



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Guellouma zohra

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES

Thème

Contribution à l'étude de l'effet de différentes pratiques agricoles sur la diversité des communautés végétales (Cas des exploitations agroécologiques).

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
AMARA Yacine	Président	MCB
MALLEM Hamida	Examineur1	Professeur
MARFOUA Meriem	Encadreur	MCA
MOULAI Adel	Co-Encadreur	MAA

Promotion : Juillet - 2025



Dédicaces

À l'aide d'Allah Tout-Puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce travail. Je le dédie :

À ceux qui m'ont donné la vie,
qui m'ont aimée sans condition, soutenue sans relâche, guidée avec tendresse et patience...

À mon père,

modèle de sagesse et de courage, qui m'a appris à avancer avec dignité et persévérance.

Ta confiance silencieuse a toujours été un appui fort dans ma vie.

À ma mère,

source d'amour inépuisable, de prières constantes et de tendresse infinie.

Tu es mon abri, ma lumière, celle dont le regard seul suffit à apaiser tous les doutes.

Ce mémoire est avant tout le fruit de votre amour, de vos sacrifices et de votre présence indéfectible.

À mes frères chers à mon cœur :

Mohamed, Ibrahim, Zakaria, Abd El Nacer,

Et à leurs épouses bienveillantes — merci pour votre soutien indéfectible.

À Narimane, ma sœur de cœur, ma compagne de route,

Celle qui a marché à mes côtés dans les beaux jours comme dans les plus difficiles. Ton soutien sincère a été une force essentielle dans ce travail.

À ma sœur adorée Kaouthar,

Ton amour et ta présence comptent énormément pour moi.

À mes amies fidèles Aïcha et Fatima,

Merci pour votre douceur, votre écoute et votre amitié sincère.

Merci à tous



Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **mon encadrant, Dr. Moulai Adel**, pour sa disponibilité, sa patience, et la richesse de ses conseils.

Un grand merci également à **Madame Mearfoua Mérieme**, pour son accompagnement attentif et ses orientations précieuses tout au long de ce travail.

Je remercie **l'Université Amar Telidji de Laghouat**, pour m'avoir offert ce cadre académique enrichissant.

Je n'oublie pas **mes collègues et amis de la promotion "Amélioration des Plantes 2025"**, Avec qui j'ai partagé des moments inoubliables, de travail comme de joie.

Nous tenons aussi à présenter nos vifs remerciements et notre profond respect au **jury**, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de juger ce mémoire.

Enfin, nous tenons à remercier chaleureusement **toutes les personnes** qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire.

À tous ceux qui nous ont soutenus : **merci du fond du cœur.**

Contribution à l'étude de l'effet de différentes pratiques agricoles sur la diversité des communautés végétales (Cas des exploitations agroécologiques).

Résumé

Dans un contexte de dégradation environnementale et de perte de biodiversité, l'agroécologie apparaît comme une alternative durable favorisant la résilience des agroécosystèmes. Cependant, peu d'études ont analysé concrètement l'effet de ces pratiques sur la diversité végétale en zones arides, où les pressions climatiques et anthropiques sont particulièrement fortes. Cette étude vise à évaluer l'impact des pratiques agricoles agroécologiques sur la diversité des communautés végétales spontanées dans un contexte climatique aride. Elle a été réalisée dans cinq exploitations agricoles situées dans les communes de Laghouat et d'El Assafia, au sud de l'Algérie, caractérisées par un climat sec. Un inventaire floristique, des analyses pédologiques et un semis en pots ont été menés, ce dernier ayant pour objectif de tester le potentiel germinatif et l'installation des espèces recensées dans des conditions contrôlées. Les pratiques agricoles observées incluent : l'utilisation d'engrais organiques, la couverture végétale, la rotation des cultures, la réduction des intrants chimiques et l'irrigation localisée. Un total de 38 espèces végétales a été recensé. Les indices de diversité (Shannon, Simpson, Piélou) ont révélé une variation significative entre les exploitations. Les exploitations adoptant des pratiques agroécologiques diversifiées (ET1, ET2, ET5) ont enregistré les niveaux de diversité les plus élevés (H' entre 1.84 et 1.95 ; $E > 0.80$), tandis que l'exploitation ET3 a montré les valeurs les plus faibles ($H' = 1.12$; $E = 0.43$; $D = 0.483$). L'exploitation ET4 se distingue par sa richesse spécifique la plus élevée (15 espèces) et un bon équilibre des abondances ($H' = 1.99$; $D = 0.858$). L'analyse fonctionnelle des espèces végétales étudiées a mis en évidence leurs fonctions écologiques essentielles telles que : l'attraction des pollinisateurs, la régulation biologique, l'amélioration du sol et les usages médicinaux. L'analyse multivariée a permis d'identifier des profils fonctionnels contrastés entre exploitations, reflétant les mécanismes écologiques influencés par les pratiques agricoles. Ces résultats confirment que les pratiques agroécologiques contribuent à la conservation de la biodiversité et à la durabilité des systèmes agricoles en milieu aride. Des recherches complémentaires sont recommandées pour étendre ces résultats à d'autres contextes.

Mots clés :

Agroécologie, biodiversité végétale, pratiques agricoles, indicateurs écologiques, durabilité.

المساهمة في دراسة تأثير الممارسات الزراعية المختلفة على تنوع المجتمعات النباتية (حالة المزارع الإيكولوجية).

ملخص

في ظل التدهور البيئي وفقدان التنوع البيولوجي، تُعتبر الزراعة البيئية بديلاً مستداماً يعزز مرونة النظم البيئية الزراعية. ومع ذلك، لم تُجر سوى دراسات قليلة تحليلًا دقيقًا لتأثير هذه الممارسات على التنوع النباتي في المناطق القاحلة، حيث تشتد الضغوط المناخية والبشرية بشكل خاص.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير ممارسات الزراعة البيئية على تنوع المجتمعات النباتية العفوية في مناخ قاحل. وقد أُجريت الدراسة في خمس مزارع تقع في بلديتي الأغواط والعسافية، جنوب الجزائر، وتتميز بمناخ جاف. وشملت الدراسة جرداً للنباتات، وتحليلات للتربة، وزراعة في أصص، بهدف اختبار إمكانية إنبات الأنواع المحددة وتوطئتها في ظل ظروف مراقبة.

تشمل الممارسات الزراعية المُلاحظة: استخدام الأسمدة العضوية، والغطاء الأرضي، وتناوب المحاصيل، وتقليل المُدخلات الكيميائية، والري الموضعي.

تم تحديد ما مجموعه 38 نوعاً من النباتات. أظهرت مؤشرات التنوع (شانون، سيمبسون، بيللو) تبايناً كبيراً بين المزارع. سجّلت المزارع التي تتبنى ممارسات زراعية بيئية متنوعة (ET1، ET2، ET5) أعلى مستويات التنوع (H' بين 1.84 و 1.95؛ $E > 0.80$)، بينما أظهرت المزرعة ET3 أدنى القيم ($H' = 1.12$ ؛ $E = 0.43$ ؛ $D = 0.483$). وتميّزت المزرعة ET4 بأعلى ثراء للأنواع (15 نوعاً) وتوازن جيد للوفرة ($H' = 1.99$ ؛ $D = 0.858$).

أبرز التحليل الوظيفي للأنواع النباتية المدروسة وظائفها البيئية الأساسية، مثل جذب الملقحات، والتنظيم البيولوجي، وتحسين التربة، والاستخدامات الطبية.

حدّد التحليل متعدد المتغيرات أنماطاً وظيفية متباينة بين المزارع، تعكس الآليات البيئية المتأثرة بالممارسات الزراعية. تؤكد هذه النتائج أن الممارسات الزراعية البيئية تُساهم في الحفاظ على التنوع البيولوجي واستدامة النظم الزراعية في المناطق الجافة. ويُوصى بإجراء المزيد من البحوث لتوسيع نطاق هذه النتائج لتشمل سياقات أخرى.

الكلمات الدالة:

الزراعة الإيكولوجية، التنوع البيولوجي النباتي، الممارسات الزراعية، المؤشرات الإيكولوجية، الاستدامة.

Contribution to the study of the effect of different agricultural practices on the diversity of plant communities (Case of agroecological farms).

Summary

In a context of environmental degradation and biodiversity loss, agroecology appears as a sustainable alternative that promotes the resilience of agroecosystems. However, few studies have concretely analyzed the effect of these practices on plant diversity in arid regions, where climatic and anthropogenic pressures are particularly strong.

This study aims to evaluate the impact of agroecological agricultural practices on the diversity of spontaneous plant communities in an arid climatic context. It was carried out in five agricultural farms located in the communes of Laghouat and El Assafia, in southern Algeria, which are characterized by a dry climate.

A floristic inventory, soil analyses, and pot germination experiments were conducted, the latter aiming to test the germination potential and establishment of the recorded species under controlled conditions.

The observed agricultural practices included: the use of organic fertilizers, plant cover, crop rotation, reduction of chemical inputs, and localized irrigation.

A total of 38 plants species were recorded. The diversity indices (Shannon, Simpson, Pielou) revealed significant variation between the farms. The farms adopting diverse agroecological practices (ET1, ET2, ET5) recorded the highest diversity levels (H' between 1.84 and 1.95; $E > 0.80$), while farm ET3 showed the lowest values ($H' = 1.12$; $E = 0.43$; $D = 0.483$). Farm ET4 stood out with the highest species richness (15 species) and a good balance of abundances ($H' = 1.99$; $D = 0.858$).

The functional analysis of the studied plant species highlighted their essential ecological functions such as : pollinator attraction, biological regulation, soil improvement, and medicinal uses.

The multivariate analysis made it possible to identify contrasting functional profiles between farms, reflecting the ecological mechanisms influenced by agricultural practices.

These results confirm that agroecological practices contribute to the conservation of biodiversity and the sustainability of agricultural systems in arid environments. Further research is recommended to extend these findings to other contexts.

Keywords:

Agroecology, plant biodiversity, agricultural practices, ecological indicators, sustainability.

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

Partie recherches bibliographiques

Chapitre I : La diversité des communautés végétales dans les agroécosystèmes

I. La biodiversité végétale dans les agroécosystèmes.....	4
I.1. Définition et composantes de la biodiversité végétale.....	4
I.1.1. Diversité spécifique.....	4
I.1.2. Diversité génétique.....	5
I.1.3. Diversité des écosystèmes.....	5
I.2. Rôles écologiques et services écosystémiques associés.....	7
I.2.1. Fertilité des sols.....	7
I.2.2. Régulation des bioagresseurs.....	7
I.2.3. Pollinisation.....	9
I.3. Indicateurs de mesure de la biodiversité végétale.....	10
I.3.1. Richesse spécifique.....	10
I.3.2. Abondance relative des espèces(pi).....	10
I.3.3. Indices de diversité.....	10
II. L'agroécologie : principes et pratiques.....	14
II.1. Fondements théoriques et conceptuels de l'agroécologie.....	14
II.2. Diversité des pratiques agroécologiques.....	15
II.3. L'agroécologie comme alternative pour la préservation de la biodiversité.....	16

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1. Zone d'étude : communes de Laghouat et d'El Assafia.....	20
II.1.1. Caractéristiques géographiques et biophysiques.....	20
II.1.1.1. Localisation et situation géographique.....	20
II.1.1.2. Synthèse climatique de la zone d'étude (communes de Laghouat et d'El assafia) et impacts potentiels sur les communautés végétales spontanées.....	21
II.1.2. Caractéristique géomorphologiques.....	26
II.1.2.1. Relief et topographie.....	26
II.1.2.2. Altitude.....	26
II.1.3. Ressources hydriques et hydrographie.....	27
II.1.3.1. Potentiel hydrique.....	27
II.1.3.2. Hydrographie.....	27

II.2. Stratégie d'échantillonnage et sélection des exploitations agricole en transition agroécologique.....	27
II.2.1. Identification de la population d'étude.....	27
II.2.2. Méthode d'échantillonnage raisonné par transect.....	28
II.2.3. Justification de la taille d'échantillon.....	29
II.2.4. Critères de sélection et processus de validation.....	30
II.2.5. Représentativité et limites de l'échantillonnage.....	31
II.3. Caractérisation des exploitation étudiées.....	32
II.3.1. Sélection et description des exploitations étudiées.....	32
II.3.2. Typologie des pratiques agricoles observées.....	32
II.3.3. Méthodes d'enquêtes et de collecte de données sur les pratiques.....	33
II.3.3.1. Questionnaires semi-structurés.....	33
II.3.3.2. Entretiens directs.....	33
II.3.3.3. Observations sur le terrain (Observations du terrain)	34
II.3.3.4. Inventaire floristique.....	34
II.3.4. Utilisation des intrants agricoles.....	34
II.3.4.1. Indicateurs retenus.....	35
II.4. Évaluation de la diversité végétale.....	36
II.4.1. Dispositif d'échantillonnage et relevés floristiques in situ.....	36
II.4.1.1. Dispositif d'échantillonnage spatial.....	36
II.4.1.2. Relevés floristiques <i>in situ</i>	36
II.4.1.3. Variables relevées.....	38
II.4.1.4. Période et conditions de relevé.....	38
II.4.1.5. Caractérisation des pratiques agricoles.....	38
II.4.2. Identification des espèces rencontrées.....	39
II.4.3. Analyse des communautés végétales latentes par germination.....	39
II.4.3.1. Prélèvement et préparation des échantillons de sol.....	39
II.4.3.2. Test de germination en conditions contrôlées.....	39
II.4.3.3. Identification et inventaire complémentaire.....	41
II.5. Analyse des données.....	42
II.5.1. Calcul des indices de diversité.....	42
II.5.2. Analyse statistique.....	42

Chapitre III : Résultats et Discussions

III.1. Caractéristiques des exploitations en transition agroécologique sélectionnées.....	44
III.2. Structure et composition des communautés végétales.....	45
III.2.1. Analyse de la dominance et de la rareté des espèces.....	45
III.2.2. Description des familles botaniques recensées.....	47
III.3. Diversité des pratiques agricoles dans les exploitations étudiées.....	49
III.3.1. Caractérisation des systèmes de production.....	49
III.4. Indices de diversité utilisés.....	51
III.4.1. Analyse comparative des indices de biodiversité végétale entre les exploitations (ET1 à ET5).....	53
III.5. La relation entre le climat et la biodiversité végétales.....	54
III.6. Relations entre pratiques agricoles et communautés végétales spontanées : une approche multivariée.....	55
III.6.1. Relations entre pratiques agricoles et communautés végétales.....	55
III.6.2. Analyse des corrélations : mécanismes et implications écologiques.....	59
III.6.3. Ordination multivariée : révélation des gradients écosystémiques	60
III.6.3.1. Interprétation des gradients principaux.....	61
III.6.3.2. Typologie des niches agroécologiques	62
III.6.3.3. Implications agronomiques et trajectoires d'amélioration.....	63
III.6.4. Mécanismes écologiques et services écosystémiques.....	63
III.7. Discussions des résultats et synthèse.....	64
IV.7.1. Comparaison avec les études existantes.....	64
IV.7.2. Validation ou rejet des hypothèses.....	66
IV.8. Implications pour la gestion des agroécosystèmes.....	68
IV.8.1. Recommandations pour la préservation de la biodiversité.....	68
IV.9. Limites de l'étude et perspectives de recherche.....	69
IV.9.1. Problèmes méthodologiques et axes de recherche futurs.....	69
IV.9.1.1. Limites de l'étude.....	69
IV.9.1.2. Perspectives de recherche.....	70
Conclusion générale.....	73

LISTE DE REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Liste des tableaux

Numéro du tableau	Titre	Page
Tableau 1	Tableau synoptique des avantages et limites des indicateurs de mesure de la biodiversité végétale	13
Tableau 2	Les pratiques agricoles adoptées dans les cinq exploitations agroécologiques	50
Tableau 3	Résultats des indices de diversité végétale pour les exploitations agroécologiques (ET1 à ET5)	52
Tableau 4	Résultats des tests de germination de la flore potentielle	104

Liste des figures

Numéro du figure	Titre	Page
Figure 1	Schéma de fonctionnement du socio-écosystème des territoires urbains et artificialisé	6
Figure 2	Illustration schématique des interactions écologiques entre les bioagresseurs aériens et tellurique	8
Figure 3	Les 10 éléments de l'agroécologie selon la FAO.	14
Figure 4	Les zones agroécologiques de la wilaya de Laghouat et localisation de la zone d'étude du living lab (communes de Laghouat et El Assafia)	21
Figure 5	Diagramme omrothémique de Bangouls et Gaussen-Station de Laghouat (1981-2025).	23
Figure 6	Vitesse moyenne du vent à 2 m (1981-2025)	24
Figure 7	Rose des vents (direction dominante) entre 1981 et 2025.	25
Figure 8	Humidité relative et spécifique moyennes (1981-2025)	26
Figure 9	Quadrats de 5 m ² utilisé pour l'inventaire floristique des agroécosystèmes.	36
Figure 10	Test de germination en conditions contrôlées (phase de germination spontanée)	40
Figure 11	Test de germination en utilisant des plantes nurses (blé) et un stimulant de croissance (solution d'acide gibbérellique).	41
Figure 12	Plantules issues des tests de germination (phase 1 et 2)	41
Figure 13	Répartition des espèces végétales selon leur fréquence d'apparition (%), classées par catégories écologiques	46
Figure 14	Présentation des pourcentages des familles botaniques présentes dans les cinq exploitations	48
Figure 15	Pratiques agricoles adoptées dans les exploitations agroécologiques	50
Figure 16	Comparaison des indices de diversité entre les exploitations	53
Figure 17	Comparaison des indices de diversité entre les exploitations	60
Figure 18	Positionnement des exploitations agricoles en transition agroécologique dans l'espace factoriel ACP	61

Liste des abréviations

- ET1, ET2...** : Exploitation en Transition 1, 2...
- ACP** : Analyse en Composantes Principales
- H'** : Indice de diversité de Shannon -Weaver (diversité spécifique)
- E** : Équitabilité de Piélou (répartition des espèces)
- D** : Indice de Simpson (probabilité de dominance)
- APG III**: Angiosperm Phylogeny Group III
- SCV** : Semis direct sous Couverture Végétale
- FAO** : Food and Agriculture Organization
- UICN** : Union Internationale pour la Conservation de la Nature
- SNV** : Sciences de la Nature et de la Vie
- MCA, MCB...** : Maître de Conférences A/B (grades académiques)
- N, Ni** : Nombre total d'individus / d'une espèce i
- Pi** : Proportion d'individus de l'espèce i
- Tmoy** : Trait fonctionnel moyen pondéré
- MOBIDIF** : Projet de mobilisation pour la biodiversité fonctionnelle
- PC1, PC2** : Première et Deuxième Composante Principale (ACP)
- Q1, Q2, Q3...** : Quadrants issus de l'ACP (profils fonctionnels)
- S** : Richesse spécifique (nombre total d'espèces)

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La richesse en taxons en Algérie reflète une diversité écosystémique importante (zones humides, massifs montagneux, écosystèmes steppiques, sahariens et marins), renforcée par la diversité climatique et géographique. Toutefois, cette biodiversité reste vulnérable face aux pressions naturelles et anthropiques. Plusieurs espèces sont aujourd'hui menacées d'extinction, telles que le Cyprés du Tassili, le sapin de Numidie, le pin noir et le genévrier thurifère **(UICN, 2008)**.

Pour préserver ce patrimoine naturel, l'Algérie a adopté une stratégie nationale axée sur la création d'aires protégées et la protection légale de certaines espèces. À l'échelle nationale, 230 espèces végétales non cultivées sont inscrites comme espèces protégées, ce qui représente 7,3 % de la flore sauvage algérienne et seulement 14,27 % des espèces rares **(Mate, 2009)**.

Au cours des dernières décennies, l'agriculture a évolué vers des modèles intensifs favorisant les rendements, au détriment de l'environnement. L'usage croissant des intrants chimiques, des produits vétérinaires et des fourrages industriels a engendré des pollutions diffuses et une dégradation des milieux naturels **(Malaval et al., 2011)**.

Face à cette situation, des mesures politiques et agroenvironnementales émergent pour promouvoir une agriculture plus durable, notamment à travers la réduction des intrants, l'économie d'énergie et la préservation des écosystèmes. L'exploitation agricole est désormais envisagée comme un système complexe combinant production, décisions de gestion et interactions écologiques. Le système de culture, à travers les successions de cultures et les itinéraires techniques, constitue un levier essentiel pour gérer la fertilité du sol et la biodiversité.

Les impacts de l'agriculture intensive sur la biodiversité dépassent souvent l'échelle locale. Les produits chimiques appliqués peuvent se propager dans l'environnement via l'eau, l'air ou les animaux, affectant des écosystèmes parfois éloignés. Cela inclut des phénomènes comme l'eutrophisation des milieux aquatiques ou la contamination des nappes phréatiques **(Teyssedre, 2022)**.

Le sol, en tant que ressource vivante, est au cœur de la gestion agroécologique. Les agriculteurs agissent sur ses propriétés physiques et chimiques, notamment par l'apport de matière organique ou le travail mécanique. Toutefois, ces interventions peuvent perturber la flore adventice et la faune édaphique **(De Graaff et al., 2019)**. Un travail du sol excessif rend

les sols vulnérables à l'érosion et limite leur capacité à filtrer l'eau ou accueillir la biodiversité **(Yue et al., 2019 ; Relyea, 2009).**

La diversification végétale est également un levier clé dans la régulation biologique. Elle permet de limiter l'installation des bioagresseurs en rendant l'environnement moins favorable, tout en soutenant les ennemis naturels grâce à une offre variée en ressources **(Halliday et Rohr, 2019).**

Dans ce contexte, cette étude vise à évaluer l'impact des pratiques agricoles, en particulier agroécologiques, sur la diversité des communautés végétales spontanées en zone aride.

Chapitre I : La diversité des communautés végétales dans les agroécosystèmes

Face aux enjeux de la dégradation écologique, la biodiversité végétale apparaît comme un pilier central pour renforcer la résilience des agroécosystèmes. Ce chapitre présente les composantes clés de cette biodiversité et les services écologiques qu'elle rend, tout en introduisant l'agroécologie comme approche intégrée alliant durabilité, productivité et préservation de la diversité dans les systèmes agricoles.

I. La biodiversité végétale dans les agroécosystèmes

Un agrosystème est un écosystème modifié par l'homme afin d'exploiter une part de la matière organique qu'il produit, généralement à des fins alimentaires (cultures, élevages, etc.) **(Chauvel, 2012)**.

L'agrosystème est caractérisé, entre autres, par :

- Une forte production primaire
- Une biodiversité maintenue faible volontairement par l'agriculteur
- Un apport énergétique important en complément du flux solaire (réduction des facteurs limitants : azote, eau, phosphate, etc.) **(Chauvel, 2012)**.

Les agrosystèmes, de par leur structure souvent semblable à celle des forêts naturelles et leur composition floristique, jouent un rôle majeur dans la préservation de la fertilité des sols et des ressources en eau, du climat local et régional, de la biodiversité et dans la prévention de l'érosion **(Clough et al. 2011)**. En effet, les plantes naturelles associées aux cultures jouent un rôle bénéfique pour la productivité de la culture principale.

I.1. Définition et composantes de la biodiversité végétale

La biodiversité végétale désigne la variété des espèces, des gènes et des fonctions écologiques assurées par les plantes au sein des écosystèmes **(Wilson, 1992)**. Elle se décline en trois composantes essentielles :

I.1.1. Diversité spécifique

Elle renvoie au nombre d'espèces présentes dans un écosystème et à leurs fonctions écologiques. Une perte d'espèces réduit les rôles fonctionnels assurés par la flore, ce qui peut compromettre l'équilibre de l'écosystème **(Latour, 2025)**.

