribution a l'étude phytoécologique et dynamique de la végétation après incendie dans l'atlas blidéen. N° d'ordre : 06/2014-M/S.B. p25

OZENDA P ,(1982), Les végétaux dans la biosphère .Ed .Doin .Paris.431p

Pérez -H Arguindeguy et al. (2013) : «New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide», Australian J. of Botany, 61, 167-234

PNC, 2021

Polumin N. 1967 - Déments de géographie botanique. Ed. Gauthiers Willars.Paris. pp : 30-35.

Pugnaire, F. I., et al. (2019). - Recent confirmation of the influences of biotic interactions, such as resource competition and the need to avoid herbivory, on plant adaptations.

Quezel P. et **Medail F., 2003-a** - Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Instit. Médit. d'ecol. et de paleoécolo. Univ. d'Aix Marseille. III. 20511p.

Rakotomalala R., 2008.- Comparaison de populations Tests non paramétriques. UniversitéLumière Lyon 2, 189 p

Rakotomalala R., 2013.- Comparaison de populations Tests paramétriques. UniversitéLumièreLyon 2, 101 p

RAMADE .F (2003) element d'écologie, écologies fondamentale 3éme édition, PP 7-63

Raunkiaer, C. 1934. Life forms of plants and statistical plant geography. Clarendon Press,oxford

Smith, H., Brown, J., & Wilson, L. (2009). Standardization in Principal Component Analysis for ecological studies. *Journal of Ecology Methods*, 12(4), 201-210.

Sundqvist, M. K., et al. (2018). - This study is mentioned to further support the idea that rapid growth strategies in plants are especially pronounced under extreme altitudinal conditions.

Véla (2017)

VELA E. ET BENHOUHOU, S., 2007 Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du nord). C.R. Biologies,PP 330-589-605.

Wilson et al., 1999

Zhu, X., et al. (2020). - Referenced to confirm that increased SLA helps minimize water stress by reducing transpiration, which is crucial for survival in water-limited high-altitude environments.

