



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور - الجلفة

Université Ziane Achour – Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master

**Spécialité : Agro écologie**

**Évaluation des paramètres écologiques de deux fermes agricoles  
péri urbaines dans la wilaya de Djelfa : cas de Rous Layoun et  
Ezzaina**

Présenté par :

**ELGUAIZI Moufida Wissal.**

Devant le jury composé de:

|                             |     |              |
|-----------------------------|-----|--------------|
| M. Dahia Mustapha           | Pr  | Président    |
| M. Kacimi Mohamed ElHassani | MAA | Examineur    |
| Mme Kerfaoui Fatoum         | MAA | Examinatrice |
| Mme. Bencherif Karima       | Pr  | Promotrice   |
| M. Trodi Fares              | MCA | Co-Promoteur |

Année universitaire : 2025/2026

## *Remerciement*

*Avant tout, je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné la force, la patience et le courage pour accomplir ce modeste travail.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, et à tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mon parcours universitaire.*

*Mes remerciements les plus respectueux s'adressent également à tous mes enseignants pour leurs efforts, leurs conseils précieux et les connaissances qu'ils nous ont transmises avec générosité et dévouement.*

*Je souhaite aussi adresser mes remerciements les plus chaleureux à ma famille pour son soutien moral, sa patience et ses encouragements permanents, ainsi qu'à mes amis et collègues qui ont toujours été présents à mes côtés.*

*Enfin, j'espère que ce travail sera à la hauteur des attentes et qu'il apportera une contribution utile, même modeste*

### *Dédicace*

*À ma très chère mère, Anissa Mokrani, source infinie d'amour, de tendresse et de sacrifice Aucun mot ne saurait exprimer ma profonde gratitude pour tout ce que tu as fait pour moi. Merci pour ton soutien, ta patience et tes prières qui m'ont toujours accompagné tout au long de mon parcours. Que Dieu te protège et t'accorde une longue vie pleine de bonheur.*

*À mon cher père, Kamel El Guizi, qui a toujours été un exemple de courage, de générosité et de persévérance. Merci pour tous les sacrifices consentis afin de me voir réussir. Que Dieu te garde et te récompense pour tout ce que tu as fait pour moi.*

*À mes chers frères et sœur : Karima, Mohamed et Aymen, en témoignage de mon affection, de mon amour et de ma reconnaissance pour leur soutien et leurs encouragements permanents.*

*Une pensée particulière à Madame Chouia Salma avec mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance pour son aide, ses conseils et son soutien.*

*Je remercie ma tante Makrani Souad et ma grand-mère Hamdoun Saadia pour votre soutien,*

*À tous ceux qui m'aiment et me soutiennent de près ou de loin, je dédie ce modeste travail.*

***ELGUAIZI Moufida Wissal***

## Table des matières

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Remerciement</i> .....                                                              | 2  |
| <i>Dédicace</i> .....                                                                  | 3  |
| <b>INTRODUCTION</b> .....                                                              | 11 |
| <b>CHAPITRE I :</b> .....                                                              | 14 |
| <b>L'AGRICULTURE PERIURBAINE</b> .....                                                 | 14 |
| 1. Un concept pluridisciplinaire et polysémique.....                                   | 15 |
| 2. La complexité de la délimitation de l'espace périurbain .....                       | 15 |
| 3. Les approches de localisation et de délimitation de l'agriculture périurbaine ..... | 16 |
| 3.1. Le rôle des cadres théoriques dans la délimitation du périurbain .....            | 16 |
| 3.2. L'approche par gradient urbain et la notion de distance.....                      | 17 |
| 3.3 La délimitation des espaces périurbains :.....                                     | 18 |
| 3.4 les fonctionnalités de l'agriculture périurbaine.....                              | 18 |
| 04. Dynamiques des espaces périurbains :.....                                          | 19 |
| <b>CHAPITRE 02 :</b> .....                                                             | 20 |
| <b>PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE</b> .....                                           | 20 |
| 2.1 Situation géographique :.....                                                      | 21 |
| 2.2. Localisation et contexte territorial .....                                        | 22 |
| 2.3. Conditions climatiques.....                                                       | 22 |
| 2.4 Etude climatique des deux sites étudiées.....                                      | 22 |
| 2.4.1 Données climatiques de la Ferme d'Ezzaina.....                                   | 22 |
| 2.4.2 Données climatiques de la Ferme de Rous Layoun .....                             | 23 |
| 2.4.3 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен .....                            | 24 |
| 2.4.4. Comparaison climatique et interprétation.....                                   | 26 |
| 2.5.4 Implications agro-écologiques.....                                               | 27 |
| <b>CHAPITRE 03:</b> .....                                                              | 28 |
| <b>MATERIELS ET METHODES</b> .....                                                     | 28 |
| 3.1 Matériels utilisés.....                                                            | 28 |
| 3.2 Méthodes d'échantillonnage.....                                                    | 29 |
| 3.2.1 Plan d'échantillonnage du sol .....                                              | 29 |
| 3.2.2 Analyses agro pédologiques.....                                                  | 29 |
| A. Analyse granulométrique (détermination de la Texture du sol) .....                  | 29 |
| B. Dosage du calcaire total (CaCO <sub>3</sub> ).....                                  | 31 |
| C. Détermination de la matière organique .....                                         | 32 |
| D. Dosage du phosphore dans le sol .....                                               | 34 |

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.3. Dosage des activités enzymatiques et protéiques du sol.....                                           | 34 |
| A. Dosage de la glomaline dans le sol .....                                                                  | 34 |
| B. Evaluation de l'activité enzymatique du sol : dosage de la déhydrogénase : .....                          | 35 |
| 3.3.4. Isolement, quantification et identification des spores des CMA .....                                  | 35 |
| 3.3.5. Détermination du taux de mycorhization .....                                                          | 35 |
| 3.3.6. Dosage des métaux lourds et des minéraux dans le sol.....                                             | 36 |
| 3.2.7. Evaluation de la diversité floristique : .....                                                        | 36 |
| 3.2.8. Analyses statistiques : .....                                                                         | 36 |
| A. Les indices écologiques : .....                                                                           | 37 |
| B. Analyse des composantes principales des données (ACP) : .....                                             | 38 |
| C. Analyses du paysage et analyses des paramètres écologiques des sites d'études : .....                     | 38 |
| CHAPITRE 04 : .....                                                                                          | 39 |
| RESULTATS et DISCUSSION .....                                                                                | 39 |
| 4.1. Analyse granulométrique des sols.....                                                                   | 40 |
| 4.2. Résultats de l'analyse du pH des sols .....                                                             | 41 |
| 4.3. Conductivité électrique et salinité.....                                                                | 41 |
| 4.4. Teneur en carbonates de calcium (CaCO <sub>3</sub> ) .....                                              | 41 |
| 4.5. Teneur en matière organique (M.O.) .....                                                                | 42 |
| 4.6. Tableau comparatif synthétique .....                                                                    | 42 |
| 4.7 Résultats du dosage de Glomaline dans le sol: .....                                                      | 43 |
| 4.8. Résultats du dosage de l'analyse de phosphore dans le sol .....                                         | 44 |
| 4.9. Activité enzymatique du sol DHA.....                                                                    | 45 |
| 4.9. Résultat de l'évaluation du Taux de Mycorhization : .....                                               | 47 |
| 4.10. Dosage des minéraux et des métaux lourds dans le sol.....                                              | 48 |
| 4.10.1. Dosage des minéraux dans le sol : .....                                                              | 48 |
| 4.10.2. Dosage des métaux lourds dans le sol.....                                                            | 48 |
| 4.11 Evaluation de la biodiversité floristique.....                                                          | 49 |
| 4.11.1. Espèces végétales par noms scientifique.....                                                         | 49 |
| 4.11.2 Indices de biodiversité floristique : .....                                                           | 51 |
| A. Analyse de la Richesse (S) et de la Densité/Abondance (N) : .....                                         | 51 |
| B. Structure et Équilibre de la Flore (Shannon, Pielou et Dominance).....                                    | 52 |
| C. Les Indices de Richesse Margalef et Menhinick .....                                                       | 52 |
| 4.11.3 Synthèse comparative entre la diversité floristique des deux fermes : .....                           | 54 |
| 4.12. Diversité des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) dans la rhizosphère des deux fermes : ..... | 55 |
| 4.13. Analyse des composantes principales des données (ACP) : .....                                          | 57 |

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>4.14. Analyse du paysage et des paramètres écologiques :</b>                                         | 59 |
| <b>4.14.1. Analyse du paysage des deux sites :</b>                                                      | 59 |
| <b>4.14.1.1. Paysage de la région d'Ezzaina :</b>                                                       | 59 |
| <b>4.14.1.2. Paysage de la région de Rous Layoun :</b>                                                  | 61 |
| <b>4.15. Evaluation de la qualité biologique des sols : Approche par modélisation Random Forest ...</b> | 62 |
| <b>Discussion.....</b>                                                                                  | 64 |
| <b>Conclusion générale et perspectives .....</b>                                                        | 67 |
| <b>Conclusion générale :</b>                                                                            | 68 |
| <b>Perspectives :</b>                                                                                   | 69 |
| <b>Références Bibliographiques.....</b>                                                                 | 70 |

## Liste des figures

|           |                                                                                                                                                                                                                |    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1  | Domaine de définition de l'agriculture urbaine (Source : Nahmías et Le Caro, 2012).                                                                                                                            | 17 |
| Figure 2  | Délimitation des espaces de l'agriculture périurbaine (Source : Sanz et al. 2017)                                                                                                                              | 18 |
| Figure 3  | Carte de localisation des exploitations agricoles Ezzaina et Rous Layoun.                                                                                                                                      | 21 |
| Figure 4  | Le diagramme ombrothermique de ferme d'Ezzayna                                                                                                                                                                 | 25 |
| Figure 5  | Le diagramme ombrothermique de ferme Rous Layoun                                                                                                                                                               | 25 |
| Figure 6  | Position des stations d'Ezzaina et Rous Layoun sur le Climagramme d'Emberger. Q2 : Quotient pluviométrique d'Emberger, m °C température minimale du mois le plus froid.                                        | 27 |
| Figure 7  | Agitateur rotatif pour la dispersion des suspensions de sol (fermes de Zaina et Ras El Aïoun, Djelfa).                                                                                                         | 30 |
| Figure 8  | Cylindres gradués de sédimentation pour la séparation des fractions argileuses et limoneuses selon la méthode de Robinson.                                                                                     | 30 |
| Figure 9  | Tamissage de la fraction sableuse à 50 µm.                                                                                                                                                                     | 31 |
| Figure 10 | Calcimètre de Bernard : montage pour le dosage volumétrique du calcaire total.                                                                                                                                 | 32 |
| Figure 11 | Fioles à doigt contenant les échantillons de sol (R = Ras El Aïoun, Z = Zaina) avant attaque acide.                                                                                                            | 32 |
| Figure 12 | Four électrique à moufle et bain de sable (Bathisand) pour la calcination des échantillons de sol. Creusets contenant les échantillons de sol avant (A) et après calcination (B).                              | 33 |
| Figure 13 | Résultats du dosage de la glomaline dans le sol.                                                                                                                                                               | 44 |
| Figure 14 | Résultats du dosage de l'analyse de phosphore dans le sol.                                                                                                                                                     | 45 |
| Figure 15 | Activité Enzymatique du sol DHA. Les lettres au-dessus des barres d'erreur (test de comparaison de moyennes de Tukey) indiquent les différences statistiquement significatives au seuil choisi ( $p < 0,05$ ). | 46 |
| Figure 16 | Observation microscopique des racines colorées.                                                                                                                                                                | 47 |
| Figure 17 | Résultats du dosage des métaux lourds dans les deux fermes étudiées.                                                                                                                                           | 49 |
| Figure 18 | des images montrant des plantes trouvées dans la ferme Ezzaina. En hiver (Original).                                                                                                                           | 53 |
| Figure 19 | Des images montrant des plantes trouvées dans la ferme ezzaina En printemps (original).                                                                                                                        | 54 |
| Figure 20 | Des images montrant des plantes trouvées dans la ferme Rous layoun(original).                                                                                                                                  | 54 |
| Figure 21 | Nombre d'individus par espèce de CMA dans les deux fermes (a) : Ezzaina, (b) Rous Layoun.                                                                                                                      | 56 |
| Figure 22 | Résultats de l'ACP. (a)Analyse principales des données de la répartition spatiale des deux fermes, (b) cercle des corrélations entre les paramètres étudiés.                                                   | 58 |
| Figure 23 | Bloque Diagramme de la région d'Ezzaina.                                                                                                                                                                       | 60 |
| Figure 24 | Bloc diagramme de la région de Rous Layoun.                                                                                                                                                                    | 61 |
| Figure 25 | Classement par importance des descripteurs.                                                                                                                                                                    | 63 |

## Liste des Tables

|                     |                                                                                       |           |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tableau 1</b>    | <b>donnes climatiques mensuelles de station Ezzayna .....</b>                         | <b>22</b> |
| <b>Tableau 2</b>    | <b>donnes climatiques mensuelles de station Rous layoun .....</b>                     | <b>23</b> |
| <b>Tableau 3</b>    | <b>synthèse comparative entre les paramètres climatiques des deux fermes.....</b>     | <b>26</b> |
| <b>Tableau 4</b>    | <b>analyse granulométrique des sols des fermes Ezzaina et Rous layoun .....</b>       | <b>40</b> |
| <b>Tableau 5</b>    | <b>Résultats de l'analyse du ph des sols de Ezzaina et Rous layon.....</b>            | <b>41</b> |
| <b>Tableau 6</b>    | <b>Résultats de la conductivité électrique (CE) .....</b>                             | <b>41</b> |
| <b>Tableau 7 :</b>  | <b>Teneur en carbonates de calcium des sols des deux fermes étudiées .....</b>        | <b>41</b> |
| <b>Tableau 8 :</b>  | <b>Teneur en matière organique des sols des deux fermes étudiées .....</b>            | <b>42</b> |
| <b>Tableau 9 :</b>  | <b>Tableau comparatif synthétique.....</b>                                            | <b>42</b> |
| <b>Tableau 10 :</b> | <b>Récapitulatif des taux de mycorhization.....</b>                                   | <b>47</b> |
| <b>Tableau 11 :</b> | <b>Résultats des analyses de potassium et sodium .....</b>                            | <b>48</b> |
| <b>Tableau 12 :</b> | <b>Liste des espèces floristiques identifiée par site et par saison .....</b>         | <b>50</b> |
| <b>Tableau 13 :</b> | <b>Comparaison des indices de biodiversité entre les deux fermes par saison .....</b> | <b>51</b> |
| <b>Tableau 14 :</b> | <b>Flore saisonnière des exploitations de Rous Layoun et ezzaina.....</b>             | <b>55</b> |
| <b>Tableau 15 :</b> | <b>les indices de biodiversité des spores de CMA isolée des deux fermes .....</b>     | <b>57</b> |

## Liste des abréviations

|                                   |                                                                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A%</b>                         | Pourcentage d'arbuscules (structures d'échange nutritif des CMA) ...               |
| <b>AAS</b>                        | Atomic Absorption Spectrophotometry — Spectrophotométrie d'absorption atomique ... |
| <b>AFNOR</b>                      | Association Française de Normalisation — Normes d'analyse des sols ...             |
| <b>BSA</b>                        | Bovine Serum Albumin — Sérum-albumine bovine (étalon pour dosage Bradford) ...     |
| <b>°C</b>                         | Degré Celsius — Unité de température ...                                           |
| <b>CaCO<sub>3</sub></b>           | Carbonate de calcium — Teneur en calcaire total du sol ...                         |
| <b>CE</b>                         | Conductivité Électrique — Indicateur de la salinité du sol ...                     |
| <b>cm</b>                         | Centimètre — 10 <sup>-2</sup> mètre ...                                            |
| <b>CMA</b>                        | Champignons Mycorhiziens Arbusculaires (Arbuscular Mycorrhizal Fungi) ...          |
| <b>CNTP</b>                       | Conditions Normales de Température et de Pression ...                              |
| <b>CO<sub>2</sub></b>             | Dioxyde de carbone ...                                                             |
| <b>Cu</b>                         | Cuivre — Élément oligo-élément ...                                                 |
| <b>D</b>                          | Indice de Simpson — Probabilité d'interspécificité ...                             |
| <b>DHA</b>                        | Déshydrogénase — Activité enzymatique du sol ...                                   |
| <b>E</b>                          | Équitabilité — Distribution homogène des individus entre espèces ...               |
| <b>ERA5</b>                       | Fifth generation ECMWF atmospheric reanalysis — Réanalyse climatique globale ...   |
| <b>Fe</b> Fer —                   | Élément oligo-élément ...                                                          |
| <b>g</b>                          | Gramme ...                                                                         |
| <b>GRSP</b>                       | Glomalin-Related Soil Protein — Protéines de sol liées aux glomalines ...          |
| <b>H'</b>                         | Indice de Shannon-Wiener — Mesure de la diversité spécifique ...                   |
| <b>H%</b>                         | Taux de mycorhization total (Hyphae + Arbuscules + Vésicules) ...                  |
| <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b> | Peroxyde d'hydrogène ...                                                           |
| <b>HCl</b>                        | Acide chlorhydrique ...                                                            |
| <b>HNO<sub>3</sub></b>            | Acide nitrique ...                                                                 |
| <b>ISO</b>                        | International Organization for Standardization — Normes internationales ...        |
| <b>J'</b>                         | Équitabilité de Pielou — Rapport H'/ln(S) ...                                      |
| <b>K</b>                          | Potassium — Élément nutritif majeur ...                                            |
| <b>kg</b>                         | Kilogramme — 10 <sup>3</sup> grammes ...                                           |
| <b>km</b>                         | Kilomètre — 10 <sup>3</sup> mètres ...                                             |
| <b>KOH</b>                        | Hydroxyde de potassium ...                                                         |

|               |                                                                                          |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>L</b>      | Litre . .                                                                                |
| <b>m</b>      | Mètre . . .                                                                              |
| <b>M.O.</b>   | Matière Organique — Fraction organique du sol . . .                                      |
| <b>mg</b>     | Milligramme — $10^{-3}$ gramme . . .                                                     |
| <b>mg/kg</b>  | Milligramme par kilogramme — Unité de concentration (ppm) . . .                          |
| <b>mL</b>     | Millilitre — $10^{-3}$ litre . . .                                                       |
| <b>mm</b>     | Millimètre — Unité de précipitation . . .                                                |
| <b>Mn</b>     | Manganèse — Élément oligo-élément . . .                                                  |
| <b>N</b>      | Abondance totale — Nombre total d'individus . . .                                        |
| <b>N</b>      | Azote — Élément nutritif majeur . . .                                                    |
| <b>Na</b>     | Sodium — Élément minéral . . .                                                           |
| <b>ni</b>     | Nombre d'individus de l'espèce i . . .                                                   |
| <b>nm</b>     | Nanomètre — $10^{-9}$ mètre (longueur d'onde) . . .                                      |
| <b>P</b>      | Phosphore — Élément nutritif majeur . . .                                                |
| <b>PGPR</b>   | Plant Growth-Promoting Rhizobacteria — Bactéries promotrices de la croissance végétale . |
| <b>pH</b>     | Potentiel hydrogène — Indicateur d'acidité/basicité du sol . . .                         |
| <b>pi</b>     | Abondance relative — $n_i/N$ . . .                                                       |
| <b>Q2</b>     | Indice d'Emberger — Quotient pluviométrique bioclimatique . . .                          |
| <b>rpm</b>    | Rotations par minute . . .                                                               |
| <b>S</b>      | Richesse spécifique — Nombre total d'espèces recensées . . .                             |
| <b>TPF</b>    | Triphenylformazan — Produit de réduction du TTC . . .                                    |
| <b>TTC</b>    | Chlorure de triphényl tétrazolium . . .                                                  |
| <b>USDA</b>   | United States Department of Agriculture — Classification texturale des sols . . .        |
| <b>V%</b>     | Pourcentage de vésicules (structures de stockage des CMA) . . .                          |
| <b>xg</b>     | Force gravitationnelle relative — Unité de centrifugation . . .                          |
| <b>Zn</b>     | Zinc — Élément oligo-élément . . .                                                       |
| <b>µg/g/h</b> | Microgramme par gramme par heure — Unité d'activité enzymatique . . .                    |
| <b>µm</b>     | Micromètre — $10^{-6}$ mètre . . .                                                       |
| <b>µS/cm</b>  | Microsiemens par centimètre — Unité de conductivité électrique . . .                     |

# INTRODUCTION

L'agriculture périurbaine constitue aujourd'hui un espace stratégique situé à l'interface entre les zones urbaines et rurales. Elle est fortement influencée par l'expansion des villes, qui entraîne une transformation progressive des terres agricoles et une concurrence accrue entre les différents usages du sol. Ces espaces sont ainsi caractérisés par une forte dynamique foncière et des interactions complexes entre activités agricoles, pressions urbaines et enjeux environnementaux.

