



République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'Enseignement Supérieur
Et De La Recherche Scientifique
Université Saad Dahleb Blida 1
Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie
Département De Biotechnologie et Agro-écologie



Spécialité : Phytopharmacie Et Protection Des Végétaux

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Master académique en
Sciences de la Nature et de la Vie

Thème :

Biostimulation de la germination via différents supports nutritifs

Présenté par :

- ✓ Yagoub Messaouda
- ✓ El mokerfi Bouchra

Devant le jury composé de :

Mm Baba Aissa	M. M. A	U. Blida 1	Président
Mm Brahimi L	M. C. A	U. Blida 1	Promotrice
Mr Djazouli Z E	Professeur	U. Blida 1	Co promotor
Mme Lemiti S	M. C. B	U. Blida 1	Examinatrice

Année Universitaire 2022-2023



République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De L'Enseignement Supérieur
Et De La Recherche Scientifique
Université Saad Dahleb Blida 1
Faculté Des Sciences De La Nature Et De La Vie
Département De Biotechnologie et Agro-écologie



Année Universitaire 2022-2023

Remerciements

Tout d'abord, un grand merci aux dieux de nous 'avoir donné la Chance, la santé, la volonté et le courage de faire d'élaborer ce modeste Mémoire pour l'accomplir enfin après scinque années d'études et de Persévérance à la faculté. Nous remercions notre encadreur madame BRAHIMI LATIFA pour sa disponibilité, son aide, Ses encouragements et ses critiques constructives qui nous permis de mener à Bien ce travail. J'éprouve toute nous gratitude a notre co-promoteur Pr. Djazouli. On remercie également le responsable du laboratoire de pédologie, la responsable de laboratoire de phytopharmacie et Nous remercions également Mr Youssef d'être à nos côtés et de nous soutenir. Nous remercions les membres du jury Mme Baba Aissa.k., et Mme Lemiti. S qui nous ont honoré en jugeant ce travail. Nous exprimons nous sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont Enseigné durant notre parcours à l'université. Pour terminer, nous profonds remerciements vont également à toutes les Personne qui nous ont aidés et soutenue de près ou de loin à la réalisation de ce Mémoire.

إهداء

بعد مسيرة دراسية دامت سنوات حملت في طياتها الكثير من الصعوبات والمشقة والتعب، ها أنا اليوم أقف على عتبة تخرجي أفطف ثمار تعبي وأرفع قبعتي بكل فخر، فاللهم لك الحمد قبل أن ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا، لأنك وفقنتني على إتمام هذا العمل وتحقيق حلمي.....

أهدي هذا العمل إلى المرأة التي صنعت مني فتاة طموحة وتعشق التحديات، قدوتي الأولى التي منها تعرفت على القوة والثقة بالنفس من رضاها يخلق لي التوفيق (أي) أطال الله في عمرك بالصحة والعافية.

إلى الرجل العظيم الذي أخرج أجمل ما في داخلي وشجعني دائماً للوصول إلى طموحاتي، رجُلٍ عَلَّمَنِي الحياة بأجمل شكل وبذل كل ما بوسعه ولم يبخل (أي) أدامك الله لي.

إلى الملائكة التي رزقني الله بهم لأعرف من خلاهم طعم الحياة الجميلة، تلك الملائكة التي غيرن مفاهيم الحب والصدقة والسند في حياتي (أخواتي وأخوتي) جعلني وإياكم مِنَ الْبَارِينَ.

إلى من أخذ بيدي إلى ما أريد وأعاد لي ثقتي بنفسي إلى رفيق الدرب وصديق الأيام جميعاً بجلوها ومرها إلى سندي (وزوجي الغالي) حفظك الله تعالى.

إلى من أمدوني بالقوة والتوجيه وآمن بي ودَعَمَنِي في الأوقات الصعبة لأصل إلى ما أنا عليه الآن دمت لي سنداً لا عُمر له.

Messaouda

إهداء

أهدي ثمرة جهدي إلى الوالدين قبل كل شيء اللذان تعبوا في تربيته وكرسا حياتهما من أجلي.
وزوجي الغالي الذي كان مصدر إلهام لي وكان دائما بجانبني.
وإلى أخواتي أتم سندي وحزام ظهري وكياني وفلذات كبدي.
وإلى أيضا القريبين من القلب والداعمين والمساندين في السراء والضراء شكرا لكم.. دمتم لي.