Annexe

espece	hauteur (m)	diametre (m)	LA (mm2)	width (cm)	length (cm)	DGSI	PF(g)	PS(mg)	SLA	LDMC	perimetre	la forme de vie	cycle de vie	famille
Pistacialentiscus	1,8	0,04	174	0,88	2,75	18,8646	0,04082	14,075	12,36234458	344,8064674	6,11	Nanophaneroohytes	pérenne	Anacardieae
Olea europaea	2,3	0,04	301	1,08	3,62	12,2861	0,09603	43,8	6,872146119	456,1074664	8	Phanerophytes	pérenne	Oleacea
Calicotome spinosa	0,7	0,03	38	0,59	0,89	7,4669	0,0968	3,69	10,29810298	38,11983471	2,31	Nanophaneroohytes	pérenne	Fabacea
Ampelodesmosmauritanicus	1,07	0,9	1928	0,55	45,89	18,97	0,5678	312,1	6,177507209	549,6653751		Geophytes	pérenne	Poaceae
Leontodonsaxatalis	0,05	0,01	272	1,11	3,82	0,3536	0,054225	13,175	20,64516129	242,9691102	8,56	Hemicryptophyte	pérenne	Asteracee
Plantagologopus	0,05	0,01	410	1,25	3,84	202,2708	0,0694666	19,7	20,81218274	283,5895236	9,75	Thérophytes	pérenne	Plantaginaceae
Anagallis arvensis	0,15	0,01	128	1,03	1,6	11,8394	0,0118	2,518	50,83399523	213,3898305	4,19	Thérophytes	annuelle	Primulaae
Hedysarumcoronarium	0,03	0,03	131	1,29	1,34	139,727	0,0403	8,23	15,91737546	204,2183623	4,08	Hemicryptophyte	pérenne	Fabacea
Erucavesicaria	0,05	0,01	82	0,77	1,23	26,1952	0,01788	4,98	16,46586345	278,5234899	5,02	Phanerophytes	annuelle	Brassicaeae
Arisarumvulgare	0,19	0,01	4817	6,35	9,61	19,2529	0,9772	96,5	49,91709845	98,751535	30,7	Geophytes	pérenne	Araceae
centellaasiatica	0,05	0,01	860	3,15	3,49	82,6875	0,17106	28,73	29,93386704	167,9527651	13,96	Geophytes	pérenne	Apiacea
Valerianellacoronata	0,1	0,01	180	0,76	3,45	3,3223	0,0374	7,9	22,78481013	211,2299465	7,62	Thérophytes	annuelle	Caprifoliceae
anacycluscalvatus	0,05	0,01	53	0,82	1,19	1,7005	0,012827	2,6	20,38461538	202,6974351	5,29	Thérophytes	annuelle	Asteracee
Hypochaerisachyrophorus	0,1	0,01	697	1,76	6,75	217,3094	0,0691666	12,6	55,31746032	182,1688503	15,88	hémicryptophyte	annuelle	Asteracee
Helminthothecaechioides	0,03	0,01	12076	5,16	22,5	59,3119	4,3342	426,3	28,32746892	98,35725163		Hemicryptophyte	annuelle	Asteracee
Asparagus acutifolius	1,8	0,01	59	1,1	0,75	2,0232	0,0121375	5,0875	11,5970516	419,1555098	6,64	Phanerophytes	pérenne	Liliaceae