Dans ce contexte, les exploitations agricoles périurbaines jouent un rôle multifonctionnel important. Elles assurent non seulement une fonction de production alimentaire, mais contribuent également à la préservation des paysages, au maintien de la biodiversité et à la régulation des écosystèmes. Cependant, ces systèmes agricoles sont soumis à des pressions croissantes liées à l'urbanisation, à l'intensification des pratiques agricoles et à la dégradation des sols (**Sanzetal.,2017**).

La rhizosphère, zone du sol directement influencée par les racines des plantes, constitue un hotspot de biodiversité microbienne essentiel au fonctionnement des agroécosystèmes. Parmi les micro-organismes qui la colonisent, les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) occupent une place prépondérante. Ces symbiotes fongiques forment des associations mutualistes avec plus de 80% des espèces végétales terrestres, améliorant considérablement l'acquisition des nutriments (notamment le phosphore et l'azote) et l'absorption hydrique par les plantes hôtes (**Van der Heijden et al., 2008 ; Philippot et al., 2013**).

Les CMA produisent une glycoprotéine appelée glomaline (ou protéines de sol liées aux glomalines, GRSP), qui contribue significativement à l'aggrégation des sols, à la stabilisation de la matière organique et à la séquestration du carbone. Cette protéine, thermostable et résistante à la dégradation, représente jusqu'à 30-40% du carbone organique du sol dans certains écosystèmes (**Wahab, A., et al ., 2023**) L'évaluation de la glomaline constitue donc un indicateur pertinent de la qualité biologique des sols et de l'activité mycorhizienne.

L'activité microbienne du sol, mesurée notamment par l'activité déshydrogénasique (DHA), reflète l'intensité des processus métaboliques des micro-organismes et constitue un biomarqueur sensible de la santé biologique des sols. Cette enzyme, composante essentielle de la chaîne respiratoire

microbienne, permet d'évaluer la réponse des communautés microbiennes aux stress environnementaux (sécheresse, chaleur, perturbations agricoles) (**Tabatabai 1982**).

La connaissance de la diversité floristique naturelle est fondamentale pour déterminer la vocation agricole et écologique des exploitations agricoles avant leur utilisation . L'inventaire des espèces végétales, qu'elles soient cultivées, spontanées ou invasives, permet de caractériser : la pression adventice et les besoins en gestion phytosanitaire ; la qualité écologique des sols à travers l'indicateur flore ; le potentiel fourrager pour les systèmes mixtes agriculture-élevage ; et la résilience écologique de l'agroécosystème face aux perturbations climatiques. (**Storkey, J., et al. 2015**)

Ainsi, cette étude s'inscrit dans une démarche d'écologie appliquée visant à évaluer et comparer les caractéristiques écologiques de deux exploitations agricoles périurbaines situées respectivement dans les périphéries sud et nord de la commune de Djelfa. Le choix des sites d'étude, Rous Layoun et Ezzayna, repose principalement sur leur position par rapport à l'Oued Mellah : la première exploitation est localisée en amont de l'oued, dans la partie sud de la commune, tandis que la seconde est située en aval, dans la périphérie nord. Cette configuration spatiale offre un cadre pertinent pour analyser l'influence potentielle des rejets véhiculés par l'Oued Mellah sur le fonctionnement et les performances des systèmes agricoles concernés. Dans cette perspective, la problématique centrale de cette étude consiste à déterminer si les rejets de l'Oued Mellah affectent les composantes biologiques et les potentialités agricoles des exploitations étudiées. Pour répondre à cette question, les objectifs suivants ont été définis : (i) évaluer la biodiversité floristique et rhizosphérique des deux exploitations ; (ii) identifier et caractériser d'éventuelles sources de pollution ; et (iii) apprécier le potentiel agricole périurbain de la commune de Djelfa afin de proposer des mesures d'aménagement et de gestion adaptées, dans une optique de durabilité des systèmes agricoles périurbains.

Ce mémoire est structuré en une introduction générale suivit par un premier chapitre dédié à définir le concept de l'agriculture périurbaine. Le deuxième chapitre est consacré à présenter la zone d'étude avant d'entamer les étapes expérimentales réalisées au cours de ce travail. Le chapitre 4 a été consacré à la présentation des résultats et leur discussion. Et la fin une conclusion générale résume l'utilité de l'étude et les perspectives envisagées.

# **CHAPITRE I :**

## **L'AGRICULTURE PERIURBAINE**

## 1. Un concept pluridisciplinaire et polysémique

L'agriculture périurbaine se situe à l'intersection de plusieurs disciplines, notamment la géographie sociale, l'agronomie, l'économie et l'aménagement du territoire. Elle implique également une diversité d'acteurs aux intérêts variés, tels que les agriculteurs, les urbanistes et les institutions publiques. En raison de cette diversité d'approches et de contextes, il n'existe pas de définition universelle du concept. La littérature scientifique propose ainsi une pluralité de définitions, qui varient selon les cadres d'analyse, les réalités géographiques et les objectifs des chercheurs **(Robineau, 2013)**.

Les travaux existants s'accordent généralement sur deux critères fondamentaux pour définir l'agriculture périurbaine : la localisation spatiale et les fonctions qu'elle remplit **(Ba et Moustier, 2010 ; Dabat et al., 2006 ; Moustier et Pagès, 1997 ; Nahmías et Le Caro, 2012 ; Robineau, 2013)**.

Le premier critère, celui de la localisation, renvoie à la position de cette agriculture par rapport à la ville. **Donadieu et Fleury (1997)** la définissent comme une agriculture située en périphérie urbaine, conformément à son sens étymologique. Dans la même perspective, **Michel (1999)** considèrent qu'elle englobe les activités agricoles localisées à la fois dans la ville et dans ses marges, rejoignant ainsi la notion anglo-saxonne d'« agriculture urbaine ».

Ainsi, un consensus relatif existe quant à l'ancrage spatial de l'agriculture périurbaine dans les zones périphériques des villes, position soutenue par plusieurs auteurs **(Ba et Aubry, 2011 ; Aubry, 2014 ; Mougeot, 2000 ; Nahmías et Le Caro, 2012)**.

## 2. La complexité de la délimitation de l'espace périurbain

Malgré cet accord sur la localisation générale, la délimitation précise de l'espace périurbain demeure sujette à débat. Contrairement à l'espace intra-urbain, clairement identifié à l'intérieur du tissu urbain, le périurbain se caractérise par une zone de transition entre la ville et le milieu rural, ce qui rend sa définition plus complexe.

Plusieurs auteurs ont ainsi proposé différentes terminologies pour désigner cet espace intermédiaire. **Mougeot (2000)** évoque la « frange » ou le « périurbain », tandis que **la FAO (1996)** utilise les termes « around » ou « péri-urbain ». D'autres expressions apparaissent également dans la littérature, telles que «périphérie», «boundaries » ou encore «surroundings» **(Mougeot, 2000)**.

Cette diversité terminologique reflète la difficulté à circonscrire un espace dynamique, évolutif et hybride, situé à la jonction des logiques urbaines et rurales.

### 3. Les approches de localisation et de délimitation de l'agriculture périurbaine

Dans la littérature, la localisation de l'agriculture périurbaine est appréhendée à travers plusieurs approches complémentaires, reflétant la diversité des cadres d'analyse et des objectifs de recherche.

D'une part, certains auteurs privilégient une approche fondée sur le territoire administratif ou l'espace politique géré par les collectivités territoriales (**Ba, 2009 ; Temple et Moustier, 2004**). Dans cette perspective, la délimitation du périurbain correspond aux limites institutionnelles définies par les autorités locales.

D'autre part, la localisation peut être déterminée en fonction des institutions et des finalités de recherche (**Ba, 2009 ; Franck, 2007**), ce qui implique une adaptation des critères spatiaux selon les problématiques étudiées. Par ailleurs, une approche spatiale plus classique consiste à définir l'agriculture périurbaine en fonction de sa distance par rapport à la ville-centre. À ce titre, **Moustier et Pagès (1997)** situe généralement les zones de production périurbaines dans un rayon compris entre 30 et 50 km autour du centre urbain. Enfin, certains travaux intègrent des variables économiques et fonctionnelles, telles que la rente foncière et la distance-temps par rapport aux pôles d'emploi (**Sanz et al., 2017**), mettant ainsi en évidence les dynamiques d'accessibilité et de pression urbaine.

#### 3.1. Le rôle des cadres théoriques dans la délimitation du périurbain

L'approche basée sur les territoires administratifs s'appuie souvent sur des fondements théoriques issus de l'économie spatiale. Ainsi, **Ba (2009)**, en se référant aux travaux de **Temple et Moustier (1999)**, mobilise la théorie des cercles concentriques développée par l'économiste Johann Heinrich von Thünen.

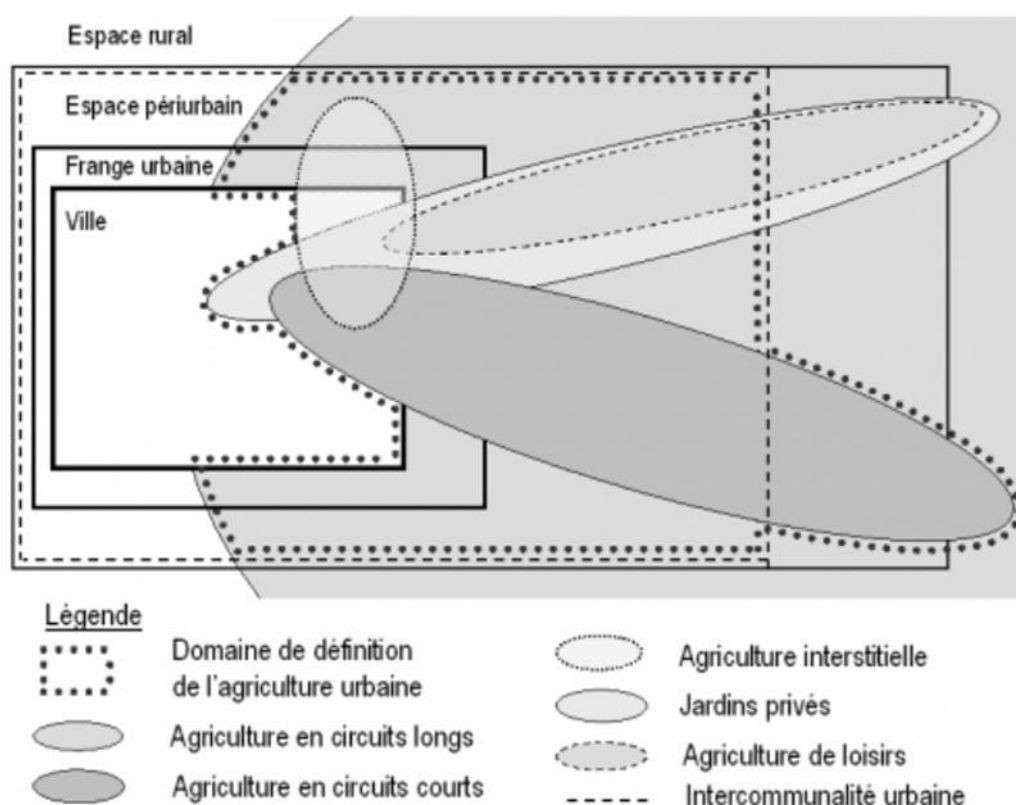
Selon cette approche, l'espace périurbain correspond à une zone où s'exercent des tensions entre usages concurrents du foncier et du travail, notamment entre les dynamiques d'urbanisation et les activités agricoles. Dans ce cadre, l'aire de production agricole périurbaine est délimitée à partir des subdivisions administratives, telles que les arrondissements des communes appartenant à une communauté urbaine.

### 3.2. L'approche par gradient urbain et la notion de distance

Une autre manière d'appréhender l'espace périurbain repose sur la notion de gradient centre-périphérie. Dans cette optique, **Nahmias et Le Caro (2012)** soulignent que ce gradient permet d'établir une hiérarchisation des espaces agricoles en fonction de leur degré d'urbanité.

Cette approche met en évidence l'existence de zones intermédiaires caractérisées par des effets de frontière, à la fois morphologiques (liés à la forme urbaine) et institutionnels (liés aux limites administratives). Ces effets sont particulièrement marqués dans la frange urbaine et aux limites des territoires intercommunaux.

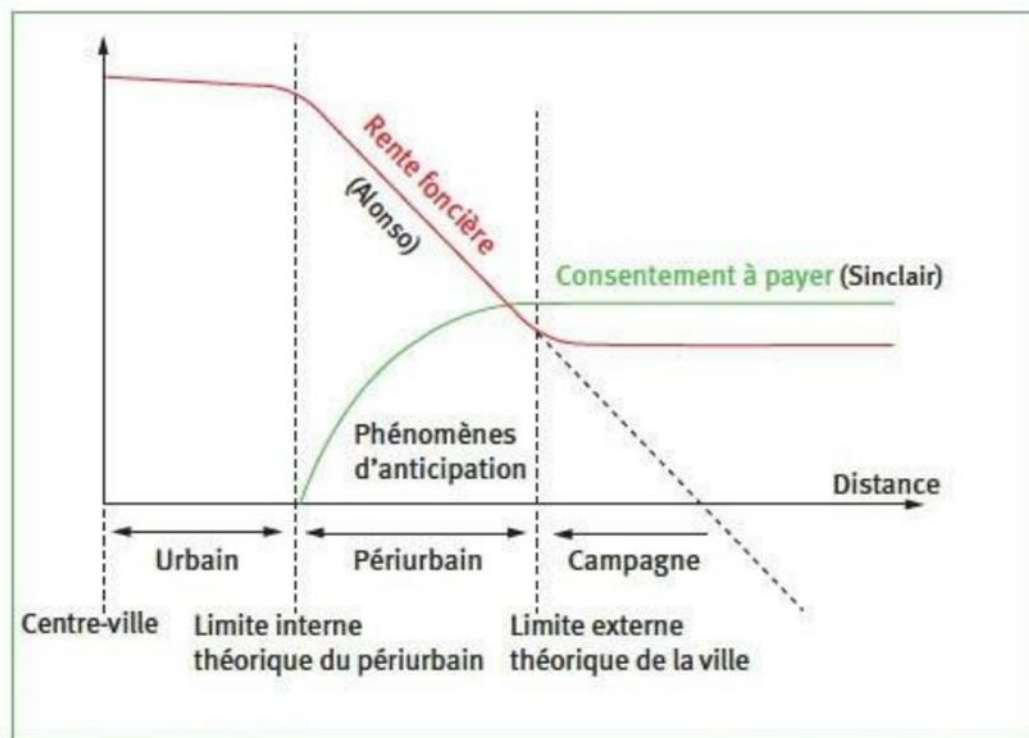
Ainsi, la délimitation de l'agriculture périurbaine ne repose pas sur un critère unique, mais sur une combinaison d'indicateurs spatiaux, économiques et institutionnels, permettant de mieux saisir la complexité et la dynamique de ces espaces de transition entre ville et **campagne (Nahmias et Le Caro, 2012)**.



*Figure 1* **Domaine de définition de l'agriculture urbaine (Source : Nahmías et Le Caro, 2012).**

### 3.3 La délimitation des espaces périurbains :

La délimitation des espaces périurbains dépend des facteurs locaux, des infrastructures de transport ainsi que des logiques économiques liées au foncier et aux coûts de déplacement. Ainsi, l'espace périurbain se situe entre la ville dense et les zones rurales accessibles en environ 45 minutes depuis les principaux pôles d'emploi. Les distances varient selon chaque contexte urbain ; dans cette étude, les zones agricoles périurbaines sont localisées entre 20 et 30 km du centre urbain (**Temple et Moustier, 2004 ; Sanz et al., 2017 ; Mbogning, 2017**).



*Figure 2 Délimitation des espaces de l'agriculture périurbaine (Source : Sanz et al. 2017)*

### 3.4 les fonctionnalités de l'agriculture périurbaine

Le deuxième critère fondamental retenu dans les définitions de l'agriculture périurbaine concerne ses fonctionnalités, c'est-à-dire les rôles qu'elle joue en lien avec la ville.

Dans cette perspective, **Donadieu et Fleury (1997)** soulignent que l'agriculture périurbaine, bien que localisée en périphérie urbaine, peut entretenir différents types de relations avec la ville. Ces relations peuvent être limitées à une simple proximité spatiale (rapport de mitoyenneté), ou au contraire s'inscrire dans une interaction fonctionnelle réciproque. Dans ce dernier cas, l'agriculture

s'intègre pleinement au système urbain, participant ainsi au processus d'urbanisation. Les espaces agricoles et bâtis forment alors un ensemble cohérent constituant le territoire de la ville.

Dans la même logique, **Morell (2020)** mettent l'accent sur la destination des productions agricoles. Ils considèrent que l'agriculture périurbaine est une activité localisée en périphérie dont les produits sont principalement destinés à approvisionner la ville. Elle se caractérise également par l'existence d'une concurrence entre usages agricoles et usages urbains non agricoles des ressources.

De ce fait, **Moustier et Pagès (1997)** définissent l'agriculture périurbaine comme une activité dont les ressources (foncier, travail, eau) et les produits peuvent être mobilisés à des fins urbaines. Cette définition insiste sur l'imbrication étroite entre les dynamiques agricoles et urbaines. **Ba et Aubry (2011)** mettent en évidence l'importance des fonctions remplies par l'agriculture périurbaine dans sa reconnaissance institutionnelle.

Ils expliquent que les services spécifiques rendus par l'agriculture urbaine à la ville, tels que l'approvisionnement alimentaire, la préservation des espaces ouverts, ou encore les fonctions environnementales et sociales, justifient son maintien. Ces fonctions, difficilement substituables par d'autres usages du sol, constituent un argument majeur pour les décideurs publics et les planificateurs urbains en faveur de sa protection.

Cette approche fonctionnelle permet de dépasser une simple fonction spatiale de l'agriculture périurbaine, et met en lumière son rôle stratégique dans les dynamiques urbaines contemporaines (**Salvador et al., 2021**).

#### **04. Dynamiques des espaces périurbains :**

Les espaces périurbains se caractérisent par des conflits d'usages liés à leur position intermédiaire entre ville et campagne, à la pression foncière et à la spéculation immobilière, ce qui entraîne une concurrence entre usages agricoles, résidentiels et économiques. Cette situation est renforcée par l'attractivité de ces espaces, due au coût accessible du foncier et à la recherche d'un meilleur cadre de vie, provoquant une artificialisation progressive des terres agricoles et une fragilisation de l'agriculture périurbaine (**Temple et Moustier, 2004 ; Sanz et al., 2017 ; Serrano, 2015**). Dans ce contexte, l'agriculture périurbaine se définit comme une forme d'occupation de l'espace marquée par la proximité entre production agricole et consommation urbaine, où la concurrence entre usages agricoles et non agricoles constitue une source majeure de tensions et d'instabilité (**Moustier et Pagès, 1997 ; Mpié Simba, 2022**).