Bouchra

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Table des matières

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

Introduction générale I

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Synthèse bibliographique	
Introduction	2
1. Biofertilisant et Biostimulant comme engrais éco-alternatifs	2
2. Les biostimulants	3
3. Origine et nature des SDP	6
4. Modes d'actions spécifiques aux biostimulants	6
5. Intérêts des biostimulants pour l'agroécologie	9
6. Biofertilisants	10
6.1. Biofertilisants à base d'algue	11
6.1.1. Intérêt des algues dans l'agriculture	11
6.1.2. Effets des algues sur les cultures	12
6.2. Biofertilisants à base d'azolla	12
6.2.1. Description d'Azolla	12
6.2.2. Composition chimique d'Azolla	12
6.2.3. Utilisation de l'azolla en agriculture	13
6.3. Biofertilisants à la base Figuier barbarie	13
6.3.1. Définition	13

6.3.2. Répartition en Algérie	14
6.3.3. Importance économique et écologique du figuier de barbarie	15

Chapitre II : Matériel et Méthodes

Objectif	17
1. Présentation de la région de Blida	17
1.1. Situation géographique	17
1.2. Facteurs abiotiques (Climat)	18
2. Présentation des sites d'étude et conditions expérimentales	19
3. Matériel d'étude	20
4. Méthodes d'étude	21
4.1.Préparation d'extraits aqueux	21
4.2.Préparation du gel de <i>Fucus indica</i>	21
4.3.Préparation d'extrait fraîche à base d'azolla	22
5. Préparation de sol	23
6. Les analyses physico-chimiques de sol	23
6.1.Porosité du sol	23
6.1.1. La densité apparente (la méthode du cylindre métallique)	23
6.2.Mesure de PH (méthode électrométrique)	24
6.3.La conductivité électrique (C.E)	25
6.4.L'humidité	26
6.5.La matière organique	27

Chapitre III: Résultats et discussions

1. Estimations des liens existants entre les différentes grandeurs étudiées ...	30
2. Estimation des fluctuations du PH selon les différents apports	31
3. Estimation des fluctuations de la conductivité selon les différents apports	32
4. Estimation des fluctuations de la matière organique selon les différents apports	33
5. Estimation des fluctuations d'humidité selon les différents apports	34
6. Estimation des fluctuations la densité apparente selon les différents apports	34
7. Estimation des différents degrés de similarité	35

Chapitre IV: Discussion générale

Discussion générale	38
Conclusion générale	41
Références bibliographiques	43

Liste des figures

Figure 1	Cartographie des cibles des principales terminologies identifiées pour les produits de stimulation	3
Figure 2	Evolution des différents compartiments d'un plante de tomate après application de biostimulants	5
Figure 3	Les mécanismes clefs recherchés lors de l'utilisation d'un biostimulant à base d'algues	8
Figure 4	Spectre d'action des biostimulants et SDP	9
Figure 5	Le figuier de Barbarie (a)représentation générale du plan, (b) La fleur, (c) Les cladode, (d) Les fruits, (e) Les graines, (f) La poudre des graines	15
Figure 6	Position du lieu d'expérimentation	17
Figure 7	Diagramme ombrothermique de Soumâa durant l'année d'étude	18
Figure 8	Diagramme ombrothermique de Tipaza durant l'année d'étude	19
Figure 9	Culture d' <i>Azolla filicoides</i>	19
Figure 10	Préparation de l'extrait aqueux d <i>Azolla Filicoloide</i>	21
Figure 11	Préparation de gel de <i>Fucus indica</i>	22
Figure 12	Préparation de l'extraction fraîche	22
Figure 13	Schéma représentatif des différents blocs représentatifs de l'expérimentation	23
Figure 14	Analyse de densité apparent du sol	24
Figure 15	Analyse de ph mètre du sol	25
Figure 16	Analyse de la conductivité du sol	26
Figure 17	Analyse de l'humidité du sol	27
Figure 18	Analyse de la matière organique du sol	28
Figure 19	Histogramme indiquant les fluctuations du pH	31
Figure 20	Histogramme indiquant les fluctuations de la conductivité électrique	32
Figure 21	Histogramme représentatif des fluctuations de la matière organique	33
Figure 22	Histogramme représentatif des fluctuations d'humidité	34
Figure 23	Histogramme indiquant les fluctuations de la densité apparente	35
Figure 24	Analyse de composantes principales appliquées aux différents gradients étudiés	36

Liste des abréviations :