Sinapis arvensis	0,18	0,01	109	0,64	2,11	19,4185	0,0311333	7,9	13,79746835	253,747595	5,52	Thérophytes	annuelle	Brassicaeae
anacyclusclavatus	0,06	0,01	277	1,44	3,96	39,1097	0,0494	13,14	21,08066971	265,9919028	18,89	Hemicryptophyte	pérenne	Asteracee
echinopsspinosus	0,19	0,01	1700	4,67	10,8	2,5589	0,647	123,1	13,80991064	190,2627512	68,24	Thérophytes	pérenne	Asteracee
Scolymushispanicus	0,05	0,01	2451	8,33	17,88	12,88	7,5345	1006,9	2,434203992	133,6385958		Hemicryptophyte	pernne	Asteracee
Leontodonsaxatalis	0,03	0,01	1416	2,17	8,12	11,7147	0,20373	43,56	32,50688705	213,8123988	21,98	Hemicryptophyte	annuelle	Asteracee
Echiumvulgare	0,08	0,01	128	0,48	2,89	0,8204	0,03425	9,016	14,19698314	263,2408759	6,75	Hemicryptophyte	bisannuelle	Boraginaceae
Plantagolagopus	0,04	0,01	269	1,27	2,86	24,4021	0,06577	16,1	16,70807453	244,7924586	7,19	Thérophytes	pérenne	Plantaginaceae
Marrubiumvulgare	0,007	0,02	350	2,18	2,36	6,403	0,078925	29,325	11,93520887	371,555274	8,04	Hemicryptophyte	pérenne	Lamiacee
Sisymbrium officinale	0,15	0,01	821	2,01	5,6	36,5436	0,23973	58,4	14,05821918	243,6073916	13,75	Thérophytes	annuelle	Brassicaeae
Juniperusoxycedrus	3,6	0,19	30	0,21	2,03	0,7432	0,008781	3,725	8,053691275	424,2113654	4,14	Chamephytes	pérenne	Cupressaceae
Olea europea	6	0,5	244	0,97	3,61	24,6366	0,06728	33,79	7,221071323	502,2294887	7,75	Phanerophytes	pérenne	Oleacea
Pistacialentiscus	1,6	0,1	256	0,99	2,96	44,9448	0,0463909	24,5	10,44897959	528,1208168	7,19	Nanophaneroohytes	pérenne	Anacardiaceae
ampelodesmosmauritanicus	0,9	0,1	4575	1	89,7	12,7124	1,9571	1097,1	4,170084769	560,5743191		Geophytes	pérenne	Poaceae
Calicotome spinosa	1,6	0,05	37	0,43	1,22	5,3192	0,00915	3,705	9,986504723	404,9180328	2,69	Nanophaneroohytes	pérenne	Fabacea
Phillyreaangustifolia	1,6	0,05	622	1,94	4,33	11,2002	0,130725	61,825	10,06065507	472,9393766	10,67	Phanerophytes	pérenne	Oleacea
Olea europeae	0,34	0,02	169	1,52	1,25	33,18	0,064575	25,0875	6,736422521	388,5017422	4,61	Phanerophytes	pérenne	Oleacea
Capparisspinosa	0,006	0,03	683	3,25	3,39	140,1595	0,29892	63,22	10,80354318	211,4947143	11	Chamephytes	pérenne	Caparaceae
Cistusmonspeliensis	1,37	0,03	112	0,5	2,55	11,1038	0,0325454	12,3545	9,065522684	379,6081781	5,61	Chamephytes	pérenne	Cistacea