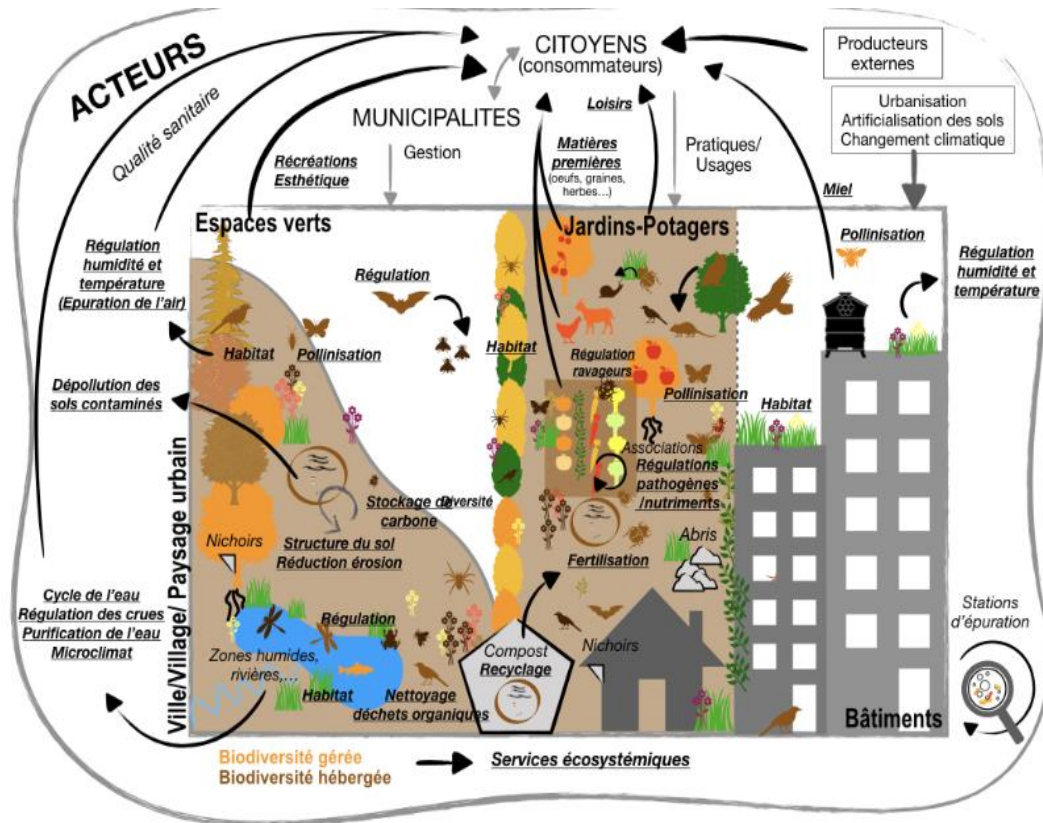
I.1.2. Diversité génétique

Elle représente la variabilité des gènes au sein des espèces. Son analyse permet de mieux gérer les ressources végétales. Différents outils moléculaires (isoenzymes, ADN, etc.) et statistiques (indices, ACP...) permettent de caractériser cette diversité, utile notamment pour la sélection végétale ou la prédiction des performances hybrides **(Lefort-Buson et al., 2020)**.

I.1.3. Diversité des écosystèmes

Elle correspond à la multiplicité des milieux naturels ou anthropisés (forêts, zones humides, toitures végétalisées, etc.), qui hébergent des espèces et interactions variées **(Lowenstein et al., 2015 ; Hofmann & Renner, 2018)**.

Même en milieu urbain, certains aménagements comme les toits végétalisés favorisent des services écosystémiques (pollinisation, régulation thermique...) grâce à une diversité végétale adaptée. La structure du substrat, la taille et l'ancienneté influencent cette biodiversité **(Madre et al., 2014)**. Ainsi, la diversité écosystémique renforce la résilience et la durabilité des territoires, y compris en zones fortement anthropisées **(Revers & Sahraoui, 2020)**.



Source : Revers et Sahraoui, (2020).

Figure 1: Schéma de fonctionnement du socio-écosystème des territoires urbains et artificialisés.

Par ailleurs, le schéma proposé par **Revers et Sahraoui (2020)** illustre la complexité des interactions entre acteurs humains, milieux urbanisés et biodiversité. Il montre comment les espaces verts, jardins potagers et bâtiments végétalisés contribuent conjointement à des services écosystémiques tels que la pollinisation, la régulation du microclimat, la décontamination des sols et la fertilisation naturelle.

Ce modèle met aussi en lumière le rôle central des citoyens et collectivités dans la gestion de ces espaces, ainsi que l'importance de la biodiversité gérée (plantée) et hébergée (spontanée). Ainsi, même en contexte urbain artificialisé, des pratiques écologiques permettent de renforcer la résilience et la fonctionnalité écologique des territoires (**Revers & Sahraoui, 2020**).

I.2. Rôles écologiques et services écosystémiques associés

I.2.1. Fertilité des sols

Les processus écologiques, fondement du concept de qualité du sol

- Productivité primaire : capacité d'un sol, naturel ou cultivé, à produire de la biomasse végétale à des fins utilitaires pour l'homme (alimentation humaine et animale, fibres, combustibles) **(Rutgers et al .2012).**

- Purification et régulation de l'eau : capacité d'un sol à extraire des composés toxiques présents dans l'eau qu'il renferme, et à recevoir, stocker et restituer l'eau pour une utilisation ultérieure par l'homme, selon des modalités qui préviennent les événements de sécheresse et inondation prolongées et d'érosion **(Rutgers et al .2012).**

- Séquestration et régulation du carbone : capacité d'un sol à réduire les impacts négatifs sur le climat d'une augmentation des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (ex. : CO₂, CH₄ et N₂O) **(Rutgers et al .2012).**

- Fourniture de biodiversité fonctionnelle et intrinsèque : multitude des organismes et processus écologiques du sol en interaction avec toutes ses composantes, constituant une part fonctionnellement importante du capital naturel du sol et fournissant à la société un large éventail de services culturels et de services encore inconnus **(Rutgers et al .2012).**

- Fourniture et recyclage des nutriments : capacité d'un sol à recevoir des nutriments sous la forme de sous-produits, à fournir des nutriments à partir de ressources intrinsèques, à acquérir des nutriments des compartiments air et eau, et à transférer ces nutriments dans des denrées végétales récoltées **(Rutgers et al .2012).**

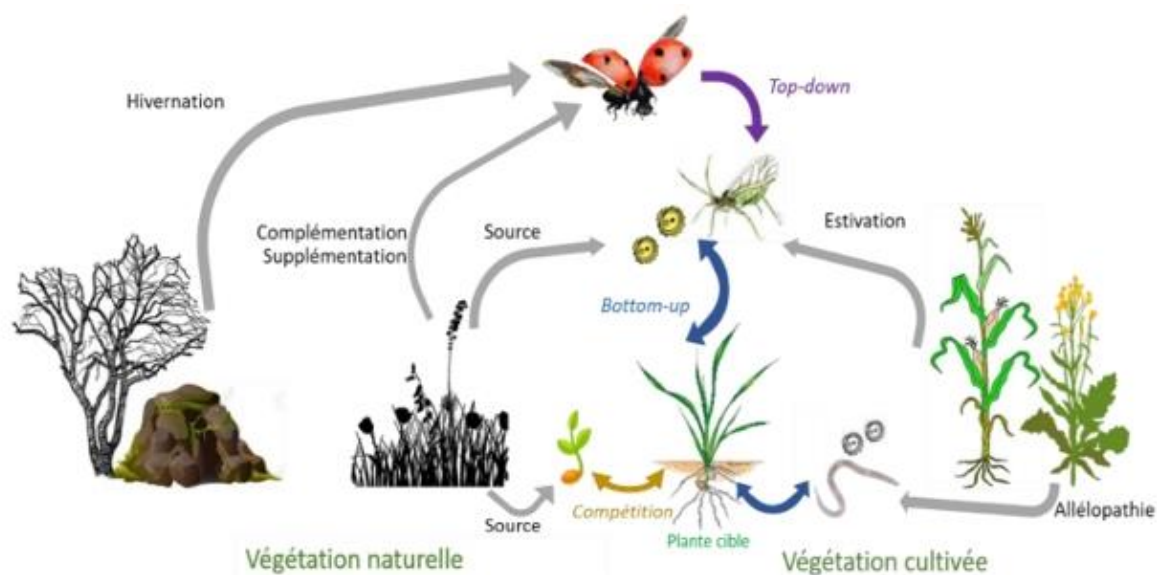
I.2.2. Régulation des bioagresseurs

La régulation naturelle des bioagresseurs dans les agroécosystèmes repose en grande partie sur la structuration du paysage cultivé, notamment la présence d'arbres d'ombrage. Ces derniers modifient profondément les conditions abiotiques (microclimat, humidité, lumière, etc.), influençant à la fois la physiologie de la plante hôte (comme le caféier), la dynamique des ravageurs et celle de leurs ennemis naturels **(Avelino et al., 2011 ; Ratnadass et al., 2012).**

Les arbres d'ombrage jouent ainsi un rôle multifonctionnel :

- Ils génèrent un microclimat propice ou défavorable selon le stade du cycle biologique des bioagresseurs (Avelino et al., 2011 ; Ratnadass et al., 2012).
- Ils modulent la croissance du caféier, influençant indirectement la vulnérabilité de la culture aux attaques (Avelino et al., 2011 ; Ratnadass et al., 2012).
- Ils peuvent aussi héberger ou repousser certaines espèces, jouant le rôle d'hôtes alternatifs ou de barrières écologiques (Avelino et al., 2011 ; Ratnadass et al., 2012).
- Les pratiques culturales associées à ces systèmes (choix des espèces, fréquence de taille, densité) interviennent également dans la régulation biologique observée. (Avelino et al., 2011 ; Ratnadass et al., 2012).

Cependant, ces effets sont rarement univoques. Des effets antagonistes sont souvent relevés, notamment lorsque l'ombrage limite le développement d'un bioagresseur tout en favorisant un autre, ou encore lorsqu'il induit des compromis entre régulation biologique et production agricole. Cette complexité d'interactions est illustrée dans la figure (2), qui présente les relations écologiques entre les bioagresseurs (aériens et telluriques), les cultures, la végétation semi-naturelle, et leurs ennemis naturels (Avelino et al., 2011 ; Ratnadass et al., 2012).



Source : INRAE, (2022)

Figure 2: Illustration schématique des interactions écologiques entre les bioagresseurs aériens et telluriques

Les systèmes agroforestiers modifient fortement la dynamique des bioagresseurs en influençant les conditions microclimatiques. Au Costa Rica, une étude de **Boudrot et al. (2016)** a comparé la dispersion de *Hemileia vastatrix* (rouille orangée du caféier) dans deux types de parcelles : l'une ombragée par *Erythrina poeppigiana* et *Chloroleucon eurycyclum*, l'autre en plein soleil.

Les résultats ont montré que l'interaction entre ombrage, pluie et vent conditionne la dispersion des spores. Sous couvert, la pluie accumulée sur le feuillage tombe sous forme de gouttes à forte énergie, favorisant la dissémination fongique. En revanche, par temps sec, le vent facilite la dispersion en plein soleil, mais est limité par la canopée en zones ombragées (**Boudrot et al., 2016**).

Ces résultats soulignent l'intérêt d'ajuster la densité du couvert arboré selon les saisons : une taille durant la saison des pluies limite les maladies, tandis qu'un couvert plus dense en saison sèche régule le microclimat. L'étude recommande aussi l'usage d'espèces à traits fonctionnels adaptés (feuillage fin, port modéré) pour optimiser cette régulation écologique (**Boudrot et al., 2016**).

I.2.3. Pollinisation

La pollinisation est un processus fondamental dans la reproduction des végétaux, consistant en le transfert du pollen des étamines vers les pistils (**Gloaguen, 2021**). Ce transport, vital pour le cycle de vie des plantes, peut s'effectuer via le vent, l'eau ou les animaux, en particulier les insectes.

Les insectes pollinisateurs, comme les abeilles, jouent un rôle essentiel dans les écosystèmes et la production agricole, car de nombreuses cultures en dépendent. Leur action permet la reproduction végétale, favorise la diversité génétique, limite la consanguinité, et contribue à la résilience des écosystèmes (**Gloaguen, 2021**).

Depuis les années 1980, cette fonction est reconnue comme un service écosystémique majeur (**Gloaguen, 2021**). En particulier, la pollinisation est indispensable chez les gymnospermes (pollinisation anémophile) et surtout chez les angiospermes, dont environ 80 % dépendent des insectes pour leur fécondation

I.3. Indicateurs de mesure de la biodiversité végétale

Les indicateurs de mesure de la diversité végétale dans les systèmes agricoles sont essentiels pour quantifier l'effet des pratiques agricoles sur les communautés végétales. Les principaux indicateurs sont :

I.3.1. Richesse spécifique

Afin de connaître le nombre d'espèces présentes dans les différents agrosystèmes la richesse floristique a été déterminée. La richesse floristique est définie comme le nombre d'espèces recensées à l'intérieur des limites d'un territoire en tenant compte de sa surface (**Aké-Assi, 1984**).

Sa mesure a consisté à faire le décompte de toutes les espèces recensées dans chaque placette sans tenir compte de leur abondance. Les genres et les familles des espèces inventoriées sont aussi déterminés. La liste floristique de chaque parcelle a été dressée. La nomenclature utilisée est celle d'Angiosperm Phylogeny Group III (APG III) (**Haston et al., 2009**). Par la suite, le nombre d'espèces par agrosystème a été déterminé.

* **Calcul** : Compter simplement le nombre d'espèces distinctes présentes dans l'échantillon.

I.3.2. Abondance relative des espèces (p_i)

Mesure de la proportion d'individus de chaque espèce par rapport au total des individus présents, permettant d'évaluer la dominance d'espèces spécifiques.

* **Calcul** : Pour une espèce i : $p_i = \frac{N_i}{N}$

Où N_i est le nombre d'individus de l'espèce i et N est le nombre total d'individus de toutes les espèces.

I.3.3. Indices de diversité :

Ces indices combinent la richesse spécifique et l'abondance relative pour fournir une évaluation plus nuancée de la diversité, en prenant en compte à la fois la variété et l'équité entre les espèces

A. Shannon (H')

L'indice de diversité de Shannon a été utilisé pour identifier les agrosystèmes les plus diversifiés en termes floristiques. Cet indice combine le nombre d'espèces et l'abondance relative et permet de quantifier la diversité floristique d'un peuplement (**Shannon, 1948**). L'indice de diversité de Shannon Weaver noté (H') est donné par l'expression mathématique suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2(p_i)$$

Dans cette formule, n_i est le nombre d'individus de l'espèce i et N le nombre total d'individus de toutes les espèces. Les valeurs de cet indice varient entre 0 et $\ln S$ qui est la diversité maximale (S étant le nombre total d'espèces dans le milieu). Lorsque le peuplement est composé d'une seule espèce, H' est égal à 0, tandis que pour un agrosystème comportant un nombre élevé d'espèces, il tend vers $\ln S$.

$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$ où p_i est l'abondance relative de chaque espèce i .

B. Simpson (D)

Il existe plusieurs indices permettant d'évaluer la biodiversité parmi lesquels on retrouve l'**indice de Simpson**. Cet indice aussi appelé indice de dominance mesure la probabilité que deux individus tirés au hasard à partir d'un échantillon appartiennent à la même espèce. Avec cet indice, on donne plus de poids aux espèces abondantes par rapport aux espèces rares. Dès lors, l'ajout d'une espèce rare à un échantillon ne modifiera pratiquement pas la valeur de l'indice de diversité.

$$D = \frac{1}{\sum_{i=1}^S p_i^2}$$

Où p_i représente l'abondance proportionnelle de l'espèce i et est compris entre 0 et 1 : $p_i = n_i/N$. S est la richesse spécifique

Sous cette forme, l'indice est inversement proportionnel à la diversité. La formulation suivante a donc été proposée pour que l'indice soit directement représentatif de la diversité (Habonimana et al.2011).

C. Equitabilité de Pielou

Pour un peuplement, l'équitabilité nous renseigne sur la répartition des effectifs entre les différentes espèces. L'indice d'équitabilité (E) de Pielou (1966), est le rapport entre l'indice de Shannon de l'échantillon et la diversité maximale. L'équitabilité varie de 0 à 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce et vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Dans le cas où cet indice tend vers 1, le milieu en question est dit équilibré. Cet indice nous a permis de mettre en évidence le niveau d'équilibre des différents biotopes du site. Il se calcule selon la formule mathématique suivante :

$$E = H' / \ln S$$

Dans cette formule, E représente l'indice d'équitabilité de Pielou ; H', l'indice de Shannon et $\ln(S)$ représente la diversité maximale du biotope avec S le nombre total d'espèces du biotope donné.

D. Indice de régénération naturelle

Mesure la capacité des espèces à se réimplanter ou à coloniser après des perturbations (ex. : labour ou traitement).

La méthode varie en fonction des pratiques agricoles et des espèces, mais il est souvent mesuré par le taux de survie et le nombre de jeunes pousses ou semis pour chaque espèce par unité de surface.

Capacité des plantes à se reproduire et coloniser un milieu sans intervention humaine, influencée par :

- La banque de graines du sol.
- Les pratiques (labour, désherbage, pesticides).

Mesures : Nombre de plantules spontanées/m².

E. Composition fonctionnelle des espèces

Analyse des traits fonctionnels tels que la hauteur, la durée de vie ou la capacité de fixation d'azote des espèces pour évaluer leurs rôles écologiques.

En fonction du trait choisi, un calcul de la moyenne pondérée peut être fait pour chaque trait fonctionnel. Par exemple, pour un trait TTT et une abondance p_i pour chaque espèce i : $T_{moy} = \sum_{i=1}^S p_i \times T_i$ où T_i est la valeur du trait pour chaque espèce i .

Ces indices permettent de caractériser et de comparer la diversité des communautés végétales en fonction des pratiques agricoles et de fournir des informations essentielles pour la gestion durable de la biodiversité en milieu agricole.

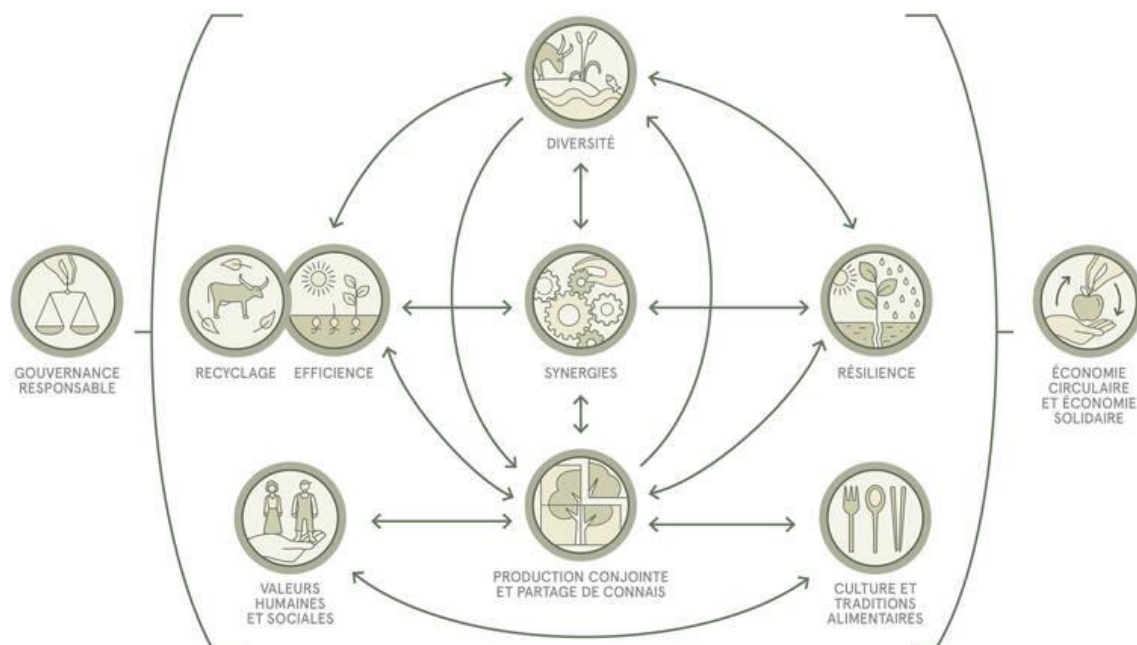
Tableau 1: Tableau synoptique des avantages et limites des indicateurs de mesure de la biodiversité végétale

Indicateur	Échelle	Avantages	Limites
Richesse spécifique	Communauté	Simple, intuitif	Ignore l'abondance
Abondance relative	Espèce/Communauté	Identifie les dominantes	Nécessite un échantillonnage rigoureux
Indices (Shannon/Simpson)	Communauté	Combine richesse et équitabilité	Sensible à la taille de l'échantillon
Régénération naturelle	Écosystème	Indique la résilience	Long à mesurer
Traits fonctionnels	Espèce/Communauté	Lien direct avec les services écosystémiques	Complexité analytique

▪ L'agroécologie : principes et pratiques

II.1. Fondements théoriques et conceptuels de l'agroécologie

L'agroécologie représente une approche holistique des systèmes alimentaires qui intègre les dimensions écologiques, économiques et sociales de la durabilité. Conceptuellement, elle se définit à travers trois dimensions distinctes mais complémentaires : une discipline scientifique, un ensemble de pratiques agricoles, et un mouvement social et politique (**Wezel et al., 2009**). Ces trois dimensions ont évolué de manière asynchrone selon les régions du monde, créant ainsi une diversité d'interprétations et d'applications de l'agroécologie.



Source : FAO (2018).

Figure 3: Les 10 éléments de l'agroécologie selon la FAO.

L'émergence de l'agroécologie comme discipline scientifique remonte aux années 1920-1930, mais c'est dans les années 1980 que Miguel Altieri et Stephen Gliessman ont contribué de manière décisive à sa structuration théorique (**Altieri, 1995 ; Gliessman, 2015**). Le cadre conceptuel de l'agroécologie a évolué chronologiquement, passant d'une "approche scientifique utilisée pour étudier, diagnostiquer et proposer un mode de gestion alternatif de l'agroécosystème avec de faibles intrants" (**Altieri, 1989**) à "l'étude intégrée de l'écologie du système alimentaire, prenant en compte les dimensions écologique, économique et sociale"

(Francis et al., 2003). Cette évolution reflète l'élargissement progressif de son champ d'application, des processus écologiques à l'échelle de la parcelle jusqu'à l'écologie du système alimentaire et sa transformation (Gliessman, 2011).

L'agroécologie est née de la convergence entre l'écologie scientifique et les savoirs traditionnels des agriculteurs, cherchant à répondre aux impacts négatifs environnementaux, socio-économiques et culturels de la modernisation agricole (De Tourdonnet et al., 2015). Elle se distingue par sa vision systémique qui contraste avec l'approche réductionniste prévalant dans l'agriculture conventionnelle issue de la révolution verte. Dalgaard et al., (2003) la définissent comme "une discipline intégrée qui prend en considération des connaissances de l'agronomie, l'écologie, la sociologie et l'économie", soulignant ainsi son caractère interdisciplinaire fondamental.

La définition de l'agroécologie proposée par De Schutter (2010), alors Rapporteur spécial des Nations Unies sur le droit à l'alimentation, a contribué à sa légitimation institutionnelle : "Les approches agroécologiques suivent le principe de l'agroécologie, qui est une application de la science écologique à l'étude, la conception et la gestion d'agroécosystèmes durables." Cette définition met en évidence que l'agroécologie ne s'oppose pas à la technologie, mais privilégie les interactions écosystémiques plutôt que l'utilisation d'intrants externes pour assurer la fertilité et la gestion phytosanitaire.

II.2. Diversité des pratiques agroécologiques

Les pratiques agroécologiques se fondent sur cinq principes d'action fondamentaux identifiés par Altieri (1995) : (1) le recyclage de la biomasse et l'optimisation des cycles de nutriments, (2) la gestion de la matière organique et l'amélioration de l'activité biologique du sol, (3) la minimisation des pertes de ressources (eau, sol, énergie), (4) la diversification génétique et d'espèces au sein de l'agroécosystème, et (5) la promotion des interactions et synergies biologiques bénéfiques entre les composantes de l'agrobiodiversité.

La FAO a structuré ces principes en dix éléments interdépendants qui guident la transition vers des systèmes alimentaires durables : diversité, cocréation et partage des connaissances, synergies, efficacité, recyclage, résilience, valeurs humaines et sociales, traditions culinaires et culture, gouvernance responsable, économie circulaire et solidaire (FAO, 2018). Ces éléments permettent d'opérationnaliser l'agroécologie dans différents contextes nationaux et régionaux,

comme l'ont montré les colloques régionaux organisés par la FAO entre 2014 et 2017 (**Loconto, 2017**).

Les pratiques agroécologiques sont extrêmement diversifiées et adaptées aux contextes locaux. Parmi les plus répandues, on trouve :

- **La polyculture-élevage** : Intégration de cultures et d'élevage au sein d'une même exploitation pour optimiser les cycles de nutriments et diversifier les sources de revenus. Cette approche permet de valoriser les complémentarités fonctionnelles entre productions végétales et animales (**De Tourdonnet et al., 2015**).

- **L'agroforesterie** : Association d'arbres et de cultures et/ou d'élevage sur une même parcelle. Les systèmes agroforestiers tirent parti de la complémentarité des niches écologiques et de l'exploration différenciée des horizons du sol, permettant une meilleure utilisation des ressources disponibles (**Kazakou et al., 2015**).

- **Les systèmes de cultures associées** : Cultivation simultanée de plusieurs espèces sur une même parcelle, comme le modèle traditionnel du "jardin créole" aux Antilles ou le système "push-pull" en Afrique de l'Est qui combine différentes plantes pour repousser ou attirer les ravageurs (**Midega et al., 2018**).

- **La lutte biologique** : Utilisation d'organismes vivants pour contrôler les populations de ravageurs, réduisant ainsi le recours aux pesticides chimiques. Cette pratique s'appuie sur la compréhension des réseaux trophiques et des mécanismes de régulation naturelle (**Landis et al., 2000**).

- **L'agriculture de conservation** : Basée sur la perturbation minimale du sol, la couverture permanente et la diversification des cultures, cette approche favorise la vie du sol et la séquestration de carbone tout en réduisant l'érosion (**Tittonell, 2014**).