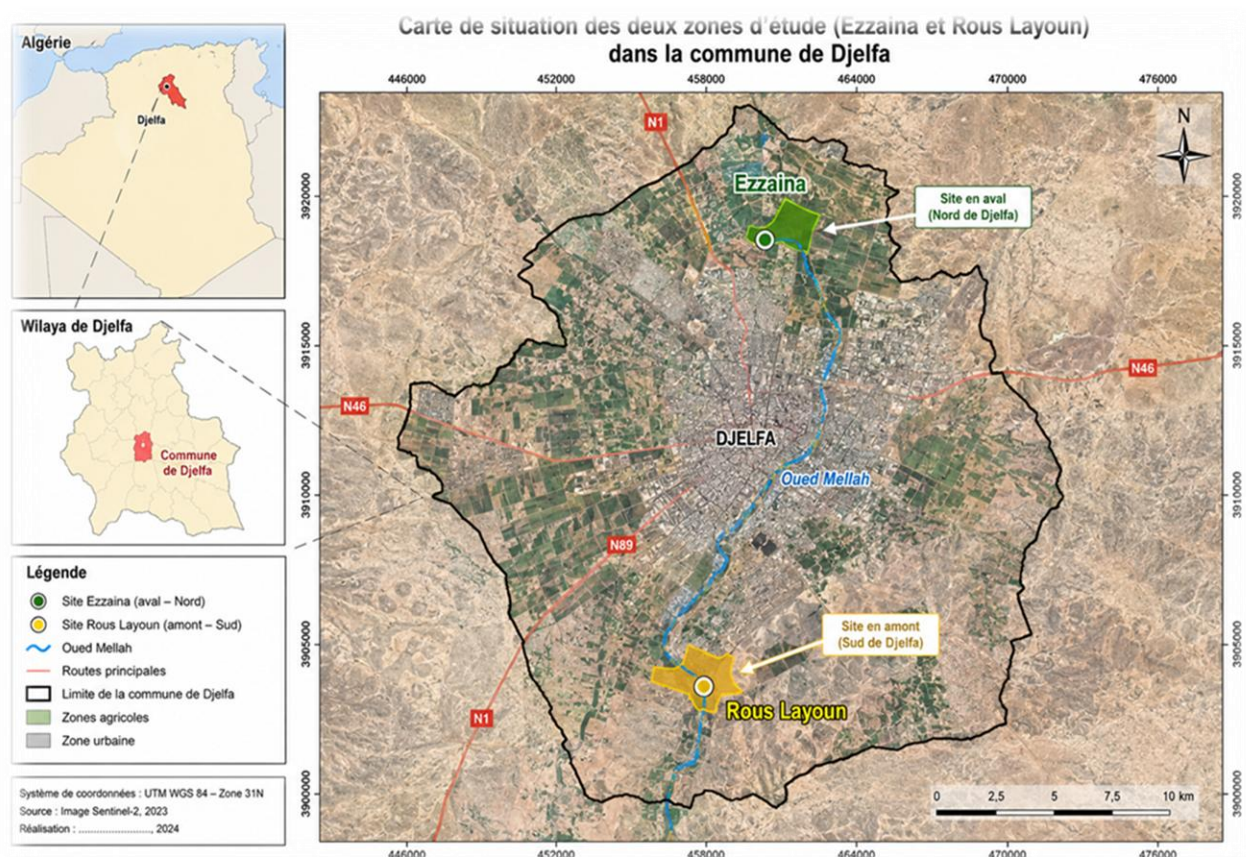
## **CHAPITRE 02 :**

### **PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.**

La présente étude porte sur deux exploitations agricoles situées en milieu périurbain dans la commune de Djelfa, une région appartenant aux Hauts Plateaux steppiques algériens. Cet espace se caractérise par une forte fragilité écologique, une pression anthropique croissante et des conditions climatiques contraignantes. Dans ce contexte, la compréhension du cadre géographique et agro écologique des exploitations étudiées est essentielle pour analyser les paramètres écologiques et les dynamiques de production agricole (Mekkaoui ; 2025)

## 2.1 Situation géographique :

Les exploitations agricoles Rous Layoun et Ezzaina sont localisées dans les périphéries nord et sud de la commune de Djelfa toute les deux à moins de 1km d'oued Mellah dans ces côtes en aval et en amont. La carte représentée dans la figure N°03 représente avec précision la situation géographique des deux fermes péri-urbaines étudiées.



**Figure 3 Carte de localisation des exploitations agricoles Ezzaina et Rous Layoun**

## 2.2. Localisation et contexte territorial

Les exploitations agricoles étudiées, **Rous Layoun** et **Ezzaina**, sont situées dans la wilaya de Djelfa, au centre de l'Algérie, au sein des Hauts Plateaux steppiques. Cette région constitue une zone de transition entre le nord tellien et le sud saharien, caractérisée par une forte sensibilité écologique et des conditions climatiques contraignantes (**Taibaoui et al., 2025**). La wilaya de Djelfa est reconnue pour son caractère agro-pastoral dominant, où les activités agricoles sont fortement influencées par les contraintes naturelles et la disponibilité limitée des ressources (**Houari et al., 2020**).

La localisation périurbaine des deux exploitations les place à proximité immédiate du tissu urbain de Djelfa, ce qui les soumet à la pression de l'urbanisation et aux dynamiques foncières liées à l'expansion de la ville (**Taibaoui et al., 2025**). Cette position intermédiaire entre espace urbain et rural favorise l'émergence de systèmes agricoles hybrides, combinant agriculture et élevage, adaptés aux conditions steppiques et aux contraintes économiques locales. Par ailleurs, les espaces périurbains se caractérisent par une forte concurrence entre usages agricoles et non agricoles, renforçant la transformation progressive des terres agricoles (**Houari et al., 2020**). Enfin, les conditions bioclimatiques arides à semi-arides de la région contribuent à la fragilité des écosystèmes et influencent fortement les systèmes de production agricole (**Taibaoui et al., 2025**).

## 2.3. Conditions climatiques

La wilaya de Djelfa, située à une altitude moyenne de 1 200 m sur les Hauts Plateaux steppiques algériens, relève du climat semi-aride continental selon la classification de Köppen-Geiger (type BSk). Cette typologie se justifie par un déficit hydrique structurel combiné à des températures annuelles moyennes inférieures à 18 °C (**Taibaoui et al., 2025**). Les données de la station météorologique de Djelfa indiquent une température annuelle moyenne de 14–15 °C, avec une amplitude thermique saisonnière très élevée (~22 °C), caractéristique du continentalité des Hauts Plateaux (**Gaci, 2022**).

## 2.4 Etude climatique des deux sites étudiées

### 2.4.1 Données climatiques de la Ferme d'Ezzaina

La ferme Ezzaina est située à une altitude d'environ 1250 m, en position légèrement plus méridionale. Les paramètres climatiques de cette zone sont représentés dans le tableau N°01.

*Tableau 1 donnees climatiques mensuelles de station Ezzayna*

| Mois             | T° Min<br>(°C) | T° Moy<br>(°C) | T° Max<br>(°C) | Précip.<br>(mm) | Jours pluie | Type        |
|------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|-------------|
| <b>Janvier</b>   | 1.2            | 6.2            | 11.2           | 16.5            | 3.1         | Pluie/Neige |
| <b>Février</b>   | 2.4            | 7.8            | 13.2           | 10.8            | 3.0         | Pluie       |
| <b>Mars</b>      | 5.0            | 11.4           | 17.8           | 19.5            | 3.5         | Pluie       |
| <b>Avril</b>     | 7.8            | 15.2           | 22.6           | 25.2            | 4.0         | Pluie       |
| <b>Mai</b>       | 11.5           | 19.9           | 28.3           | 21.8            | 3.8         | Pluie/Orage |
| <b>Juin</b>      | 16.0           | 25.4           | 34.8           | 11.2            | 2.2         | Pluie/Orage |
| <b>Juillet</b>   | 19.8           | 28.9           | 38.0           | 2.8             | 1.3         | Pluie rare  |
| <b>Août</b>      | 19.5           | 28.3           | 37.1           | 7.2             | 2.4         | Pluie rare  |
| <b>Septembre</b> | 16.2           | 23.7           | 31.2           | 23.5            | 3.8         | Pluie/Orage |
| <b>Octobre</b>   | 10.8           | 17.8           | 24.8           | 28.8            | 3.9         | Pluie       |
| <b>Novembre</b>  | 5.4            | 11.5           | 17.6           | 20.5            | 3.7         | Pluie       |
| <b>Décembre</b>  | 2.0            | 7.4            | 12.8           | 17.2            | 3.2         | Pluie/Neige |

**Indice d'Emberger:  $Q2 = 2000 \times 205.0 / [(38.0 + 1.2 + 564.4) \times (38.0 - 1.2)] = 18.5$**

**Classification de l'étage bioclimatique : semi-aride a hiver Frais**

T° = Température ; Min = minimale ; Moy = moyenne ; Max = maximale ; Précip. = Précipitations (mm) ; Jours pluie = Nombre de jours de pluie.

Les paramètres climatiques représentés dans le tableau N° 1 nous permettent de déduire que la région du lieudit Ezzaina se caractérise par une précipitation annuelle de 205.0 mm, répartie sur 38 jours par an, ce qui est typique d'une zone steppique. Les températures maximales et minimales varient entre 38.0°C (**Juillet**) et 1.2°C (**Janvier**), ce qui nous amène à supposer que cette zone reflète un hiver doux dépourvu de période de gel.

#### **2.4.2 Données climatiques de la Ferme de Rous Layoun**

La ferme **Rous layoun** est située à une altitude d'environ 1180 m. Les paramètres climatiques de la ferme étudiées sont représentées dans le tableau N°02

*Tableau 2 donnees climatiques mensuelles de station Rous layoun*

| Mois      | T°<br>(°C) | Min | T°<br>(°C) | Moy | T°<br>(°C) | Max | Précip.<br>(mm) | Jours<br>pluie | Type        |
|-----------|------------|-----|------------|-----|------------|-----|-----------------|----------------|-------------|
| Janvier   | 2.0        |     | 7.0        |     | 12.2       |     | 20.5            | 3.5            | Pluie/Neige |
| Février   | 3.2        |     | 8.6        |     | 14.0       |     | 13.8            | 3.4            | Pluie       |
| Mars      | 5.8        |     | 12.2       |     | 18.8       |     | 24.7            | 4.1            | Pluie       |
| Avril     | 8.4        |     | 16.0       |     | 23.6       |     | 31.6            | 4.6            | Pluie       |
| Mai       | 12.1       |     | 20.7       |     | 29.3       |     | 27.4            | 4.4            | Pluie/Orage |
| Juin      | 16.4       |     | 26.2       |     | 36.0       |     | 14.4            | 2.6            | Pluie/Orage |
| Juillet   | 20.4       |     | 29.7       |     | 39.0       |     | 3.6             | 1.7            | Pluie rare  |
| Août      | 20.1       |     | 29.1       |     | 38.1       |     | 9.8             | 2.8            | Pluie rare  |
| Septembre | 16.8       |     | 24.5       |     | 32.2       |     | 29.1            | 4.2            | Pluie/Orage |
| Octobre   | 11.6       |     | 18.6       |     | 25.6       |     | 35.4            | 4.3            | Pluie       |
| Novembre  | 6.2        |     | 12.3       |     | 18.4       |     | 25.0            | 4.1            | Pluie       |
| Décembre  | 2.8        |     | 8.2        |     | 13.6       |     | 21.6            | 3.6            | Pluie/Neige |

**Indice Q2 (Emberger) :  $Q2 = 2000 \times 256.9 / [(39.0 + 2.0 + 564.4) \times (39.0 - 2.0)] = 22.9$**

**Classification : Semi-aride à hiver Frais**

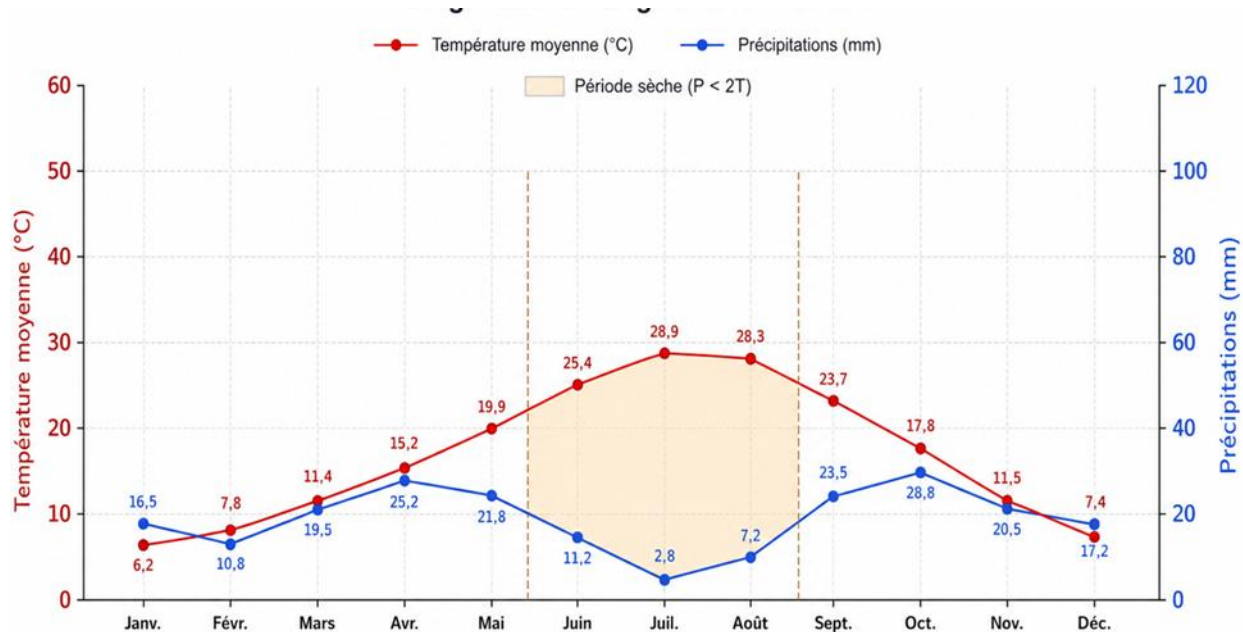
T° = Température ; Min = minimale ; Moy = moyenne ; Max = maximale ; Précip. = Précipitations (mm) ; Jours pluie = Nombre de jours de pluie

Les données du tableau N°2 nous permettent de distinguer une Précipitations annuelles de 256.9 mm; répartie sur 42 jours ; ce qui est dans l'intervalle de précipitations qui caractérisent les régions steppique. Le températures maximale et minimales varie entre 39.0°C et 2.0°C ce qui suggere un hiver doux ce qui est confirmé par la classification d'Emberger qui situe cette zone dans un étage bioclimatique semi-aride a hiver Frais .

#### 2.4.3 Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

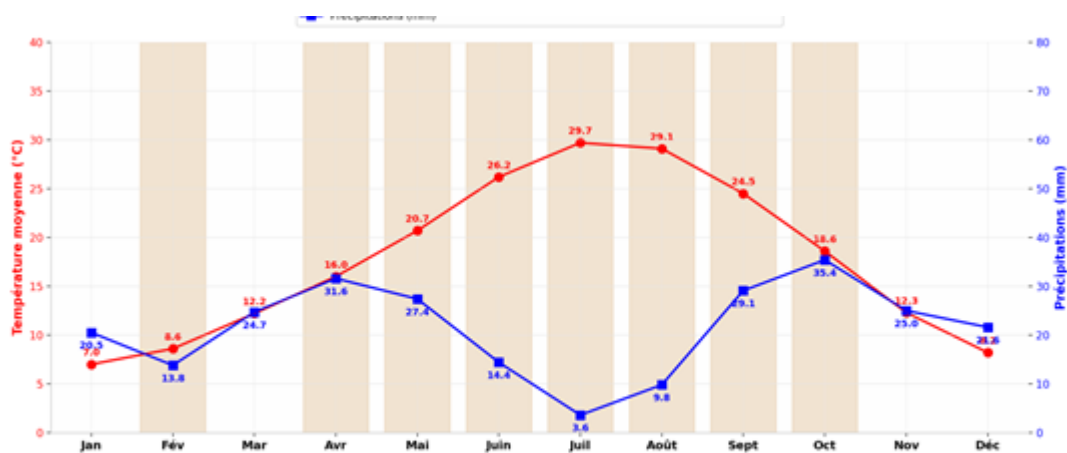
Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen permet de visualiser les relations entre température et précipitations mensuelles. La règle de base est que lorsque la température moyenne (en °C) multipliée par 2 dépasse les précipitations (en mm), la période est considérée comme sèche.

Le diagramme ombrothermique de ferme d'Ezzayna est représenté dans la figure N°04. Le diagramme indique que la période sèche dans cette région s'étale de la mi-février à la fin du mois d'octobre avec une accentuation de cette période entre la mi-Mai et la mi-Août.



*Figure 4 Le diagramme ombrothermique de ferme d'Ezzayna*

Les données de précipitations et de température de la ferme de Rous Layoun nous ont permis de tracer le diagramme ombrothermique représenté dans la figure 5 à partir de ce diagramme nous pouvons définir deux périodes sèches, une période courte entre février et mars et une plus prononcée entre la mi-avril et la mi-octobre.



*Figure 5 Le diagramme ombrothermique de ferme Rous Layoun*

#### 2.4.4. Comparaison climatique et interprétation

A partir des données climatiques principales nous avons réalisé une synthèse comparative entre les paramètres climatiques des deux fermes représentées dans le tableau N°03. Malgré leur localisation climatique dans la même classe les deux fermes représentent des divergences climatiques, notamment dans le paramètre précipitation qui diffère de 51,9 mm entre les deux sites. La zone de Rous Layoun située au sud de la commune de Djelfa s'est révélée plus pluvieuse que la zone d'Ezzaina situé au nord. D'un autre côté la température maximale est supérieur d'un degré dans la ferme de Rous Layoun par rapport à la ferme d'Ezzaina, tandis que la température minimale diminue de 0.8°C entre les deux fermes. Cette comparaison nous a permis de définir deux microclimats représentatifs des deux fermes étudiées.

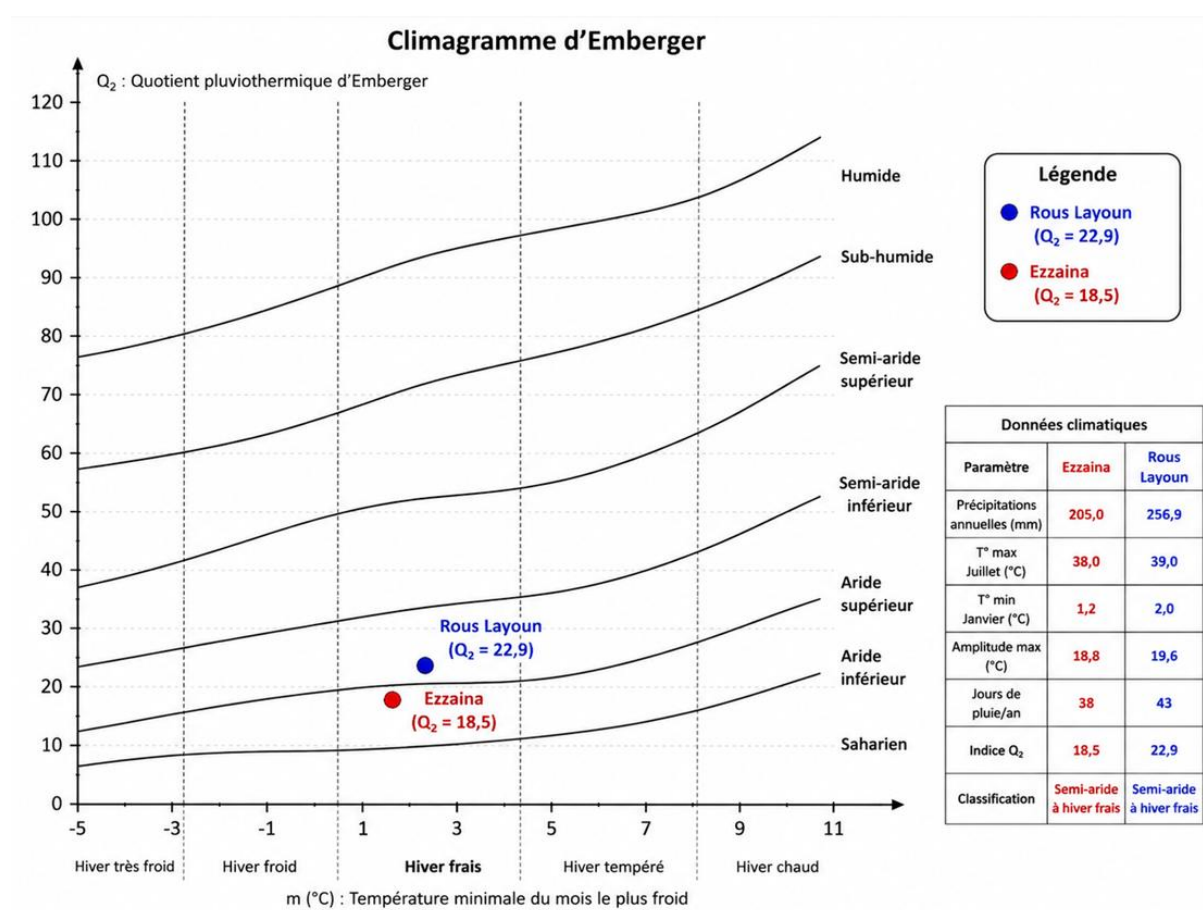
*Tableau 3 synthèse comparative entre les paramètres climatiques des deux fermes.*

| Paramètre                            | Ezzaina                  | Rous layon               | Différence |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|
| <b>Précipitations annuelles (mm)</b> | 205.0                    | 256.9                    | -51.9 mm   |
| <b>T° max Juillet (°C)</b>           | 38.0                     | 39.0                     | -1.0°C     |
| <b>T° min Janvier (°C)</b>           | 1.2                      | 2.0                      | -0.8°C     |
| <b>Amplitude max (°C)</b>            | 18.8                     | 19.6                     | -0.8°C     |
| <b>Jours de pluie/an</b>             | 38                       | 43                       | -5 jours   |
| <b>Indice Q2</b>                     | 18.5                     | 22.9                     | -4.4       |
| <b>Classification</b>                | Semi-aride à hiver Frais | Semi-aride à hiver Frais | Identique  |

Les résultats du tableau N°03 nous permettent de suggérer que la ferme Rous Lyoun bénéficie de conditions climatiques plus favorables avec 25.3% de précipitations en plus que celle d'Ezzaina. Cette différence significative, combinée à une meilleure répartition des pluies (43 jours contre 38), explique en partie la fertilité biologique supérieure observée à Rous layon L'indice Q2 plus élevé (22.9 vs 18.5) confirme un stress hydrique moins prononcé, bien que les deux fermes partagent la même classification bioclimatique globale.