Ceratoniasiliqua	8	0,2	1818	3,96	6,22	1434,76	0,73855	380,9	4,772906275	515,7403019	16,15	Phanerophytes	pérenne	Fabacea
Pinus halpensis	6	0,1	159	0,3	10,67	0,8677	0,05792	29,46	5,397148676	508,6325967	21,65	Phanerophytes	pérenne	Pinacea
Neriumoleander	2,2	0,05	724	1,29	7,41	20,5865	0,4927	219,666	3,295912886	445,8412827	16,03	Microphanerophytes	pérenne	Apocnac ae
Lavandulastoechas	0,5	0,02	39	0,27	1,4	0,4471	0,010231	4,15	9,397590361	405,6299482	4,07	Chamephytes	pérenne	Lamiace e
Tamarix africana	2,2	0,03	8	0,12	1,25	0,2317	0,00422	1,6	5	379,1469194	2,59	Phanerophytes	pérenne	Tamaric eae
Dgitariasanguinalis	0,47	0,01	463	1,03	23,45	0,6772	0,2376	98,45	4,70289487	414,3518519		Thérophytes	annuelle	Poaceae
Rosa canina	2,2	0,03	388	1,73	2,71	58,7689	0,0476333	20,666	18,77479919	433,8561469	7,46	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
Quercus suber	6	0,22	614	2,47	3,27	6,4142	0,148	82,333	7,457520071	556,3040541	9,6	Phanerophytes	pérenne	Fagacea
Quercus coccifera	1,37	0,07	814	2,98	3,78	57,5295	162,875	81,75	9,957186544	0,501918649	15,85	Phanerophytes	pérenne	Fagacea
Quercus ilex	6	0,09	1014	3,06	4,35	14,01154	0,18694	113,4	8,941798942	606,6117471	15,05	Phanerophytes	pérenne	Fagacea
Phillyreaangustifolia	2,39	0,06	876	2,33	4,75	17,3763	0,18404	72,24	12,12624585	392,5233645	12,87	Phanerophytes	pérenne	Oleacea
Anagallis arvensis	0,08	0,01	86	0,86	1,23	5,0223	0,00962	1,833	46,91762139	190,5405405	3,4	Thérophytes	annuelle	Primula ae
Lotus ornithopodioides	0,05	0,01	132	1,11	1,78	10,7426	0,0118533	3,4733	38,0042035	293,0238836	4,6	Hemicryptophyte	pérenne	Fabacea
Smilax aspera	0,05	0,01	2999	6	6,88	15,4129	0,443	76,5	39,20261438	172,6862302	23,36	Chamephytes	pérenne	Smilaca ae
cistussalviifolius	0,1	0,01	240	1,08	2,67	22,7462	0,0567833	18,733	12,81161587	329,9033343	6,75	Chamephytes	pérenne	Cistacea
cratagusoxyacantha	2	0,04	647	3,65	3,77	8,6463	0,12386	48,4	13,3677686	390,7637655	15,88	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
drimianumidica	1	0,04	64992	12	29	5,8995	85,489	13592	4,781636257	158,9912152		Geophytes	annuelle	Liliaceae
Quercus ilex	1,3	0,04	260	1,35	2,13	19,3537	0,10176	61,18	4,249754822	601,2185535	8,53	Phanerophytes	pérenne	Fagacea
Bupleurum spinosum	0,0085	0,03	27	0,4	0,69	4,4195	0,004035	1,55	17,41935484	384,1387856	2,35	Hemicryptophyte	pérenne	Apiacea