- **Les systèmes de semis direct sous couverture végétale (SCV)** : Pratique qui associe l'absence de travail du sol, la couverture permanente du sol et la diversification des cultures, permettant d'améliorer la fertilité du sol tout en limitant les perturbations de l'écosystème (**Kazakou et al., 2015**).

Ces pratiques ne sont pas mutuellement exclusives et sont souvent combinées au sein d'un même système agricole. Elles partagent l'objectif commun de valoriser les processus

écologiques comme facteurs de production tout en diminuant la dépendance aux intrants externes.

II.3. L'agroécologie comme alternative pour la préservation de la biodiversité

L'agroécologie propose un cadre pour dépasser l'opposition traditionnelle entre production agricole et conservation de la biodiversité. En plaçant la biodiversité au cœur du fonctionnement des agrosystèmes, elle transforme cette biodiversité en facteur de production plutôt qu'en contrainte (**Millennium Ecosystem Assessment, 2005 ; IAASTD, 2009**). Cette approche est fondamentale dans un contexte où l'agriculture conventionnelle est identifiée comme l'une des principales causes de perte de biodiversité à l'échelle mondiale.

La préservation de la biodiversité dans l'agroécologie s'opère à plusieurs niveaux. Au niveau génétique, elle favorise la diversité des variétés et races locales adaptées aux conditions spécifiques, contribuant ainsi à la conservation de l'agrobiodiversité menacée par l'homogénéisation des systèmes agricoles industriels. Au niveau des espèces, elle promeut la polyculture et les associations culturales qui augmentent la résilience face aux perturbations biotiques et abiotiques. Au niveau de l'écosystème, elle intègre des éléments semi-naturels (haies, bandes enherbées) qui servent d'habitats pour la biodiversité fonctionnelle (**Tscharntke et al., 2005 ; Kremen et Miles, 2012**).

L'approche agroécologique utilise le concept des filtres environnementaux pour comprendre et gérer la biodiversité dans les agrosystèmes. Selon ce concept, les pratiques agricoles agissent comme des filtres qui sélectionnent les espèces selon leurs traits de réponse. Par exemple, le travail du sol influence la composition des communautés d'adventices en favorisant certains types biologiques au détriment d'autres (**Kazakou et al., 2015**). Cette compréhension permet de concevoir des systèmes qui favorisent la biodiversité bénéfique tout en régulant les organismes potentiellement nuisibles.

Les systèmes agroécologiques améliorent la fourniture de services écosystémiques essentiels tels que la pollinisation, la régulation des ravageurs, le recyclage des nutriments et la conservation des sols (**Bommarco et al., 2013**). Par exemple, l'enherbement des vignobles peut être géré en sélectionnant des espèces végétales selon leurs traits fonctionnels pour optimiser la complémentarité avec la vigne et favoriser une biodiversité bénéfique, tout en limitant la compétition pour les ressources hydriques (**Kazakou et al., 2015**).

Des études ont démontré que les systèmes agroécologiques diversifiés peuvent atteindre une productivité comparable ou supérieure aux systèmes conventionnels, tout en étant plus résilients face au changement climatique et aux stress biotiques (**Altieri et al., 2015**). Face aux événements climatiques extrêmes, comme les ouragans au Nicaragua, les fermes agroécologiques ont montré une capacité de récupération significativement supérieure à celle des fermes conventionnelles (**Holt-Giménez, 2002**).

En outre, les systèmes agroécologiques contribuent à la séquestration du carbone dans les sols, réduisant ainsi l'empreinte climatique de l'agriculture (**Lin, 2011**). Cette multifonctionnalité est essentielle pour atteindre les Objectifs de Développement Durable, particulièrement ceux liés à l'éradication de la faim, à la préservation des écosystèmes terrestres et à la lutte contre le changement climatique.

La biodiversité végétale n'est pas seulement un indicateur écologique, mais un levier d'action pour des systèmes agricoles durables. L'agroécologie, en valorisant les processus naturels, offre une voie réaliste pour maintenir la diversité et renforcer la résilience, notamment dans les milieux arides. Ce cadre conceptuel constitue ainsi la base de l'analyse empirique menée dans les chapitres suivants.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

Dans le but d'analyser l'impact des pratiques agricoles agroécologiques sur la diversité végétale spontanée, ce chapitre décrit en détail la zone d'étude, la méthode d'échantillonnage, ainsi que les protocoles de collecte et d'analyse des données. Il présente également les critères de sélection des exploitations agricoles, les approches utilisées pour l'inventaire floristique et les tests de germination, ainsi que les outils mobilisés pour le traitement statistique et l'évaluation écologique.

II.1. Zone d'étude : communes de Laghouat et d'El Assafia

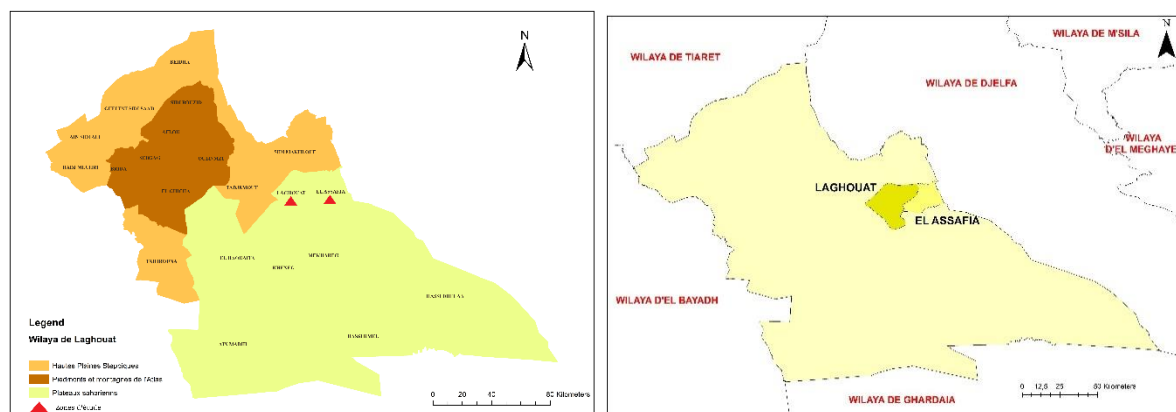
II.1.1. Caractéristiques géographiques et biophysiques

II.1.1.1. Localisation et situation géographique

La présente recherche porte sur les communes de Laghouat et d'El Assafia qui constituent conjointement la zone d'étude que nous appelons le Living Lab de Laghouat¹. Implantées dans la partie orientale de la wilaya de Laghouat, au sud de l'Algérie, ces deux entités administratives s'établissent à l'extrémité nord-orientale du plateau saharien (PS), en bordure septentrionale du grand désert du Sahara. Cette localisation géographique spécifique leur confère une importance particulière en tant que frontière méridionale de la phoeniciculture, marquant la limite au-delà de laquelle la maturation des dattes devient impossible (**Belmecheri et Moulai, 2023**).

Cette zone d'étude (voir figure 4) s'intègre dans l'ensemble territorial du plateau saharien (PS), formation géographique qui couvre 66,38% de la superficie totale de la wilaya de Laghouat. Ce territoire présente une morphologie caractérisée par une topographie plane et un régime climatique aride, avec des précipitations annuelles oscillant entre 100 et 150 millimètres. La contiguïté territoriale des deux communes et la similitude de leurs caractéristiques géophysiques justifient leur appréhension en tant qu'entité d'analyse homogène et cohérente (**Belmecheri et Moulai, 2023**).

¹ Un Living Lab (LL) ou Laboratoire vivant agroécologique est un lieu d'échanges structurés sur la transition agroécologique où la co-construction des connaissances se produit grâce au dialogue organisé entre les principales parties prenantes, notamment les agriculteurs, les industries, les gouvernements, les ONG, les organisations de consommateurs, les institutions de recherche et les services de conseil locaux. L'association El Argoub Laghouat mène un projet intitulé NATAE (North African Transition to AgroEcology) au niveau du Living Lab de Laghouat regroupant les communes de Laghouat et d'El Assafia.



Source : Moulai, 2023.

Figure 4: les zones agroécologiques de la wilaya de Laghouat et localisation de la zone d'étude du living lab (communes de Laghouat et El Assafia)

II.1.1.2. Synthèse climatique de la zone d'étude (communes de Laghouat et d'El assafia) et impacts potentiels sur les communautés végétales spontanées

L'étude des paramètres climatologiques de notre zone d'investigation sur une période étendue de 44 années (1981 à avril 2025) basée sur les données NASA (2025) met en évidence des conditions environnementales particulièrement sélectives qui déterminent la composition et la distribution des communautés végétales spontanées.

a) Régimes thermiques

La zone d'étude présente un régime thermique caractérisé par une moyenne annuelle de 17,7°C, révélant des contrastes saisonniers prononcés. Les maxima thermiques s'établissent en juillet avec 30,7°C, contrastant avec les minima hivernaux de janvier à 6,5°C. Cette amplitude thermique de 24,2°C impose aux espèces végétales des adaptations physiologiques spécifiques pour résister aux stress thermiques extrêmes. Les fortes chaleurs estivales peuvent provoquer la fermeture stomatique prolongée et induire des mécanismes de protection comme l'accumulation d'osmolytes, tandis que les températures hivernales relativement douces permettent le maintien d'une activité photosynthétique réduite chez certaines espèces pérennes.

b) Régimes hydriques

La pluviométrie régionale révèle un caractère nettement déficitaire avec des apports annuels moyens de 165,9 mm. La répartition pluviométrique présente une hétérogénéité temporelle marquée, septembre constituant le pic pluviométrique avec 21,4 mm, tandis que juillet

n'enregistre que 4,4 mm. Ce coefficient de variation dépassant 80% illustre l'erraticité du régime hydrique, contraignant les espèces végétales à développer des stratégies d'économie hydrique sophistiquées. Cette imprévisibilité pluviométrique favorise la sélection d'espèces à plasticité phénologique élevée, capables d'exploiter rapidement les fenêtres d'opportunité hydrique.

c) Caractérisation de l'aridité

L'examen du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (voir figure 5) illustre le déséquilibre hydro-thermique caractéristique de la région. Cette représentation graphique souligne la persistance de précipitations insuffisantes face à des températures soutenues, particulièrement manifeste durant la période estivale. La synchronisation entre les maxima thermiques (juin à septembre) et les minima pluviométriques intensifie le stress hydrique, créant des conditions particulièrement sélectives pour la végétation. L'évapotranspiration potentielle dépasse largement les apports pluviométriques, générant un déficit hydrique chronique.

Cette analyse met en évidence une période de stress hydrique quasi-continue s'étalant de février à décembre, représentant 11 mois sur 12. Janvier demeure le seul mois présentant un bilan hydrique légèrement excédentaire avec 14,9 mm de précipitations dépassant le seuil critique de 13,0 mm selon le critère $P > 2T$. Le déficit hydrique culmine en juillet où l'écart entre les précipitations réelles (4,4 mm) et les besoins théoriques (61,3 mm) atteint des proportions dramatiques. La période de mai à août se distingue par une aridité particulièrement sévère, contraignant la végétation à adopter des stratégies de survie extrêmes.

Ces conditions climatiques caractérisent un environnement aride typique des régions désertiques ou semi-désertiques, où seules les espèces végétales hautement spécialisées peuvent prospérer sans apports hydriques artificiels.

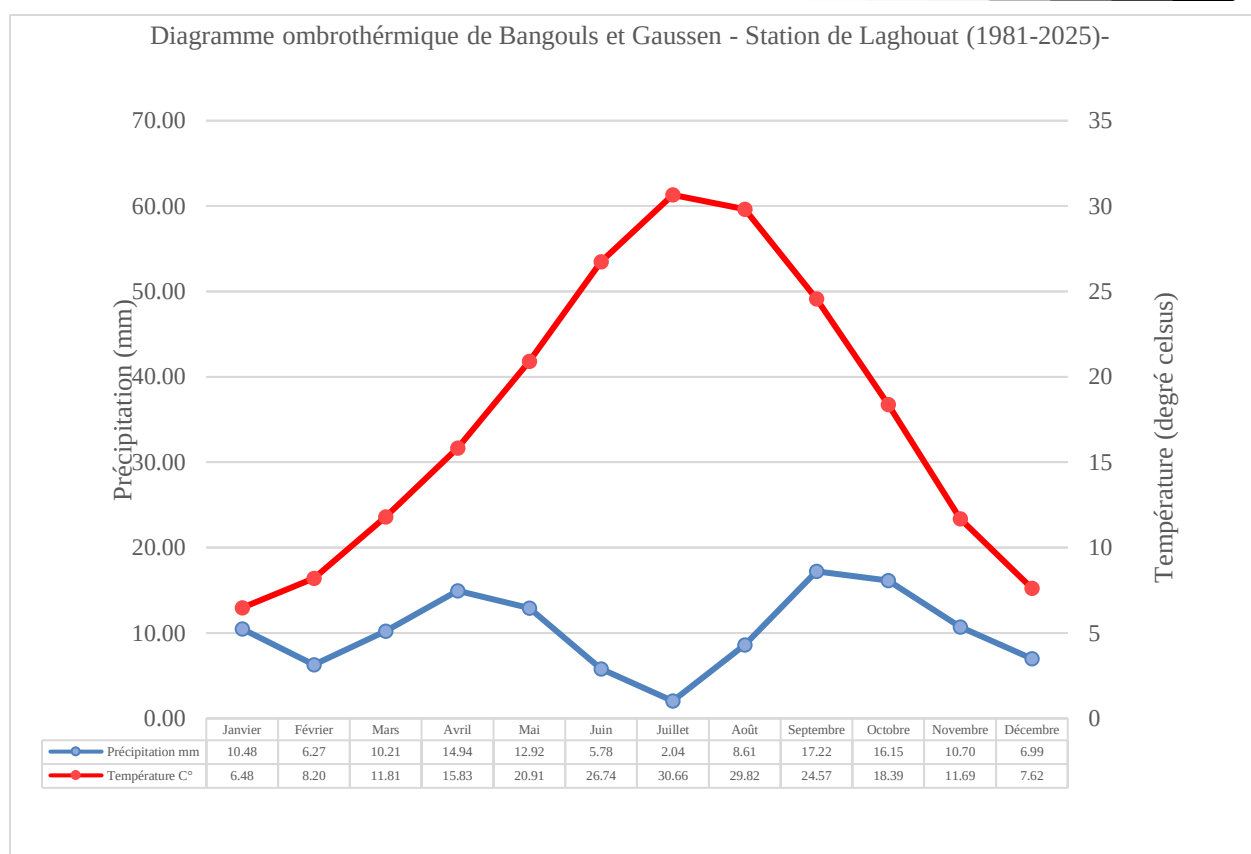


Figure 5: Diagramme ombrothermique de Bangouls et Gaussen-Station de Laghouat (1981-2025).

d) Classification climatique selon l'indice de Martonne

L'application de l'indice de Martonne selon la formule $Aa = P/(T+10)$, où P correspond aux précipitations annuelles moyennes (165,19 mm) et T à la température annuelle moyenne (18,81°C) pour la période 1981-2025, produit une valeur de 5,73. Cette quantification positionne sans équivoque la région dans le domaine des **climats arides**.

Cette faible valeur résulte de la conjugaison défavorable entre une pluviométrie limitée et des températures élevées, exacerbant le stress hydrique annuel. Cette classification climatique, confirmée par l'indice de De Martonne de 5,97, détermine les contraintes environnementales fondamentales auxquelles font face les communautés végétales. Ces conditions se caractérisent par des apports pluviométriques très restreints et erratiques de 165,6 mm annuels, une aridité quasi-permanente sur 11 mois, un stress hydrique intense de février à décembre, une forte variabilité interannuelle, et un déficit chronique par rapport aux besoins évapotranspiratoires de la végétation.

e) Dynamique éolienne

Les mesures de vitesse du vent à 2 mètres d'altitude sur la période 1981-2025 révèlent une variabilité saisonnière significative. Les vitesses mensuelles moyennes fluctuent typiquement entre 2 et 4 m/s (voir figure 6), avec des pics hivernaux et printaniers contrastant avec des accalmies automnales. Cette dynamique éolienne affecte directement la transpiration végétale, l'évaporation du sol et la dispersion des propagules végétales.

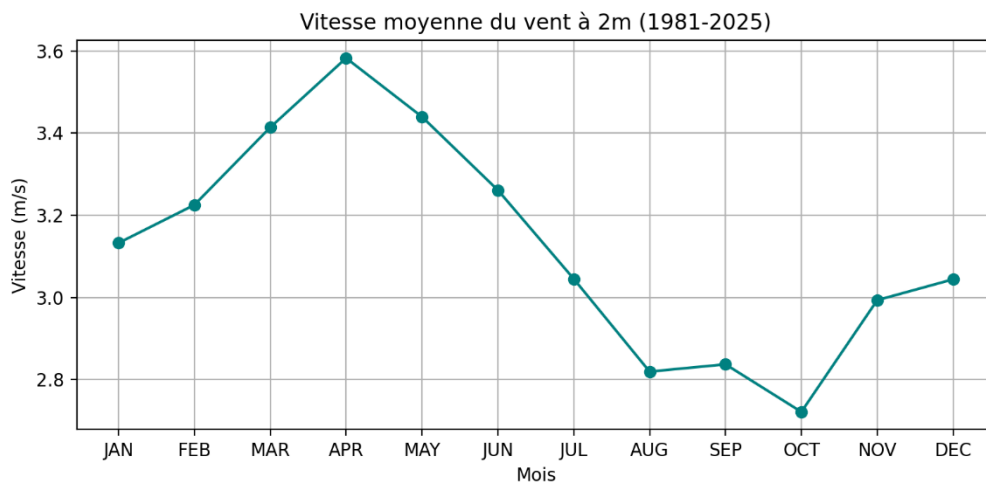


Figure 6: Vitesse moyenne du vent à 2 m (1981-2025).

L'analyse de la rose des vents (voir figure 7) indique une dominance marquée des flux provenant du secteur 300-330° (nord-ouest), complétés par les secteurs 330-360° (nord) et 270-300° (ouest). Cette prédominance directionnelle influence les modalités de dispersion des graines, l'orientation préférentielle de croissance de certaines espèces, et les phénomènes d'érosion éolienne affectant l'établissement des plantules.

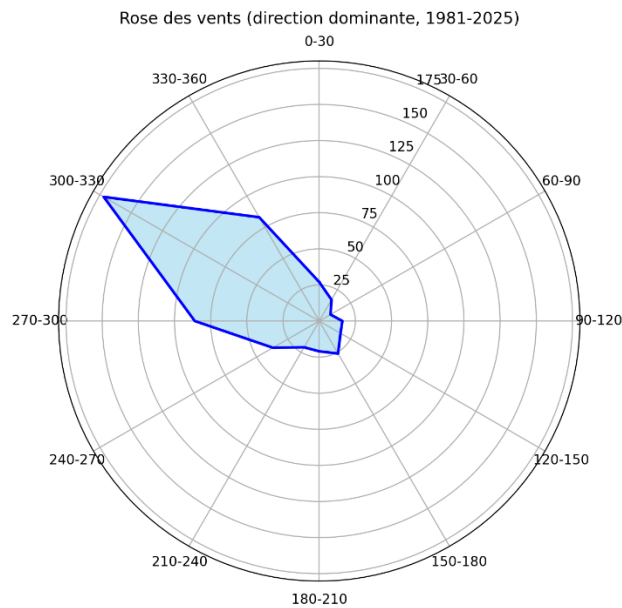


Figure 7 : Rose des vents (direction dominante) entre 1981 et 2025.

f) Humidité édaphique

L'examen de l'humidité du sol selon différents horizons (zone racinaire, profil complet et couche superficielle) démontre une décroissance marquée durant la saison sèche estivale, compensée par une reconstitution partielle lors des périodes hivernales et printanières de recharge hydrique. L'humidité superficielle, hautement sensible aux fluctuations pluviométriques et évaporatoires, s'effondre drastiquement en été, créant des conditions particulièrement hostiles à la germination et à l'établissement des jeunes plants.

g) Humidité atmosphérique

- Humidité relative à 2 mètres (%): Mesure le taux d'humidité de l'air, qui influence la sensation de chaleur, la transpiration des plantes et le risque de sécheresse.
- Humidité spécifique à 2 mètres (g/kg): Représente la quantité de vapeur d'eau dans l'air, utile pour caractériser le potentiel d'évaporation et la formation de nuages.

L'humidité relative mesurée à 2 mètres d'altitude (voir figure 8) présente des oscillations importantes au cours du cycle annuel, culminant en hiver avec des valeurs pouvant atteindre 70% et chutant dramatiquement en été jusqu'à des minima inférieurs à 20%. Cette faible humidité estivale exacerbe les phénomènes de dessiccation et intensifie la demande évaporatoire sur la végétation. L'humidité spécifique, indicatrice de la teneur en vapeur d'eau atmosphérique, suit une évolution comparable avec des maxima durant les périodes chaudes,

conditionnant le potentiel évaporatoire et les processus de formation de rosée bénéfiques à certaines espèces.

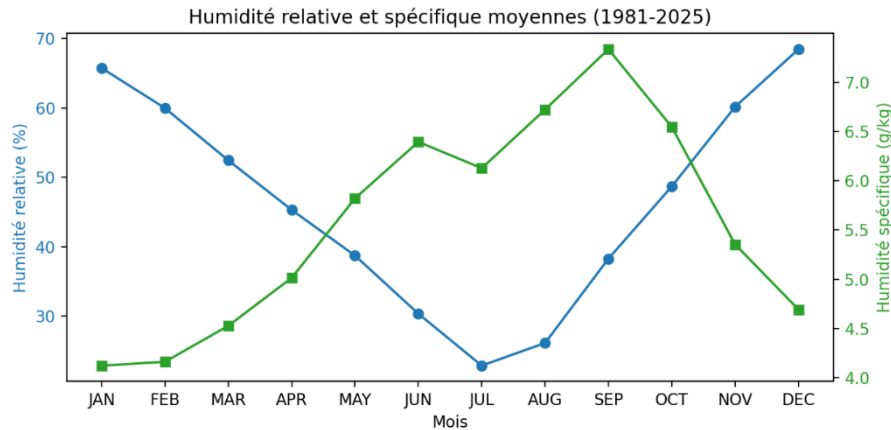


Figure 8: Humidité relative et spécifique moyennes (1981-2025).

II.1.2. Caractéristiques géomorphologiques

II.1.2.1. Relief et topographie

Le territoire d'étude se distingue par une configuration topographique particulièrement plane qui offre des conditions favorables au développement des activités agricoles. Cette morphologie relativement horizontale constitue un atout majeur pour la limitation des phénomènes érosifs, comme en témoignent les données de répartition des pentes où 73,78% des terres de Laghouat et 75% de celles d'El Assafia s'inscrivent dans la classe de déclivité comprise entre 0% et 3% (**BNEDER, 2006**).

II.1.2.2. Altitude

La répartition altitudinale du territoire d'étude révèle une distribution équilibrée entre deux classes d'élévation modérées. Les terrains situés en dessous de 600 mètres d'altitude couvrent 49,05% de la superficie totale, tandis que les zones comprises dans la tranche altitudinale de 600 à 800 mètres représentent 50,95% des terres (**BNEDER, 2006**).

II.1.3. Ressources hydriques et hydrographie

II.1.3.1. Potentiel hydrique

L'analyse des ressources en eau révèle un déséquilibre prononcé entre les potentialités naturelles disponibles et leur mobilisation concrète. Dans la commune de Laghouat, le potentiel hydrique théorique généré par les écoulements superficiels et les processus d'infiltration s'élève à 3,3 millions de m³, contrastant avec les volumes réellement exploités (ressources de surface et souterraines confondues) qui atteignent 26,31 millions de m³. Pour El Assafia, cette disparité se manifeste par un potentiel de 1,8 million de m³ face à une mobilisation effective de 6,38 millions de m³ (BNEDER, 2006 ; Belmecheri et Moulai, 2023).

II.1.3.2. Hydrographie

L'organisation du réseau hydrographique de la zone d'investigation s'organise principalement autour de deux cours d'eau majeurs : l'Oued M'zi et l'Oued Messaad. Néanmoins, la faiblesse chronique et l'irrégularité caractéristique du régime pluviométrique limitent considérablement les ressources hydriques superficielles, induisant une dépendance accrue des différents secteurs économiques (agriculture, approvisionnement en eau potable, industrie) vis-à-vis d'une exploitation intensive des réserves souterraines (Belmecheri et Moulai, 2023).

II.2. Stratégie d'échantillonnage et sélection des exploitations agricole en transition agroécologique

II.2.1. Identification de la population d'étude

L'identification des exploitations agricoles en transition agroécologique a été réalisée en collaboration avec l'association El Argoub, seule association promotrice de l'agroécologie dans la wilaya de Laghouat. Cette association, créée en 2011, fédère les agriculteurs engagés dans des pratiques agroécologiques et constitue ainsi un réseau représentatif des initiatives locales de transition agricole. L'association compte 20 agriculteurs adhérents officiellement engagés dans une démarche de transition agroécologique, répartis sur les communes de Laghouat et d'El Assafia.