## 2.5.4 Implications agro-écologiques

Ces particularités pédo-écologiques, héritées des conditions bioclimatiques et géomorphologiques spécifiques de chaque ferme, conditionnent directement leur potentiel agronomique. Selon **Salamani et al. (2013)** et **Djeddaoui et al. (2017)**, la fertilité supérieure observée à Rous layon s'explique en partie par la meilleure répartition des pluies et la présence de sols plus profonds et plus riches en argile, tandis que la contrainte hydrique et l'encroûtement calcaire limitent davantage le potentiel de Ezzaina . **Benhizia et al. (2021)** confirment que ces écarts de qualité des sols, combinés à la pression de pâturage, constituent des facteurs déterminants dans l'explication des différences de productivité biologique et agricole entre les sites d'étude dans la wilaya de Djelfa.



**Figure 6** Position des stations d'Ezzaina et Rous Layoun sur le Climagramme d'Emberger.  $Q_2$  : Quotient pluviométrique d'Emberger,  $m$  °C température minimale du mois le plus froid.

## **CHAPITRE 03:**

# **MATERIELS ET METHODES**

### **3.1 Matériels utilisés**

Le matériel mobilisé pour cette étude se divise en équipements de terrain et instruments de précision en laboratoire

- Matériel dans laboratoire : Bécher, éprouvette, spatule, lame, pipette, spectrophotomètre, centrifugeuse, balance, tube à essai, pipette graduée, erlenmeyer. Pipette Robinson, tamis à mailles de 200  $\mu\text{m}$  et 50  $\mu\text{m}$ , et éprouvettes de sédimentation. Calcimètre de Bernard, fioles à doigt de 100 mL, et balance de précision à 0,1 mg. pH-mètre à électrodes de verre, conductimètre portatif, et agitateur rotatif (culbuteur) réglé à 40 tr/min. Étuve ventilée (réglable de 40°C à 105°C) et four électrique à moufle capable d'atteindre 550°C pour la matière organique. agitateur, autoclave. Loupe binoculaire, microscope optique,

### **3.2 Méthodes d'échantillonnage**

#### **3.2.1 Plan d'échantillonnage du sol**

La stratégie d'échantillonnage du sol adoptée pour les fermes de Rous Layoun et Ezzaina s'est aligné avec l'échantillonnage de la végétation en se basant sur la méthode subjective suivant la méthode du point quardat. Le sol a été prélevé à Prélèvement deux profondeurs distinctes : l'horizon de surface (0-20 cm) et l'horizon de profondeur (20-40 cm).

#### **3.2.2 Analyses agro pédologiques**

L'évaluation repose sur la caractérisation physico-chimique et structurale du sol. Les analyses physico-chimiques du sol ont été réalisées au laboratoire de pédologie du Haut-Commissariat au Développement de la Steppe. Les échantillons prélevés dans les deux exploitations agricoles ont été soumis aux protocoles des normes internationales (AFNOR, 1996 ; ISO, 2005, 2014) et les méthodes de référence en pédologie (Baize, 2018 ; Aubert, 1970).

##### **A. Analyse granulométrique (détermination de la Texture du sol)**

La détermination de la texture granulométrique a été effectuée selon la méthode de la pipette Robinson (AFNOR X31-107), adaptée aux sols steppiques à forte teneur en carbonates. La prise d'essai de 20 g de terre fine séchée à l'étuve (40 °C) a été introduite dans un bécher de 1000 mL. Après destruction de la matière organique par le peroxyde d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{O}_2$  à 20 volumes) et dispersion des argiles par l'hexamétaphosphate de sodium (40 g/L), la suspension a été agitée mécaniquement pendant 4 heures sur un agitateur rotatif (Figure 6). La séparation des fractions argileuses (< 2  $\mu\text{m}$ ) et limoneuses (2-50  $\mu\text{m}$ ) a été réalisée par sédimentation gravimétrique dans

des cylindres gradués selon la loi de Stokes, en respectant les temps de prélèvement en fonction de la température ambiante. La fraction sableuse ( $50\ \mu\text{m} - 2\ \text{mm}$ ) a été récupérée par tamisage à  $50\ \mu\text{m}$ , puis séchée à  $105\ ^\circ\text{C}$  avant pesée (Baize, 2018).



*Figure 7 Agitateur rotatif pour la dispersion des suspensions de sol (fermes de Zaina et Ras El Aïoun, Djelfa).*



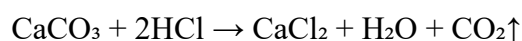
*Figure 8 Cylindres gradués de sédimentation pour la séparation des fractions argileuses et limoneuses selon la méthode de Robinson.*



*Figure 9 Tamisage de la fraction sableuse à 50  $\mu\text{m}$ .*

### **B. Dosage du calcaire total ( $\text{CaCO}_3$ )**

Le dosage du calcaire actif et total a été réalisé par la méthode du calcimètre de **Bernard (Aubert, 1970 ; ISO 10693:2014)**. Cette méthode repose sur l'attaque du carbonate de calcium par l'acide chlorhydrique dilué ( $\text{HCl}$  1/2,  $d = 1,18$ ) selon la réaction :



Le volume de  $\text{CO}_2$  dégagé, mesuré dans les conditions locales de température ( $20^\circ\text{C}$ ) et de pression atmosphérique ( $\sim 760$  mmHg à l'altitude de Djelfa  $\sim 1200$  m), est proportionnel à la teneur en  $\text{CaCO}_3$ . Un étalonnage préalable avec 100 mg de carbonate de calcium pur (produisant théoriquement 22,4 mL de  $\text{CO}_2$  dans les CNTP) a été effectué pour garantir la justesse des mesures. La prise d'essai de terre a été ajustée selon le degré d'effervescence préliminaire (Tableau 4) : 5 g pour une effervescence modérée, 0,2 g pour une effervescence très vive (**Baize, 2018**).



*Figure 10 Calcimètre de Bernard : montage pour le dosage volumétrique du calcaire total.*



*Figure 11 Fioles à doigt contenant les échantillons de sol (R = Ras El Aïoun, Z = Zaina) avant attaque acide.*

### **C. Détermination de la matière organique**

La matière organique du sol a été quantifiée par la méthode de perte au feu (**Nelson & Sommers, 1996**). Les échantillons ont été desséchés à 105 °C pendant 16 heures (M<sub>1</sub>), puis calcinés dans un four électrique à moufle à 450 ± 10 °C pendant 4 heures (M<sub>2</sub>). La perte de masse entre les deux

pesées correspond à la matière organique oxydée, sous réserve de corrections pour les argiles (perte d'eau structurale à 220 °C) et le calcaire (décarbonatation dégageant CO<sub>2</sub>).

La formule appliquée est :

$$MO\% = [(M_1 - M_2) / (M_1 - M_0)] \times 100$$

Où : M<sub>0</sub> = Masse du creuset vide taré ; M<sub>1</sub> = Masse du creuset + échantillon desséché à 105 °C ; M<sub>2</sub> = Masse du creuset + échantillon calciné à 450 °C

Dans les sols steppiques de Djelfa, où les teneurs en MO sont généralement faibles (< 2 %), cette méthode offre un compromis entre précision et accessibilité technique. La correction pour le calcaire s'effectue selon : MO corrigée % = MO brute % - (% argiles/10) - (% calcaire × 0,44/10) (**Baize & Girard, 2009**).



*Figure 12 Four électrique à moufle et bain de sable (Bathisand) pour la calcination des échantillons de sol. Creusets contenant les échantillons de sol avant (A) et après calcination (B).*

#### D. Mesure du pH et de la salinité totale

Le pH du sol a été mesuré sur un extrait aqueux à ratio sol/eau 1/2,5 selon la **norme ISO 10390:2005**, à l'aide d'un pH-mètre étalonné avec des solutions tampons pH 4,00 ; 7,00 et 9,22. La suspension a été agitée pendant 2 minutes, puis laissée au repos pendant 30 minutes avant lecture stabilisée.

La salinité totale a été évaluée par conductimétrie électrique (CE) à 25 °C sur extrait aqueux 1/5 (**Richards, 1954**). La conversion en teneur en sel ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de sol) s'effectue par la relation empirique :

$$\text{Teneur en sel } (\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}) = 0,640 \times \text{CE}_{25} \times (\text{PS} / 100)$$

Où :  $\text{CE}_{25}$  = Conductivité électrique à 25 °C ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) ; PS = Prise de sol en grammes

#### **D. Dosage du phosphore dans le sol**

Le phosphore dans le sol évalué selon la méthode colorimétrique de **TAUSKY et SHORR (1963)**. La minéralisation est la première étape réalisée, en utilisant l'acide chlorhydrique (HCl) (1N) afin de dissoudre toute la matière organique : 2.5 g de sol sont mélangés avec 2.5 ml d'HCl dans le broyeur. La solution obtenue est centrifugée pendant 3 min à 3000 tours/min, suivie d'une filtration du surnageant. Après filtration, à chaque échantillon une dose de 0.25 ml du réactif sulfomolybdique et 0.25 ml d'eau distillée sont ajoutés avant le passage en spectrophotométrie.

#### **3.3.3. Dosage des activités enzymatiques et protéiques du sol**

##### **A. Dosage de la glomaline dans le sol**

L'extraction des protéines de glomaline (GRSP) est réalisée selon le protocole de **Wright et Upadhyaya (1996)** modifié. Un échantillon de sol de l'horizon A, prélevé à proximité des racines, est séché, tamisé à 2 mm et débarrassé des débris. Une masse de 1 g de sol est mélangée avec 8 mL de tampon citrate de sodium ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$ , ratio 1:8) et autoclavé à 121°C pendant 30 minutes pour l'extraction facile (EE-GRSP) ou 60 minutes pour l'extraction totale (T-GRSP). Après refroidissement, le mélange est centrifugé à 5000-10000 xg pendant 15 minutes. Le surnageant contenant la glomaline est récupéré et conservé à 4°C pour le dosage. Les protéines extraites sont dosées par la méthode de **Bradford (1976)** en microplaque, en utilisant le réactif de Coomassie Brilliant Blue G-250 et la sérum-albumine bovine (BSA) comme standard pour établir une courbe d'étalon (0 à 1 mg/mL). Après incubation de 5 minutes à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 595 nm à l'aide d'un spectrophotomètre ou d'un lecteur de microplaques. Les résultats sont exprimés en milligrammes de glomaline par gramme de sol sec (mg/g)» (**Wright et Upadhyaya, 1996; Bradford, 1976**)

## **B. Evaluation de l'activité enzymatique du sol : dosage de la déshydrogénase :**

L'activité déshydrogénase (DHA) est mesurée par spectrométrie selon le protocole modifié de **Tabatabai (1982)**. 6 g de sol frais ont été mélangés avec 1% du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), 1ml de la solution de chlorure de triphényl tétrazolium (TTC) à 3% et 2,5 ml d'eau ultra pure. Après une incubation de 24h à 37°C et à l'obscurité, le triphénylformazan (TPF) est extrait 3 fois dans 10 ml de méthanol sous agitation horizontale à 200 rpm pendant 1 h. La solution est ensuite centrifugée à 2000 rpm pendant 5 min et la concentration de TPF dans le surnageant est déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre (Cary 100, Agilent Technologies) à 485 nm. Une gamme d'étalon est réalisée à l'aide d'une solution de TPF à 60 µg/ml (Sigma-Aldrich).

### **3.3.4. Isolement, quantification et identification des spores des CMA**

Les spores des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) sont isolées selon la technique du tamisage humide. Cette méthode consiste à prendre 10 g de sol et à les faire passer à travers une série de tamis de diamètres 45, 125 et 250 µm. Le surnageant de chaque tamis est récupéré et examiné sous la loupe binoculaire. Les spores sont isolées et séparées a priori par morphotype dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée, avant de les monter entre lame et lamelle pour l'identification en utilisant la clé d'identification de **Blaskowski (2012)**. L'identification a été réalisée par Mme Bencherif.

### **3.3.5. Détermination du taux de mycorhization**

Les racines sont préalablement éclaircies avec une solution de KOH à 10 % pendant 20 min à 90°C. Ces racines sont ensuite abondamment rincées à l'eau distillée puis colorées avec une solution de bleu de trypan 0,05 % pendant 15 min à 90°C. enfin, les racines sont rincées à l'eau distillée et conservées à 4°C. 75 fragments racinaires de 1 cm sont placés entre lames et lamelles, à raison de 10 fragments par lame et 3 lames par pot pour une observation sous microscope aux grossissements ( $\times 40$ ). La présence des structures fongiques spécifiques des CMA observées à l'intersection entre l'axe de l'objectif et le fragment racinaire est relevée (**McGonigle et al., 1990**). Trois lectures par fragment sont réalisées. Le pourcentage de colonisation total est égal au nombre d'intersections avec les racines mycorhizées  $\times 100 /$  nombre d'intersections totales.

### 3.3.6. Dosage des métaux lourds et des minéraux dans le sol

#### A. Préparation de l'extrait de sol

La préparation de l'extrait pour le dosage des minéraux (potassium, sodium) et des métaux lourds (Cr, Cd, Fe, Pb) est réalisée selon le protocole de **Talema et al. (2019)**. Environ 1 g de chaque échantillon de sol tamisé est pesé et transféré dans des flacons coniques. 10 mL d'un mélange d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3$ ) et d'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$  37%) sont ajoutés. Chaque échantillon est placé sur une plaque chauffante et chauffé jusqu'à ce que la production de fumées rouges de  $\text{NO}_2$  cesse. Le contenu est chauffé davantage jusqu'à ce que le volume soit réduit à environ 4 mL et devienne jaunâtre. Les échantillons digérés sont laissés refroidir, puis filtrés à travers du papier filtre Whatman n°1 lavé à l'acide dans un ballon jaugé de 100 mL et remplis jusqu'au repère avec de l'eau distillée. La solution obtenue est conservée à 4°C dans des bouteilles préalablement nettoyées jusqu'à l'analyse. Les concentrations de Cr, Cd, Fe et Pb sont mesurées par spectrophotométrie à flamme et celle des minéraux par un spectrophotomètre à absorption atomique (**AAS 220, PerkinElmer**) à vapeur froide à l'aide d'un analyseur de mercure automatique modèle HG-5000. (**Sardans et al., 2010**).

### 3.2.7. Evaluation de la diversité floristique :

Evaluation de la diversité floristique : diversité floristique au sein des deux exploitations repose sur des inventaires floristiques en utilisant la méthode d'échantillonnage subjective qui repose sur la méthode du point Quadrat. Un carré de 1m×1m répartis de manière aléatoire pour inventorier les espèces végétales adventices. Les espèces ont été récoltées, séchées et ont servi à la réalisation d'un herbier qui a été identifié par M. Daoudi Ingénieur au sein du CRApast.

### 3.2.8. Analyses statistiques :

Les principaux traitements statistiques utilisés comprennent les indices de biodiversité évalués pour la diversité floristique et pour celle des CMA. La richesse spécifique (S), définie comme le nombre total d'espèces recensées ; Les fréquences et abondances relatives ( $\pi_i = n_i/N$ ), permettant de standardiser les données ; Les représentations graphiques (diagrammes en barres et distributions de fréquences) pour visualiser la structure des communautés. Ces méthodes sont largement utilisées en écologie des communautés pour l'analyse des données de biodiversité (**Zar, 2010**).

## A. Les indices écologiques :

L'évaluation de la biodiversité repose sur des indices écologiques classiques intégrant richesse et équitabilité des communautés biologiques

$$p_i = n_i / N$$

$p_i$  : abondance relative

$n_i$  : nombre d'individus de l'espèce  $i$

$N$  : nombre total d'individus

### Indice de Shannon ( $H'$ ) :

Il mesure l'entropie des communautés biologiques et intègre la richesse et l'abondance relative des espèces :

Cet indice est particulièrement sensible aux espèces rares et permet d'évaluer la complexité des communautés (**Magurran, 2004**).

$$H' = - \sum (p_i \times \ln p_i)$$

### Indice de Simpson ( $D$ )

Il exprime la probabilité que deux individus tirés au hasard appartiennent à la même espèce :

Sa forme complémentaire ( $1 - D$ ) est utilisée pour exprimer la diversité. Cet indice est plus sensible aux espèces dominantes (**Hill et al., 2003**).

$$D = \sum (p_i^2)$$

### Équitabilité ( $E$ )

Elle permet d'évaluer la distribution des individus entre les espèces :

Une valeur proche de 1 indique une répartition homogène des espèces.

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

## **B. Analyse des composantes principales des données (ACP) :**

Une analyse des composantes principale (ACP) a été réalisée entre les différents paramètres étudiés afin de synthétiser les résultats de variabilité écologique entre les deux fermes peri-urbaine étudiées.

## **C. Analyses du paysage et analyses des paramètres écologiques des sites d'études :**

Pour dépasser les limites des corrélations linéaires simples et décrypter l'importance relative de chaque paramètre sur la santé du sol, un modèle prédictif basé sur l'algorithme des Forêts Aléatoires (Random Forest) a été structuré. Cet outil est particulièrement adapté pour gérer les interactions complexes et non linéaires entre variables physico-chimiques et indices de biodiversité.

Des coupes paysagères ont été réalisés afin d'identifier les éléments du paysage des deux sites et de pouvoir déterminer les opportunités de chaque ferme péri-urbaines.

## **CHAPITRE 04 :**

# **RESULTATS et DISCUSSION**

La présente section a pour objectif d'analyser et d'interpréter les résultats des différentes expérimentations réalisées.

#### 4.1. Analyse granulométrique des sols

La granulométrie constitue un paramètre fondamental dans la caractérisation des sols, déterminant directement leur structure, leur capacité de rétention en eau et leur aération. Les analyses ont été réalisées selon la méthode de Robinson, utilisant l'hexamétaphosphate de sodium comme dispersant. Les résultats obtenus révèlent des profils texturaux distincts entre les deux fermes, bien que toutes deux présentent une dominance sableuse.

*Tableau 4 analyse granulométrique des sols des fermes Ezzaina et Rous layoun*

| Fraction granulométrique           | Zaïna (%)                    | Rouis Layoun (%)             | Classification USDA |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|
| <b>Argile (&lt; 2 µm)</b>          | <b>20.10</b>                 | <b>22.95</b>                 | <b>Argileuse</b>    |
| <b>Limons fins (2-20 µm)</b>       | <b>7.75</b>                  | <b>13.20</b>                 | <b>Limoneuse</b>    |
| <b>Limons grossiers (20-50 µm)</b> | <b>5.37</b>                  | <b>9.68</b>                  | <b>Limoneuse</b>    |
| <b>Sable (50-2000 µm)</b>          | <b>66.78</b>                 | <b>54.17</b>                 | <b>Sableuse</b>     |
| <b>Type de sol</b>                 | <b>Limono-argilo-sableux</b> | <b>Limono-argilo-sableux</b> | <b>—</b>            |

La ferme Ezzaina se caractérise par une prédominance marquée de la fraction sableuse (66,78 %), associée à une teneur en argile de 20,10 % et à des limons représentant 13,12 % au total (7,75 % de limons fins et 5,37 % de limons grossiers). Cette composition texturale classe le sol de Ezzaina dans la catégorie des sols limono-argilo-sableux selon la classification du triangle textural de l'USDA. La forte proportion sableuse confère à ce sol une porosité élevée mais une faible capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs, ce qui peut constituer une contrainte majeure en contexte semi-aride comme celui de Djelfa.

En comparaison, la ferme Rous Layoun présente une distribution granulométrique plus équilibrée, avec une fraction sableuse de 54,17 %, une teneur en argile supérieure (22,95 %) et une proportion totale de limons plus importante (22,88 % : 13,20 % de limons fins et 9,68 % de limons grossiers). Cette texture limono-argilo-sableuse, bien que similaire dans sa classification, offre des propriétés

hydriques et chimiques potentiellement plus favorables. La plus grande richesse en limons et en argiles améliore la capacité de rétention d'eau et la cation exchange capacity (CEC), facteurs déterminants pour la nutrition minérale des cultures en milieu steppique.

#### 4.2. Résultats de l'analyse du pH des sols

Les résultats des dosages du pH du sol des deux sites étudiés sont représentés dans le tableau N°06. Le pH des sols des deux fermes varie au environs de 8 ce qui indique un sol alcalin

*Tableau 5 Résultats de l'analyse du ph des sols de Ezzaina et Rous layon*

| Site       | pH   | Classification    |
|------------|------|-------------------|
| Ezzaina    | 8,71 | Fortement alcalin |
| Rous layon | 8,64 | Fortement alcalin |

#### 4.3. Conductivité électrique et salinité

La conductivité électrique (CE) mesurée dans l'extrait de saturation à 25 °C constitue un indicateur direct de la concentration en sels solubles et permet d'évaluer le risque de salinité pour la production agricole.