ferulacommunis	0,0045	0,05	14	0,52	2,03	0,8365	0,0031125	0,8825	15,86402266	283,5341365	4,66	Hemicryptophyte	pérenne	Apiacea
Asphodelusramosus	0,004	0,02	10561	1,5	33	10,38	10,7424	1766,3	5,979165487	164,4232201		Geophytes	pérenne	Liliaceae
Phillyreaangustifolia	0,0057	0,05	382	1,74	2,72	12,5074	0,08254	32,1	11,90031153	388,9023504	7,47	Chamephytes	pérenne	Oleacea
cytisusvillosus	0,0057	0,02	59	0,58	1,31	8,5148	0,010035	3,475	16,97841727	346,287992	3,22	Chamephytes	pérenne	Fabacea
brassicarapa	0,0024	0,01	162	0,67	2,13	10,7646	0,02285	4,95	32,72727273	216,6301969	6,3	Thérophytes	bisannuelle	Brassica eae
Anagallis arvensis	0,0018	0,01	212	1,3	2,05	97,4215	0,02081	5,28	40,15151515	253,7241711	5,48	Thérophytes	annuelle	Primula ae
centellaasiatica	0,001	0,01	1264	4,02	3,77	6,1049	0,3118	70,53	17,92145186	226,202694	16,61	Geophytes	annuelle	Apiacea
Anacycluscalvatus	0,0013	0,01	219	1,5	3,5	56,99952	0,0293	6,2	35,32258065	211,6040956	21,06	Thérophytes	annuelle	Asterace
Thymus algeriensis	0,007	0,01	7	0,1	0,49	0,9447	0,002644	0,7456	9,388412017	281,9969743	1,45	Chamephytes	pérenne	Lamiace e
Galium verum	0,002	0,001	22	0,15	1,67	1,8535	0,00272	0,61	36,06557377	224,2647059	3,61	Hemicryptophyte	pérenne	Rubiace e
Pteridiumaquilinum	0,001	0,01	22	0,31	0,96	3,1574	0,003035	0,77	28,57142857	253,7067545	2,05	Geophytes	pérenne	Dennsta dtiaceae
Hyoserisradiata	0,007	0,01	1537	4,5	13	29,5693	0,303	50,7	30,31558185	167,3267327		Hemicryptophyte	annuelle	Asterace
salviaverbenaca	0,0013	0,01	1369	3,62	5,08	11,2026	0,4123	88,5	15,46892655	214,649527	22,82	Hemicryptophyte	pérenne	Lamiace e
Rubus ulmiflius	1,4	0,04	823	2,66	3,89	33,8224	0,156	62,76	13,11344806	402,3076923	12,35	Phanerophytes	annuelle	Rosacea
Paronychiaargentea	0,03	0,01	21	0,39	0,82	5,4428	0,005695	1,255	16,73306773	220,3687445	2,23	Thérophytes	pérenne	Carphyll ceae
cratagusoxyacantha	2	0,04	330	1,73	3,81	14,1122	0,0739	31,63	10,4331331	428,0108254	10,72	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
Matthiola	0,08	0,01	305	1,12	2,64	7,534	0,0499	6,36	47,95597484	127,4549098	7,79	Hemicryptophyte	bisannuelle	Brassica ées
saponaria	0,08	0,01	207	1,46	2,17	8,001	0,08221	10,23	20,23460411	124,4374164	6,29	Hemicryptophyte	annuelle	Caryoph laceae
arbutusunenido	1,6	0,05	2506	3,66	8,77	45,9761	0,5869	256,3	9,777604	436,7013	24,48	Phanerop	pernne	Ericacea