Le recours à cette association comme point d'entrée sur le terrain présente plusieurs avantages méthodologiques pour l'étude des communautés végétales spontanées. Premièrement, elle garantit l'identification d'exploitations réellement engagées dans une transition agroécologique, créant des conditions favorables au développement d'une diversité

floristique spontanée. Deuxièmement, elle facilite l'accès aux agriculteurs et leur adhésion à l'étude grâce à la relation de confiance préexistante. Troisièmement, elle assure une certaine homogénéité dans la compréhension et l'application des principes agroécologiques au sein de la population étudiée, permettant d'évaluer l'impact de ces pratiques sur la diversité végétale.

II.2.2. Méthode d'échantillonnage raisonné par transect

L'échantillonnage a été conduit selon une approche raisonnée (purposive sampling) combinée à une stratégie de transect spatial, méthode particulièrement adaptée aux études exploratoires en écologie végétale et en agroécologie (**Tongco, 2007**). Cette approche permet de maximiser la représentativité de l'échantillon en tenant compte de la diversité des conditions pédoclimatiques et des systèmes de production présents dans la zone d'étude, facteurs déterminants pour la composition et la diversité des communautés végétales spontanées.

Un transect géographique a été établi à travers le living lab de Laghouat (comprenant les communes de Laghouat et d'El Assafia) pour couvrir différents périmètres agricoles présentant des caractéristiques environnementales et socio-économiques contrastées. Cette méthode de transect, largement utilisée en écologie végétale et en agronomie (**Kent, 2012**), permet de capturer la variabilité spatiale des facteurs environnementaux susceptibles d'influencer les pratiques agricoles et la diversité des communautés végétales spontanées.

Le transect a été orienté de manière à inclure cinq périmètres agricoles distincts : Djenaien, Bordj Snouci, Guenifid, Larfad et Lambed. Ces périmètres ont été sélectionnés sur la base de plusieurs critères de stratification pertinents pour l'étude de la diversité végétale.

Les **critères géographiques** assurent une répartition spatiale des périmètres représentative du territoire étudié, avec des distances inter-sites comprises entre 8 et 45 kilomètres, permettant de capturer la variabilité des conditions pédoclimatiques locales influençant la composition floristique. Le transect s'étend sur une distance totale d'environ 45 km avec un dénivelé de 105 mètres (altitude variant de 750m à 855m), gradient altitudinal susceptible d'influencer la distribution des espèces végétales.

Les **critères pédologiques** prennent en compte l'homogénéité texturale relative des sols, tous étant de type sablo-argileux à sablo-limono-argileux, représentative des sols dominants de la région des Hautes Plaines steppiques. Cette homogénéité permet de minimiser l'effet des variations édaphiques sur la composition des communautés végétales et de mieux isoler l'effet des pratiques agricoles.

Les **critères hydrogéologiques** considèrent la diversité des ressources en eau (puits artésiens ou forages) qui influence significativement les pratiques agricoles et, par conséquent, les conditions d'établissement et de développement de la flore spontanée. Les critères socio-économiques incluent les périmètres représentant différents niveaux d'ancienneté dans l'exploitation agricole et différentes tailles d'exploitation, facteurs déterminants dans l'adoption des pratiques favorables à la diversité végétale.

II.2.3. Justification de la taille d'échantillon

La sélection de 5 exploitations sur les 20 adhérents de l'association (soit 25% de la population) s'appuie sur plusieurs considérations méthodologiques et pratiques documentées dans la littérature en écologie végétale et en sciences agricoles.

Cette étude s'inscrit dans une démarche exploratoire visant à caractériser en profondeur les communautés végétales spontanées et leur relation avec les pratiques agroécologiques naissantes. Dans ce contexte, la recherche qualitative privilégie la richesse et la profondeur des données collectées plutôt que la représentativité statistique stricte (**Creswell et Poth, 2018**). Les études qualitatives en agroécologie végétale utilisent couramment des échantillons de taille réduite pour permettre une analyse approfondie des systèmes complexes (**Pretty, 1995**).

En recherche qualitative, la taille d'échantillon optimale est déterminée par le principe de saturation théorique, atteint lorsque les données supplémentaires n'apportent plus d'informations nouvelles significatives sur la diversité végétale (**Guest et al., 2006**). Les études méthodologiques suggèrent qu'en contexte homogène, la saturation peut être atteinte avec 5 à 12 cas d'étude (**Morse, 2000**).

Les relevés floristiques détaillés et les enquêtes approfondies sur les pratiques agricoles requièrent des ressources temporelles importantes. L'échantillonnage intensif de 5 exploitations permet une caractérisation exhaustive de chaque système selon la méthode du quadrat avec 5 points de prélèvement par exploitation, conformément aux recommandations méthodologiques en écologie végétale qui privilégient la qualité des observations à la quantité (**Mueller-Dombois et Ellenberg, 1974**).

Les études d'évaluation de la diversité végétale en contexte agroécologique utilisent fréquemment des échantillons de taille similaire. Par exemple, l'étude de **José-María et al. (2010)** sur la diversité végétale en agriculture biologique a utilisé 6 exploitations, tandis que

Bengtsson et al. (2005) en ont étudié 4 pour évaluer l'impact des pratiques agricoles sur la biodiversité végétale.

II.2.4. Critères de sélection et processus de validation

La sélection finale des 5 exploitations au sein de chaque périmètre a été réalisée selon des critères de sélection adaptés, appliqués de manière systématique pour assurer la rigueur méthodologique de l'étude des communautés végétales.

Les **critères d'inclusion** exigeaient que les exploitations retenues soient adhérentes à l'association El Argoub et pratiquent des techniques agroécologiques, même si la formalisation de la transition était variable selon les exploitations. La surface minimale de 5 hectares de surface totale garantissait un espace suffisant pour l'échantillonnage floristique selon le protocole de 5 quadrats par exploitation, tout en acceptant que la surface réellement cultivée puisse être inférieure en raison des contraintes liées au défrichement progressif ou aux aménagements agroforestiers.

La diversité des systèmes de production constituait un critère essentiel, incluant les exploitations arboricoles spécialisées (palmier dattier, olivier, vigne), les systèmes mixtes, et les exploitations en phase de diversification progressive. Cette approche permet d'évaluer l'impact des différentes pratiques sur diverses niches écologiques favorisant le développement de communautés végétales variées.

Les **critères d'exclusion** écartaient les exploitations ayant connu des perturbations majeures récentes (changement de propriétaire, inondations, incendies) pour éviter les biais liés à des facteurs confondants sur la végétation spontanée. Les exploitations en agriculture biologique certifiée ont également été écartées pour maintenir l'homogénéité du groupe "transition agroécologique informelle".

Le processus de validation incluait une visite préliminaire de chaque exploitation sélectionnée permettant de valider in situ le respect des critères de sélection et d'obtenir le consentement éclairé de l'agriculteur. Cette validation a inclus la vérification des pratiques agroécologiques appliquées (réduction des intrants chimiques, compostage, aménagements agroforestiers), l'évaluation de l'accessibilité des parcelles pour les relevés floristiques et la confirmation de la disponibilité de l'agriculteur pour les enquêtes approfondies sur les pratiques agricoles.

II.2.5. Représentativité et limites de l'échantillonnage

Le transect établi couvre une zone géographique de 180 km², soit environ 15% de la surface agricole utile de la wilaya de Laghouat. Cette couverture spatiale assure une représentativité acceptable des conditions pédoclimatiques et des systèmes de production de la région pour l'étude de la diversité végétale spontanée.

Les 5 exploitations sélectionnées représentent la diversité des profils présents au sein de l'association El Argoub en termes d'ancienneté d'exploitation (4 à 26 ans), de surface totale (5 à 20 hectares), de systèmes de production (arboriculture spécialisée, systèmes mixtes arboriculture-cultures fourragères, systèmes en diversification progressive), et de conditions topographiques (dénivelé de 105m permettant d'évaluer l'influence de l'altitude sur la composition floristique).

La représentativité des pratiques agroécologiques se manifeste par la présence systématique de techniques caractéristiques : réduction drastique ou abandon des herbicides, fertilisation organique ou mixte, aménagements agroforestiers (haies, brise-vent), utilisation de variétés anciennes, et gestion différenciée des espaces selon leur fonction écologique.

Bien que l'échantillon ne permette pas d'inférences statistiques généralisables à l'ensemble des exploitations agroécologiques de la région, il assure une représentativité théorique suffisante pour une étude exploratoire visant à caractériser les relations entre pratiques agroécologiques naissantes et diversité des communautés végétales spontanées.

L'échantillonnage présente plusieurs limites qu'il convient de mentionner. Le biais de sélection lié au recrutement via l'association peut conduire à une sur-représentation des agriculteurs les plus motivés par les approches alternatives. La diversité des stades de transition agroécologique (de 4 à 26 ans d'expérience) peut introduire une variabilité dans les effets observés sur la végétation spontanée. L'absence d'exploitations témoins en agriculture conventionnelle stricte limite la possibilité de comparaisons directes concernant l'impact des pratiques sur la diversité floristique. Enfin, la concentration géographique sur deux communes peut limiter la généralisation des résultats à l'ensemble de la région des Hautes Plaines steppiques.

Cette stratégie d'échantillonnage par transect, documentée par les coordonnées GPS précises et les caractéristiques pédoclimatiques observées, assure une base méthodologique

solide pour l'évaluation de l'impact des pratiques agroécologiques émergentes sur les communautés végétales spontanées dans le contexte spécifique des zones arides algériennes.

II.3. Caractérisation des exploitations étudiées

II.3.1. Sélection et description des exploitations étudiées

Cette étude porte exclusivement sur des **exploitations agricoles à vocation agroécologique**, sélectionnées sur la base des critères suivants :

- **Adoption de pratiques durables** : utilisation d'amendements organiques, engrais verts, techniques de gestion des sols préservant leur fertilité, et réduction significative des intrants chimiques (engrais et pesticides).
- **Diversité des productions agricoles** : les exploitations étudiées reposent principalement sur l'arboriculture et la culture du palmier dattier, avec des cultures secondaires telles que la luzerne.
- **Variété des types de sols** : les exploitations présentent une diversité de sols (sablo-limono-argileux, sablo-argileux, etc.) permettant d'analyser les effets des caractéristiques édaphiques sur les pratiques agricoles.
- **Ancienneté de l'installation** : la durée d'installation des exploitations varie entre 4 et 26 ans, ce qui permet d'apprécier l'évolution des pratiques agroécologiques en fonction de l'expérience.

II.3.2. Typologie des pratiques agricoles observées

Toutes les exploitations incluses dans cette étude sont caractérisées par leur **orientation agroécologique**. Toutefois, une hétérogénéité a été observée dans les pratiques appliquées, ce qui a permis de distinguer **plusieurs profils au sein du modèle agroécologique** :

- **Exploitations à pratiques agroécologiques avancées** : elles se distinguent par une forte teneur en matière organique, une couverture végétale importante, une diversité végétale élevée, et l'utilisation de techniques respectueuses du sol (non-labour, compostage, cultures associées).
- **Exploitations à transition agroécologique** : elles adoptent certaines pratiques durables tout en conservant quelques techniques issues de l'agriculture conventionnelle, notamment dans l'irrigation ou le choix des variétés cultivées.

Cette typologie interne permet d'appréhender la **variabilité des niveaux d'engagement agroécologique** entre les exploitations, et d'évaluer leurs effets sur la diversité végétale et la qualité des sols.

II.3.3. Méthodes d'enquêtes et de collecte de données sur les pratiques

La collecte de données dans cette étude s'est appuyée sur plusieurs approches méthodologiques visant à assurer une représentation précise des pratiques agricoles dans les fermes écologiques.

En utilisant plusieurs technologies intégrées, la crédibilité et la fiabilité des informations collectées auprès des agriculteurs dans différents endroits ont été améliorées.

II.3.3.1. Questionnaires semi-structurés

Des questionnaires ont été distribués aux agriculteurs des exploitations couvertes par l'étude. Ces questionnaires comprenaient des questions détaillées sur les pratiques agricoles des agriculteurs, notamment le type de cultures cultivées, les intrants agricoles utilisés, tels que les engrais organiques et l'irrigation, ainsi que les méthodes de gestion des sols. Voici quelques informations sur les espèces collectées :

- **Types d'agriculture** : Des données ont été collectées sur la culture de plantes telles que l'arboriculture et la culture de palmiers dans la plupart des exploitations.
- **Intrants agricoles** : Dans ET1 par exemple, l'agriculteur a utilisé des engrais organiques, tandis que dans ET2, des engrais naturels ont été utilisés. L'accent a également été mis sur l'utilisation de techniques naturelles de guérison par les plantes.

II.3.3.2. Entretiens directs

Des entretiens ouverts ont été menés avec des agriculteurs pour obtenir des informations qualitatives sur la manière dont l'agroécologie est mise en œuvre et pour comprendre les motivations derrière le choix de certaines pratiques. Grâce à ces entretiens, les contraintes et les défis auxquels sont confrontés les agriculteurs ont été identifiés. Par exemple :

ET1 : L'agriculteur a parlé des défis liés à l'eau et du manque de ressources naturelles.

ET2 : L'agriculteur a souligné la difficulté de diversifier les cultures en raison du manque de matière organique dans le sol.

Ces entretiens nous ont également permis de comprendre comment l'agroécologie s'intègre aux facteurs socio-économiques des agriculteurs.

II.3.3.3. Observations sur le terrain (Observations du terrain)

Des visites régulières sur le terrain ont été effectuées dans les ET1 et ET3, par exemple, pour observer directement les pratiques agricoles. Au cours de ces visites, il a été constaté :

Évaluation des cultures cultivées : Dans ET1, on cultivait des palmiers et de l'arboriculture, tandis que dans ET2, on mettait l'accent sur les cultures mixtes.

Végétation : L'ET4 présentait une couverture végétale dense (50 %), tandis que l'ET5 présentait une couverture végétale moins importante (25 %).

Des échantillons de sol ont également été prélevés pour analyser leurs propriétés physiques et chimiques : L'ET1 contient un sol sablo-limono-argileux et l'analyse a montré que le sol de l'ET2 a une teneur en carbone plus élevée que l'ET3.

II.3.3.4. Inventaire floristique

Les chercheurs ont mené une étude de la végétation dans et autour des terres agricoles en utilisant des protocoles standardisés pour garantir l'exactitude du processus d'identification de la végétation. Dans l'ET4, une grande diversité d'espèces végétales a été observée.

L'ET3 a montré une diversité d'espèces plus faible par rapport à l'ET4 qui a montré une diversité d'espèces plus élevée comme les Brassicaceae et les Malvaceae.

Cette diversité a été étudiée dans les zones entourant les fermes afin d'évaluer l'impact de la biodiversité environnante sur l'agriculture écologique.

II.3.4. Utilisation des intrants agricoles

L'analyse a porté sur le type et la nature des intrants utilisés :

- a) **Engrais organiques :** largement utilisés (fumier, compost), parfois issus directement de l'élevage intégré à l'exploitation.
- b) **Traitements naturels :** comme les extraits de plantes (ET2), dans une logique de lutte intégrée.
- c) **Absence d'intrants chimiques :** critère fondamental de conformité à l'agroécologie.

II.3.4.1. Indicateurs retenus

Type d'engrais, fréquence et mode d'application, utilisation ou non de produits chimiques.

a. Techniques de travail du sol : Les pratiques de gestion des sols ont été examinées selon :

- **Travail du sol limité ou superficiel :** pour préserver la structure du sol (ex. ET3).
- **Apports organiques :** élevés dans certaines exploitations (ET2) avec des niveaux importants de matière organique et de carbone.
- **Présence de paillis ou de couvert végétal naturel :** favorisant la fertilité et limitant l'érosion (ex. ET4).

***Indicateurs utilisés :** mode de travail du sol, couverture du sol, teneur en matière organique, pH, texture, etc.

b. Systèmes d'irrigation : Les modes d'irrigation sont adaptés aux conditions écologiques :

- **Irrigation goutte-à-goutte :** prédominante, optimisant la gestion de l'eau.
- **Gestion raisonnée :** adaptée aux besoins des cultures et aux propriétés physiques du sol.

***Indicateurs :** type de système utilisé, fréquence d'irrigation, efficacité perçue par les agriculteurs.

c. Diversité végétale intra-parcellaire : Les inventaires floristiques ont permis d'évaluer :

- **Nombre d'espèces végétales spontanées et cultivées** dans les champs.
- **Présence de plantes compagnes utiles** à la régulation naturelle (ex. familles Brassicaceae, Malvaceae...).
- **État de la couverture végétale :** indicateur de la santé agroécologique du milieu.

***Indicateurs utilisés :** richesse spécifique, densité, diversité (indice de Shannon), équitabilité, etc.

II.4. Évaluation de la diversité végétale

II.4.1. Dispositif d'échantillonnage et relevés floristiques *in situ*

II.4.1.1. Dispositif d'échantillonnage spatial

L'échantillonnage des communautés végétales spontanées a été réalisé selon un plan d'échantillonnage systématique en diagonal dans chaque exploitation agricole enquêtée (**Gounot, 1969 ; Daget et Poissonet, 1971**). Cette approche permet de couvrir l'hétérogénéité spatiale des parcelles tout en maintenant une représentativité statistique acceptable (**Kent et Coker, 1992**). Cinq points de prélèvement ont été positionnés le long d'une transection diagonale traversant chaque exploitation, assurant une répartition homogène de l'effort d'échantillonnage sur l'ensemble de la surface étudiée.

II.4.1.2. Relevés floristiques *in situ*

- **Méthode du quadrat**

Les relevés floristiques ont été effectués selon la méthode du quadrat fixe (**Braun-Blanquet, 1932 ; Mueller-Dombois et Ellenberg, 1974**), technique standardisée largement utilisée en écologie végétale pour l'étude des communautés herbacées (**Goldsmith et al., 1986**). Chaque point d'échantillonnage était matérialisé par un quadrat de 1 m × 1 m, dimension appropriée pour l'étude de la végétation herbacée spontanée en milieu agricole (**Stohlgren et al., 1995**) (figure 9).



Figure 9: Quadrats de 5 m² utilisés pour l’inventaire floristique des agroécosystèmes

- **Méthode des transects linéaires :** Des transects de 20 à 50 mètres ont été tracés dans les parcelles agricoles. À intervalles réguliers (tous les 5 ou 10 mètres), des relevés floristiques ont été effectués sur de petits quadrats. Cette méthode permet une meilleure couverture spatiale et une détection des variations de la diversité floristique selon les gradients d’usage du sol.
- **Identification des espèces :** Les plantes ont été identifiées sur le terrain à l’aide de clés botaniques adaptées à la flore locale. Lorsque nécessaire, des échantillons ont été prélevés et vérifiés en laboratoire.
- **Catégorisation écologique :** Les espèces recensées ont été classées selon leur statut (spontanée vs. Cultivée), leur famille botanique, ainsi que leur rôle potentiel dans l’écosystème (fixatrice d’azote, mellifère, bioindicateur, etc.).

Ce protocole a permis de construire des indicateurs écologiques robustes, notamment la richesse spécifique (nombre d’espèces), la diversité (indice de Shannon), et l’équitabilité, qui seront analysés dans la section suivante.

II.4.1.3. Variables relevées

Pour chaque espèce identifiée dans les quadrats, plusieurs paramètres ont été systématiquement enregistrés sur des **fiches d'inventaire standardisées**. L'identification taxonomique comprenait le nom scientifique selon la nomenclature de **Quézel et Santa (1962-1963)** ainsi que le nom vernaculaire local lorsqu'il était connu. L'appartenance familiale a été déterminée selon la classification du système **APG IV (2016)**.

La strate de végétation a été définie selon la classification de **Géhu et Rivas-Martinez (1981)**, distinguant les strates arborée (>7m), arbustive (2-7m), buissonnante (0,5-2m), herbacée (<0,5m) et muscinale. L'abondance-dominance de chaque espèce a été évaluée selon l'échelle de Braun-Blanquet (1932) modifiée, avec six classes d'abondance : la classe 0 correspond aux individus rares avec un recouvrement très faible, la classe 1 aux individus assez abondants mais avec un recouvrement inférieur à 5%, la classe 2 aux individus très abondants avec un recouvrement de 5 à 25%, la classe 3 à un recouvrement de 25 à 50% quelle que soit l'abondance, la classe 4 à un recouvrement de 50 à 75%, et la classe 5 à un recouvrement supérieur à 75%.

Le stade phénologique de chaque espèce a été noté en utilisant un code standardisé : végétatif (v), boutons/bourgeons (b), floraison (f), fructification (fr), dissémination (d), ou sénescence (s). Enfin, la fréquence d'occurrence a été calculée comme le nombre de répétitions de chaque espèce sur l'ensemble des quadrats échantillonnés.

II.4.1.4. Période et conditions de relevé

Les inventaires floristiques ont été réalisés durant la période optimale de développement de la végétation spontanée, permettant l'identification du maximum d'espèces en période de reproduction (**Grime, 1979**), à savoir en printemps (entre 23 et 25 mars 2025).

II.4.1.5. Caractérisation des pratiques agricoles

Parallèlement aux relevés floristiques, une **enquête socio-technique** a été menée auprès des exploitants agricoles au moyen d'un questionnaire semi-directif standardisé. Ce questionnaire, structuré en 11 sections thématiques, visait à caractériser l'ensemble des pratiques agricoles susceptibles d'influencer la diversité végétale spontanée (**Stoate et al., 2001 ; Benton et al., 2003**).

Les différentes dimensions explorées comprenaient l'histoire et les pratiques culturelles actuelles, les systèmes de cultures et rotations, la gestion des adventices et l'utilisation d'herbicides, ainsi que la gestion des couverts végétaux. Le questionnaire abordait également les prairies et surfaces herbacées, les pratiques agroforestières et infrastructures agroécologiques, l'utilisation d'intrants phytosanitaires et fertilisants, et les systèmes d'irrigation. Les sections finales portaient sur la gestion des ressources génétiques cultivées, les perceptions et connaissances sur la diversité végétale, et les perspectives d'évolution des pratiques.

II.4.2. Identification des espèces rencontrées

Identification des espèces rencontrées à l'aide de références botaniques classiques, notamment les ouvrages de **Quézel et Santa (1962, 1963)** et **Ozenda (1977)**. Ces sources, reconnues pour leur rigueur scientifique et leur exhaustivité dans la description de la flore méditerranéenne et saharienne, ont permis une détermination précise des espèces sur la base de critères morphologiques tels que la structure des feuilles, des fleurs, des fruits et des tiges (**Marfoua Meriem**).

II.4.3. Analyse des communautés végétales latentes par germination

II.4.3.1. Prélèvement et préparation des échantillons de sol

Dans chaque quadrat, un échantillon de sol superficiel (0-10 cm de profondeur) a été prélevé selon un protocole standardisé (**Thompson et al., 1997**). Ces échantillons, représentant la banque de graines du sol (seed bank), ont été conditionnés dans des pots étiquetés pour analyse en conditions contrôlées.

Dans le cadre de l'analyse de la fertilité des sols et de la dynamique de la végétation, une expérimentation de germination en conditions contrôlées a été conduite sur des échantillons de sol prélevés dans les cinq exploitations étudiées (ET1 à ET5). Chaque échantillon a été subdivisé en trois répétitions (R1, R2, R3), totalisant 15 pots par exploitation.

II.4.3.2. Test de germination en conditions contrôlées

La méthode de germination en pots a été appliquée pour révéler les communautés végétales latentes présentes dans la banque de graines du sol (**Gross, 1990 ; Bekker et al., 1997**). Le protocole expérimental comprenait deux phases successives.

Phase 1 : Germination spontanée (08/04/2025 – 27/04/2025)

Les pots contenant les échantillons de sol ont été installés dans un environnement contrôlé (température, humidité, lumière), et arrosés quotidiennement. L'objectif était de stimuler la **germination naturelle** des espèces dormantes, et de comparer la diversité émergente à celle observée in situ. Cette phase a duré **20 jours**.



Figure 10: Test de germination en conditions contrôlées (phase de germination spontanée).

Phase 2 : Germination induite (à partir du 28/04/2025)

À la suite de la phase spontanée, des graines de **blé tendre** (*Triticum aestivum* L.) ont été semées dans les mêmes pots. Cette technique, dite de "**plante nurse**", vise à induire la levée de dormance de certaines graines du sol par modification des conditions physicochimiques du substrat (Roberts, 1981 ; Baskin & Baskin, 2014).

L'irrigation a été effectuée à l'aide d'une **solution d'acide gibbérellique**, connue pour son effet stimulant sur la croissance des plantes. Cette phase permet une évaluation comparative de la **fertilité des sols**, fondée sur leur capacité à soutenir la croissance d'une culture standardisée (Figure 11).



Figure 11: Test de germination en utilisant des plantes nures (blé) et un stimulant de croissance (solution d'acide gibbérélique).

II.4.3.3. Identification et inventaire complémentaire



Figure 12: plantules issues des tests de germination (phase 1 et 2)

Les espèces identifiées lors de ces tests de germination (phases 1 et 2) devaient être intégrées aux inventaires floristiques initiaux, permettant une évaluation plus complète de la diversité végétale potentielle de chaque site d'étude.

Malheureusement, toutes les plantules germées durant la phase 1 sont mortes au bout de 3 jours en moyenne et pareillement pour la phase 2 où toutes les plantules germées sont mortes au bout de 7 jours en moyenne.