SDN : Stimulateur de la défense naturelle

SDP : Stimulateur de la défense des plantes

EBIC : Conseil Européen de l'Industrie des Biostimulants

CDA : Centre de Développement de l'Agroécologie

UE : L'Union Européenne le règlement

MFSC : Matières Fertilisantes et les supports de Culture

Mo : Matière Organique

Ph : potentiel hydrogène

Liste des tableaux

Tableau 1	Lien entre les 3 principes de l'agroécologie et les principales caractéristiques des Biostimulants	10
Tableau 2	Lien entre les différents gradients étudiés	30
Tableau 3	Interprétation des valeurs du ph du sol	31
Tableau 4	Les classes de la salinité du sol	32

Résumé :

Les produits de stimulation en agriculture est une solution prometteuse pour lutter efficacement contre les stress biotiques et abiotiques tout en minimisant l'utilisation des pesticides.

Dans ce champ de réflexion s'inscrit notre recherche qui vise à tester l'efficacité des différentes concentrations de biofertilisants à base d'algue (extrait aqueux et extraction fraîche d'*Azolla Filicoloide*) et Extrait de feuille de Ficus de barbarie, notre expérimentation s'est déroulée au niveau du département de biotechnologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Blida1 le long de la période hivernale pour la culture D'azolla, la période printano-estival était consacré au application de sept mélange de biofertilisant sur le sol ainsi qu'au analyse physico-chimiques.

A travers les résultats, nous avons constaté que l'effet de la figue de barbarie est l'extrait fraîche d'Azolla avait des effets significatifs sur le taux de matière organique et a la capacité de rétention du sol aux humidités des sols, sans oublier l'effet des extraits aqueux sur le ph et la conductivité.

– **Mots clé :** Biostimulants, Biofertilisants, Extrait aqueux, Algue, sol.

Abstract :

Plant stimulating products in agriculture are a promising solution to effectively combat biotic and abiotic stress while minimizing the use of pesticides. In light of this idea, the current study aims to test the effectiveness of different concentrations of algae-based biofertilizers (aqueous extract and fresh extract of *Azolla filiculoid*) and prickly pear leaf extract. This experiment was conducted at the level of the Department of Biotechnology at the Faculty of Natural and Life Sciences at the University of Blida1 throughout the winter period for cultivating *Azolla*, and the spring and summer period was devoted to applying seven mixtures of biofertilizers to the soil, as well as physico-chemical analysis. Through the results, it is found that the effect of prickly pear and fresh *Azolla* extract had a significant effect on the level of organic matter and the ability of the soil to retain moisture, without forgetting the effect of water extracts on pH and conductivity.

– **Keywords:** stimulation products, natural fertilization products, aqueous extract, algae, soil.

ملخص:

تعتبر منتجات التحفيز النباتية في الزراعة حلاً واعدًا لمكافحة الإجهاد الحيوي والغير الحيوي بشكل فعال مع التقليل من استخدام المبيدات. في ضوء هذه الفكرة، يهدف بحثنا إلى اختبار فعالية تراكيز مختلفة من الأسمدة الحيوية المعتمدة على الطحالب (المستخلص المائي والمستخلص الطازج لنبات الأزولا فيليكوليد) ومستخلص أوراق التين الشوكي. أجريت تجربتنا على مستوى قسم البيوتكنولوجيا بكلية العلوم الطبيعية والحياة بجامعة البليدة 1 طوال فترة الشتاء لزراعة الأزولا، وخصصت فترة الربيع والصيف لتطبيق سبعة مخاليط من الأسمدة الحيوية على التربة وكذلك التحليل الفيزيائي الكيميائي. ومن خلال النتائج وجدنا أن تأثير التين الشوكي ومستخلص الأزولا الطازج كان لهما تأثير معنوي على مستوى المادة العضوية وقدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة، دون أن ننسى تأثير المستخلصات المائية على الرقم الهيدروجيني والتوصيل.

- **الكلمات المفتاحية:** منتجات التحفيز، منتجات التسميد الطبيعي، مستخرج مائي، الطحالب، التربة.