									37	12		hytes		
teucruimpolium	0,15	0,01	44	0,25	1,99	0,1372	0,0066	3,3	13,33333333	500	4,3	Hemicryptophyte	annuelle	Lamiace
Olea europeae	5,4	0,68	619	1,29	6,6	71,1555	0,1549	67,63	9,152742866	436,6042608	13,92	Phanerophytes	pérenne	Oleacea
Calicotome spinosa	1,78	0,1	66	0,74	1,17	10,7862	0,0407	3,76	17,55319149	92,38329238	3,13	Nanophaneroohytes	pérenne	Fabacea
Ampelodismosmauritanicus	1,49	0,03	3352	1	127	13,1847	1,6429	908	3,691629956	552,6812344		Geophytes	pérenne	Poaceae
Rubus umifoluis	1,1	0,03	1215	3,2	5	55,8975	0,1873	77,76	15,625	415,1628404	15,58	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
Crataegus oxycantha	2,4	0,07	960	3,8	4,7	34,2054	0,1524	65,2	14,72392638	427,8215223	18,47	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
echinopsspinosus	0,52	0,02	9267	14	26	5,1397	4,546	1166,8	7,942235173	256,6652002		Thérophytes	annuelle	Asterace
Anagallis arvensis	0,11	0,01	159	1,05	1,74	56,4321	0,01963	2,8	56,78571429	142,6388181	4,88	Thérophytes	annuelle	Primula ae
Asprgusacutiflius	0,4	0,01	43	1,1	1,04	1,7113	0,01236	47,2	0,911016949	3818,770227	5,88	Phanerophytes	pérenne	Asparag ceae
Plantagologopus	0,04	0,01	779	1,29	8,58	17,8761	0,1998	37,2	20,94086022	186,1861862	20,58	Thérophytes	annuelle	Plantagi aceae
Neriumoleander	2	0,12	1384	1,94	10,2	59,5488	0,6995	361,4	3,829551743	516,6547534	21,68	Microphanerophytes	pérenne	Apocna ae
phlomis	0,2	0,01	6453	7,5	11,97	55,9425	1,3057	359,9	17,92998055	275,637589	36,37	Chamephytes	annuelle	Lamiace
Fediacornucopiae	0,12	0,01	1042	2,15	4,64	1,28643	0,1643	17,73	58,77044557	107,9123554	17,31	Thérophytes	annuelle	Valerian ceae
Leontodoncichoraceus	0,03	0,01	296	1,08	4,7	14,3331	0,0804	16,36	18,09290954	203,4825871	11,62	Hemicryptophyte	annuelle	Asterace
Bellis annua	0,04	0,01	48	0,37	1,09	57,3961	0,00704	1,58	30,37974684	224,4318182	3,9	Thérophytes	annuelle	Asterace
Filago	0,02	0,01	17	0,25	0,84	10,9424	0,00578	1,22	13,93442623	211,0726644	2,01	Hemicryptophyte	annuelle	Asterace
melissaofficinalis	0,3	0,01	363	1,91	2,16	7,7706	0,067	23,56	15,40747029	351,641791	7,55	Hemicryptophyte	annuelle	Lamiace
Pteridiumaquilinum	0,7	0,01	1834	1,31	6,08	8,3759	0,29733	92,06	19,92179014	309,6223052	54,57	Geophytes	annuelle	Dennsta dtiaceae
ancyclusclavatus	0,34	0,01	674	2,32	4,64	13,2349	0,1438	16,23	41,5280345	112,8650904	41,13	Thérophytes	annuelle	Asterace
Scolymushispanicus	0,27	0,02	6775	7	23	12,373	4,7636	450,1	15,05221062	94,4873625	89,02	Hemicryptophyte	pernne	Asterace
anthrisuscerefolium	0,22	0,01	174	1,46	2	852,16	0,01666	5,06	34,38735178	303,7214886	7,29	Thérophytes	annuelle	Apiacea
Malvasylvastris	0,2	0,01	4981	9,28	5,69	15,2291	0,5989	125	39,848	208,7159793	33,25	Hemicryptophyte	annuelle	malvace e
cynoglossumcreticuim	0,3	0,02	1354	1,63	11,84	0,441	0,25063	43,5	31,12643678	173,5626222	26,23	Hemicryptophyte	annuelle	Brogina ae
medicagopolymorpha	0,03	0,01	132	1,18	1,24	17,0959	0,01353	2,67	49,43820225	197,3392461	4,28	Thérophytes	annuelle	Fabacea
Boragoofficinalis	0,25	0,02	1778	4,13	5,8	128,3647	0,52673	84	21,16666667	159,4744936	18,43	Thérophytes	annuelle	Brogina ae
Ceratoniasiliqua	11	0,48	807	2,49	4,4	28,0038	0,28286	121,2	6,658415842	428,4805204	11,17	Phanerophytes	pérenne	Fabacea
Pistacialentiscus	2	0,1	141	0,93	2,05	69,942	0,05523	28	5,035714286	506,9708492	5,5	Nanophaneroohytes	pérenne	Anacard ceae
Rosa canina	3,6	0,04	494	1,58	3,95	0,6176	0,0827	38,39	12,86793436	464,2079807	9,52	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
Ampelodismosmauritanicus	1,6	0,03	29152	0,8	86	5,1934	1,7035	1000,4	29,14034386	587,2615204		Geophytes	pérenne	Poaceae
genistatinctora	0,76	0,02	29	0,26	1,02	12,2329	0,00458	1,68	17,26190476	366,8122271	2,36	Chamephytes	pernne	Fabacea
ferulacommunis	1,1	0,07	240	0,4	4,3	1,1637	0,02836	8,8	27,27272727	310,2961918	22,1	Phanerophytes	annuelle	Apiacea
Asphodelusramosus	0,3	0,02	18348	3,6	69	75,8507	17,6724	4074	4,503681885	230,5289604		Geophytes	pérenne	Asphode aceae
crataegus monogyna	2	0,09	256	1,88	2,59	11,8451	0,0341	13,5	18,96296296	395,8944282	8,54	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
Anthimusarvensis	0,1	0,01	422	1,98	3,41	142,7294	0,071	12,43	33,95012068	175,0704225	18,2	Thérophytes	annuelle	Asterace
Rubus ulmiflius	1	0,03	550	1,94	3,55	181,4542	0,1609	62,6	8,785942492	389,0615289	9,76	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
Geranuimsylvaticole	0,6	0,02	3882	9,74	6,64	4,7322	0,7062	163,9	23,68517389	232,0872274	62,02	Hemicryptophyte	annuelle	Geraniae