Cette situation de mort prématurée n'a pas permis donc leur identification (les résultats de germinations sont regroupés comme présenté dans le tableau 4 en annexe)

II.5. Analyse des données

II.5.1. Calcul des indices de diversité

Pour chaque exploitation étudiée, plusieurs indices écologiques ont été calculés afin de quantifier différentes composantes de la diversité végétale (**Magurran, 2004 ; Gotelli et Colwell, 2001**).

La **richesse spécifique (S)** correspond au nombre total d'espèces observées dans chaque exploitation.

L'**indice de diversité de Shannon-Weaver (H')** a été calculé selon la formule $H' = -\sum(p_i \times \ln p_i)$, où p_i représente la proportion de l'espèce i dans la communauté.

L'**équitabilité de Pielou (E)** a été déterminée par le rapport $E = H' / \ln S$, où H' correspond à l'indice de Shannon et S à la richesse spécifique.

Enfin, l'**indice de diversité de Simpson (D)** a été calculé selon la formule $D = 1 / \sum(p_i)^2$, où p_i représente la proportion de l'espèce i dans la communauté.

II.5.2. Analyse statistique

Nous avons utilisé le logiciel JASP pour l'analyse statistique.

La démarche méthodologique adoptée dans ce travail repose sur une approche intégrée combinant observations de terrain, enquêtes agronomiques et analyses floristiques. Grâce à un échantillonnage raisonné et une diversité d'indicateurs écologiques, le dispositif mis en place permet d'établir des liens solides entre les pratiques agricoles et les dynamiques de la végétation spontanée. Ces outils fourniront une base fiable pour interpréter les résultats présentés dans le chapitre suivant.

Chapitre III : Résultats et Discussions

Ce chapitre présente et discute les principaux résultats obtenus à partir des relevés floristiques, des analyses pédologiques, ainsi que des enquêtes sur les pratiques agricoles menées dans les exploitations agroécologiques de Laghouat et d'El Assafia. À travers le calcul des indices de diversité végétale (richesse spécifique, Shannon, Simpson, équitabilité) et l'analyse multivariée (ACP), il vise à mettre en relation la structure des communautés végétales spontanées avec les pratiques agricoles mises en œuvre. L'objectif est d'identifier les leviers écologiques favorisant la biodiversité, et d'évaluer la pertinence des trajectoires agroécologiques engagées dans ces zones arides.

III.1. Caractéristiques des exploitations en transition agroécologique sélectionnées

L'exploitation ET1, située à Guenifid, s'étend sur 8 ha (5 ha cultivés) et est gérée depuis 26 ans par un agriculteur en transition agroécologique. Le système se caractérise par une arboriculture diversifiée (palmier, figuier, olivier, vigne) avec utilisation de variétés anciennes, des pratiques de désherbage manuel exclusif, une fertilisation principalement organique, et des aménagements agroforestiers représentant 7000 m linéaires de haies et bandes boisées.

L'exploitation ET2, localisée à Lembed, couvre 20 ha entièrement cultivés et est exploitée depuis 16 ans selon un système en transition agroécologique. Elle présente une rotation biennale céréales-luzerne (2 ans de céréales suivis de 3 ans de luzerne), avec une gestion intégrée des adventices combinant désherbage manuel et applications ciblées d'herbicides, une fertilisation mixte organique-minérale, et des aménagements brise-vent sur 700 m linéaires.

L'exploitation ET3, située à Larfad, occupe 10 ha (8 ha cultivés) et est gérée depuis 4 ans selon les principes agroécologiques. Le système se base sur l'arboriculture (palmier, pêcher, poirier) avec cultures fourragères (luzerne), des pratiques de lutte intégrée contre les adventices, une fertilisation mixte, et des infrastructures agroécologiques incluant brise-vent et compostage.

L'exploitation ET4, localisée à Djenaien, s'étend sur 5 ha (4 ha cultivés) et est exploitée depuis 5 ans en transition agroécologique. Elle se caractérise par un système arboricole spécialisé (olivier, palmier dattier, amandier), un désherbage exclusivement manuel, une fertilisation mixte organique-minérale, et des aménagements brise-vent sur 300 m linéaires.

L'exploitation ET5, située à Bordj Snouçi, couvre 5 ha (4 ha cultivés) et est gérée depuis 20 ans avec une orientation agroécologique récente. Le système comprend une arboriculture mixte (olivier, palmier, vigne), un désherbage manuel exclusif, une fertilisation mixte, et des aménagements agroforestiers avec utilisation de BRF (Bois Raméal Fragmenté) sur 700 m linéaires.

III.2. Structure et composition des communautés végétales

III.2.1. Analyse de la dominance et de la rareté des espèces

En analysant la composition végétale des cinq exploitations agroécologiques que j'ai suivies, j'ai observé une forte hétérogénéité dans la fréquence d'apparition des espèces. Parmi les 38 espèces recensées, seules quelques-unes apparaissaient régulièrement, tandis que la majorité ne se manifestait qu'à des taux faibles, voire très faibles (figure 13).

Au cours de mes relevés, certaines espèces comme *Cynodon dactylon*, *Plantago albicans*, *Sisymbrium irio* et *Malva parviflora* présentaient des fréquences supérieures à 5 %. Cette présence fréquente m'a amenée à penser qu'elles étaient bien adaptées aux conditions pédologiques locales souvent contraignantes, telles que la sécheresse, la faible fertilité des sols ou les pratiques de désherbage manuel. Leur régularité m'a également suggéré une certaine résilience écologique.

À l'inverse, de nombreuses espèces sont apparues de manière très sporadique, avec des fréquences inférieures à 2 %, voire parfois à 1 %. C'est le cas notamment de *Glaucium corniculatum*, *Centaurea seridis*, *Salicornia fruticosa*, *Ephedra fragilis* et *Adonis vernalis*. Leur rareté pourrait indiquer une dépendance à des micro-habitats spécifiques ou une sensibilité particulière aux pratiques de gestion.

Ce qui a le plus retenu mon attention, c'est la forte dominance d'une seule espèce : *Hordeum jubatum*. Dans certaines exploitations, sa fréquence dépassait 30 %, ce qui traduit une situation de monodominance remarquable. Une telle dominance peut être le signe d'un déséquilibre écologique, possiblement lié à une perturbation du sol ou à un appauvrissement du couvert végétal.

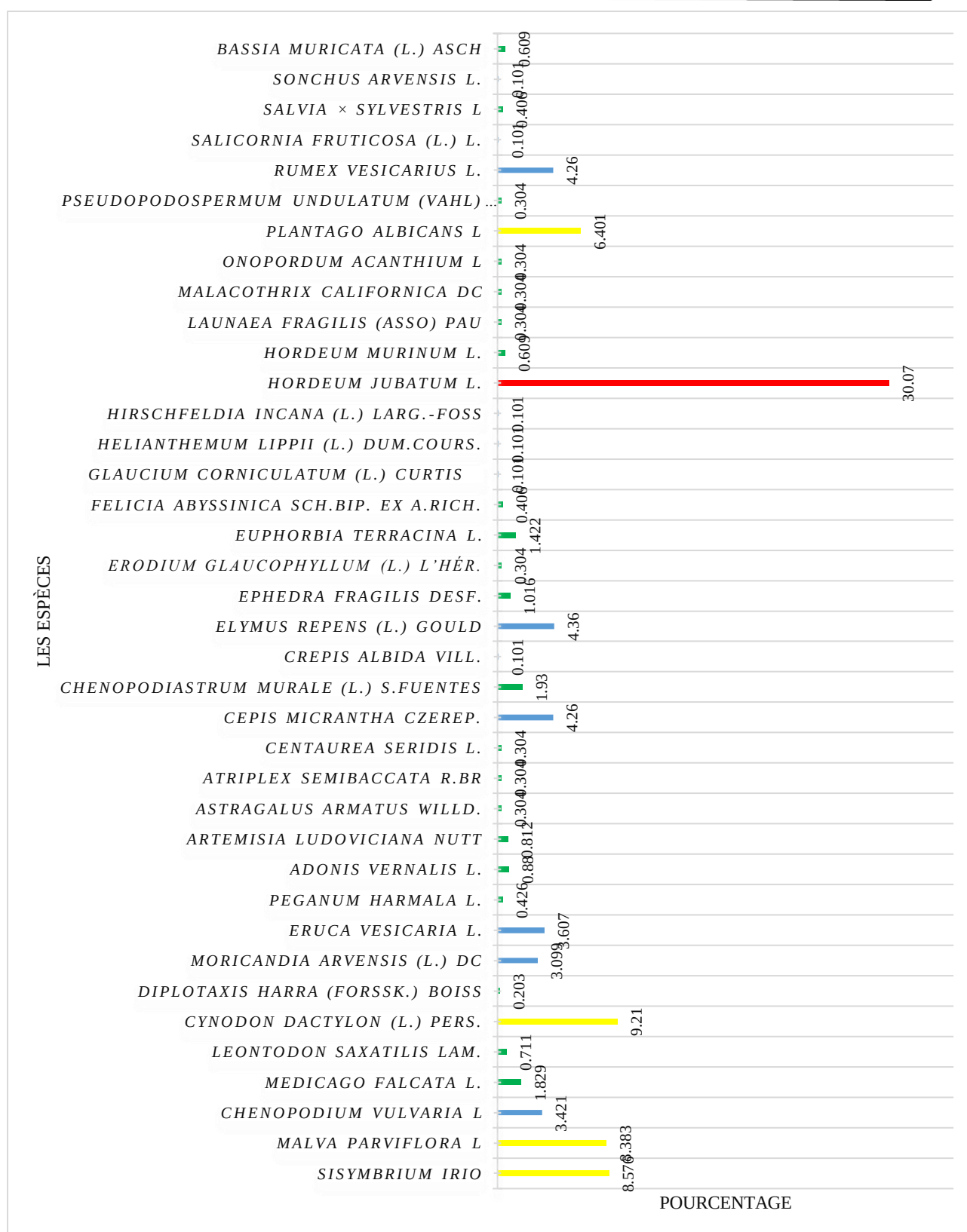


Figure 1: Répartition des espèces végétales selon leur fréquence d'apparition (%), classées par catégories écologiques

Les couleurs indiquent la dominance : Rouge = très dominante (>30 %), Jaune = fréquente (>5 %), Bleu = occasionnelle (2–5 %), Vert = rare (<2 %)

Le graphique met en évidence une structure végétale déséquilibrée, caractérisée par une importante variabilité de la répartition des espèces. Une espèce domine nettement la répartition globale : *Hordeum jubatum*, en rouge, qui représente à elle seule plus de 30 % de la floraison. Cette monodominance indique un déséquilibre écologique dans certaines zones, possiblement lié à une faible diversité fonctionnelle, à la perturbation des sols ou à l'homogénéité des pratiques agricoles.

Les espèces en jaune, telles que *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Plantago albicans*, *Malva parviflora* et *Sisymbrium irio*, sont classées comme fréquentes, avec une fréquence comprise entre 5 et 30 %. Leur présence régulière reflète une bonne capacité d'adaptation aux conditions locales (sols secs et faibles apports), ainsi qu'une certaine résilience écologique.

Les espèces en bleu, telles que *Medicago falcata*, *Chenopodium vulvaria*, *Euphorbia terracina*, *Cepis micrantha* Czerep, *Elymus repens* (L.) Gould et *Rumex vesicarius* L., présentent des occurrences modérées (entre 2 % et 5 %). Leurs occurrences occasionnelles, quoique significatives, peuvent être liées à des conditions climatiques locales spécifiques ou à certaines pratiques de gestion.

Enfin, la majorité des espèces apparaissent en vert, avec des occurrences inférieures à 2 %. Parmi celles-ci, *Adonis vernalis*, *Ephedra fragilis* Desf., *Launaea fragilis* (Asso) Pau, *Centaurea seridis*, et les autres sont considérées comme rares, souvent confinées à des microhabitats spécifiques ou sensibles à l'intensité des interventions agricoles.

III.2.2. Description des familles botaniques recensées

D'après la figure 14, les espèces végétales spontanées dans les cinq exploitations agricoles étudiées se répartissent en un total de 18 familles botaniques distinctes.

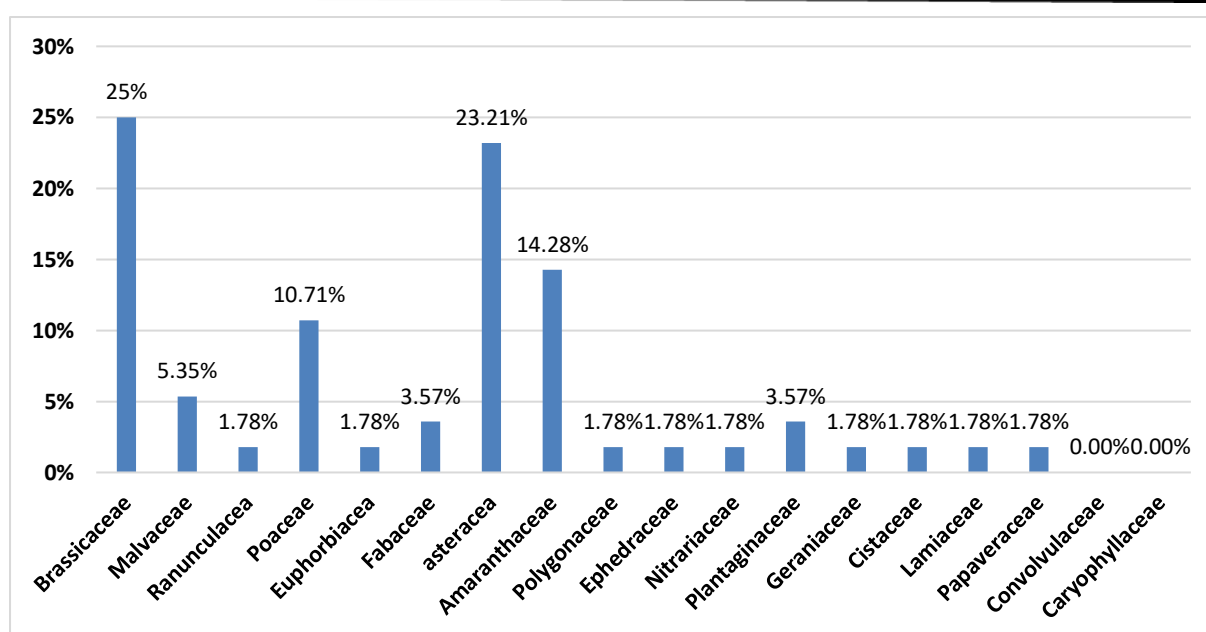


Figure 2: Présentation des pourcentages des familles botaniques présentes dans les cinq exploitations.

Les familles les plus représentées sont :

- Brassicaceae (25 %) : cette famille occupe la première place en termes de richesse spécifique. Sa dominance s'explique par sa capacité à coloniser rapidement des milieux perturbés ainsi que par sa tolérance à une grande variété de types de sols.
- Asteraceae (23,21 %) : également très bien représentée, cette famille se distingue par sa diversité écologique et son rôle important dans les systèmes agroécologiques, notamment comme plantes mellifères et médicinales.
- Amaranthaceae (14,28 %) et Poaceae (10,71 %) : ces familles présentent une présence significative, témoignant de leur bonne adaptation aux conditions édaphiques et climatiques locales.

D'autres familles apparaissent à des proportions moindres :

- Malvaceae (5,35 %), Fabaceae (3,57 %) et Plantaginaceae (3,57 %) jouent souvent un rôle fonctionnel important dans les agroécosystèmes, notamment par la fixation de l'azote et la couverture du sol.
- Un ensemble de familles, telles que Geraniaceae, Lamiaceae, Papaveraceae, Ephedraceae, Nitrariaceae, Cistaceae, Ranunculaceae, Euphorbiaceae et Polygonaceae, sont chacune représentées à hauteur de 1,78 %. Cette faible proportion pourrait s'expliquer par des niches écologiques spécifiques ou par des conditions environnementales moins favorables à leur développement.

Enfin, certaines familles comme les Convolvulaceae et Caryophyllaceae n'ont pas été recensées lors des relevés, suggérant soit leur absence réelle, soit une présence extrêmement marginale dans les exploitations étudiées, probablement en raison de conditions écologiques défavorables ou d'une compétition interspécifique accrue.

Dans l'ensemble, les analyses mettent en lumière une diversité floristique notable, dominée par les Brassicaceae et Asteraceae, deux familles bien adaptées aux conditions locales et jouant un rôle fonctionnel essentiel dans les agroécosystèmes. La corrélation positive observée entre le taux de couverture végétale et la richesse en familles botaniques souligne l'impact bénéfique des pratiques agricoles durables sur la biodiversité. Toutefois, l'apparition de cas particuliers – comme certaines exploitations à faible couverture mais forte diversité – suggère l'intervention de facteurs complémentaires, tels que la gestion du sol, la qualité des intrants organiques ou encore l'hétérogénéité spatiale des parcelles. Ces résultats confirment la nécessité d'adopter une approche intégrée dans la conduite agricole, alliant productivité et préservation de la diversité biologique pour une durabilité à long terme.

III.3. Diversité des pratiques agricoles dans les exploitations étudiées

III.3.1. Caractérisation des systèmes de production

L'analyse des exploitations agroécologiques (ET1 à ET5) révèle une diversité de pratiques alignées avec les principes de l'agroécologie. Ces pratiques visent notamment la réduction des intrants chimiques, la valorisation des ressources locales, et la diversification des cultures.

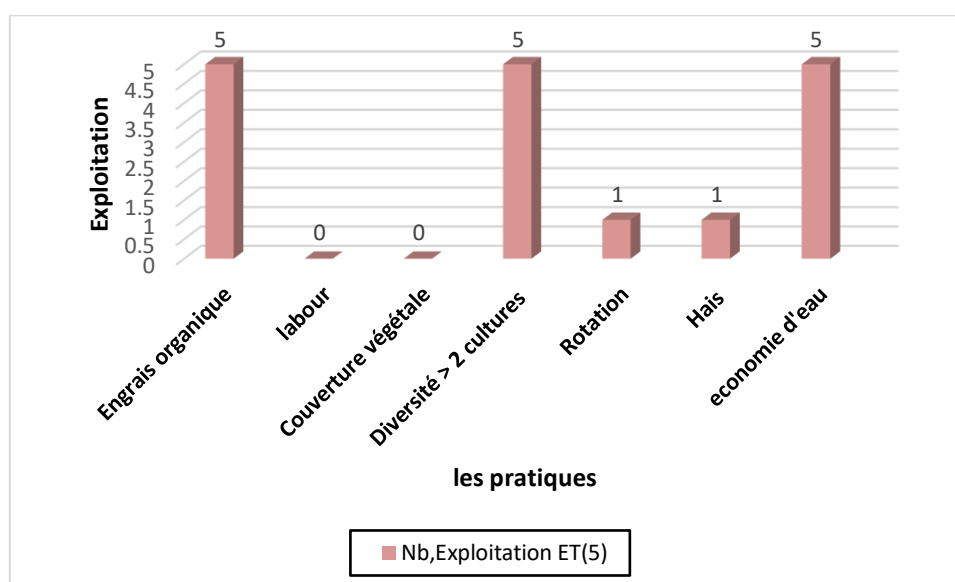
- L'exploitation ET1 combine l'élevage et les cultures dans un système mixte. Elle utilise le fumier comme fertilisant organique principal, maintient une couverture végétale permanente, et pratique une rotation culturale intégrant des légumineuses.
- L'exploitation ET3 applique des techniques de non-labour et utilise des amendements organiques produits localement. Elle cultive trois types de cultures principales : vigne, légumes et céréales.
- L'exploitation ET4 utilise une fertilisation mixte et un désherbage manuel exclusif, contribuant à la réduction des intrants chimiques.

Le tableau suivant récapitule les pratiques agricoles adoptées dans les cinq exploitations agroécologiques

Tableau 1: les pratiques agricoles adoptées dans les cinq exploitations agroécologiques

Pratiques	Nb d'exploitations ET (5)
Engrais organique	5
Labour	0
Couverture végétale	0
Diversité > 2 cultures	5
Rotation	1
Hais	1
Système d'irrigation	5

Le tableau 2 confirme que les exploitations agroécologiques utilisent majoritairement des engrais organiques et pratiquent une diversité culturelle élevée,

**Figure 3:** Pratiques agricoles adoptées dans les exploitations agroécologiques

Le graphique (figure 15) illustre la fréquence d'adoption de différentes pratiques agricoles dans les cinq exploitations agroécologiques étudiées. Chaque barre représente le nombre d'exploitations (sur 5) ayant mis en œuvre une pratique donnée.

On observe que l'ensemble des exploitations ont recours à l'engrais organique ainsi qu'à une diversité culturelle élevée (≥ 3 cultures principales). Par ailleurs, la couverture végétale permanente et les systèmes d'irrigation localisés sont également adoptés par toutes les exploitations. La rotation culturale et l'aménagement de haies sont des pratiques moins fréquentes, n'apparaissant respectivement que dans une seule exploitation sur cinq.

Ces données confirment que les exploitations en transition agroécologique tendent à adopter des pratiques alignées avec les principes de l'agriculture durable, bien qu'avec des niveaux de mise en œuvre variables selon les exploitations.

III.4. Indices de diversité utilisés

Dans le but d'évaluer la structure et la stabilité écologique des communautés végétales spontanées recensées dans les exploitations étudiées, plusieurs indices de diversité ont été mobilisés. Ces indicateurs — tels que la richesse spécifique (S), l'indice de Shannon (H'), l'équitabilité de Pielou (E) et l'indice de Simpson (D) — permettent de quantifier la diversité taxonomique, la dominance, ainsi que l'homogénéité de la répartition des espèces. Cette approche permet d'identifier les dynamiques floristiques propres à chaque exploitation, et de relier ces dynamiques aux pratiques agricoles mises en œuvre dans les différents systèmes étudiés.

Le tableau 3 présente les valeurs calculées des principaux indices de diversité végétale pour chacune des exploitations agroécologiques étudiées (ET1 à ET5), accompagnées d'une interprétation écologique synthétique pour chaque cas.

Tableau 2: Résultats des indices de diversité végétale pour les exploitations agroécologiques (ET1 à ET5)

Code exploitation	Nombre totale d'espèces (richesse spécifique S)	Indice de shannon (H')	Equitabilité (E)	Indice de diversité de Simpson (D)	Remarque écologique
ET1	10	1.851	0.8038	0.796	Les indices observés indiquent un système agricole relativement diversifié et équilibré. Cette diversité modérée suggère des pratiques agricoles peu intensives ainsi qu'une hétérogénéité des microhabitats (variations édaphiques et hydriques) favorisant la coexistence d'un ensemble d'espèces végétales
ET2	10	1.849	0.8030	0.809	La diversité spécifique et l'équilibre des abondances indiquent des conditions écologiques favorables à une communauté végétale stable. La présence d'espèces issues de différentes familles fonctionnelles renforce la robustesse écologique de l'exploitation en soutenant des fonctions clés telles que la stabilisation des sols et l'offre d'habitats pour la faune. Cette diversité est essentielle pour la résilience face aux stress abiotiques et biotiques
ET3	13	1.1242	0.43	0.483	La forte dominance d'une espèce unique, <i>Hordeum jubatum</i> (plus de 70 % de la fréquence totale), reflète une communauté végétale déséquilibrée et peu diversifiée. Ce déséquilibre peut résulter d'un stress écologique, d'une dégradation des sols ou de pratiques agricoles inadaptées. La faible diversité fonctionnelle compromet la résilience du système. Un suivi écologique ainsi que des interventions de restauration (diversification, amélioration des conditions édaphiques) sont nécessaires
ET4	15	1.9924	0.7357	0.858	L'exploitation ET4 présente une richesse spécifique élevée avec une distribution relativement homogène des abondances. La coexistence d'espèces dominantes (<i>Elymus repens</i> , <i>Plantago albicans</i>) avec d'autres espèces moins fréquentes assure une stabilité écologique et fonctionnelle. Cette structure floristique diversifiée améliore la résistance aux perturbations climatiques et biologiques. Des pratiques de gestion adaptatives sont recommandées pour renforcer les services écosystémiques
ET5	11	1.953	0.814	0.827	La diversité végétale modérée mais bien répartie au sein de l'exploitation ET5 reflète un équilibre écologique favorable. Les espèces dominantes (<i>Cynodon dactylon</i> , <i>Plantago albicans</i>) coexistent avec d'autres espèces moins abondantes, évitant une trop forte dominance. Ce type de structuration floristique contribue à la stabilité de l'écosystème, à une meilleure résistance aux stress environnementaux, et à des interactions écologiques bénéfiques (comme

					la lutte biologique). Il est essentiel de maintenir des pratiques agricoles durables pour préserver cette diversité.
--	--	--	--	--	--

III.4.1. Analyse comparative des indices de biodiversité végétale entre les exploitations (ET1 à ET5)

Les résultats obtenus à travers les différents indices de diversité (richesse spécifique, indice de Shannon, équitabilité et indice de Simpson) mettent en évidence des dynamiques écologiques contrastées entre les exploitations étudiées.