*Tableau 6 Résultats de la conductivité électrique (CE)*

| Site         | CE (μS/cm) | Appréciation |
|--------------|------------|--------------|
| Ezzaina      | 351        | Non salin    |
| Rouis Layoun | 332        | Non salin    |

#### 4.4. Teneur en carbonates de calcium (CaCO<sub>3</sub>)

La teneur en carbonates de calcium (CaCO<sub>3</sub>), déterminée par la méthode volumétrique à l'acide chlorhydrique (calcimètre Bernard), constitue un indicateur majeur de la minéralisation et de la fertilité potentielle des sols steppiques. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau N°07. Ces résultats révèlent des teneurs élevées, caractéristiques des sols développés sur substrats calcaires du Crétacé supérieur.

*Tableau 7 : Teneur en carbonates de calcium des sols des deux fermes étudiées*

| Site        | Volume HCl consommé (mL) | CaCO <sub>3</sub> (g) | CaCO <sub>3</sub> (%) |
|-------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ezzaina     | 74,5                     | 0,203                 | 40,6                  |
| Rous Layoun | 77,6                     | 0,211                 | 42,2                  |

#### 4.5. Teneur en matière organique (M.O.)

Les résultats du dosage de la matière organique des sols sont représentés dans le tableau N°08

*Tableau 8 : Teneur en matière organique des sols des deux fermes étudiées*

| Site               | Masse échantillon sec (g)  | Masse échantillon calciné (g) | Perte au feu (%) |
|--------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------|
| <b>Ezzaina</b>     | 42,0813 - 37,1455 = 4,9358 | 42,0205 - 37,1455 = 4,8750    | 1,23             |
| <b>Rous Layoun</b> | 45,3572 - 40,4723 = 4,8849 | 45,2198 - 40,4723 = 4,7475    | 2,81             |

Les résultats révèlent des teneurs en matière organique très faibles pour les deux fermes : 1,23 % pour Ezzaina et 2,81 % pour Rous Layoun. Selon les critères de classification de **Baize (2000)**, les sols présentant moins de 2 % de matière organique sont considérés comme très pauvres en humus. La ferme Ezzaina, avec seulement 1,23 %, se situe dans une situation de déficit organique sévère, tandis que Rous Layoun, bien que toujours classée comme pauvre, présente un statut organique plus favorable.

#### 4.6. Tableau comparatif synthétique

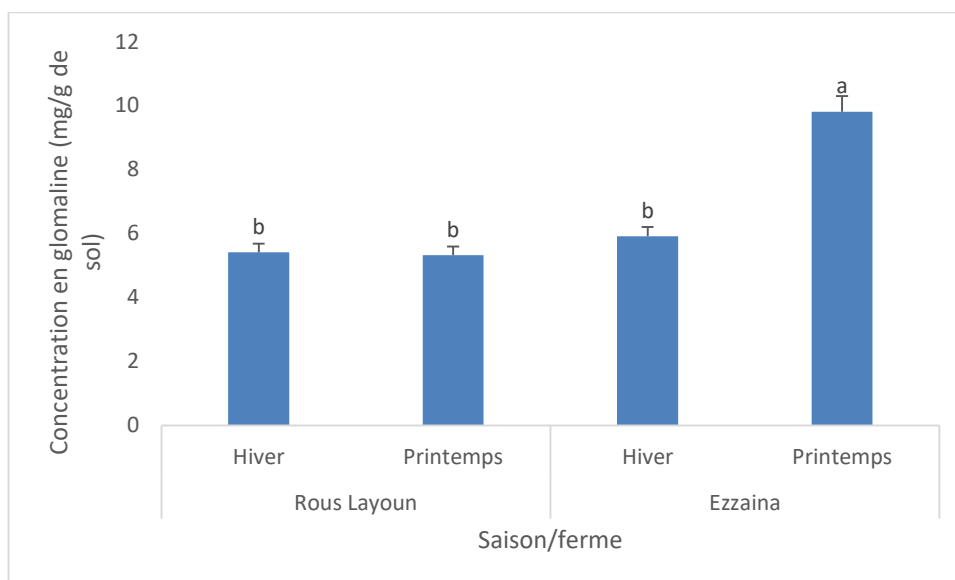
Le tableau ci-dessous synthétise l'ensemble des paramètres analysés et permet une comparaison directe des caractéristiques écologiques des deux fermes.

*Tableau 9 : Tableau comparatif synthétique*

| Paramètres/site              | Ezzaina                                  | Rouis Layoun                             | Interprétation agronomique                                                                       |
|------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Texture</b>               | Limono-argilo-sableux<br>(66.78 % sable) | Limono-argilo-sableux<br>(54.17 % sable) | Zaïna : drainage excessif, rétention faible<br>Rouis Layoun : meilleure rétention eau/nutriments |
| <b>pH</b>                    | 8,71                                     | 8,64                                     | Sol fortement alcalin pour les deux<br>Risque de carences en Fe, Mn, Zn, P                       |
| <b>CE (µS/cm)</b>            | 351                                      | 332                                      | Non salin pour les deux<br>Zaïna : concentration légèrement plus élevée                          |
| <b>CaCO<sub>3</sub> (%)</b>  | 40,6                                     | 42,2                                     | Très calcaire pour les deux<br>Fort pouvoir tampon, correction acide difficile                   |
| <b>Matière organique (%)</b> | 1,23                                     | 2,81                                     | Déficit organique sévère pour Zaïna<br>Rouis Layoun : situation précaire mais meilleure          |
| <b>Type de sol</b>           | Limono-argilo-sableux                    | Limono-argilo-sableux                    | Classification identique, propriétés différenciées                                               |

#### 4.7 Résultats du dosage de Glomaline dans le sol:

Les résultats du dosage de la glomaline dans les sols sont représentées dans la figure N°12. La glomaline constitue un indicateur pertinent de l'activité biologique du sol et de la colonisation mycorhizienne. Ces protéines, produites par les CMA jouent un rôle crucial dans la stabilité structurale des sols et la séquestration du carbone.



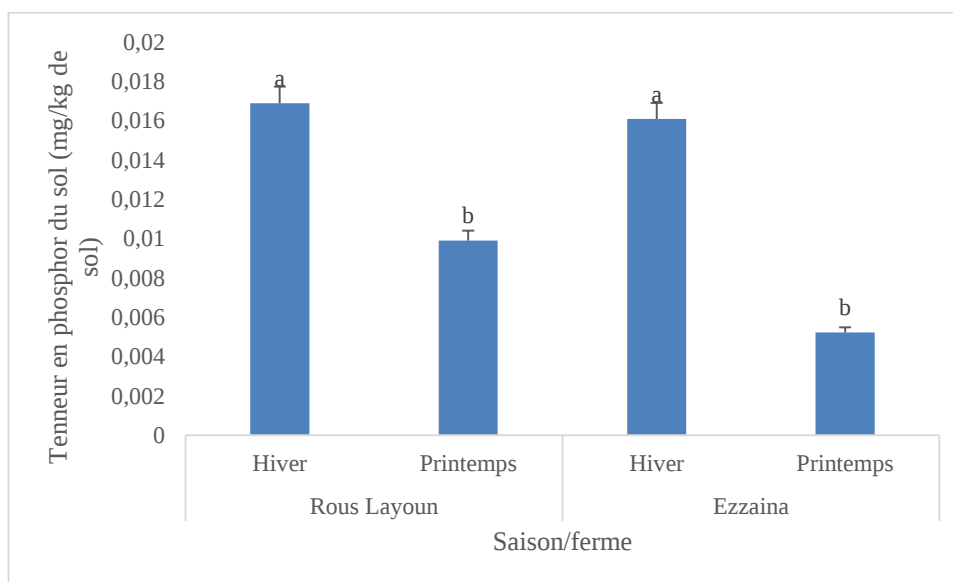
**Figure 13 : Résultats du dosage de la glomaline dans le sol.**

Les lettres au-dessus des barres d'erreur (test de comparaison de moyennes de Tukey) indiquent les différences statistiquement significatives au seuil choisi ( $p < 0,05$ ).

Les résultats du dosage de la glomaline nous permettent de déduire l'existence d'une stabilité temporelle à Rous Layoun qui se justifie par la concentration en glomaline qui reste stable entre l'hiver (5,4 mg/g de sol) et le printemps (5,3 mg/g de sol). Le test de comparaison de Tukey montre que la transition saisonnière n'a pas d'impact significatif sur la dynamique de la glomaline dans ce sol particulier. Par contre, les résultats de la glomaline dans la ferme d'Ezzaina suggèrent une dynamique saisonnière qui se reflète à travers la hausse spectaculaire et statistiquement significative de la glomaline au printemps, passant de près de 6 mg/g en hiver à environ 9,8 mg/g. De manière globale, en hiver, il n'y a pas de différence significative entre les deux fermes, bien qu'Ezzaina soit légèrement plus haute. En revanche, au printemps, la concentration à Ezzaina devient largement supérieure à celle de Rous Layoun.

#### **4.8. Résultats du dosage de l'analyse de phosphore dans le sol**

Le phosphore constitue un élément nutritif majeur limitant la productivité primaire des écosystèmes steppiques. Son étude dans les sols des fermes de Ezzaina et Rous Layon s'avère indispensable pour évaluer la fertilité chimique du sol et son aptitude à soutenir la végétation pastorale. L'analyse spectrophotométrique de la teneur en phosphore assimilable a été réalisée sur des échantillons prélevés durant les saisons hivernale et printanière. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 14.

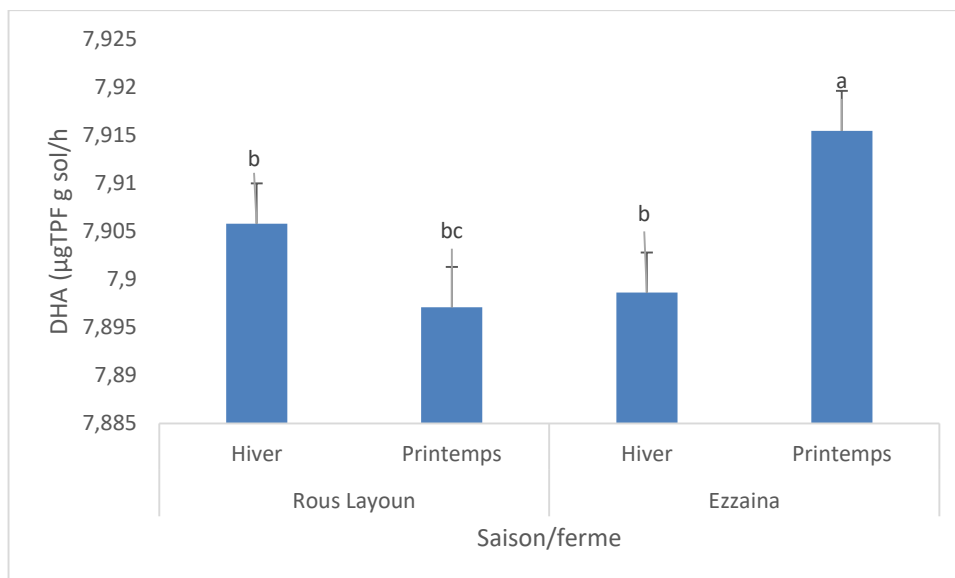


**Figure 14 : Résultats du dosage de l'analyse de phosphore dans le sol.**

Le phosphore diminue considérablement au printemps par rapport à l'hiver (Figure 14) dans la région d'Ezzaina, soit une réduction de 30%. La ferme de Rous Layoun, exprime une diminution moins prononcée d'environ (17%). Cette baisse est attribuable à une plus grande activité métabolique des cultures en période printanière et à une fixation accrue du phosphore par les carbonates de calcium dans ces sols très calcaires.

#### **4.9. Activité enzymatique du sol DHA**

L'analyse de la teneur en phosphore est essentielle dans cette étude car il constitue un nutriment majeur limitant la productivité primaire des écosystèmes steppiques. Sa disponibilité dans les sols des fermes de Ezzaina et Rous layoun permet d'évaluer la fertilité chimique du sol et son aptitude à soutenir la végétation pastorale.



**Figure 15** *Activité Enzymatique du sol DHA. Les lettres au-dessus des barres d'erreur (test de comparaison de moyennes de Tukey) indiquent les différences statistiquement significatives au seuil choisi ( $p < 0,05$ ).*

Les résultats de la figure 15 permettent de contrastés selon les sites. Dans la région de Rous Layoun, une diminution considérable de la concentration en DHA a été constaté entre l'hiver et le printemps. Tandis que dans la zone d'Ezzaina c'est un accroissement de la valeur de DHA entre les deux saisons qui est observé. Dans les deux site la différence est de 10%. Témoignant d'une différence dans l'activité microbienne des sols des deux fermes au travers des saisons.

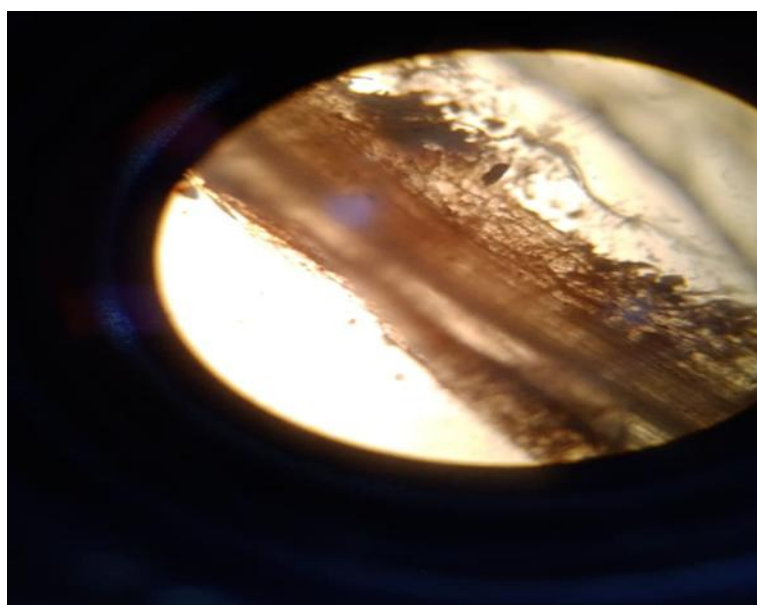
#### 4.9. Résultat de l'évaluation du Taux de Mycorhization :

Les résultats du calcul du taux de mycorhization sont représentés dans le tableau N°10.

*Tableau 10 : Récapitulatif des taux de mycorhization*

| Site       | Saison    | A% moyen | V% moyen | H% Total |
|------------|-----------|----------|----------|----------|
| Ezzaina    | Printemps | 32.99    | 39.07    | 64.07    |
| Ezzaina    | Hiver     | 33.91    | 29.83    | 53.83    |
| Rous layon | Hiver     | 32.05    | 22.05    | 44.27    |
| Rous layon | Printemps | 27.31    | 46.30    | 64.81    |

Le taux de mycorhization (H%) est plus élevé à Rous Layoun en printemps (64.81%) qu'en hiver (44.27%), indiquant une meilleure colonisation racinaire en période de croissance active, favorisée par les conditions climatiques plus humides. Zayna montre des valeurs intermédiaires avec peu de variation saisonnière (64.07% printemps vs 53.83% hiver). La présence d'arbuscules (A%) est plus marquée à Ezzayna en hiver (33.91%), tandis que les vésicules (V%) dominent à Rous Layoun en printemps (46.30%), suggérant des stratégies différentes des CMA selon les conditions édaphiques et climatiques (Figure 16).



*Figure 16 : Observation microscopique des racines colorées*

#### 4.10. Dosage des minéraux et des métaux lourds dans le sol

##### 4.10.1. Dosage des minéraux dans le sol :

Les résultats des dosages du sodium et potassium dans les deux fermes sont représentées dans le tableau 11.

*Tableau 11 : Résultats des analyses de potassium et sodium*

| Paramètre | Ezzaina | Rous layon | Moyenne |
|-----------|---------|------------|---------|
| Potassium | 66.5    | 95.0       | 80.75   |
| Sodium    | 31.5    | 35.0       | 33.25   |

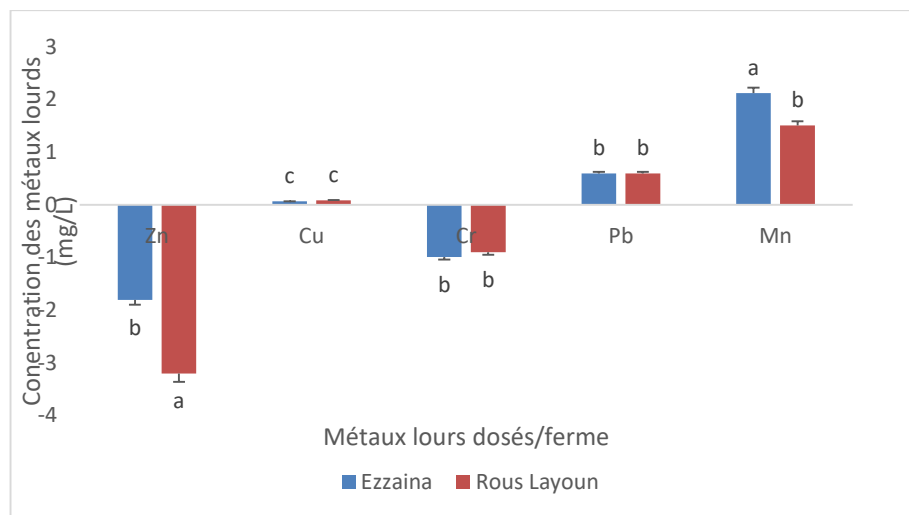
Ces résultats montrent que la station de Rous Layoun présente des concentrations supérieures pour les deux paramètres analysés par rapport à la station d'Ezzaina.

- Potassium : +42,9 % par rapport à Ezzaina (95,0 vs 66,5 mg/L)
- Sodium : +11,1 % par rapport à Ezzaina (35,0 vs 31,5 mg/L)

Cette tendance suggère que la station de Ras Layoun est plus exposée aux sources de contamination par les ions alcalins, probablement en raison de son emplacement géographique,

##### 4.10.2. Dosage des métaux lourds dans le sol

Les résultats du dosage des métaux lourds dans la solution du sol sont représentées dans la figure n°17. Par comparaison au normes du spectrophotomètre à flamme les métaux lourds évalués Zn, Cu, Cr, Pb et Mn ne sont pas considérés comme polluants des deux fermes. Cependant, les résultats montrent que la ferme de Rous Layoun représente des valeurs plus élevées par rapport à la ferme d'Ezzaina, notamment en Manganèse (Mn) (Figure 17).



**Figure 17 : Résultats du dosage des métaux lourds dans les deux fermes étudiées.**

## 4.11 Evaluation de la biodiversité floristique

### 4.11.1. Espèces végétales par noms scientifique

Les relevés floristiques effectués sur les deux fermes ont permis d'identifier les espèces végétales suivantes représentées dans le tableau N°12 :

**Tableau 12 : Liste des espèces floristiques identifiée par site et par saison**

| Espèce                          | Famille        | Hiver<br>(occurrences) | Printemps<br>(occurrences) | Statut                  |
|---------------------------------|----------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| <i>Beta vulgaris</i>            | CHENOPODIACEAE | -                      | 1                          | Printemps<br>uniquement |
| <i>Bromus rubens</i>            | POACEAE        | -                      | 1                          | Printemps<br>uniquement |
| <i>Bromus tectorum</i>          | POACEAE        | 1                      | 1                          | Commune                 |
| <i>Chenopodium<br/>murale</i>   | CHENOPODIACEAE | 2                      | -                          | Hiver<br>uniquement     |
| <i>Erigeron<br/>sumatrensis</i> | ASTERACEAE     | 1                      | -                          | Hiver<br>uniquement     |
| <i>Eruca vesicaria</i>          | BRASSICACEAE   | 1                      | -                          | Hiver<br>uniquement     |
| <i>Hordeum<br/>murinum</i>      | POACEAE        | 1                      | 5                          | Commune                 |
| <i>Lactuca serriola</i>         | ASTERACEAE     | -                      | 1                          | Printemps<br>uniquement |
| <i>Lolium rigidum</i>           | POACEAE        | -                      | 1                          | Printemps<br>uniquement |
| <i>Malva parviflora</i>         | MALVACEAE      | -                      | 1                          | Printemps<br>uniquement |
| <i>Malva sylvestris</i>         | MALVACEAE      | 2                      | 3                          | Commune                 |
| <i>Medicago sativa</i>          | FABACEAE       | 1                      | 4                          | Commune                 |
| <i>Sinapis arvensis</i>         | BRASSICACEAE   | 2                      | -                          | Hiver<br>uniquement     |
| <i>Sisymbrium irio</i>          | BRASSICACEAE   | 1                      | 2                          | Commune                 |
| <i>Sonchus oleraceus</i>        | ASTERACEAE     | 1                      | -                          | Hiver<br>uniquement     |

#### 4.11.2 Indices de biodiversité floristique :

Cette étude vise à évaluer et comparer la biodiversité végétale de deux fermes maraîchères situées dans la région de Djelfa, Algérie : la ferme Ezzaina et la ferme Rous layon (tableau 13).