viola odorata	0,49	0,01	490	2,04	3,39	60,3568	0,05633	10,46	46,84512428	185,691461	9,04	Hemicryptophyte	annuelle	violacea
Astragallisechinatus	2	0,01	374	1,41	3,6	6,2234	0,0795	21,03	17,78411793	264,5283019	19,44	Thérophytes	annuelle	Fabacea
ferulacommunis	1	0,06	236	2,72	3,66	2,8249	0,0299	6,5	36,30769231	217,3913043	32,71	Hemicryptophyte	annuelle	Apiacea
quercus ilex	6	0,26	609	1,96	3,27	32,7718	0,1705	101,13	6,021951943	593,1378299	9,95	Phanerophytes	pérenne	Fagacea
perunusavium	6	0,27	1319	2,8	6,33	164,3416	0,27206	101,63	12,97845124	373,5573035	20,14	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
acer rubrum	8	0,27	12382	14,5	11,5	85,6674	1,5008	422,9	29,27878931	281,783049		Phanerophytes	pérenne	Spindace
Rosa canina	1,7	0,03	610	2,38	3,43	16,44	0,125	47,73	12,78022208	381,84	11,62	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
cratagusmonogyna	6	0,05	1249	4,39	5,24	25,7005	0,15303	56,86	21,96623285	371,5611318	26,59	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
cytisusvillosus	1,2	0,05	270	1,25	2,72	11,3105	0,02783	8,96	30,13392857	321,9547251	6,58	Chamephytes	pérenne	cistacea
ilexaquifoluim	2,4	0,1	3136	5,53	8,14	541,52	1,0859	604,96	5,183813806	557,1047058	26,49	Phanerophytes	pérenne	Aquifoliaeae
Anthimusarvensis	0,2	0,01	325	1,58	3,89	12,8999	0,066399	11,6	28,01724138	174,7014262	22,39	Thérophytes	annuelle	Astracea
quercus ilex	1	0,04	224	1,45	1,74	73,4606	0,13553	48,1	4,656964657	354,9029735	5,82	Phanerophytes	pérenne	Fagacea
perunusdomestica	1,1	0,03	448	3,78	2,81	36,1544	0,07133	25,8	17,36434109	361,6991448	9,91	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
ranunculusacris	0,21	0,01	792	4,15	2,67	25,5303	0,14796	7,16	110,6145251	48,39145715	14,73	Thérophytes	annuelle	Ranunculaceae
Alliariapetiolata	0,43	0,01	4315	7,23	8,6	6,0473	0,6062	92,1	46,85124864	151,9300561	31,92	Hemicryptophyte	bisannuelle	Brassicaeae
stellaria media	0,06	0,01	109	1,01	1,51	9,8813	0,02544	2,18	50	85,6918239	4	Thérophytes	annuelle	Caryophlaceae
brassicarapa	0,22	0,01	3615	6,58	7,03	5,6702	0,6196	84,4	42,83175355	136,2169141	29,62	Thérophytes	annuelle	Brassicaeae
melissaofficinalis	0,25	0,01	612	2,18	3,98	11,7511	0,06676	12,43	49,23572003	186,1893349	10,06	Hemicryptophyte	annuelle	Lamiace
galuimaparine	0,2	0,01	45	0,37	2	3,3966	0,0049	0,6875	65,45454545	140,3061224	4,14	Thérophytes	annuelle	Rubiace
Artimisia annua	0,17	0,01	189	1,12	2,71	14,1153	0,02	3,666	51,55482815	183,3	10,77	Thérophytes	annuelle	Astracea
prunus avuim	3,2	0,04	2407	4,19	8,69	7,0562	0,3779	141,1	17,05882353	373,3792008	27,54	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
arabis verna	0,1	0,01	718	2,36	4,31	7,1012	0,167166	15,4	46,62337662	92,12399651	11,53		annuelle	Brassicaeae
sherardiaarvensis	0,05	0,01	17	0,29	0,79	1,2811	0,002623	0,3884	43,76930999	148,0747236	1,76	Thérophytes	annuelle	Rubiace
scrophulariaarvensis	0,4	0,02	7041	7,07	12,16	14,777	1,175	181,4	38,81477398	154,3829787	45,33	Hemicryptophyte	annuelle	Scrophuriaceae
Bellis annua	0,04	0,01	195	1,21	2,33	3,8514	0,02328	2,46	79,26829268	105,6701031	6,02	Thérophytes	annuelle	Astracea
quercus canariensis	8	0,3	10253	8,6	16	9,02833	2,0434	734	13,96866485	359,2052462	57,5	Phanerophytes	pérenne	Fagacea
veronicaarvensis	0,5	0,02	66	0,74	1,23	5,415	0,00892	1,97	33,50253807	220,8520179	3,12	Thérophytes	annuelle	Plantaginaceae
Rosa canina	1,8	0,04	238	1,37	2,42	8,0311	0,054733	20,83	11,42582813	380,5747903	6,59	Phanerophytes	pérenne	Rosacea
Bupleurum spinosum	0,8	0,03	70	0,61	1,68	9,61253	0,014166	4	17,5	282,366229	3,93	Hemicryptophyte	pérenne	Apiacea
Anagallis arvensis	0,1	0,01	83	0,51	1,83	5,23036	0,0161333	3,833	21,65405687	237,5831355	4,46	Thérophytes	annuelle	Primulae
leucanthemumvulgare	0,25	0,01	212	1,07	2,67	2,4976	0,0565	6,166	34,38209536	109,1327434	8,8	Hemicryptophyte	annuelle	Astracea
Paronychia argentea	0,02	0,01	29	0,44	0,85	3,8774	0,005216	1,25	23,2	239,6472393	2,12	Thérophytes	annuelle	Caryophlaceae