Introduction

Générale

Introduction générale

Les dangers des produits chimiques sont bien concrets... Tant sur la qualité de l'environnement, et la biodiversité que sur la santé humaine. Vers les 1970 une catégorie très large de produits et substances qui apportent des solutions Souvent innovantes dans le domaine de la fertilisation et de la protection des cultures (AMIAR et *al.*,2021).Ces solutions ont pour caractéristique commune de reposer sur un mode d'action passant par la stimulation de processus biologiques au niveau du sol ou de la plante (FAESSEL et *al.*, 2014), ces solutions permettent d'agir sur la capacité des systèmes biologiques à s'adapter (par exemple : stimulation des défenses naturelles de la plante ou meilleure absorption des nutriments, respectivement).

Dans le contexte actuel de réduction des intrants agricoles, les biofertilisants sont en plein développement car ils apparaissent comme un moyen réaliste d'atteindre les objectifs fixés en maintenant une bonne qualité de production. En effet, ils aident les plantes à exprimer tout leur potentiel, à mieux exploiter les ressources présentes dans leur environnement et à mieux résister aux contraintes pédoclimatiques.

La fertilisation est le processus consistant à apporter à un milieu de culture, notamment le sol, les éléments nécessaires au développement de la plante et l'entretien ou l'amélioration de la vie du sol. D'autant plus que les 3 macro-éléments primaires : l'azote N, le phosphore P, et le potassium K. nécessaires aux cultures, sont souvent présents en quantité insuffisante dans les sols, et constituent les principaux composés des produits fertilisants. De ce fait, il en ressort de notre problématique d'essayer d'améliorer la structure du sol ainsi que la réserve de ce dernier en éléments nutritifs.

Ainsi, dans notre travail de recherche, et dans le but de lacer les plantes cultivées dans les meilleures conditions d'alimentation. L'objectif serait d'estimer l'effet d'apport de biofertilisant, issus de différents mélanges à base de plante aquatique et ficus avec le sol de semis sur la structure et la richesse de ce dernier.

Notre document est composé de trois chapitres :

➤ Le premier chapitre est consacré à la synthèse Bibliographie avec des informations générales sur les biostimulants et les déclencheurs de défense naturelle ainsi que fertilité du sol.

Introduction générale

- Dans le deuxième chapitre, nous préparons nos matériaux de support alimentaire et les analyses physico-chimiques du sol.
- Un troisième chapitre dédié pour les résultats obtenus
- Le quatrième chapitre discute nos résultats,
- Enfin nous terminons par une conclusion et une perspective de recherche.

Chapitre I :
Synthèse bibliographique

II. Synthèse bibliographique :

Introduction :

Certaines pratiques agricoles traditionnelles ainsi que l'emploi d'engrais chimiques ont considérablement réduit la vie dans le sol. Bien que les rendements agricoles aient connu un accroissement majeur durant les 30 glorieuses, les quantités des productions stagnent dans la majorité des cultures depuis 1990. Et pour cause : les sols sont devenus pauvres en micro-organismes, et autres nutriments présents naturellement dans la terre, tels que l'azote ou le potassium. Les pratiques agricoles et la fertilisation d'hier ne répondent pas aux enjeux des sols agricoles d'aujourd'hui. Il est ainsi indispensable de s'en rendre compte, pour pouvoir fertiliser un sol adéquatement et obtenir des rendements durables. Parmi les "nouvelles" pratiques agricoles à prendre en compte: est de procédé de bioremédiation, l'éco-fertilisation, et autres pratiques en faveur d'une agriculture de conservation (<https://www.fertilux.lu/fertiliser-un-sol-pour-un-rendement-durable/> 2022).

7. Biofertilisant et Biostimulant comme engrais éco-alternatifs :

À ces changements de pratiques agricoles, vient la mise en place d'une fertilisation agissant en faveur de la biodiversité des sols. Avant même d'envisager d'épandre des engrais, l'amendement calcique est la première étape pour accroître la vie du sol en améliorant sa structure et sa fertilité. Les éléments compris dans les amendements permettent de corriger le pH des sols, et de développer la vie microbienne dans la terre en y faisant circuler davantage d'eau et d'air. Ils permettent ensuite d'optimiser l'absorption des engrais par la plante. L'amendement calcique stimule les organismes du sol, qui font naturellement un travail considérable en participant à divers processus d'amélioration de la fertilité des sols. Les vers-de-terre assurent, par exemple, une "bonne aération" du sol en creusant des galeries. Fertiliser un sol en commençant par un amendement calcique, optimise les résultats.