*Tableau 13 : Comparaison des indices de biodiversité entre les deux fermes par saison*

| Indice                      | Ezzaina<br>Hiver | Ezzaina<br>Printemps | Rous layon<br>Hiver | Rous layon<br>Printemps |
|-----------------------------|------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| Richesse spécifique (S)     | 10               | 10                   | 8                   | 9                       |
| Abondance totale (N)        | 13               | 20                   | 21                  | 18                      |
| Indice de Shannon (H')      | 2.245            | 2.082                | 1.8604              | 2.0621                  |
| Indice de Simpson (D)       | 0.1124           | 0.15                 | 0.1837              | 0.142                   |
| Diversité de Simpson (1-D)  | 0.8876           | 0.85                 | 0.8163              | 0.858                   |
| Équitabilité de Pielou (J') | 0.975            | 0.9042               | 0.8947              | 0.9385                  |
| Indice de Berger-Parker (d) | 0.1538           | 0.25                 | 0.2857              | 0.2222                  |
| Indice de Margalef          | 3.5088           | 3.0043               | 2.2992              | 2.7678                  |
| Indice de Menhinick         | 2.7735           | 2.2361               | 1.7457              | 2.1213                  |

#### A. Analyse de la Richesse (S) et de la Densité/Abondance (N) :

- **Ferme d'Ezzaina :** La richesse spécifique floristique reste parfaitement stable entre l'hiver et le printemps ( $S = 10$ ). En revanche, le nombre total d'individus végétaux (N) augmente de manière importante, passant de 13 à 20. Cela traduit une levée de dormance, une croissance des plantules ou une densification du couvert végétal déjà en place grâce aux conditions printanières, sans apparition de nouvelles espèces.
- **Ferme de Rous Layoun :** On observe une légère augmentation de la richesse spécifique au printemps (S passe de 8 à 9), signe de l'apparition d'une nouvelle espèce opportuniste (probablement une adventice annuelle printanière). Étrangement, l'abondance globale diminue légèrement (N passe de 21 à 18), ce qui peut traduire un phénomène de compétition interspécifique, de mortalité de certaines plantules hivernales, ou l'effet d'un désherbage/travail du sol.

## B. Structure et Équilibre de la Flore (Shannon, Pielou et Dominance)

L'aspect le plus intéressant de la flore réside dans l'inversion de la structure des communautés entre les deux saisons :

- **À Ezzaina : Perte d'équilibre au printemps**

- En hiver, la flore est très diversifiée ( $H' = 2,245$ ) et exceptionnellement bien répartie : l'équitabilité de Pielou est presque maximale ( $J' = 0,975$ ), signifiant que toutes les espèces végétales ont à peu près la même abondance.
- Au printemps, l'indice de Shannon chute ( $H' = 0,825$ ) et l'indice de Berger-Parker augmente (passant de  $0,1538$  à  $0,25$ ).

L'accroissement de la végétation printanier profite principalement à une ou deux espèces dominantes (la dominance de Berger-Parker indique que l'espèce majoritaire représente désormais 25 % de toute la flore à elle seule). Cette prolifération d'une espèce étouffe légèrement la représentativité des autres.

- **À Rous Layoun : Rééquilibrage printanier**

- En hiver, la flore est dominée et déséquilibrée ( $H' = 1,860$  ;  $J' = 0,8947$ ) ; Berger-Parker élevé à  $0,2857$ ). Une espèce domine largement le couvert hivernal.
- Au printemps, la tendance s'inverse positivement : la diversité augmente ( $H' = 2,0621$ ) et l'équitabilité s'améliore ( $J' = 0,9385$ ) tandis que la dominance baisse ( $d = 0,2222$ ). La communauté végétale devient plus homogène et mieux répartie, probablement suite au développement de l'espèce supplémentaire ( $S=9$ ).

## C. Les Indices de Richesse Margalef et Menhinick

Ces indices confirment que le patrimoine floristique intrinsèque est globalement plus riche à Ezzaina (Margalef max à  $3,5088$ ) qu'à Rous Layoun (Margalef min à  $2,2992$ ). Ezzaina abrite un potentiel de biodiversité végétale supérieur.

Dans les deux exploitations, les espèces cultivées constituent la base de la production agricole. Elles sont principalement adaptées aux conditions climatiques semi-arides des deux régions. Les céréales (blé et orge), certaines cultures maraîchères (tomate, oignon, pomme de terre) ainsi que des cultures fourragères destinées à l'élevage comme la luzerne constituent les principales cultures. Ces choix

traduisent une stratégie d'adaptation aux contraintes climatiques et à la demande du marché local urbain.

- **Espèces spontanées (adventices)**

Les deux fermes présentent également une diversité d'espèces spontanées qui se développent sans intervention humaine. Ces espèces, souvent considérées comme adventices, sont plus abondantes dans les zones peu entretenues ou faiblement cultivées. Leur présence peut influencer négativement les rendements agricoles, mais elles constituent également un indicateur de la dynamique écologique des sols. Parmi elles, on retrouve des espèces communes des zones steppiques et cultivées.

- **Espèces rudérales**

Enfin, des espèces rudérales sont observées dans les deux exploitations, particulièrement autour des chemins, des bordures de champs et des zones anthropisées. Ces espèces, comme *Plantago spp.* Ou *Sisymbrium spp.*, témoignent de l'influence des activités humaines et des perturbations du milieu agricole.



*Figure 18 : des images montrant des plantes trouvées dans la ferme Ezzaina. En hiver (Original).*



*Figure 19 : Des images montrant des plantes trouvées dans la ferme ezzaina En printemps (original).*



*Figure 20 : Des images montrant des plantes trouvées dans la ferme Rous layoun(original).*

#### **4.11.3 Synthèse comparative entre la diversité floristique des deux fermes :**

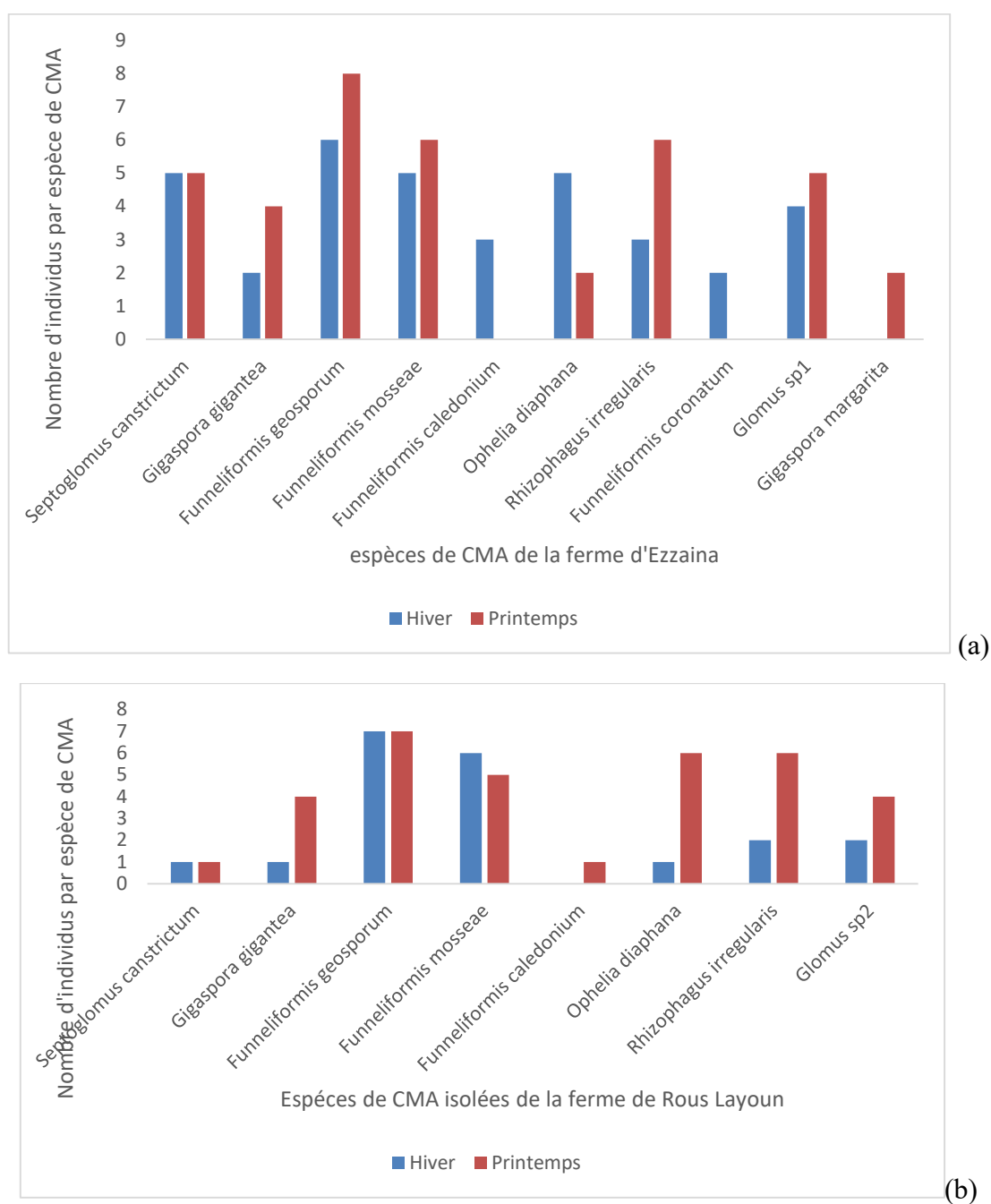
Globalement, l'inventaire floristique montre que les exploitations de Rous Layoun et Zaina présentent une structure végétale similaire, dominée par les espèces cultivées et pastorales, mais avec une présence variable d'espèces spontanées et rudérales selon le niveau d'intensification et d'entretien des parcelles. Cette diversité floristique reflète directement les interactions entre contraintes écologiques, pratiques agricoles et pression périurbaine dans la région de Djelfa.

**Tableau 14 : Flore saisonnière des exploitations de Rous Layoun et ezzaina.**

| Saison                  | Rous layoun                                                                             | Ezzaina                                                                                                                           |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Hiver</b>            | Blé –orge-luzerne –<br>adventices hivernales<br>(brassica spp. chenopodium<br>spp)      | Blé –orge-adventices plus<br>abondantes –espèces<br>pastorales hivernales                                                         |
| <b>Printemps</b>        | Tomate –pomme de terre –<br>oignon-mais (selon irrigation<br>)–végétation sèche limitée | Cultures estivales moins<br>diversifiées- forte présence<br>d'adventices résistantes à la<br>sécheresse – végétation<br>steppique |
| <b>Plantes pérennes</b> | <i>Acacia spp –Ziziphus lotus-</i><br>brise –vent disperses                             | <i>Artemisia herba alba –stipa</i><br><i>tenacissima- Lygeum spartum</i>                                                          |

#### **4.12. Diversité des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) dans la rhizosphère des deux fermes :**

Les spores de CMA ont été isolées à partir des sols des deux fermes étudiées afin d'évaluer la richesse en cet élément écologique et de déterminer dans la possibilité de son exploitation. La figure 21 représente les résultats du nombre d'individus par espèce. Les résultats montrent une richesse en espèces et en nombre d'individu plus marqué dans la ferme d'Ezzaina par rapport à celle de Rous Layoun.



**Figure 21 : Nombre d'individus par espèce de CMA dans les deux fermes (a) : Ezzaina, (b) Rous Layoun.**

Le tableau N°15 représente les indices de biodiversité calculer afin d'évaluer la richesse en CMA dans les deux fermes étudiées. Les résultats indiquent que la richesse spécifique maximale est observée à la ferme d'Ezzaina en hiver avec 9 espèces. De plus d'indice de diversité de Shannon le plus élevée est également observée à Ezzaina en hiver ( $H' = 2,13$ ), indiquant une communauté plus diversifiée. La plus faible diversité est enregistrée à Rous Layoun en hiver ( $H' = 1,64$ ). Les valeurs

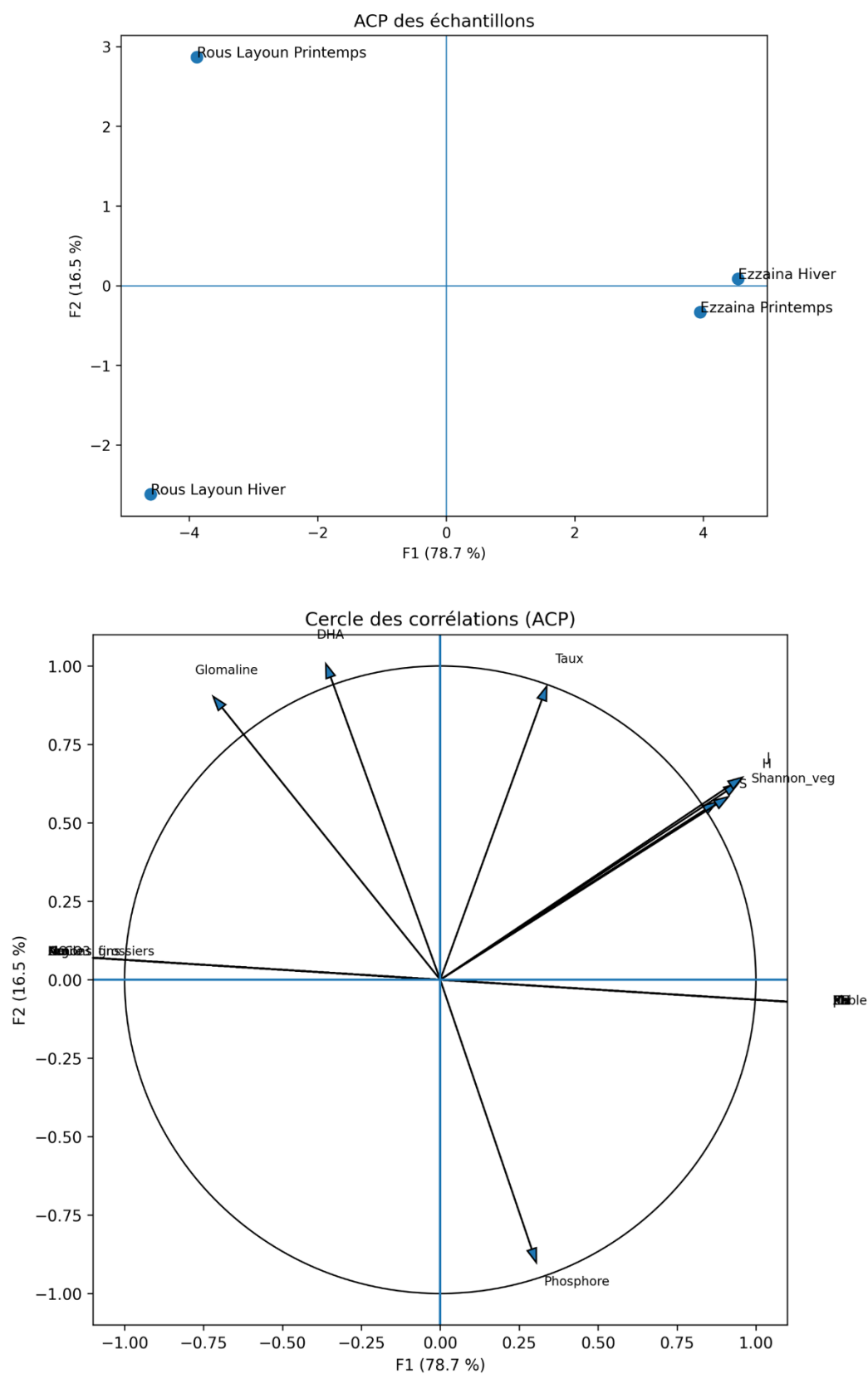
d'équitabilité sont élevées ( $> 0,84$ ) pour tous les traitements, ce qui montre une répartition relativement homogène des espèces.

*Tableau 15 : les indices de biodiversité des spores de CMA isolée des deux fermes*

| Site        | Saison    | Richesse spécifique (S) | Indice de Shannon(H') | Indice d'Équitabilité (J) |
|-------------|-----------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Ezzaina     | Hiver     | 9                       | 2.132                 | 0.971                     |
| Ezzaina     | Printemps | 8                       | 1.992                 | 0.958                     |
| Rous Layoun | Hiver     | 7                       | 1.639                 | 0.842                     |
| Rous Layoun | Printemps | 8                       | 1.930                 | 0.928                     |

#### 4.13. Analyse des composantes principales des données (ACP) :

L'analyse en composantes principales (ACP) a mis en évidence une séparation des échantillons selon un gradient biologique et un gradient édaphique. Le premier axe semble principalement corrélé positivement au taux de mycorhization, à l'activité déshydrogénase (DHA), à la teneur en glomaline ainsi qu'aux indices de diversité végétale et mycorhizienne. Le second axe distingue les deux fermes sur la base de leurs caractéristiques physico-chimiques, notamment la texture du sol, la matière organique et la teneur en potassium. Les échantillons de Rous Layoun au printemps se distinguent par leur forte activité biologique, tandis que ceux de Rous Layoun en hiver occupent une position opposée caractérisée par des niveaux plus faibles de mycorhization et d'activité microbienne. Les deux échantillons d'Ezzaina présentent une proximité relative, traduisant une stabilité des caractéristiques édaphiques entre les saisons.



**Figure 22 : Résultats de l'ACP. (a) Analyse principale des données de la répartition spatiale des deux fermes, (b) cercle des corrélations entre les paramètres étudiés.**

#### **4.14. Analyse du paysage et des paramètres écologiques :**

##### **4.14.1. Analyse du paysage des deux sites :**

Afin de réaliser une analyse du paysage des deux sites d'étude des blocs diagrammes (coupes paysagères) ont été réalisées pour les deux sites afin d'avoir une vision globale sur les richesses en éléments de paysage à exploiter et à valoriser.

##### **4.14.1.1. Paysage de la région d'Ezzaina :**

D'après la coupe de la figure 23, le paysage de la région d'Ezzaina est un Paysage rural de milieu semi-aride caractéristique des Hautes Plaines algériennes.

##### **Relief :**

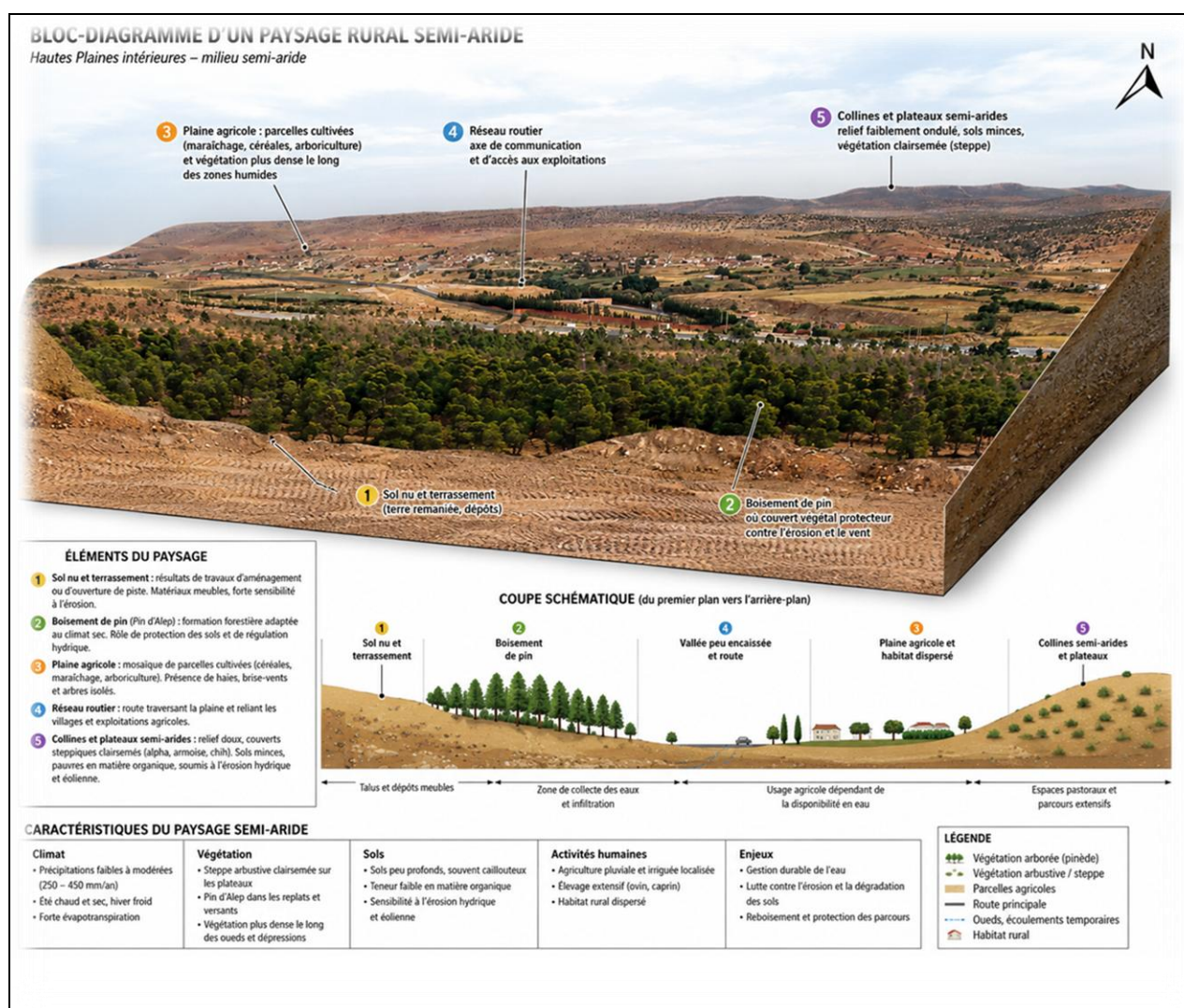
Le relief est faiblement ondulé, avec une présence de collines basses et de versants peu marqués à l'arrière-plan. L'absence de fortes pentes ou de relief montagneux important est apparente. Un vallon peu encaissé se distingue au centre du paysage.