Figure 4: comparaison des indices de diversité entre les exploitations

Les exploitations ET1, ET2 et ET5 présentent des niveaux de diversité modérés mais équilibrés, comme en témoignent des indices de Shannon proches (entre 1.84 et 1.95) et des valeurs élevées d'équitabilité (> 0.80). Cela suggère des systèmes agricoles peu intensifs, favorisant la coexistence de plusieurs espèces végétales sans qu'une seule ne domine fortement. La diversité fonctionnelle observée (appartenance des espèces à différentes familles botaniques) contribue probablement à la stabilité et à la résilience écologique de ces milieux.

L'exploitation ET4 se distingue par sa richesse spécifique la plus élevée (15 espèces) et un bon équilibre des abondances ($H' = 1.99$; $D = 0.858$). Cette combinaison est typique d'un agroécosystème bien structuré, où la présence d'espèces dominantes est contrebalancée par une diversité floristique significative. Cela renforce la stabilité fonctionnelle du système et soutient les services écosystémiques comme la régulation naturelle ou la protection du sol.

La communauté végétale dans l'exploitation ET3 est fortement dominée par *Hordeum jubatum*, représentant plus de 70 % de la fréquence totale. Cette forte dominance traduit un déséquilibre écologique marqué et une faible diversité fonctionnelle. Ce profil est souvent associé à des pressions environnementales telles que la dégradation des sols, le stress hydrique ou des pratiques agricoles peu adaptées. L'indice de Shannon ($H' = 1.1242$), l'équitabilité ($E = 0.43$) et l'indice de Simpson ($D = 0.483$) confirment cette faible diversité. Des actions de restauration écologique sont recommandées, telles que l'introduction d'espèces fonctionnellement diverses, la rotation des cultures, et l'amélioration des conditions édaphiques (matière organique, structure du sol).

III.5. La relation entre le climat et la biodiversité végétales

Les contraintes thermiques régionales exercent une pression sélective différentielle selon les saisons. Durant la période estivale, les températures dépassant 25°C imposent aux végétaux des ajustements physiologiques drastiques incluant la réduction de l'activité photosynthétique, la modification des cycles circadiens et l'activation de mécanismes de thermoprotection. Les températures hivernales plus clémentes permettent une reprise partielle de l'activité métabolique, tandis que les intersaisons (printemps et automne) avec des températures de 15 à 20°C constituent les fenêtres optimales pour la croissance végétative et la reproduction.

La contrainte hydrique représente le facteur limitant principal pour les communautés végétales, s'exerçant de manière quasi-continue sur 11 mois annuels. Cette limitation hydrique drastique restreint la période de croissance active au seul mois de janvier, contraignant les espèces à adopter des stratégies d'évitement (annuelles à cycle court), d'évitement temporel (géophytes) ou de tolérance (succulentes, sclérophylles). Le stress hydrique estival atteint des intensités critiques compromettant la survie des espèces non adaptées et favorisant la dominance d'espèces hautement résistantes à la dessiccation.

Les processus écophysologiques subissent des modifications profondes sous ces contraintes climatiques. La photosynthèse se trouve considérablement réduite durant la majeure partie de l'année, les processus de croissance se concentrent sur des périodes extrêmement limitées, et la reproduction sexuée devient hautement dépendante des rares épisodes pluviométriques favorables. Nombreuses sont les espèces qui développent des stratégies de reproduction végétative pour pallier l'irrégularité des conditions favorables à la germination. Ces conditions environnementales extrêmes façonnent profondément la structure et la composition des communautés végétales. L'évapotranspiration potentielle dépassant 1800 mm

annuels crée un déficit hydrique permanent favorisant les espèces CAM et les plantes grasses. La forte salinisation des sols liée à l'évaporation intense sélectionne les espèces halophytes. L'accumulation de biomasse végétale reste très limitée, influençant la structure trophique de l'écosystème. Les formations végétales se caractérisent par une couverture clairsemée, une dominance d'espèces pérennes à systèmes racinaires profonds et une forte proportion d'espèces éphémères exploitant les brèves fenêtres d'opportunité hydrique.

III.6. Relations entre pratiques agricoles et communautés végétales spontanées : une approche multivariée

III.6.1. Relations entre pratiques agricoles et communautés végétales

L'analyse de corrélation révèle des interactions complexes entre les pratiques agricoles et la diversité des communautés végétales spontanées dans les exploitations en transition agroécologique. Les résultats obtenus mettent en évidence des patterns contrastés qui reflètent les multiples mécanismes écologiques à l'œuvre dans les agroécosystèmes (**Gaba et al., 2014**).

La relation négative observée entre la présence d'aménagements biodiversité et les indices de diversité constitue un résultat contre-intuitif qui mérite une attention particulière. Cette observation pourrait s'expliquer par l'effet de dilution spatiale, où la concentration de la biodiversité dans des zones dédiées (haies, bandes enherbées) peut réduire localement la diversité dans les parcelles cultivées (**Fahrig et al., 2011**). Parallèlement, la corrélation positive entre la fréquence des interventions sur les adventices et la richesse spécifique suggère un effet de perturbation intermédiaire, où un niveau modéré de perturbation maintient la coexistence d'espèces compétitrices et colonisatrices.

Nos enquêtés de terrains sur les pratiques agricoles menées par les agriculteurs révèlent les tendances suivantes :

- Caractéristiques générales des exploitations enquêtées

L'enquête porte sur cinq exploitations agricoles (portant le code ET1 à ET5) situées dans les communes de Laghouat et d'El Assafia, présentant des profils variés mais partageant toutes une orientation vers la transition agroécologique. L'exploitation ET1 s'étend sur 8 hectares avec 5 hectares cultivés et bénéficie d'une expérience de 26 ans, constituant l'exploitation la plus ancienne de l'échantillon. L'exploitation ET2 représente la plus grande superficie avec 20 hectares entièrement cultivés, exploitée depuis 16 ans. Les trois autres exploitations (ET3, ET4,

ET5) sont plus récentes avec 4 à 5 ans d'ancienneté pour ET3 et ET4, et 20 ans pour ET5, couvrant des surfaces plus modestes de 5 à 10 hectares.

L'ensemble des exploitations sont en transition agroécologique, ce qui explique l'adoption généralisée de pratiques favorables à la diversité végétale. Cette orientation commune constitue un facteur homogénéisant important qui influence positivement les pratiques observées sur le terrain.

- Diversification des systèmes de production

La diversification des productions agricoles varie considérablement entre les exploitations. L'exploitation ET1 présente le système le plus diversifié avec quatre types de productions combinant arboriculture, viticulture, palmier dattier et élevage. Cette diversification maximale constitue un facteur favorable à la richesse des communautés végétales. Les exploitations ET2, ET3 et ET5 pratiquent une diversification intermédiaire avec trois productions chacune, tandis que ET4 se limite à deux productions (arboriculture et palmier dattier), représentant le système le moins diversifié de l'échantillon.

En matière de rotation des cultures, seule l'exploitation ET2 met en œuvre un système de rotation structuré alternant deux années de céréales avec trois années de luzerne, intégrant ainsi une légumineuse fixatrice d'azote. Cette pratique de rotation avec légumineuse constitue un facteur favorable à la diversité végétale et à la fertilité des sols. Les autres exploitations, orientées principalement vers l'arboriculture, ne pratiquent pas de rotation, ce qui peut limiter la diversité des communautés végétales cultivées.

- Gestion des adventices et usage des herbicides

La stratégie de gestion des adventices révèle des différences importantes entre les exploitations, constituant une variable explicative majeure de la diversité végétale. L'exploitation ET1 adopte la stratégie la plus favorable avec un désherbage exclusivement manuel pratiqué une seule fois par cycle cultural, sans recours aux herbicides. Cette approche extensive favorise le maintien d'une flore adventice diversifiée.

Les exploitations ET4 et ET5 pratiquent également un désherbage manuel exclusif mais avec une fréquence plus élevée de trois à quatre interventions par cycle, indiquant une pression plus forte sur la flore spontanée. L'exploitation ET3 combine désherbage manuel et traitement chimique ciblé en dernier recours, notamment contre le chiendent, avec une fréquence de trois à quatre interventions par cycle.

L'exploitation ET2 présente le système de gestion le plus intensif avec l'usage de l'herbicide Tiller 410 (glyphosate) en complément du désherbage manuel, pratiqué deux à trois fois par cycle cultural. Cette intensification de la lutte contre les adventices constitue un facteur limitant potentiel pour la diversité végétale, malgré l'usage raisonné des herbicides.

- Infrastructures agroécologiques et aménagements

Les infrastructures agroécologiques présentent des variations importantes entre les exploitations. Les exploitations ET1 et ET3 se distinguent par un linéaire agroforestier exceptionnel de 7000 mètres chacune, représentant un facteur très favorable à la biodiversité végétale. L'exploitation ET1 combine haies en bordure, utilisation de fumier, compost et BRF (Bois Raméal Fragmenté), ainsi que des brise-vents, avec cinq espèces d'arbres différentes. L'exploitation ET3 intègre palmier dattier, pêcher et poirier dans son système agroforestier.

Les exploitations ET2 et ET5 maintiennent un linéaire agroforestier de 700 mètres avec trois espèces d'arbres chacune, tandis que l'exploitation ET4 présente le linéaire le plus réduit avec seulement 300 mètres. Cette variation du linéaire agroforestier constitue une variable explicative importante de la diversité végétale, les systèmes les plus développés offrant davantage d'habitats et de corridors écologiques.

En termes d'aménagements spécifiques pour la biodiversité, l'exploitation ET1 a mis en place des bandes boisées, l'exploitation ET2 maintient des jachères pour l'élevage, et l'exploitation ET3 dispose de jachères sur 1,5 hectare représentant 15% de sa surface agricole utile. Les exploitations ET4 et ET5 ne possèdent aucun aménagement spécifique, ce qui peut limiter leur potentiel de diversité végétale.

- Gestion des surfaces prairiales

La présence et la gestion des prairies constituent une variable discriminante importante. L'exploitation ET2 se distingue par 11 hectares de prairies permanentes représentant 55% de sa surface totale, gérées en système mixte fauche et pâturage. Cette surface prairiale importante constitue un facteur très favorable à la diversité végétale spontanée.

L'exploitation ET1 dispose de 2,5 hectares de prairies temporaires gérées par fauche avec désherbage manuel, tandis que l'exploitation ET3 maintient 1,5 hectare de prairies permanentes en système mixte. Les exploitations ET4 et ET5 ne possèdent aucune surface prairiale, ce qui peut constituer un facteur limitant pour la diversité des communautés végétales herbacées.

- Pratiques de fertilisation et usage d'intrants

Les pratiques de fertilisation différencient l'exploitation ET1 qui utilise principalement des fertilisants organiques, des autres exploitations qui pratiquent une fertilisation mixte combinant apports minéraux et organiques. Cette approche plus naturelle de ET1 constitue un facteur favorable à la diversité végétale et à l'activité biologique des sols.

Concernant l'usage des produits phytosanitaires autres que les herbicides, les exploitations ET2 et ET3 les utilisent en cas de nécessité selon les pressions parasitaires, tandis que les exploitations ET1, ET4 et ET5 en font un usage rare. Cette différenciation dans l'intensité phytosanitaire peut influencer la diversité des communautés végétales, particulièrement la faune auxiliaire et la flore associée.

- Diversité génétique et conservation variétale

La diversité génétique cultivée varie considérablement entre les exploitations. L'exploitation ET1 utilise des variétés anciennes pour quatre espèces (palmier dattier, figuier, olivier et vigne) et produit ses propres plants d'arboriculture, constituant un facteur favorable à la diversité génétique. L'exploitation ET2 maintient des variétés anciennes pour l'arboriculture et le blé dur, tandis que les exploitations ET3, ET4 et ET5 se limitent aux variétés anciennes de palmier dattier uniquement.

Cette variation dans la conservation et l'utilisation de variétés anciennes reflète différents niveaux d'engagement dans la préservation de la diversité génétique, facteur important pour la résilience des systèmes agricoles et la diversité végétale globale.

- Diversité végétale

Les agriculteurs rapportent une évolution positive de la diversité végétale sur leurs exploitations. L'exploitation ET2 constate une augmentation significative de la diversité végétale spontanée, tandis que les quatre autres exploitations observent une légère augmentation. Cette différence peut s'expliquer par la surface importante de prairies permanentes de ET2, malgré un usage modéré d'herbicides.

Les facteurs positifs identifiés par les agriculteurs incluent la réduction des herbicides, la diversification des cultures, le maintien de zones non cultivées, la réduction du travail du sol, les aménagements agroécologiques, le pâturage extensif et l'influence positive des années pluvieuses. L'agriculteur de ET1 mentionne également l'influence positive du vent sur la diversité végétale.

- Variables Explicatives de la Diversité Végétale

L'analyse des pratiques agricoles permet d'identifier plusieurs variables explicatives de la diversité végétale. Les variables favorisantes incluent la diversité des productions agricoles, le linéaire agroforestier, la surface de prairies, le type de fertilisation organique, la présence d'aménagements pour la biodiversité et la diversité génétique cultivée.

Les variables limitantes comprennent l'usage d'herbicides, la fréquence des interventions contre les adventices et l'usage de produits phytosanitaires. L'exploitation ET2 présente un profil particulier avec la surface prairiale la plus importante mais aussi l'usage le plus intensif d'herbicides, créant des effets contradictoires sur la diversité végétale.

L'ancienneté de l'exploitation, la surface cultivée et le système d'irrigation constituent des variables de contrôle à prendre en compte dans l'analyse des corrélations. Cette typologie des pratiques agricoles révèle un gradient d'extensification avec ET1 représentant le système le plus favorable à la diversité végétale, suivi de ET4 et ET5, puis ET3, et enfin ET2 qui présente le système le plus intensif malgré ses caractéristiques prairiales favorables.

III.6.2. Analyse des corrélations : mécanismes et implications écologiques

Les mécanismes sous-jacents aux corrélations observées s'articulent autour de trois processus écologiques fondamentaux : la disponibilité des ressources, la fréquence et l'intensité des perturbations, et l'hétérogénéité spatiale des habitats (**Fahrig et al., 2011**).

L'impact contrasté des pratiques d'intervention sur les adventices illustre la complexité des réponses écologiques dans les systèmes agricoles. Les interventions mécaniques fréquentes créent des niches temporaires qui favorisent la germination d'espèces à stratégies colonisatrices diverses, augmentant ainsi la richesse spécifique locale (**Gaba et al., 2014**). Cette dynamique s'oppose aux effets homogénéisants des traitements herbicides, qui tendent à sélectionner des communautés appauvries dominées par des espèces résistantes (**Storkey, 2006**).

La faible variabilité observée pour certaines pratiques dans l'échantillon étudié (Figure 17), souligne l'importance de la diversité des systèmes de culture dans l'expression de la biodiversité fonctionnelle. Cette limitation méthodologique rappelle la nécessité d'approches multi-sites pour capturer la variabilité des réponses écologiques (**Kleijn et al., 2019**).

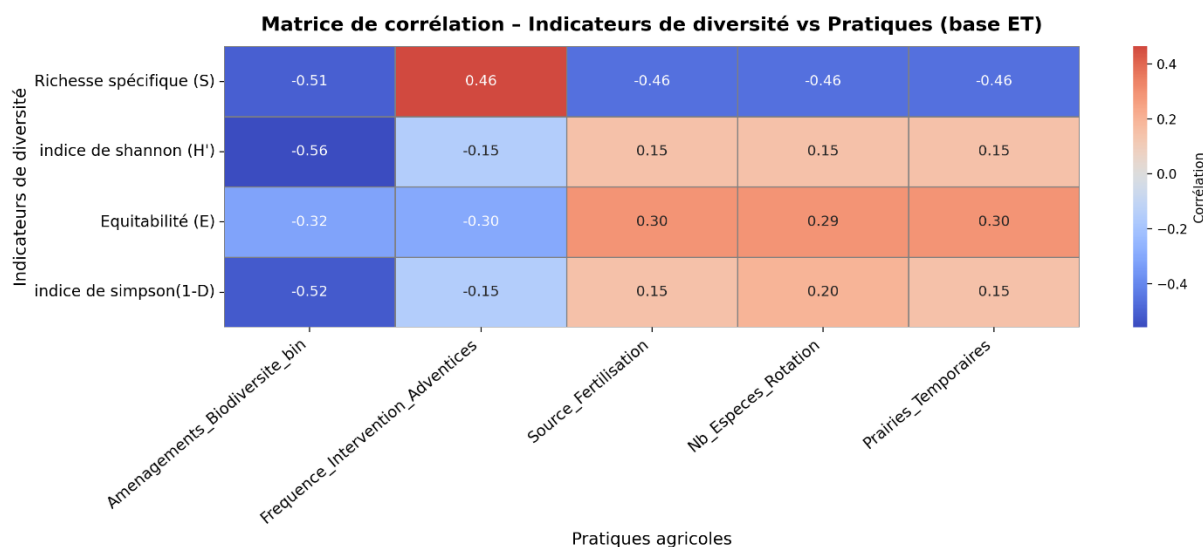


Figure 5: Matrice de corrélation entre pratiques agricoles et indices de diversité végétale dans les exploitations en transition agroécologique.

III.6.3. Ordination multivariée : révélation des gradients écosystémiques

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) révèle une structuration remarquable des relations pratiques agricoles-diversité végétale avec 77% de variance expliquée par les deux premiers axes (PC1 : 43% ; PC2 : 34%). Cette performance témoigne de l'existence de gradients agroécologiques structurants qui déterminent la diversité des communautés végétales spontanées, validant l'approche intégrée pratiques-biodiversité (Figures 18).

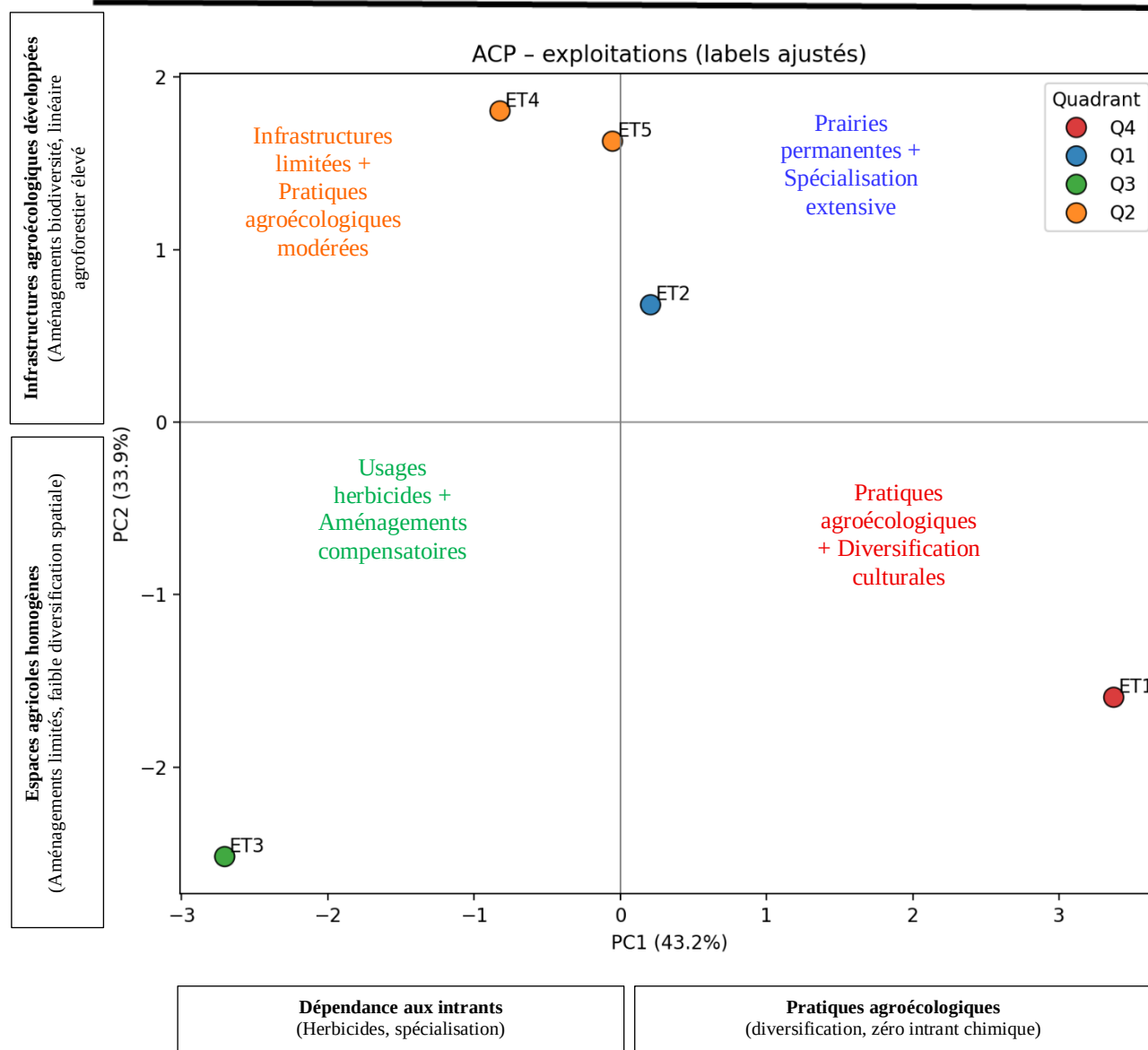


Figure 18 : Positionnement des exploitations agricoles en transition agroécologique dans l'espace factoriel ACP.

III.6.3.1. Interprétation des gradients principaux

L'axe PC1 (43% de variance) matérialise un gradient d'intensification chimique opposant les systèmes à gestion agroécologique aux systèmes à pression herbicide. La colinéarité remarquable entre l'usage d'herbicides et la fréquence des traitements phytosanitaires confirme leur effet synergique sur la structuration des communautés végétales. Cette opposition fondamentale avec la richesse spécifique et la diversité de Shannon révèle un mécanisme de simplification écologique où l'intensification chimique (herbicides > 2 traitements/cycle) crée des conditions défavorables à la diversité fonctionnelle par sélection d'espèces résistantes et homogénéisation des habitats (Storkey, 2006).

L'axe PC2 (34% de variance) caractérise un gradient de stratégie temporelle différenciant les systèmes en phase d'expérimentation active des systèmes à équilibres établis. L'opposition entre les exploitations récentes en apprentissage technique (ET4, ET5 en haut) et les systèmes à stratégies consolidées illustre différentes phases de maturation agroécologique. Ce gradient révèle l'importance des processus d'apprentissage et d'adaptation dans l'évolution des pratiques, particulièrement sensibles aux dynamiques temporelles de transition (**Duru et al., 2015**).

III.6.3.2. Typologie des niches agroécologiques

La distribution spatiale des exploitations révèle quatre archétypes de niches agroécologiques aux implications fonctionnelles distinctes :

L'exploitation ET1 (quadrant inférieur droit) occupe la niche agroécologique optimale combinant une expérience exceptionnelle (26 ans) avec la diversité productive maximale (4 types de productions) et l'absence totale d'herbicides. Cette exploitation développe un système mature associant 7000 mètres d'agroforesterie, fertilisation exclusivement organique et conservation de variétés anciennes. Cette position explique les indices de diversité exceptionnels observés, validant son statut de modèle de référence pour la maîtrise agroécologique aboutie.

L'exploitation ET2 (quadrant inférieur gauche) occupe une niche de spécialisation prairiale mature, caractérisée par une surface exceptionnelle de prairies permanentes (11 ha, 55% SAU) associée à un système d'élevage intégré. Malgré un recours modéré aux herbicides (glyphosate 2-3 fois/cycle), cette exploitation développe une stratégie de compensation par l'extension des surfaces semi-naturelles et la rotation céréales-luzerne. Cette spécialisation révèle une adaptation fonctionnelle aux contraintes de gestion extensive de grands espaces.

L'exploitation ET3 (quadrant supérieur gauche) représente une niche d'investissement agroécologique récent, cumulant des aménagements exceptionnels (7000m agroforestier, 1,5 ha de jachères) avec un système encore en transition (4-5 ans d'ancienneté). L'usage ciblé d'herbicides contre le chiendent illustre une phase d'apprentissage où les investissements structurels massifs précèdent l'optimisation complète des pratiques. Cette stratégie révèle une approche d'intensification écologique par compensation spatiale.

Les exploitations ET4 et ET5 (quadrant supérieur droit) développent des niches d'agroécologie progressive caractérisées par l'adoption de pratiques agroécologiques (désherbage manuel

exclusif) mais avec des investissements en infrastructures encore limités. ET4, avec seulement 300m d'agroforesterie et 4-5 ans d'expérience, illustre une stratégie d'apprentissage technique prioritaire. ET5, malgré 20 ans d'expérience, maintient un profil conservateur avec 700m d'agroforesterie, suggérant une approche prudente de diversification progressive des aménagements.