Cystus monpeliensis



Calicotome spinosa



Lavandula stoechas



Crataegus oxycantha (monogyna)

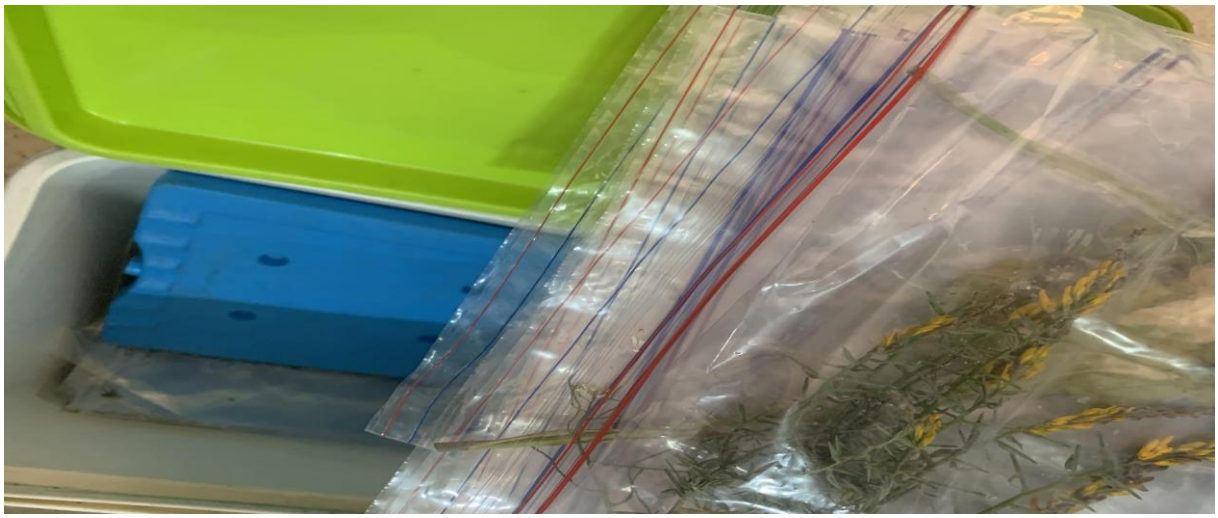


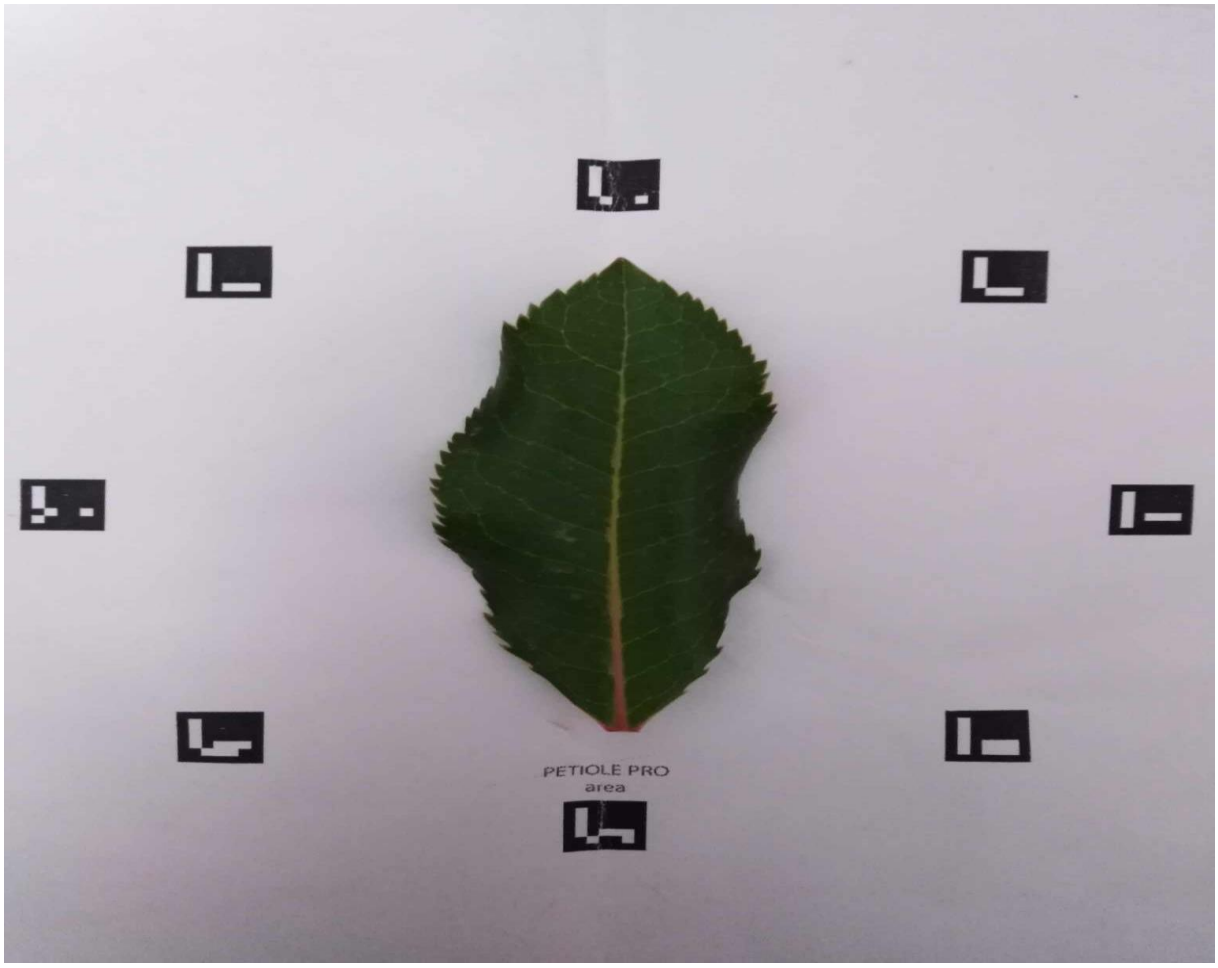
Ferula communis



Anagalis arvensis






PETIOLE PRO
area