##### **Organisation spatiale :**

La coupe de la figure 23 nous permet de distinguer une organisation spatiale en cinq plans allant de l'avant vers l'arrière :

- **Premier plan :**
  - Sol nu remanié par des travaux de terrassement.
  - Dépôts de matériaux meubles.
  - Traces d'engins de chantier visibles.
- **Zone boisée**
  - Couvert forestier dominé par des pins.
  - Rôle de protection contre l'érosion et le vent.
- **Plaine agricole**
  - Parcelles cultivées dispersées.
  - Végétation plus dense dans les zones bénéficiant d'un meilleur apport en eau.
  - Habitat rural dispersé.
- **Réseau routier**

- Route traversant le paysage et reliant les exploitations agricoles.
- **Arrière-plan**
  - Collines et plateaux semi-arides.
  - Couverture végétale clairsemée.
  - Sols brun-ocre typiques des régions steppiques.



*Figure 23 : Bloque Diagramme de la région d'Ezzaina.*

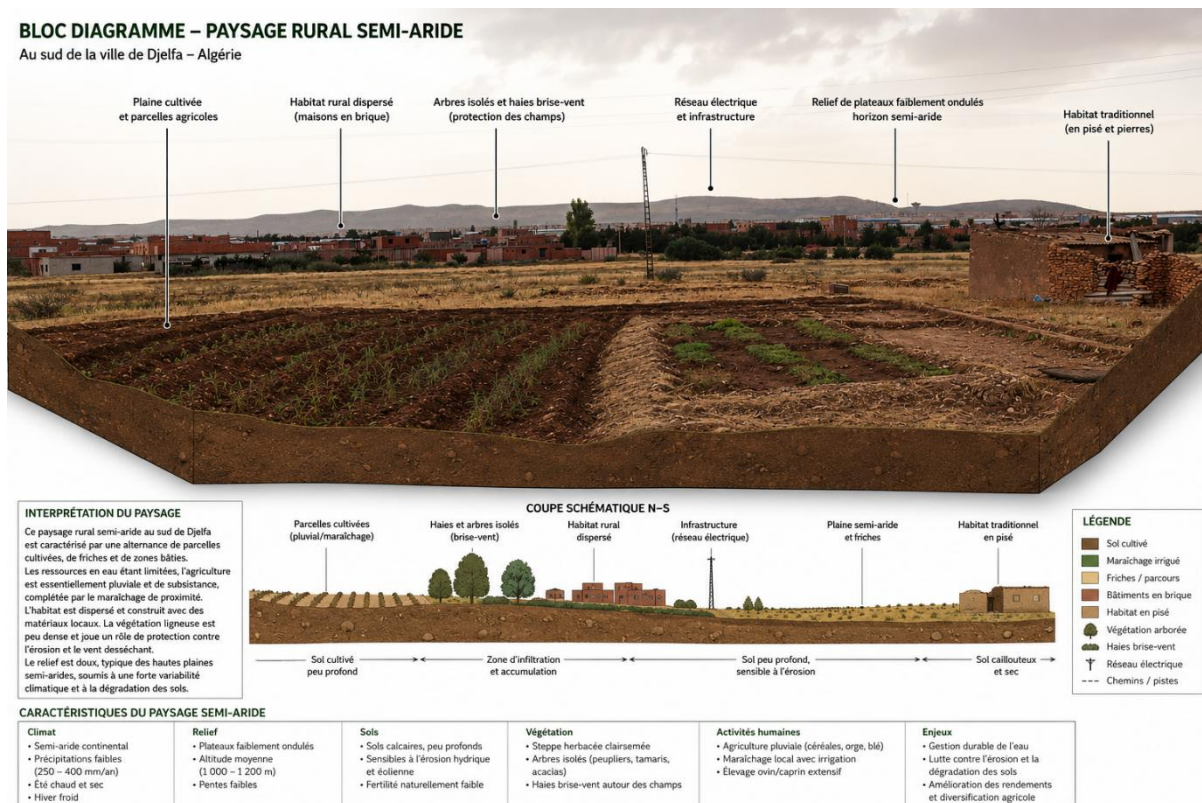
Le paysage étudié présente une organisation spatiale typique des régions semi-arides, caractérisée par une succession de collines et de plateaux faiblement ondulés. Les parties les plus élevées et les plus sèches sont principalement occupées par une végétation steppique peu dense, adaptée aux conditions climatiques contraignantes. Sur les versants intermédiaires, les zones de boisement

dominées par la pinède jouent un rôle essentiel dans la protection des sols contre l'érosion hydrique et éolienne. Les talus et les terrassements témoignent des aménagements réalisés pour limiter le ruissellement et favoriser la mise en valeur des terres. Dans les zones basses, une vallée peu encaissée traversée par une route constitue un axe structurant du paysage. L'eau de ruissellement tend à se concentrer préférentiellement dans ces dépressions, créant des conditions plus favorables au développement des cultures et à l'installation d'un habitat rural dispersé. Ainsi, les activités humaines s'organisent principalement autour des secteurs offrant les meilleures disponibilités en eau et les conditions les plus propices à l'agriculture, traduisant une forte interaction entre les composantes naturelles du milieu et les modes d'occupation du sol.

#### 4.14.1.2. Paysage de la région de Rous Layoun :

Le bloc diagramme représenté dans la figure 24 nous permet de distinguer les paramètres du paysage observé au sud de la commune de Djelfa. Au premier plan, le paysage est dominé par des parcelles agricoles aménagées sur des sols brun-rougeâtres travaillés en billons. Ces espaces cultivés témoignent d'une agriculture de proximité principalement destinée aux cultures maraîchères et vivrières. Les sols apparaissent peu profonds et relativement caillouteux, caractéristiques des formations pédologiques des Hautes Plaines semi-arides.

**BLOC DIAGRAMME – PAYSAGE RURAL SEMI-ARIDE**  
Au sud de la ville de Djelfa – Algérie



*Figure 24 Bloc diagramme de la région de Rous Layoun.*

Dans la partie médiane du paysage, une vaste plaine faiblement inclinée où alternent terres cultivées, friches et espaces ouverts est observée. La végétation naturelle est peu dense et se compose essentiellement d'espèces adaptées au déficit hydrique. Les arbres isolés et l'alignements végétaux constituent des éléments de protection contre les vents dominants et l'érosion éolienne.

L'habitat est dispersé et constitué majoritairement de constructions en brique et en béton, auxquelles s'ajoutent des bâtiments traditionnels en pisé et en pierre. Cette organisation spatiale traduit une occupation humaine liée aux activités agricoles et pastorales. La présence de lignes électriques et d'infrastructures témoigne de l'intégration progressive de ces espaces ruraux au réseau urbain de Djelfa.

À l'arrière-plan, le relief est formé de plateaux et de collines faiblement ondulés typiques des Hautes Plaines algériennes. Ces formes topographiques présentent des pentes faibles et des sols souvent peu développés, sensibles aux phénomènes d'érosion hydrique et éolienne. L'horizon relativement dégagé accentue l'impression d'ouverture caractéristique des paysages steppiques.

Ainsi, ce paysage rural semi-aride résulte de l'interaction entre des contraintes naturelles fortes qui se manifeste par les faibles ressources hydriques, les sols fragiles et le climat sec et les activités humaines qui cherchent à valoriser les terres disponibles à travers l'agriculture, l'élevage et l'habitat dispersé. Il constitue un exemple représentatif des dynamiques environnementales et socio-économiques qui caractérisent les espaces ruraux de la région de Djelfa.

#### **4.15. Evaluation de la qualité biologique des sols : Approche par modélisation Random Forest**

La figure 25 représente le classement de l'importance des variables explicatives dans la prédiction de la concentration en glomaline (considérer comme élément clé de la détermination de la qualité biologique du sol) selon le modèle Random Forest (500 arbres). Les résultats du modèle révèlent que les facteurs biologiques et écologiques constituent les principaux déterminants de la concentration en glomaline dans les sols étudiés (Figure 25). L'abondance floristique (N) apparaît comme la variable la plus influente, avec une augmentation de l'erreur de prédiction de 24,5 % lorsqu'elle est retirée du modèle. Ce résultat souligne le rôle majeur de la couverture végétale dans le fonctionnement des communautés mycorhiziennes et dans l'accumulation de glomaline dans le sol.

| Variables explicatives         | % Augmentation de l'erreur du modele (%IncMS) |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|
| Abondance Floristique (N)      | 24.5%                                         |
| Saison (Printemps/Hiver)       | 22.1%                                         |
| Dominance de Berger-Parker (d) | 19.8%                                         |
| Site (Ezzaina / Rous Layoun)   | 18.2%                                         |
| Phosphore assimilable (P)      | 16.5%                                         |
| Matière Organique (%)          | 15.1%                                         |
| Taux de Vésicules (V%)         | 13.4%                                         |
| Manganèse (Mn)                 | 11.2%                                         |
| pH (Alcalinité)                | 8.1%                                          |
| Texture (Sable %)              | 6.0%                                          |

*Figure 25 : Classement par importance des descripteurs.*

La saison constitue le deuxième facteur explicatif en importance (22,1 %), traduisant l'influence des variations climatiques et phénologiques sur l'activité biologique du sol. L'indice de dominance de Berger-Parker occupe la troisième position (19,8 %), indiquant que la structure de la communauté végétale et le degré de domination de certaines espèces peuvent fortement conditionner la production de glomaline. Parmi les caractéristiques physico-chimiques du sol, le phosphore assimilable et la matière organique figurent parmi les variables les plus contributives, avec des importances respectives de 16,5 % et 15,1 %. Ces résultats confirment le rôle central de la fertilité du sol dans le développement des CMA et dans la synthèse des composés glycoprotéiques associés. Les variables abiotiques, telles que la teneur en manganèse (Mn) et le pH du sol, présentent une contribution plus modérée mais demeurent significatives dans l'amélioration des performances prédictives du modèle, avec des importances respectives de 11,2 % et 8,1 %. Ces facteurs agissent probablement de manière indirecte en influençant la disponibilité des nutriments et les conditions de développement des microorganismes du sol.

Dans l'ensemble, cette analyse met en évidence la prépondérance des facteurs liés à la végétation et à la dynamique saisonnière par rapport aux seules propriétés physico-chimiques du sol, soulignant ainsi le caractère multifactoriel du contrôle de la glomaline dans les agroécosystèmes étudiés.

## Discussion

L'objectif de ce travail était d'évaluer les interactions complexes entre les propriétés physico-chimiques du sol, la diversité de la flore spontanée, les communautés de autochtones de CMA et l'activité biologique globale au sein de deux exploitations de la région semi-aride de Djelfa (Ezzaina et Rous Layoun). Les résultats mettent en évidence des trajectoires écologiques contrastées entre les sites d'Ezzaina et de Rous Layoun, soulignant l'importance des interactions entre les facteurs biotiques et abiotiques dans le fonctionnement des sols.

Contrairement aux attentes, le site d'Ezzaina, malgré des conditions édaphiques relativement contraignantes caractérisées par une texture sableuse dominante, une faible teneur en matière organique et un pH alcalin élevé, a présenté la dynamique biologique la plus importante au printemps. Cette observation rejoint les travaux récents montrant que dans les écosystèmes semi-arides, les limitations nutritionnelles et hydriques peuvent renforcer la dépendance des plantes envers les symbioses mycorhiziennes, favorisant ainsi le développement des réseaux fongiques et l'accumulation de glomaline (**BEGUM et al., 2019 ; CHEN et al., 2023**). La forte augmentation de la glomaline observée à Ezzaina, associée à une hausse de l'activité déshydrogénase et à une diminution du phosphore assimilable, suggère une intensification de l'activité biologique et de l'acquisition mycorhizienne du phosphore durant la phase de croissance printanière.

Cette dynamique semble étroitement liée à l'évolution de la végétation spontanée. Bien que la richesse spécifique soit restée stable, l'augmentation de l'abondance totale et de la dominance de certaines espèces fortement mycorhizogènes, notamment *Medicago sativa*, indique une restructuration fonctionnelle du couvert végétal. Plusieurs études ont montré que l'identité fonctionnelle des espèces végétales influence davantage l'activité des CMA que la richesse spécifique seule (**VAN der HEIJDEN et al., 2018 ; CHEN et al., 2022**). Les légumineuses, en particulier, sont reconnues pour stimuler le développement des réseaux mycorhiziens grâce à leurs besoins élevés en phosphore et à leurs interactions avec la microflore du sol.

Les résultats obtenus sur les communautés de CMA renforcent cette interprétation. Ezzaina présente les niveaux les plus élevés de diversité sporale ainsi qu'une forte colonisation arbusculaire au printemps. Les genres *Funneliformis* et *Septoglomus*, dominants sur ce site, sont fréquemment signalés comme particulièrement adaptés aux environnements arides et alcalins (**BERRUTI et al., 2016 ; BASURI & HIJIRI, 2024**). Le maintien d'un taux élevé d'arbuscules témoigne d'une symbiose active et efficace, favorisant les échanges nutritifs entre les plantes et les champignons et expliquant probablement la forte accumulation de glomaline observée.

À l'inverse, Rous Layoun présente des caractéristiques physico-chimiques a priori plus favorables au développement biologique, avec une texture plus équilibrée et des teneurs plus élevées en matière organique et en potassium. Pourtant, ce site affiche une activité biologique relativement faible au printemps, caractérisée par une stabilité de la glomaline et une diminution de l'activité déshydrogénase. Cette apparente contradiction illustre le fait que la qualité biologique d'un sol ne dépend pas uniquement de ses propriétés physico-chimiques mais également de la structure des communautés biologiques et des conditions écologiques locales. Des observations similaires ont été rapportées dans plusieurs agroécosystèmes méditerranéens où les sols les plus fertiles ne présentent pas nécessairement les activités mycorhiziennes les plus élevées (**LEHMANN et al., 2020 ; PELLEGRINO et al., 2023**).

L'augmentation marquée du taux de vésicules observée à Rous Layoun suggère un changement de stratégie des CMA vers le stockage des réserves plutôt que vers l'investissement dans les structures d'échange. Les vésicules constituent en effet des organes de réserve permettant aux champignons de survivre aux périodes de stress environnemental. Cette réponse pourrait être liée à la présence de contraintes abiotiques locales, notamment des concentrations plus élevées en sodium et en manganèse, susceptibles d'affecter l'activité microbienne. Des travaux récents indiquent que les communautés mycorhiziennes soumises à des stress édaphiques tendent à privilégier les mécanismes de conservation des ressources au détriment de la croissance du mycélium externe et de la production de glomaline (**ZHANG et al., 2022 ; LIU et al., 2024**).

La glomaline étant reconnue comme un acteur majeur de la stabilité structurale des sols et de la séquestration du carbone, son accumulation constitue un indicateur pertinent de la qualité fonctionnelle des agroécosystèmes (**RILLING et al., 2023**). Les résultats obtenus suggèrent ainsi qu'Ezzaina possède un fonctionnement écologique plus dynamique et potentiellement plus résilient, malgré des conditions édaphiques initialement défavorables. À l'inverse, la faible évolution saisonnière observée à Rous Layoun pourrait traduire une moindre capacité de réponse biologique aux variations environnementales.

L'analyse par Random Forest confirme cette interprétation en identifiant l'abondance floristique, la saison et l'indice de dominance de Berger-Parker comme les principaux déterminants de la concentration en glomaline. Ces résultats corroborent les études récentes montrant que la structure fonctionnelle du couvert végétal constitue un facteur plus important que la seule richesse spécifique pour expliquer les variations des processus microbiens du sol (**Delgado-Baquerizo et al., 2020 ; Bardgett & Caruso, 2024**). Le poids élevé du phosphore assimilable dans le modèle confirme

également le rôle central des CMA dans la mobilisation de cet élément limitant dans les sols calcaires des régions semi-arides.

L'analyse paysagère réalisée pour les deux sites d'études met en évidence une différence notable entre les territoires d'Ezzaïna et celui de Rous Layoun, traduisant deux niveaux distincts d'organisation spatiale au sein des Hautes Plaines semi-arides de Djelfa. À Ezzaïna, la présence de l'Oued Mellah, la diversité des occupations du sol et l'association d'espaces agricoles, de formations végétales et d'infrastructures rurales créent une mosaïque paysagère relativement hétérogène. Cette diversité structurelle est reconnue comme un facteur favorisant la biodiversité, la résilience des agroécosystèmes et la fourniture de multiples services écosystémiques dans les paysages méditerranéens (**BALZAN et al., 2020**). À l'inverse, Rous Layoun présente un paysage plus homogène et ouvert, marqué par une faible densité d'éléments structurants et de formations végétales. Plusieurs travaux récents soulignent que l'homogénéisation des paysages semi-arides réduit leur capacité de résilience face aux perturbations climatiques et accroît leur vulnérabilité aux processus de dégradation et d'érosion (**PETROSILLO et al., 2021**). Les résultats observés suggèrent ainsi que la diversité des composantes paysagères de la région d'Ezzaina contribue à une meilleure intégration écologique et fonctionnelle du territoire, tandis que celle de Rous Layoun nécessiterait des aménagements fondés sur le renforcement du couvert végétal et des continuités écologiques afin d'améliorer la stabilité des sols et la qualité paysagère. Cette interprétation rejoint les conclusions récentes montrant que la présence d'éléments semi-naturels et de corridors végétalisés constitue un levier majeur de durabilité dans les agroécosystèmes méditerranéens et semi-arides (**SERGE et al. 2020**).

Enfin, l'importance attribuée au facteur « site » indique que des variables non directement mesurées, telles que l'historique des pratiques culturelles, l'intensité du travail du sol ou les modalités de fertilisation, pourraient contribuer à expliquer les différences observées entre Ezzaina et Rous Layoun. Cette conclusion rejoint les travaux récents soulignant que les pratiques de gestion constituent l'un des principaux moteurs de la diversité microbienne et du fonctionnement des réseaux mycorhiziens dans les agroécosystèmes méditerranéens (**FIEZER, 2023 ; HART et READER, 2024**).

## **Conclusion générale et perspectives**

## Conclusion générale :

L'analyse comparative de deux fermes périurbaines localisées de part et d'autre de la commune de Djelfa, au nord (Ezzaina) et au sud (Rous Layoun), et présentant un lien écologique commun avec l'Oued Mellah, a permis de mieux appréhender les relations entre les caractéristiques édaphiques, la diversité floristique, les communautés autochtones de CMA et le fonctionnement biologique des sols dans un contexte semi-aride. L'approche intégrée adoptée, combinant analyses édaphiques, caractérisation de la biodiversité végétale et fongique, mesure d'indicateurs biologiques et modélisation prédictive, a mis en évidence la complexité des mécanismes qui régissent le fonctionnement écologique des sols dans ces environnements contraignants.

Les résultats obtenus révèlent que les caractéristiques physico-chimiques du sol, bien qu'importantes, ne suffisent pas à elles seules à expliquer les niveaux d'activité biologique observés. Le site d'Ezzaina, malgré des conditions édaphiques défavorables marquées par une texture sableuse, une faible teneur en matière organique et un pH fortement alcalin, a présenté la dynamique biologique la plus intense au printemps. Cette réponse se traduit notamment par une augmentation significative de la glomaline, une activité microbienne accrue et une forte colonisation mycorhizienne. À l'inverse, le site de Rous Layoun, pourtant caractérisé par un sol a priori plus favorable, a montré une activité biologique plus stable et moins réactive aux variations saisonnières.