III.6.3.3. Implications agronomiques et trajectoires d'amélioration

Face aux niches agroécologiques révélées par l'ACP, nous recommandons les stratégies d'amélioration suivantes :

- **Pour la niche d'investissement agroécologique (ET3) :** Optimisation de l'usage des aménagements exceptionnels déjà en place (7000m agroforesterie, 1,5 ha jachères) par réduction prioritaire de la pression herbicide. L'objectif est de valoriser pleinement le potentiel écologique des infrastructures investies en atteignant < 1 traitement/cycle, permettant ainsi une transition complète vers un système agroécologique mature.
- **Pour la niche prairiale spécialisée (ET2) :** Optimisation de l'équilibre prairie-parcelles cultivées par réduction sélective des herbicides sur 30% de la surface et maintien de corridors herbacés. La rotation céréales-luzerne constitue un atout à valoriser.
- **Pour les niches extensives (ET4, ET5) :** Renforcement des infrastructures agroécologiques par augmentation du linéaire agroforestier (objectif 1000 m) et création d'aménagements spécifiques (jachères florales, mares). Ces exploitations bénéficient déjà de bonnes bases pratiques.
- **Pour la niche optimale (ET1) :** Maintien de l'équilibre existant avec valorisation du savoir-faire par transfert vers les autres exploitations. Le potentiel d'amélioration se situe dans l'optimisation fine des rotations et la diversification génétique.

Ces trajectoires différenciées reflètent la nécessité d'approches adaptatives tenant compte des contraintes spécifiques de chaque système, conformément aux principes de l'intensification écologique (Bommarco et al., 2013).

III.6.4. Mécanismes écologiques et services écosystémiques

L'analyse multivariée révèle deux mécanismes écologiques fondamentaux structurant les relations pratiques-diversité :

- **Mécanisme de filtrage chimique :** L'usage d'herbicides exerce une pression de sélection directionnelle favorisant les espèces résistantes et réduisant la diversité

fonctionnelle. Les corrélations négatives avec les indices de diversité confirment cet effet homogénéisant documenté par **Marshall et al. (2003)**.

- **Mécanisme de structuration spatiale** : Les aménagements biodiversité génèrent des effets de lisière et de connectivité modifiant la composition des communautés parcellaires. L'effet apparent de dilution spatiale observé nécessite une analyse à l'échelle paysagère pour être pleinement compris (**Tscharntke et al., 2012**).

Ces mécanismes interdépendants déterminent le potentiel de fourniture de services écosystémiques, particulièrement la régulation biologique, la pollinisation et le contrôle naturel des adventices (**Power, 2010**). La typologie fonctionnelle proposée constitue ainsi un outil d'évaluation des synergies production-biodiversité dans les systèmes en transition agroécologique.

III.7. Discussions des résultats et synthèse

IV.7.1. Comparaison avec les études existantes

Les résultats de cette étude démontrent clairement que les pratiques agricoles écologiques contribuent efficacement à améliorer la diversité végétale et à assurer une distribution plus équilibrée et stable que les systèmes agricoles traditionnels, en particulier dans les environnements soumis à des conditions climatiques difficiles. Ceci a également été confirmé par plusieurs études antérieures, telles que **David et al. (2012)** et **Renault (2024)**, qui ont démontré que les écosystèmes, grâce à leur recours à des principes imitant les systèmes naturels et minimisant les interventions chimiques et mécaniques, créent un environnement favorable à la diversité des espèces végétales, comme en témoigne l'indice de Shannon élevé dans les exploitations ET2 et ET4.

L'importance de ces résultats est d'autant plus grande que la zone étudiée est caractérisée par un climat très sec. Le diagramme ombrothermique de la station de Laghouat (1981–2025) indique un stress hydrique quasi constant pendant 11 mois de l'année, avec de graves déficits hydriques en été. Par exemple, en juillet, les précipitations ne dépassent pas 4,4 mm, tandis que les besoins en eau dépassent 60 mm. Cela entraîne un stress hydrique important que la plupart des plantes ne peuvent tolérer, notamment en raison des températures élevées, de la faible humidité et des vents secs dominants, qui favorisent à la fois l'évaporation et l'érosion éolienne.

Dans ces conditions, seules les plantes adaptées à la sécheresse, telles que *Hordeum jubatum* et certaines espèces de *Poacées* et *Amaranthacées*. Peuvent pousser. Ceci explique la

dominance significative de cette espèce dans l'exploitation **ET3**, qui souffre d'un déséquilibre écologique évident et d'une faible diversité végétale.

Au-delà de leur simple présence, plusieurs plantes spontanées recensées dans les parcelles étudiées remplissent des fonctions écologiques majeures. Par exemple, *Medicago falcata*, *Diplotaxis harra* ou encore *Helianthemum lippii* contribuent à la fixation de l'azote, à la stabilisation des sols pauvres et à la lutte contre la désertification, enjeux particulièrement critiques dans le contexte aride de Laghouat.

Certaines espèces telles que *Malva parviflora* ou *Atriplex semibaccata* participent au cycle de l'eau et des nutriments, en régulant les flux hydriques et en améliorant la disponibilité des ressources minérales dans des sols salins ou pauvres. D'autres, comme *Elymus repens* ou *Felicia abyssinica*, avec leur couverture végétale dense, peuvent également influencer les microclimats locaux, réduisant la température du sol et l'évaporation en été.

Les familles botaniques les plus fréquentes dans les exploitations étudiées sont principalement représentées par les *Brassicaceae* (25 %), les *Asteraceae* (23,21 %), les *Poaceae* et les *Amaranthaceae*. Ce sont des familles à forte capacité d'adaptation, souvent composées d'espèces pionnières ou annuelles rudérales, capables de survivre dans des milieux perturbés, pauvres en nutriments et marqués par une forte sécheresse.

Malgré ces défis climatiques, certaines fermes, comme ET4 et ET5, ont présenté une bonne diversité végétale, démontrant que la mise en œuvre de pratiques écologiques telles que la végétation continue, le désherbage manuel et l'aménagement de haies vives contribue à créer des microclimats plus favorables à la croissance des plantes, en réduisant l'évaporation, en limitant l'érosion éolienne et en améliorant l'humidité du sol.

Ces résultats concordent avec ceux rapportés par **Padonou et al. (2024)** concernant le concept d'« intensification écologique », qui recommande l'introduction d'espèces végétales fonctionnellement intégrées pour améliorer la diversité et bénéficier des services environnementaux. Des études telles que celles d'**El Jaouhari et al. (2022)** ont également souligné l'importance de techniques telles que le paillage organique, la polyculture et le travail réduit du sol pour améliorer la structure des sols et accroître la biodiversité.

À l'inverse, l'agriculture intensive, qui repose sur l'uniformité agricole et l'utilisation de pesticides, réduit le nombre d'habitats potentiels, contribue à la disparition de certaines espèces

et a même un impact négatif sur les pollinisateurs essentiels à la production agricole (**Mahaut, 2018 ; Padonou et al., 2024**).

Ainsi, cette étude soutient fortement l'hypothèse selon laquelle l'agriculture écologique améliore réellement la diversité de la végétation naturelle et constitue une option réaliste pour combiner production agricole et protection de la biodiversité, en particulier dans les régions arides et difficiles.

IV.7.2. Validation ou rejet des hypothèses

Les résultats obtenus au cours de cette étude valident clairement l'hypothèse de départ, selon laquelle les pratiques agricoles agroécologiques favorisent une plus grande richesse spécifique et une meilleure structure des communautés végétales spontanées, en comparaison avec les systèmes conventionnels.

Ce constat est appuyé par de nombreuses recherches, notamment celles de **El Jaouhari et al. (2022)**, qui montrent que des pratiques comme le paillage, la réduction du travail du sol, ou encore l'agroforesterie, améliorent la fertilité des sols et favorisent les communautés du sol telles que les collemboles et macroarthropodes, en lien direct avec la diversité floristique.

En opposition, les systèmes intensifs, basés sur la monoculture et l'utilisation massive d'intrants, réduisent drastiquement les niches écologiques disponibles. Comme le souligne **Mahaut (2018)**, cela engendre une diminution des diversités α et γ et accroît le risque d'extinction locale des espèces sensibles.

Par ailleurs, les effets de la dynamique éolienne — en dispersant ou desséchant les semis — peuvent amplifier les déséquilibres végétatifs dans les systèmes agricoles à faible couverture. L'adoption de pratiques agroécologiques favorisant la couverture végétale et les haies joue donc un rôle atténuateur essentiel.

D'un point de vue fonctionnel, la présence d'espèces végétales spontanées dans les agroécosystèmes n'est pas uniquement un indicateur de diversité, mais également un levier de résilience écologique. Certaines espèces, comme *Hordeum jubatum*, *Cynodon dactylon* ou *Hirschfeldia incana*, montrent une forte adaptabilité aux contraintes extrêmes, ce qui les rend précieuses comme indicateurs de perturbations environnementales ou comme espèces pionnières en zones dégradées.

Par ailleurs, plusieurs taxons assurent des rôles écologiques indirects essentiels : certains, comme *Malva parviflora* ou *Hordeum murinum*, sont autogames, tandis que d'autres (ex. *Malacothrix californica*, *Ephedra fragilis*) contribuent aux réseaux de pollinisation, favorisant ainsi la stabilité des services écosystémiques.

Enfin, les usages ethnobotaniques relevés pour des espèces telles que *Peganum harmala*, *Eruca vesicaria* ou *Erodium glaucophyllum* confirment que ces plantes représentent également une valeur culturelle et médicinale, renforçant leur intérêt dans une approche agroécologie intégrée, respectueuse à la fois de la biodiversité et des savoirs locaux.

De plus, le rôle central des pollinisateurs dans les rendements de cultures majeures (ex : colza, tournesol) est menacé par l'usage excessif de pesticides. **Padonou et al. (2024)** insistent sur la nécessité d'adopter des pratiques agricoles durables pour préserver cette biodiversité fonctionnelle essentielle.

En somme, l'ensemble de ces éléments confirme que l'agroécologie offre une alternative crédible et efficace pour concilier productivité agricole et préservation de la biodiversité, particulièrement dans les zones soumises à un stress écologique élevé comme les milieux arides.

L'impact des pratiques agricoles sur la diversité et la richesse des communautés végétales révèle la complexité des interactions, confirmant l'existence de syndromes fonctionnels distincts structurant les agroécosystèmes. Les résultats mettent en évidence quatre profils d'exploitation présentant des potentiels contrastés en termes de durabilité écologique.

Les perspectives de recherche s'orientent vers plusieurs axes prioritaires. D'abord, l'extension de cette approche à un échantillon plus large permettrait de valider les patterns observés et d'affiner la typologie fonctionnelle. L'intégration de variables paysagères complémentaires (connectivité, hétérogénéité spatiale) enrichirait l'analyse des mécanismes écologiques. Enfin, le suivi temporel des exploitations permettrait de documenter les trajectoires de transition agroécologique et leurs impacts sur la biodiversité.

Ces travaux contribuent à l'élaboration de référentiels pour l'évaluation et l'accompagnement des transitions agroécologiques, en fournissant des outils d'aide à la décision basés sur la compréhension fine des mécanismes écologiques. La typologie fonctionnelle proposée constitue un cadre d'analyse prometteur pour orienter les politiques publiques et les pratiques agricoles vers une durabilité renforcée.

IV.8. Implications pour la gestion des agroécosystèmes

IV.8.1. Recommandations pour la préservation de la biodiversité.

Les résultats de cette étude, combinés aux connaissances issues de la littérature, permettent de formuler plusieurs recommandations spécifiques à la gestion de la biodiversité végétale dans les agroécosystèmes arides, tels que ceux observés dans la région de Laghouat.

Premièrement, l'intégration d'habitats semi-naturels tels que les haies vives, les lisières végétalisées ou encore les bandes enherbées est particulièrement importante dans des milieux caractérisés par une forte érosion éolienne et un stress hydrique quasi-permanent. Ces éléments paysagers créent des zones tampons contre le vent, améliorent la rétention de l'humidité et servent de refuges pour la faune auxiliaire, tout en favorisant la connectivité écologique (Mallet, 2022).

Deuxièmement, à l'échelle des exploitations, des pratiques telles que le paillage, la rotation culturale incluant des légumineuses, la réduction du travail du sol et le maintien d'une couverture végétale permanente permettent de préserver l'humidité du sol en été, de limiter l'évaporation, et de protéger les jeunes plantules face aux conditions climatiques extrêmes (David et al., 2012). Ce sont justement ces pratiques qui ont montré leur efficacité dans les exploitations ET4 et ET5, plus riches en diversité.

Troisièmement, la mise en place d'infrastructures agroécologiques comme les bandes fleuries ou les bordures végétalisées joue un rôle clé dans le maintien des populations de pollinisateurs et de régulateurs naturels des ravageurs, menacés par la simplification des paysages et l'usage intensif de pesticides. Cela est essentiel dans des milieux où la flore est souvent dominée par quelques espèces, comme *Hordeum jubatum* dans ET3 (Renault, 2024).

Quatrièmement, face à l'importance de la variabilité climatique, la diversification fonctionnelle des espèces végétales spontanées, incluant celles à intérêt médicinal ou ethnobotanique (*Peganum harmala*, *Eruca vesicaria*...), devrait être valorisée pour leur résilience écologique et leur valeur socio-culturelle.

Cinquièmement, l'adoption de systèmes agroforestiers adaptés aux zones arides (par ex. arbres d'ombrage comme les acacias) contribuerait à réduire la température du sol, à stabiliser les profils hydriques et à offrir des niches écologiques complémentaires pour la flore spontanée (Mallet, 2022).

Enfin, ces efforts doivent être soutenus par des politiques publiques ciblées, encourageant la réduction des intrants chimiques, la transition agroécologique, et la coopération entre agriculteurs à travers des programmes d'accompagnement participatif comme le projet MOBIDIF (Renault, 2024).

Ainsi, la combinaison de ces approches, adaptées au contexte écologique et climatique spécifique des régions arides, représente une voie prometteuse pour préserver durablement la biodiversité végétale spontanée et renforcer la résilience des agroécosystèmes.

IV.9. Limites de l'étude et perspectives de recherche

IV.9.1. Problèmes méthodologiques et axes de recherche futurs.

IV.9.1.1. Limites de l'étude

Cette étude, bien qu'elle ait permis de mieux comprendre les effets des pratiques agricoles sur la diversité végétale, présente plusieurs limites qu'il est important de reconnaître.

Tout d'abord, la perte progressive de la diversité génétique, déjà soulignée par la FAO, rend l'étude de la flore de plus en plus difficile. Beaucoup d'espèces ont disparu ou sont devenues rares à cause de la généralisation des cultures uniformes et des intrants chimiques. Cette perte, bien documentée par la FAO (cité par **David et al., 2012**), réduit la richesse floristique observable sur le terrain, notamment dans les zones arides comme Laghouat, où les conditions naturelles sont déjà très contraignantes.

Par ailleurs, dans certaines exploitations comme ET3, l'impact de l'agriculture intensive reste visible : dominance d'une seule espèce, faible équitabilité, structure végétale déséquilibrée. Ces cas compliquent l'analyse écologique, car ils ne permettent pas de comparer équitablement avec les systèmes agroécologiques plus riches.

Enfin, le fonctionnement des agroécosystèmes est très complexe. Plusieurs facteurs se croisent en même temps : climat sec, vent, types de sol, pratiques agricoles variées...Il est donc difficile d'isoler l'effet d'une seule pratique (comme le paillage ou la haie) sans influence d'autres éléments. Cela représente une vraie limite méthodologique. Ce constat rejoint les remarques de **David et al. (2012)**, qui soulignent la difficulté d'isoler les effets des pratiques agricoles dans des systèmes aussi dynamiques.

IV.9.1.2. Perspectives de recherche

Pour aller plus loin, il serait utile d'approfondir l'étude des pratiques agroécologiques dans des contextes similaires, c'est-à-dire des milieux arides ou semi-arides, où les contraintes climatiques sont fortes. Des pistes comme l'agroforesterie adaptée, la rotation des cultures avec légumineuses, ou la couverture permanente du sol mériteraient d'être testées sur le long terme, comme le proposent également **David et al. (2012)** dans leurs travaux sur l'agriculture de conservation.

Il faudrait aussi adopter une approche plus interdisciplinaire, en combinant l'écologie, l'agronomie, la pédologie, mais aussi les sciences sociales. Cette approche est soutenue dans la littérature récente (**Renault, 2024**), qui insiste sur la nécessité d'une vision globale intégrant les dynamiques humaines et environnementales.

Je pense également que les connaissances des agriculteurs — leur expérience, leurs observations du terrain — doivent être intégrées dans les recherches. Ce qu'on appelle souvent le bon sens paysan est en réalité une ressource précieuse pour adapter les techniques à chaque contexte (sols, microclimats, accès à l'eau...), comme le rappellent **David et al. (2012)**, qui soulignent la valeur des savoirs locaux dans la conception des systèmes durables.

Enfin, un suivi à long terme est nécessaire pour mesurer l'évolution réelle de la diversité végétale. L'utilisation d'indicateurs bioécologiques comme l'indice de Shannon, l'équitabilité ou la dominance est recommandée dans plusieurs études pour évaluer la stabilité des communautés végétales dans le temps (**Renault, 2024**).

Les analyses menées au sein de ce chapitre ont permis de confirmer que les pratiques agroécologiques, lorsqu'elles sont mises en œuvre dans des contextes arides comme celui de Laghouat, favorisent effectivement une plus grande richesse spécifique ainsi qu'un meilleur équilibre des communautés végétales spontanées. En s'appuyant sur des indicateurs écologiques tels que l'indice de Shannon, l'équitabilité ou encore la dominance spécifique, les résultats montrent clairement que les exploitations adoptant des pratiques durables (ET2, ET4, ET5) présentent une diversité floristique plus équilibrée comparée aux systèmes conventionnels.

L'analyse multivariée (ACP) a mis en évidence des syndromes fonctionnels distincts, révélant des profils écologiques contrastés selon les pratiques agricoles. Cette typologie fonctionnelle a permis de distinguer les exploitations à forte intensité écologique (ET4, ET5), caractérisées par des aménagements et une diversité végétale élevée, des systèmes plus intensifs (comme ET3), marqués par une homogénéisation floristique et un appauvrissement de la diversité. L'exploitation ET1, quant à elle, illustre un modèle hybride intéressant, combinant richesse spécifique et innovation culturelle sans infrastructures agroécologiques majeures.

Ces observations viennent ainsi apporter des éléments de réponse solides à la problématique posée au début de ce travail : l'agroécologie ne se limite pas à un discours théorique, mais démontre un impact mesurable sur la biodiversité végétale, même dans des milieux marqués par une aridité structurelle, une faible humidité et des perturbations éoliennes. Les fonctions écologiques des plantes spontanées recensées, ainsi que leur résilience face aux conditions extrêmes, soulignent également l'importance de repenser leur rôle au sein des systèmes agricoles, non plus comme des adventices à éliminer, mais comme des acteurs clés de l'équilibre écologique et de la régulation écosystémique.

Ainsi, les résultats obtenus renforcent l'idée que l'agroécologie constitue une voie crédible pour concilier productivité, durabilité et préservation de la biodiversité, tout en ouvrant de nouvelles perspectives pour la gestion intégrée des agroécosystèmes en zone aride.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La présente étude visait à évaluer l'impact des pratiques agricoles agroécologiques sur la diversité végétale spontanée dans les zones arides du sud algérien, en s'appuyant sur l'analyse de cinq exploitations agricoles situées dans les communes de Laghouat et d'El Assafia. Les relevés floristiques ont permis de recenser 38 espèces appartenant à 18 familles botaniques, mettant en évidence une diversité floristique influencée par les pratiques agricoles mises en œuvre. Les exploitations adoptant des techniques agroécologiques diversifiées (usage d'engrais organiques, absence d'herbicides, couverture végétale, rotation) ont présenté des indices de diversité (Shannon, Simpson, équitabilité) plus élevés, traduisant un équilibre écologique plus favorable.

Les contraintes climatiques locales, notamment la sécheresse prolongée, l'évaporation intense et la salinité des sols, ont façonné la structure des communautés végétales en favorisant des espèces résistantes aux conditions extrêmes. Les résultats des essais de germination réalisés en conditions contrôlées ont montré une faible viabilité des graines, avec une mortalité rapide des plantules dans les deux phases expérimentales, ce qui reflète l'état critique de la banque de graines du sol et souligne l'importance des conditions pédoclimatiques dans la régénération végétale.

L'analyse multivariée des pratiques agricoles et des communautés végétales a permis d'identifier des profils fonctionnels distincts parmi les exploitations étudiées, mettant en lumière les mécanismes écologiques complexes structurant la biodiversité. Cette typologie fonctionnelle constitue un outil pertinent pour guider les trajectoires de transition agroécologique.

L'analyse globale suggère que les systèmes agricoles intégrant des pratiques agroécologiques offrent un potentiel important pour la préservation de la biodiversité végétale, tout en renforçant la résilience des agroécosystèmes. Toutefois, la réussite de cette transition dépend fortement de l'engagement des agriculteurs, de la qualité de l'accompagnement technique, et de la valorisation des savoirs locaux.

Ainsi, cette étude met en lumière l'importance de développer des stratégies agricoles durables, adaptées aux réalités climatiques locales, et appuyées par une meilleure connaissance de l'écologie des espèces spontanées. La création de banques de semences locales, la mise en

œuvre de pratiques culturales respectueuses de l'environnement, et la poursuite de recherches sur la dynamique des communautés végétales constituent des pistes prometteuses pour renforcer la durabilité écologique et productive des systèmes agricoles en milieu aride.

Références bibliographiques

LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Altieri, M.A. (1989).** Agroecology: A new research and development paradigm for world agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 27(1-4), 37-46.
2. **Altieri, M.A. (1995).** *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Boulder : Westview Press.
3. **Altieri, M.A., Nicholls, C.I., Henao, A., & Lana, M.A. (2015).** Agroecology and the design of climate-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869-890.
4. **APG IV (2016).** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1-20.
5. **Avelino J., Ten Hoopen M., Declerck F., 2011.** Mécanismes écologiques de lutte contre les ravageurs et les maladies dans les agroécosystèmes du café et du cacao des Néotropiques. Dans : Services écosystémiques de l'agriculture et agroforesterie : mesure et paiement. De Clerck F., Le Coq JF, Beer J. (dir.). Londres : Scan de la (PDF) *Règlement des bioagresseurs du caféier par le couvert arboré au Costa Rica*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/343768762_Regulation_des_bioagresseurs_du_cafeier_par_le_couvert_arbore_au_Costa_Rica [accessed May 24 2025].
6. **Belmecheri S et Moulai A. (2023).** Diagnostic territorial des communes de Laghouat et d'El Assafia (Algérie). Projet NATAE. 26p.
7. **Bengtsson, J., Ahnström, J., & Weibull, A. C. (2005).** The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 261-269.
8. **Benton, T. G., Vickery, J. A., & Wilson, J. D. (2003).** Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology & Evolution*, 18(4), 182-188.
9. **Berquer A., 2022.** Les mécanismes d'assemblage des plantes adventices et leur contribution à la transition agroécologique. France, 174p. (thèse de doctorat).
10. **Bommarco, R., Kleijn, D., & Potts, S. G. (2013).** Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution*, 28(4), 230-238. DOI: 10.1016/j.tree.2012.10.012
11. **Braun-Blanquet, J. (1932).** *Plant sociology: the study of plant communities*. McGraw-Hill.
12. **Chauvel L. (2012).** Les raisons de la peur : Les classes moyennes sont-elles protégées de la crise ? Les notes du blog, 18 : 1-16.
13. **Clough Y., Barkmann J., Juhrbandt J., Kessler M., Wanger T.C., Anshary A., Buchori D., Cicuzza D., Darras K., Putra D., Erasmi S., Pitopang R., Schmidt C., Schulze C.H., Seidel. D., Steffan-Dewenter I., Stenchly K., Vidal S., Weist M., Wielgoss A.C. & Tscharntke T. (2011).** Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108 (20) : 8311-8316.

14. Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches (4th ed.). SAGE Publications.
15. Daget, P., & Poissonet, J. (1971). Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Annales Agronomiques*, 22(1), 5-41.
16. Dalgaard, T., Hutchings, N.J., & Porter, J.R. (2003). Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 100(1), 39-51.
17. David, C., Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., & Malézieux, E. (2012). Agroécologie. Dans Dictionnaire des mots de l'agronomie.
18. De Graaff, M.-A., Hornslein, N., Throop, H.L., Kardol, P., van Diepen, L.T.A., 2019. Effects of agricultural intensification on soil biodiversity and implications for ecosystem functioning: A meta-analysis, in: *Advances in Agronomy*. Elsevier, pp. 1-44. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.01.001>
19. De Schutter, O. (2010). Rapport du Rapporteur spécial sur le droit à l'alimentation. Assemblée générale des Nations Unies, Conseil des droits de l'homme.
20. De Tourdonnet, S., Javelle, A., Lucas, V., & Furst, A. (2015). MOOC Agroécologie. Séquence 1 : L'émergence de l'agroécologie. Montpellier SupAgro.
21. DPAT, (2021). Monographie de la wilaya de Laghouat.
22. DSA, (2025). Statistiques Agricoles de la wilaya de Laghouat. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
23. Duru, M., Therond, O., Martin, G., Martin-Clouaire, R., Magne, M. A., Justes, E., ... & Sarthou, J. P. (2015). How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1259-1281. DOI: 10.1007/s13593-015-0306-1
24. El Jaouhari, M., Damour, G., Mauriol, C., & Coulis, M. (2022). *Effets des pratiques agricoles sur les macro-arthropodes du sol dans les bananeraies de Martinique*. CIRAD, UPR GECO, Le Lamentin – Montpellier, France.
25. Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., ... & Martin, J. L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14(2), 101-112. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x
26. FAO. (2018). Les 10 éléments de l'agroécologie : Guider la transition vers des systèmes alimentaires et agricoles durables. Rome : FAO.
27. FAO. 2018. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
28. Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T.A., Creamer, N., Harwood, R., Salomonsson, L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoeft, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C., & Poincelot, R. (2003). Agroecology: The ecology of food systems. *Journal of Sustainable Agriculture*, 22(3), 99-118.
29. Gaba, S., Fried, G., Kazakou, E., Chauvel, B., & Navas, M. L. (2014). Agroecological weed control using a functional approach: a review of cropping systems diversity. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), 103-119. DOI: 10.1007/s13593-013-0166-5

30. **Gliessman, S.R. (2011).** Transforming food systems to sustainability with agroecology. *Journal of Sustainable Agriculture*, 35(8), 823-825.
31. **Gliessman, S.R. (2015).** *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems*. Boca Raton: CRC Press.
32. **Gloaguen E.2021.** Les services écosystémiques et l'exemple de la pollinisation. la Fondation Droit Animal, Éthique et Sciences (LFDA).Revue trimestrielle,111.<https://www.fondation-droit-animal.org/111-services-ecosystemiques-et-exemplepollinisation/#:~:text=Les%20insectes%20pollinisateurs%20comme%20les,1980%20de%20%C2%AB%20services%20%C3%A9cosyst%C3%A9miques%20%C2%BB.>
33. **Goldsmith, F. B., Harrison, C. M., & Morton, A. J. (1986).** Description and analysis of vegetation. *Methods in plant ecology*, 437-524.
34. **Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2001).** Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4(4), 379-391.
35. **Gounot, M. (1969).** *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. Masson.
36. **Green E, 2024.** Gestion durable des terres : techniques et avantages. Durabilité, développement durable, Paris. <https://sigmaearth.com/fr/techniques-et-avantages-de-gestion-durable-des-terres/#:~:text=En%20optimisant%20les%20terres%2C%20l'eau%20et%20la%20biodiversit%C3%A9%2C,prot%C3%A9ger%20l'environnement%20et%20%C3%A0%20soutenir%20le%20bien-%C3%AAtre%20socio-%C3%A9conomique.>
37. **Grime, J. P. (1979).** *Plant strategies and vegetation processes*. John Wiley & Sons.
38. **Gross, K. L. (1990).** A comparison of methods for estimating seed numbers in the soil. *Journal of Ecology*, 78(4), 1079-1093.
39. **Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006).** How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 18(1), 59-82.
40. **Habonimana B, Ndiokubwayo N, Habonayo R, Nzigidahera B, Bogaert J. (2011)** - Essai de détermination des indicateurs de dégradation forestière : Cas de la forêt ombrophile de la Kibira au Burundi, Burundi, 14p
41. **Halliday F.W.; Rohr J.R., 2019.** Measuring the shape of the biodiversity-disease relationship across systems reveals new findings and key gaps. *Nature Communications*, 10: 10. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13049-w>.
42. **Haston E., Richardson J.E., Stevens P.F., Chase M.W. & Harris D.J. (2009).** The Linear Angiosperm Phylogeny Group (LAPG) III: a linear sequence of the families in APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2) : 128-131.
43. **Hole, D. G., Perkins, A. J., Wilson, J. D., Alexander, I. H., Grice, P. V., & Evans, A. D. (2005).** Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122(1), 113-130.
44. **Holt-Giménez, E. (2002).** Measuring farmers' agroecological resistance after Hurricane Mitch in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land

- management impact monitoring. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1-3), 87-105.
45. **IAASTD. (2009).** *Agriculture at a Crossroads: International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development*. Washington : Island Press.
46. **INRAE. (2022).** Protéger les cultures en augmentant la diversité végétale des espaces agricoles – Synthèse de l’expertise scientifique collective. Octobre 2022, 176 p. <https://www.inrae.fr>
47. **Kazakou, E., Gardarin, A., & de Tourdonnet, S. (2015).** MOOC Agroécologie. Séquence 2 : Les différentes approches de l'agroécologie. Montpellier SupAgro.
48. **Kent, M. (2012).** *Vegetation description and data analysis: A practical approach* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
49. **Kent, M., & Coker, P. (1992).** *Vegetation description and analysis: a practical approach*. John Wiley & Sons.
50. **Kleijn, D., Bommarco, R., Fijen, T. P., Garibaldi, L. A., Potts, S. G., & van der Putten, W. H. (2019).** Ecological intensification: bridging the gap between science and practice. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(2), 154-166. DOI: 10.1016/j.tree.2018.11.002
51. **Kremen, C., & Miles, A. (2012).** Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: Benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and Society*, 17(4), 40.
52. **Landis, D.A., Wratten, S.D., & Gurr, G.M. (2000).** Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology*, 45, 175-201.
53. **Latour N.2025.** La diversité spécifique, l'assurance de la fonctionnalité. https://www.wikidebrouillard.org/wiki/La_diversit%C3%A9_sp%C3%A9cifique,_l%27assurance_de_la_fonctionnalit%C3%A9
54. **Lavorel, S., & Garnier, E. (2002).** Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16(5), 545-556. DOI: 10.1046/j.1365-2435.2002.00664.x
55. **Lefort-Buson M, Hebert Y, Damerval C.,2020.** Les outils d’évaluation de la diversité génétique et phénotypique. p173-178
56. **Lin, B.B. (2011).** Resilience in Agriculture through Crop Diversification : Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience*, 61(3), 183-193.
57. **Loconto, A. (2017).** L'agroécologie à la FAO. Séminaire du Groupe de Travail Agro-écologie, Académie d'Agriculture de France, Paris, France.
58. **Lowenstein, Matteson et Minor (2015)** « La diversité des abeilles sauvages favorise la pollinisation » « services dans un paysage urbanisé », *Oecologie*, 179(3), pp.811–821 (PDF) *Socio-écosystèmes des territoires urbains et artificialisés*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/344275681_Socio-ecosystemes_des_territoires_urbains_et_artificialises [accessed May 24 2025].

59. **Madre et al. (2014)** « Les toits verts comme habitats pour les espèces végétales sauvages dans les paysages urbains : Premiers résultats d'un échantillonnage à grande échelle', *Paysage et urbanisme*, 122, pp. 100–107. (PDF) *Socio-écosystèmes des territoires urbains et artificialisés*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/344275681_Socio-ecosystemes_des_territoires_urbains_et_artificialises [accessed May 24 2025].
60. **Magurran, A. E. (2004)**. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science.
61. **Mahaut, L. (2018)**. *Dynamiques temporelles de l'assemblage des communautés de plantes adventices : interactions entre pratiques agricoles et processus écologiques au cours des séquences culturales*. Thèse de doctorat en Biologie des populations et Écologie, Université Bourgogne Franche-Comté, UMR Agroécologie, Dijon, France.
62. **Malaval C, Jouy L, Desvignes P, Carpy-goulard F, Dumont A., 2011**, revue-sciences-eaux-et-territoires. Les éco-indicateurs au service de l'agriculture durable, France, pp.8-14.
63. **Mallet, P. (2022)**. *Rôle des infrastructures et des pratiques agroécologiques pour la conservation de la biodiversité dans les systèmes de grandes cultures en Camargue* [Thèse de doctorat, Avignon Université]. Zenodo.
64. **Marshall, E. J. P., Brown, V. K., Boatman, N. D., Lutman, P. J. W., Squire, G. R., & Ward, L. K. (2003)**. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research*, 43(2), 77-89. DOI: 10.1046/j.1365-3180.2003.00326.x
65. **MATE, 2009**. Quatrième rapport national sur la mise en œuvre de la convention sur la diversité biologique au niveau national. Algérie, 121 P.
66. **Midega, C.A., Pittchar, J.O., Pickett, J.A., Hailu, G.W., & Khan, Z.R. (2018)**. A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), in maize in East Africa. *Crop Protection*, 105, 10-15.
67. **Millennium Ecosystem Assessment. (2005)**. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington : Island Press.
68. **Morse, J. M. (2000)**. Determining sample size. *Qualitative Health Research*, 10(1), 3-5.
69. **Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974)**. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons.
70. **Muller RA, Berry D., Avelino J., Bieysse D., 2009**. Maladies du café. Dans : *Café : culture, transformation, Production durable : un guide pour les producteurs, les transformateurs, les commerçants et les chercheurs*. Wintgens JN, (éd.). Londres : Wiley, 495-549. (PDF) *Règlement des bioagresseurs du caféier par le couvert arboré au Costa Rica*. Available from: https://www.researchgate.net/publication/343768762_Regulation_des_bioagresseurs_du_cafeier_par_le_couvert_arbore_au_Costa_Rica [accessed May 24 2025].
71. **NASA, (2025)**. NASA Data of worldwide Energy Resources.
72. **Padonou, M. J. D. D., Denis, A., Hountondji, Y.-C. H., Tychon, B., & Gouwakinnou, G. N. (2024)**. Indicateurs de durabilité écologique des

- p>agroécosystèmes dérivés de la télédétection satellitaire : revue systématique.
- Cahiers Agricultures*
- , 33, 27.
73. **Piélou E. C., 1966.** The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144.
 74. **Power, A. G. (2010).** Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365(1554), 2959-2971. DOI: 10.1098/rstb.2010.0143
 75. **Pretty, J. N. (1995).** Participatory learning for sustainable agriculture. *World Development*, 23(8), 1247-1263.
 76. **Quézel, P., & Santa, S. (1962-1963).** *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS.
 77. **Relyea, R.A., 2009.** A cocktail of contaminants: how mixtures of pesticides at low concentrations affect aquatic communities. *Oecologia* 159, 363–376. <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1213-9>
 78. **Renault, O. (2024).** *Agriculture et biodiversité : Mobiliser et favoriser la biodiversité dans les systèmes agricoles*. Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France / L'Institut Paris Region. ISBN 978-2-7371-2278-1
 79. **Revers, F., & Sahraoui, Y. (2020).** *Socio-écosystèmes des territoires urbains et artificialisés*. Rapport Écobiose, Janvier 2020. https://www.researchgate.net/publication/344275681_Socio-ecosystemes_des_territoires_urbains_et_artificialises (consulté le 24 mai 2025).
 80. **Roberts, H. A. (1981).** Seed banks in soils. *Advances in Applied Biology*, 6, 1-55.
 81. **Rutgers M., van Wijnen H.J., Schouten A.J., Mulder C., Kuiten A.M.P., Brussaard L., Breure A.M., 2012.** A method to assess ecosystem services developed from soil attributes with stakeholders and data of four arable farms. *Science of the Total Environment*, 415, 39-48; Schulte R.P.O., Creamer R.E., Donnellan T., Farrelly N., Fealy R., O'Donoghue C., O'hUallachain D., 2014. Functional land management: a framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science and Policy*, 38, 45-58.
 82. **Schroth G., Krauss U., Gasparotto L., Duarte Aguilar J., Vohland K., 2000.** Ravageurs et maladies dans systèmes agroforestiers des tropiques humides. *Systèmes agroforestiers*, 50(3): 199-241 .(PDF) Règlement des bioagresseurs du caféier par le couvert arboré au Costa Rica. Available from: https://www.researchgate.net/publication/343768762_Regulation_des_bioagresseurs_du_cafeier_par_le_couvert_arbore_au_Costa_Rica [accessed May 24 2025].
 83. **Shannon C.E. (1948).** The mathematical theory of communications. *The Bell System Technical Journal*, 27: 379-423.
 84. **Stoate, C., Boatman, N. D., Borralho, R. J., Carvalho, C. R., De Snoo, G. R., & Eden, P. (2001).** Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, 63(4), 337-365.
 85. **Stohlgren, T. J., Falkner, M. B., & Schell, L. D. (1995).** A modified-Whittaker nested vegetation sampling method. *Vegetatio*, 117(2), 113-121.

86. **Storkey, J. (2006).** A functional group approach to the management of UK arable weeds to support biological diversity. *Weed Research*, 46(4), 254-268. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2006.00518.x
87. **Teyssedre A, 2022.** Impacts de l'agriculture sur la biodiversité et le fonctionnement des écosystèmes, Encyclopédie de l'Environnement, France, 2022. <https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/impacts-agriculture-biodiversite-fonctionnement-ecosystemes/>.
88. **Thompson, K., Bakker, J. P., & Bekker, R. M. (1997).** *The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity*. Cambridge University Press.
89. **Tibi A., Martinet V., Vialatte A., Alignier A., Angeon V., Bohan D.A., Bougherara D., Cordeau S., Courtois P., Deguine J-P., Enjalbert J., Fabre F., Fréville H., Grateau R., Grimonprez B., Gross N., Hannachi M., Launay M., Lelièvre V., Lemarié S., Martel G., Navarrete M., Plantegenest M., Ravigné V., Rusch A., Suffert F., Thoyer S. (2022).** Protéger les cultures en augmentant la diversité végétale des espaces agricoles. Synthèse du rapport d'ESCo. INRAE (France), 86 p.
90. **Tittonell, P. (2014).** Livelihood strategies, resilience and transformability in African agroecosystems. *Agricultural Systems*, 126, 3-14.
91. **Tongco, M. D. C. (2007).** Purposive sampling as a tool for informant selection. *Ethnobotany Research and Applications*, 5, 147-158.
92. **Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., ... & Whitbread, A. (2012).** Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation*, 151(1), 53-59. DOI: 10.1016/j.biocon.2012.01.068.
93. **Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005).** Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – Ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8, 857-874.
94. **UICN, 2008.** Union mondiale pour la nature. 18 sessions de l'assemblée générale. Perth, Australie, 287 P.
95. **Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009).** Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29(4), 503-515.
96. **Wilson, E.O. (1992).** *The Diversity of Life*. Belknap Press of Harvard University Press
97. **Yue, Y., Keli, Z., Liang, L., Qianhong, M., Jianyong, L., 2019.** Estimating long-term érosion and sédimentation rate on farmland using magnetic susceptibility in northeast China. *Soil and Tillage Research* 187, PP41–49. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.11.011>

Annexes

Annexes 01

Tableau 1: Résultats des tests de germination de la flore potentielle

Exploitation Date	ET1			ET2			ET3			ET4			ET5		
Répétition	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
08 /04/25	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
17/04/25				Esp 1(2)	Esp 1(2)	Esp 1(1)									
20/04/25		Esp 1(1)								Esp 2(2)	Esp 2(4)	Esp 2(1)			
22/04/25														Esp 1(1)	
27/04/25	Mort														
28/04/25	Semis du blé + d'acide gibbérellique														
13/05/25		Esp 1(1)		Esp 1(2)	Esp 1(2)									Esp 1(3) Esp 2(1)	
17/05/25		Esp 1(1)				Esp 1(1)		Esp 1(3) esp2 (1)		Esp 1(1)		Esp 1(3) esp2 (1)		Esp 1(2) esp2 (1)	Esp 1(3)
18/05/25		Esp 1(1)		Esp 1(1)	Esp 1(1)			Es1(3) esp2 (1)		Esp 1(1)	Esp 1(1)	Esp 1(4) esp2 (1)		Esp 1(2) esp2 (1)	Esp 1(3)
24/05/25		Esp 1(1)				Esp 1(1)		Esp 1(3) Esp 2(1)		Esp 1(1)		Esp 1(3) Esp 2(1)		Esp 1(2) Esp 2(1)	Esp 1(3)
		Esp 1 (1)		Mort								Rest 3 Esp 1		Rest 1 Esp 1	Rest 2 Esp 1

Code : Esp1 ; Esp2

Répétition : R1, R2, R3

I : Irrigation

Annexes 02



Figure 01 : vue représentative d'un système de production arboricole dans les exploitations ageoécologiques



Figure 02 : culture du palmier dattier comme pilier des systèmes agricole étudiés



Figure 03 : culture de la vigne intégrée dans un système arboricole diversifié



Figure 04 : Exemple de grande culture



Figure 05 : parc d'élevage intégré à l'exploitation agricole



Figure 06 : tentative de maraichage dans une exploitation à orientation arboricole

Annexes 03

Questionnaire et inventaire

FICHE D'INVENTAIRE DE RELEVÉS FLORISTIQUES INFORMATIONS GÉNÉRALES

CODE : ET01

Date du relevé : 23/03/25

Observateur(s) :

Localisation :

- Nom du site : Guneifid
- Commune : LAGHOUAT
- Coordonnées GPS : Latitude : 33.8235221 Longitude : 2.923761
- Altitude : 804 m
- Sol : Sablo-limono-argileux

MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

Type de relevé :

- ☒ Quadrat

Taille de la surface échantillonnée : 05 m²

INVENTAIRE DES ESPÈCES

Nom scientifique	Nom vernaculaire	Famille	Strat e *	Abondanc e **	Phénologie ***	Fréquence s ****
CHANTILLON 1						
<i>Sisymbrium irio</i> L.	Roquette jaune	Brassicaceae	b	4	F	66
<i>Malva parviflora</i> L.	Mauve à petites fleurs	Malvaceae	b	3	b.f	39
<i>Chenopodium vulvaria</i> L.	Chenopode puant	Amaranthaceae	b	2	v	10
CHANTILLON 2						
<i>Sisymbrium irio</i> L.	Roquette jaune	Brassicaceae	b	4	f	44

Questionnaire : Impact des pratiques agricoles sur la diversité des communautés végétales

CODE : ET1

Informations générales

Date de l'enquête : 23/03/25 Nom de l'exploitation : BRIK Mohammed
 Localisation (Communes + GPS) : Imbed : 33.8235221 / 2.923761 Altitude : 804 m
 Type de production : ☐ Grandes cultures ☐ Maraîchage ☒ Arboriculture ☒ Viticulture ☒ Palmier ☒ Elevage
☐ Autre
 Surface totale de l'exploitation : 8 ha Surface cultivée : 5 ha
 Personne interrogée : brik mohammed Fonction : Agriculture

1. Historique et pratiques actuelles

1.1 Depuis combien d'années exploitez-vous cette exploitation ? 26 an

1.2 Quel système de production pratiquez-vous actuellement ?

☐ Conventionnel ☒ Transition Agroécologique ☐ Autre :

1.3 Avez-vous observé des changements dans la diversité végétale (spontanée) de vos parcelles ces dernières années ?

☐ Augmentation significative ☒ Légère augmentation ☐ Pas de changement ☐ Légère diminution
☐ Diminution significative

1.4 Décrivez les principales cultures/rotations pratiquées sur votre exploitation :

Pas de rotation (pas de maraîchage)

2. Gestion des cultures et rotations

2.1 Combien d'espèces cultivées différentes intégrez-vous dans votre rotation principale ?

2.2 Quelle est la durée de votre rotation principale ? ans

2.3 Quelles familles botaniques sont représentées dans votre rotation ? (Plusieurs réponses possibles)

☐ Graminées (céréales) ☐ Légumineuses (Luzerne, pois, lentilles, soja...) ☐ Astéracées (tournesol, salade...)
☐ Solanacées (pomme de terre, tomate...) ☐ Apiacées (carotte, persil...) ☐ Chenopodiacees (betterave, épinard...) ☐ Autres :

Annexes 04

Résultats des communautés végétales

Code exploitation agricole			ET1	ET2	ET3	ET4	ET5
Date d'installation			26 ans	12 ans	4 ans	4 ans	20 ans
Familles des communautés végétales identifiées	Dicotylédones	Brassicaceae	4	3	1	4	2
		Malvaceae	1	1	0	0	1
		Ranunculaceae	0	1	0	0	0
	Monocotylédones	Poaceae	1	1	1	2	1
	Dicotylédones	Euphorbiaceae	0	0	0	1	0
		Fabaceae	1	0	0	1	0
		Asteraceae	1	3	4	2	3
		Amaranthaceae	1	1	3	1	2
		Polygonaceae	0	0	1	0	0
	Gymnosperme	Ephedraceae	0	0	0	1	0
	Dicotylédones	Nitrariaceae	1	0	0	0	0
		Plantaginaceae	0	0	0	1	1
		Geraniaceae	0	0	1	0	0
		Cistaceae	0	0	1	0	0
		Lamiaceae	0	0	1	0	0
		Papaveraceae	0	0	0	0	1
		Convolvulaceae	0	0	0	0	0
		Caryophyllaceae	0	0	0	0	0
Production agricole (* présence, 0 absence)		Grande culture	0	*	0	0	0
		Maraichage	0	0	0	0	0
		Arboriculture	*	*	*	*	*

	Vigne	*	0	0	0	*
	Palmier dattier	*	*	*	*	*
	Élevage	*	0	0	0	0
	Légumineuses	0	0	* luzerne	0	0
Type de sol		Sablo-limono-argileux	Sablo-argileux	Sablo-argileux(calcaire)	Sablo-argileux	Sablo-argileux
Ph		7,18	7,37	7,57	7,7	8,05
Conductivité électrique	Moyen(ds/m)	0,19	0,17	0,25	0,23	0,22
	Interprétation	Sol non salin	Sol non salin	Sol non salin	Sol non salin	Sol non salin
Calcaire actif	Taux caco3%	8,7	4,5	20,2	16,1	14,5
	Interprétation	Sol moyennement	Sol peu calcaire	Sol calcaire	Sol calcaire	Sol moyennement calcaire
Indice de pénétration		50%	30%	40%	25%	55%
Infiltration de l'eau	Vitesse(mm/h)	342,85	480		768	1340,78
	Interprétation	Rapide - Sol à structure grumeleuse, forte infiltration	Rapide - Sol à structure grumeleuse, forte infiltration		Rapide - Sol à structure grumeleuse, forte infiltration	Rapide - Sol à structure grumeleuse, forte infiltration
Vesse	Evaluation	2	4	2	2,75	4
	Interprétation	Intact, agrégats arrondis, poreux	Compact, agrégats majoritairement angulaires	Intact, agrégats arrondis, poreux	Ferme, mélange d'agrégats arrondis et angulaires	Compact, agrégats majoritairement angulaires
Diversité du paysage (%de couverture de l'exploitation)	c, annuelles	16	50	15	0	0
	c, pérennes	80	50	60	80	90
	Prairies	1	0	20	2	0
	Zones bâties	3	0	5	19,4	8,6
Analyse sensorielle	Score	2,75	3	3	5	3,4
	Interprétation	Légèrement tresseuse	Légèrement tresseuse	Légèrement tresseuse	Légèrement tresseuse	Légèrement tresseuse
	Longueur(cm)	4,9	6,3	8,2	6,3	5,9

Test du ruban (Longueur maximale du ruban formé (cm))	Type de sol	Limoneux à limono-argileux	Argileux	Argileux	Argileux	Argileux
Surface	SAU (ha)	8	20	10	5	5
	SAU cultivée (ha)	5	20	8	4	4
Valeur Azote (N) en%		0,4	0,2	0,1	0,5	0,2
Interprétation valeur azote (N%)		Moyen : Teneur satisfaisante pour de nombreuses cultures, mais pourrait être améliorée.	Faible-Moyen : Teneur limitée mais meilleure que la majorité des échantillons. Peut convenir à certaines cultures moins exigeantes.	Faible : Teneur insuffisante pour la plupart des cultures. Nécessite un apport supplémentaire d'azote.	Bon : Teneur satisfaisante pour la plupart des cultures. Niveau proche de l'optimal pour de nombreuses productions agricoles.	Faible-Moyen : Teneur limitée mais meilleure que certains échantillons. Peut convenir à certaines cultures moins exigeantes.
Valeur Carbon organique total (%)		5,7	3,8	1,5	9,6	6,3
Interprétation valeur COT (%)		Élevé : Excellent niveau de matière organique. Très bonne capacité à retenir l'eau et les nutriments. Structure du sol améliorée.	Moyen-Élevé : Bon niveau de matière organique. Bonne structure du sol et capacité de rétention des nutriments.	Faible : Niveau insuffisant de matière organique. Capacité limitée à retenir l'eau et les nutriments.	Très élevé : Niveau exceptionnel de matière organique. Excellente structure du sol, très bonne rétention d'eau et de nutriments.	Élevé : Excellent niveau de matière organique. Très bonne capacité à retenir l'eau et les nutriments.
Rapport C/N (calculé)		14.25/1=14.3	19/1=19	15/1=15	19.2/1=19.2	31.5/1=31.5
Interprétation rapport C/N		Modérément élevé : Équilibre	Élevé : Décomposition lente	Modérément élevé : Disponibilité	Élevé : Malgré une bonne	Très élevé : Rapport C/N fortement

	relativement bon entre carbone et azote, permettant une disponibilité acceptable de l'azote tout en maintenant un bon niveau	de la matière organique avec immobilisation partielle de l'azote.	est limitée de l'azote, mais meilleure que dans plusieurs autres échantillons.	teneur en azote, le rapport C/N reste élevé en raison du niveau très élevé de carbone. La minéralisation est ralentie.	déséquilibré. Azote fortement immobilisé par les microorganismes. Disponibilité très limitée pour les plantes.
--	--	---	--	--	--