L'étude souligne également le rôle central joué par la végétation spontanée dans la régulation des processus biologiques du sol. Les analyses de diversité et la modélisation par Random Forest ont montré que l'abondance floristique, la structure des communautés végétales et la saison constituent les principaux facteurs expliquant les variations de la concentration en glomaline. Ces résultats confirment que le fonctionnement des symbioses mycorhiziennes dépend davantage de la composition fonctionnelle du couvert végétal que de la seule richesse spécifique.

Par ailleurs, les différences observées entre les deux sites mettent en évidence l'importance du contexte paysager dans le maintien des processus écologiques. La mosaïque paysagère plus diversifiée d'Ezzaina, associée à la présence de l'Oued Mellah et à une plus grande hétérogénéité des habitats, semble favoriser la biodiversité et la résilience des interactions plante-sol-microorganismes. À l'inverse, l'homogénéité du paysage de Rous Layoun pourrait limiter ces interactions et réduire la capacité du système à répondre aux contraintes environnementales.

Dans l'ensemble, cette étude souligne la nécessité d'adopter une approche intégrée prenant en compte simultanément les composantes biologiques, édaphiques et paysagères pour évaluer le fonctionnement des sols et orienter les stratégies de gestion durable.

## Perspectives :

- Les résultats obtenus ouvrent plusieurs perspectives de recherche et d'application. Il serait tout d'abord pertinent d'étendre le suivi à l'ensemble des saisons afin de mieux appréhender la dynamique annuelle des communautés de CMA et de la production de glomaline dans les conditions climatiques contrastées des Hautes Plaines steppiques.
- Une caractérisation moléculaire des communautés de CMA par des approches de métabarcoding permettrait également d'affiner l'identification taxonomique des espèces présentes et de mieux comprendre leurs fonctions écologiques respectives. Cette démarche offrirait une vision plus complète de la diversité fongique que celle obtenue par la seule analyse morphologique des spores.
- Par ailleurs, l'évaluation de l'impact des pratiques agricoles (travail du sol, fertilisation, irrigation, rotations culturales et gestion de la flore spontanée) sur les réseaux mycorhiziens constituerait une étape essentielle pour identifier les leviers favorisant la restauration de la fertilité biologique des sols. Des expérimentations visant à promouvoir les espèces végétales fortement mycorhizogènes, notamment les légumineuses, pourraient être envisagées afin d'améliorer la productivité et la résilience des agroécosystèmes semi-arides.
- Enfin, à l'échelle du paysage, la mise en place de corridors écologiques, le renforcement du couvert végétal permanent et la conservation des habitats semi-naturels apparaissent comme des pistes prometteuses pour favoriser la biodiversité fonctionnelle et renforcer les services écosystémiques rendus par les sols. Ces actions s'inscrivent pleinement dans les objectifs actuels de gestion durable des terres et de lutte contre la dégradation des écosystèmes steppiques du centre algérien.

## Références Bibliographiques

1. **AFNOR (1996).** Qualité des sols — Protocoles d'échantillonnage et d'analyse. Paris,
2. **Aidoud, A., Slimani, H., & Touffet, J. (2006).** *Les steppes arides du nord de l'Afrique : diversité, dynamique et gestion des écosystèmes.* *Sécheresse*, 17(1-2), 11-22.
3. **Amrouni Sais, H., & Benziouche, S. E. (2024).** Olive farms in new planting areas: A comparison of farm structures and technical performance between the new and traditional planting areas. Case of Djelfa. *Management and Economics Research Journal*, 6(3), 95-112. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14568598>
4. **Amrouni-Saïs, H., & Benziouche, S. E. (2024).** Beyond pastoralism: Dynamics of farming systems in Djelfa steppe region. *Annals of Arid Zone*.
5. **Aubert, G. (1970).** Méthodes d'analyse des sols. ORSTOM, Paris, France. 360 p.
6. **Aubry, C. (2014).** Les agricultures urbaines et les questionnements de la recherche. *Pour*, 224(4).
7. **Ba, A. (2009).** *Les Fonctions reconnues à l'agriculture intra et périurbaine (AIPU) dans le contexte dakarois : caractérisation, analyse et diagnostic de durabilité de cette agriculture en vue de son intégration dans le projet urbain de Dakar* (Sénégal). AgroParisTech et Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 379p.
8. **Ba, A. et Aubry, C. (2011).** *Diversité et durabilité de l'agriculture urbaine : Une nécessaire adaptation des concepts ?* *Noréis*, 221pp. 11-24.
9. **Ba, A. et Moustier, P. (2010).** *La perception de l'agriculture de proximité par les résidents de Dakar.* *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, décembre (5), 913.
10. **Bagnouls, F. & Gaussen, H. (1953).** Saison sèche et indice xérothermique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 88, 193-239.
11. **Baize, D. & Girard, M.C. (2009).** Référentiel pédologique 2008. Éditions Quae, Versailles, France.
12. **Baize, D. (2000).** *Guide des analyses en pédologie* (2ème éd.). INRA Éditions.
13. **Baize, D. (2018).** *Guide des analyses en pédologie — Choix, expression, présentation, interprétation.* Éditions Quae, Versailles, France. 256 p.
14. **Baudry, J., & Burel, F. (2013).** *Écologie du paysage.* Éditions TEC & DOC.
15. **Benhizia, R., Kouba, Y., Szabó, G., Négyesi, G., & Ata, B. (2021).** Monitoring the spatiotemporal evolution of the Green Dam in Djelfa Province, Algeria. *Sustainability*, 13(14), 7953. <https://doi.org/10.3390/su13147953>

16. **Berg, G., & Smalla, K. (2009).** *Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial communities in the rhizosphere.* FEMS Microbiology Ecology, 68(1), 1–13.
17. **Bouteldjaoui, F. (2020).** *Hydrogéologie et gestion des ressources hydriques en zone semi-aride : cas de la région de Djelfa.* École Nationale Polytechnique, Alger.
18. **Breiman, L. (2001).** Random Forests. Machine Learning, 45(1), 5-32.  
<https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
19. **Burel, F., & Baudry, J. (2003).** Landscape ecology: Concepts, methods and applications.
20. **Chafi, C., & Fortas, Z. (1999).** Les mycorhizes des plantes des zones arides algériennes : Importance et perspectives d'utilisation. Bois et Forêts des Tropiques, 262, 77-79.  
<https://doi.org/10.19182/bft>
21. **Dabat, M.-H., Aubry, C. et Ramamonjisoa, J. (2006).** *Agriculture urbaine et gestion durable de l'espace à Antananarivo.* Économie rurale, 294-295..
22. **De Martonne, E. (1926).** Une nouvelle fonction climatologique : l'indice d'aridité. La Météorologie, 2, 449-458.
23. **Djeddaoui, F., Chadli, M., & Gloaguen, R. (2017).** Desertification susceptibility mapping using logistic regression analysis in the Djelfa area, Algeria. Remote Sensing, 9(10), 1031.  
<https://doi.org/10.3390/rs9101031>
24. **Djelfa - Données climatologiques (1991-2025).** Office National de la Météorologie, Algérie.
25. **Donadieu, P. et Fleury, A. (1997).** L'agriculture, une nature pour la ville ? Les Annales de la Recherche Urbaine, 74(1). pp.31-39.
26. **Duchaufour, P. (1983).** *Pédologie: Constituants et propriétés des sols.* Masson.
27. **Emberger, L. (1955).** Une classification biogéographique des climats. Recueil des travaux du laboratoire de botanique, de géologie et de zoologie de la Faculté des sciences de l'Université de Montpellier, Série botanique, 7, 3-43.
28. **FAO. (1996).** *The State of Food and Agriculture*, 1996. FAO. Rome, Italie. [En ligne] <http://www.fao.org/3/w1358e/w1358e00.htm>. 352p.
29. **Forman, R. T. T. (1995).** Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press.
30. **France. Tabatabai, M. A. (1982).** Soil enzymes. In A. L. Page et al. (Eds.), *Methods of soil analysis*, Part 2 (2nd ed., pp. 903-947). American Society of Agronomy.

31. **Franck, A. (2007).** *Produire pour la ville, produire la ville : Étude de l'intégration des activités agricoles et des agriculteurs dans l'agglomération du Grand Khartoum (Soudan)* [Thèse de l'Université Paris X Nanterre]. Paris, France. 508p.
32. **Gaci, D. (2022).** Étude des nouvelles mobilités pastorales dans les parcours steppiques algériens — cas des éleveurs ovin de la wilaya de Djelfa (Algérie) [Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure Agronomique d'Alger].
33. **Habib, N., et al. (2019).** Floristic diversity of steppe vegetation in Djelfa. *Acta Botanica Malacitana*.
34. **Hersbach, H., et al. (2020).** ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999-2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
35. **Hill, M. O., et al. (2003).** Diversity and evenness: A unifying notation. *Ecology*.
36. **Houari, A., et al. (2020).** Caractérisation agro-pastorale des systèmes de production dans la région steppique de Djelfa. *Revue des Régions Arides*, 35(2), 45-58.  
<https://theses.ummo.dz/items/63f1e0a3-9a06-4f5e-9f2e-5e6f2e3b4c5d>
37. **ISO 10390:2005.** Détermination du pH. Organisation internationale de normalisation, Genève.
38. **ISO 10693:2014.** Détermination du carbonate de calcium équivalent — Méthode volumétrique. Organisation internationale de normalisation, Genève.
39. **Le Houérou, H.N. (1995).** *Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Options Méditerranéennes*, Série B, n°10. CIHEAM-IAMZ, Zaragoza. 142p.
40. **Lindsay, W. L. (1979).** Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons.
41. **Magurran, A. E. (2004).** Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing.
42. **Mbogning Genang, A. (2017).** *Revue des débats sur la Multifonctionnalité de l'Agriculture. Journées Scientifiques de la Dschang School of Economics and Management. Dschang, Cameroun*. 24p.
43. **Mezrag, F. (2018).** Dynamique environnementale des zones steppiques à Djelfa (Algérie) : Caractérisation par télédétection des changements du couvert végétal et des processus d'ensablement [Thèse de doctorat, Université Lumière Lyon 2]. Archéologie, Géographie, Aménagement, Histoire (ArchéoDoc). <https://theses.hal.science/tel-01840597>
44. **Michel, M. (1999).** Goerg (Odile), *Pouvoir colonial, municipalités et espaces urbains, Conakry, Freetown, des années 1880 à 1914*. Outre-Mers. *Revue d'histoire*, 86(322). pp.398-401.
45. **Millot, G. (1964).** *Géologie des argiles*. Masson.

46. **Morell Meliki, H. (2020).** *Agriculture urbaine et trajectoires d'accès au foncier pour les citoyens précarisés au Cameroun : L'agriurbain comme perspective stratégique. Territoire en mouvement*, 44-45. [En ligne] <https://doi.org/10.4000/tem.6411>. pp.1-21.
47. **Mougeot, L. J. A. (2000).** *Urban Agriculture : Definition, Presence, Potentials and Risks, and Policy Challenges*. International Development Research Centre (IDRC). Ottawa, Canada. 62p.
48. **Moustier, P. et Pages, J. (1997).** *Le péri-urbain en Afrique : Une agriculture en marge ? Économie rurale*, 241(1). [En ligne] <https://doi.org/10.3406/ecoru.1997.4888>. pp.48-55.
49. **Mpié Simba, C. (2022).** *Dynamiques des paysages périurbains de la presqu'île de Libreville. De la caractérisation des trajectoires à la modélisation prospective* [Thèse de l'Université de Tours]. Tours, France. 352p.
50. **Nahmias, P. et Le Caro, Y. (2012).** *Pour une définition de l'agriculture urbaine : Réciprocité fonctionnelle et diversité des formes spatiales. Environnement urbain*, 6. [En ligne] <https://doi.org/10.7202/1013709ar>. pp.1-16.
51. **Nedjraoui, D., & Bedrani, S. (2009).** Les steppes algériennes : État de dégradation et stratégies de conservation. *Sécheresse*, 20(2), 89-101.
52. **Nelson, D.W. & Sommers, L.E. (1996).** *Total carbon, organic carbon, and organic matter*. In : *Methods of Soil Analysis, Part 3 — Chemical Methods*, SSSA Book Series 5. Soil Science Society of America, Madison, USA. pp. 961-1010.
53. **Philippot, L., Raaijmakers, J. M., Lemanceau, P., & van der Putten, W. H. (2013).** *Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. Nature Reviews Microbiology*, 11(11), 789–799.
54. **Quézel, P. & Santa, S. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris.
55. **Rabhi, S., & Hamadou, S. (2025).** GRONARIS: Un biofertilisant à base de champignons mycorrhiziens arbusculaires pour les sols salins de Djelfa. *Journal of Applied Microbiology and Biofertilizers*, 12(1), 78-92.
56. **Rahmani, S. E. A., & Chibane, B. (2022).** Geochemical assessment of groundwater in semiarid area: Case study of Djelfa aquifer, Algeria. *Applied Water Science*, 12, 59.
57. **Richards, L. A. (Ed.). (1954).** *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. USDA Handbook No. 60.
58. **Richards, L.A. (1954).** *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA Handbook 60, Washington, USA. 160 p.

59. **Robineau, O. (2013).** *Vivre de l'agriculture dans la ville africaine : Une géographie des arrangements entre acteurs à Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.* [Thèse de l'Université Montpellier Paul Valéry Montpellier III]. Montpellier, France. 379p.
60. **Saidani, A., & Tahraoui, F. (2024).** *Water supply management in semi-arid areas of Algeria: Case of Djelfa city.* *The Arab World Geographer*, 27(3–4), 259–268.
61. **Salamani, M., et al. (2013).** Sols et désertification dans les Hauts Plateaux steppiques algériens: cas de la wilaya de Djelfa. *Sécheresse*, 24(3), 215-226.
62. **Salvador, J. E. E., Hernandez, A. R. et Vera, C. R. A. (2021).** *Agriculture de proximité : Importance du périurbain pour la sécurité et la souveraineté agro-alimentaire nutritionnelle dans l'agglomération de Puerto La Cruz—Barcelone, Venezuela.* *Revue Critique Transdisciplinaire*, 4(1). pp.31-52.
63. **Sanz Sanz, E., Napoléone, C., & Hubert, B. (2017).** *Caractériser l'agriculture périurbaine pour mieux l'intégrer à la planification urbaine : propositions méthodologiques.* *L'Espace géographique*, 46(2), 174–190.
64. **Sanz Sanz, E., Napoléone, C., Hubert, B., Mata, R., & Giorgis, S. (2017).** *Repenser la planification urbaine à partir des espaces agricoles : Une méthodologie opérationnelle à l'échelle intercommunale.* *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, 2017(3), 511–536.
65. **Serrano, J. (2015).** *Aménager la multifonctionnalité des espaces périurbains.* [Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR) de l'Université Paris Est]. Paris, France. 196p.
66. **Singer, M. J., & Munns, D. N. (2006).** *Soils: An introduction* (6th ed.). Pearson Prentice Hall.
67. **Taibaoui, B., et al. (2025).** Impact de la dégradation des écosystèmes sur la dynamique de la végétation dans la région de Djelfa-Algérie. *AgroSciences*, 15(2), 112-128.
68. **Temple, L., & Moustier, P. (2004).** Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar). *Cahiers Agricultures*, 13, 15-22
69. **Thornthwaite, C.W. (1948).** An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38(1), 55-94. <https://doi.org/10.2307/210739>
70. **UNEP (1992).** *World Atlas of Desertification.* Edward Arnold, London.
71. **Van der Heijden, M. G. A., Bardgett, R. D., & van Straalen, N. M. (2008).** *The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems.* *Ecology Letters*, 11(3), 296–310.

72. **Vierheilig, H., Coughlan, A. P., Wyss, U., & Piché, Y. (1998).** *Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi.* Applied and Environmental Microbiology, 64(12), 5004–5007.
73. **Yabrir, B., Laoun, A., Chenouf, N.S., & Mati, A. (2015).** *Characteristics of sheep farms in middle Algerian area steppe in relationship with the aridity of the environment: case of the region of Djelfa* Livestock Research for Rural Development, 27(10),
74. **Zar, J. H. (2010).** *Biostatistical Analysis* (5th ed.). Pearson.

## الملخص

أجريت هذه الدراسة في مزرعتين حضريتين شبه حضريتين بولاية الجلفة (العين الزينة ورأس العيون) بهدف تحليل التفاعلات بين خصائص التربة، الغطاء النباتي العفوي، الفطريات الجذرية الميكوريزية (CMA)، النشاط البيولوجي للتربة، والسياق المنظري في بيئة شبه جافة أظهرت النتائج وجود تباين واضح بين الموقعين. ففي العين الزينة، وعلى الرغم من القيود الترابية الكبيرة، تم تسجيل نشاط بيولوجي مرتفع خلال فصل الربيع، يتمثل في زيادة الغلومالين، والنشاط الإنزيمي، وشدة التلقيح الميكوريزي، وذلك مع مجتمع نباتي عالي الارتباط بالميكورايزا. ويأتي هذا الأداء ضمن منظر طبيعي غير متجانس يتمحور حول وادي المالح، مما يعزز التفاعلات البيئية. في المقابل، يتميز موقع رأس العيون بمنظر طبيعي أكثر تجانساً وانفتاحاً، مع نشاط بيولوجي أضعف وأكثر استقراراً، وتغير موسمي محدود في الغلومالين، واستراتيجية فطرية تميل إلى تخزين الاحتياطات. أبرز تحليل الغابات العشوائية (Random Forest) الدور الأساسي لبنية الغطاء النباتي، والموسمية، والفوسفور المتاح في تنظيم ديناميكية الغلومالين. وبشكل عام، تؤكد هذه النتائج أهمية التفاعلات بين النبات والتربة والكائنات الحية الدقيقة، ودور التنوع المنظري في تعزيز أداء ومرونة النظم البيئية الزراعية في المناطق شبه الجافة.

**الكلمات المفتاحية :** النظم الزراعية شبه الجافة، الفطريات الجذرية الميكوريزية؛ النشاط البيولوجي للتربة؛ التنوع النباتي؛ علم بيئة المناظر الطبيعية؛ وادي المالح.

## Résumé :

Cette étude a été menée dans deux exploitations périurbaines de Djelfa (Ezzaina et Rous Layoun) afin d'analyser les interactions entre les propriétés du sol, la flore spontanée, les champignons mycorrhiziens arbusculaires (CMA), l'activité biologique et le contexte paysager en milieu semi-aride. Les résultats montrent des dynamiques contrastées entre les deux sites. À Ezzaina, malgré des contraintes édaphiques marquées, une forte activité biologique a été observée au printemps, avec une augmentation de la glomaline, de l'activité enzymatique et de la colonisation mycorrhizienne, associée à une flore fortement mycorrhizogène. Ce fonctionnement s'inscrit dans un paysage hétérogène structuré autour de l'Oued Mellah, favorisant les interactions écologiques. À Rous Layoun, le paysage plus ouvert et homogène est associé à une activité biologique plus faible et plus stable, avec une production de glomaline peu variable et une stratégie fongique orientée vers le stockage. L'analyse par Random Forest met en évidence l'importance de la structure de la végétation, de la saison et du phosphore dans la régulation de la glomaline. Ces résultats soulignent le rôle central des interactions plante-sol-microorganismes et de la diversité paysagère dans le fonctionnement et la résilience des agroécosystèmes semi-arides.

**Mots clés :** Agroécosystèmes semi-arides ; champignons mycorrhiziens arbusculaires; activité biologique du sol ; diversité floristique ; écologie du paysage ; Oued Mellah.

## Abstract :

This study was conducted in two peri-urban farms in Djelfa (Ezzaina and Rous Layoun) to analyze the interactions between soil properties, spontaneous flora, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), soil biological activity, and landscape context in a semi-arid environment. The results reveal contrasting dynamics between the two sites. At Ezzaina, despite marked edaphic constraints, a strong biological activity was recorded in spring, characterized by an increase in glomalin content, enzymatic activity, and mycorrhizal colonization, associated with a highly mycorrhizal plant community. This functioning is embedded in a heterogeneous landscape structured around the Oued Mellah, which enhances ecological interactions. In contrast, Rous Layoun, characterized by a more open and homogeneous landscape, shows lower and more stable biological activity, with limited seasonal variation in glomalin and a fungal strategy oriented toward reserve storage. Random Forest analysis highlights the key role of vegetation structure, seasonality, and soil phosphorus in regulating glomalin dynamics. Overall, these findings emphasize the importance of plant-soil-microorganism interactions and landscape diversity in the functioning and resilience of semi-arid agroecosystems.

**Keywords:** Semi-arid agroecosystems; arbuscular mycorrhizal fungi (AMF); soil biological activity; floristic diversity; landscape ecology; Oued Mellah.