Le choix des engrais est déterminant quant au respect de la vie du sol et des plantes. Les cultures dont les sols contiennent trop d'engrais chimiques appauvrissent le travail de l'amendement calcique et des organismes du sol. Afin de renforcer la stimulation des micro-organismes du sol, un engrais doit être d'origine naturelle. Cela permet à ses composés natifs d'être reconnus et mieux assimilés, par le sol et ensuite par plantes. En plus du phosphore, de la potasse, et de l'azote, les formules d'engrais doivent contenir des éléments nutritifs répondant aux besoins

spécifiques des cultures. Parmi ces éléments nutritifs: des oligo-éléments (bore, zinc, sélénium, etc.) et les macro-éléments (calcium, magnésium, etc.).

Les cultures dont les sols contiennent une vie biologique active et entretenue, sont des cultures dont les rendements ont un potentiel de croissance forte. Que ce soit en matière de quantité ou de qualité, les rendements d'un sol s'accroissent à mesure que la terre contient des éléments nutritifs et fertiles. Fertiliser un sol pour obtenir un rendement durable est donc plus que jamais possible, tant que la fertilité des sols reste préservée

8. Les biostimulants:

L'EBIC (Conseil Européen de l'Industrie des Biostimulants) définit les biostimulants comme des produits dont la formulation est très variable. Ils peuvent contenir des composés, une (des) substance(s) et/ou micro-organisme(s) dont la fonction, quand appliqué aux plantes ou à la rhizosphère permettra d'améliorer la vigueur des cultures, la qualité des récoltes en stimulant les processus naturels pour améliorer/avantager l'absorption des nutriments, l'efficacité des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques, indépendamment du contenu en nutriments du biostimulant. (POVERO et al., 2016).

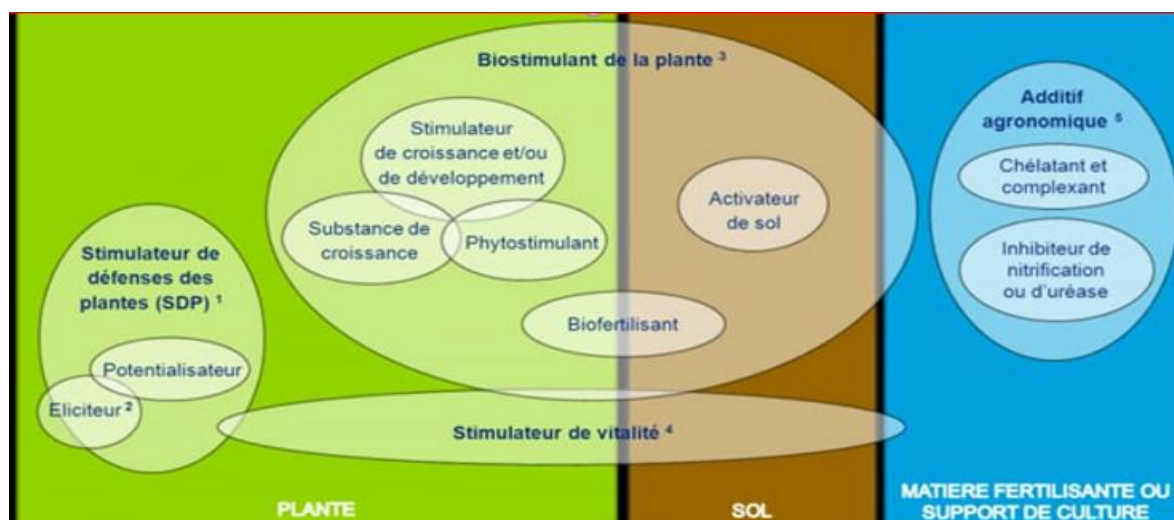


Figure 1: Cartographie des cibles des principales terminologies identifiées pour les produits de stimulation (Hérault, 2015).

Le mot « biostimulant » a été inventé par des spécialistes de l'horticulture pour décrire des substances favorisant la croissance des plantes sans être des nutriments, des amendements de sol ou des pesticides. Ces substances naturelles ou synthétiques peuvent être appliquées sur les

graines, les plantes ou à même le sol (CDA, 2021).

De sa part, l'Académie des biostimulants française, déclarent que les biostimulants ne sont pas considérés comme des engrais, en tant que tels, car ils n'apportent pas une quantité suffisante de nutriments. Les propriétés du biostimulant sont la conséquence de sa formulation complexe, et non pas la conséquence de la seule présence d'un élément nutritif élémentaire, d'un régulateur de croissance ou d'un agent protecteur connu (YAKHIN *et al.*, 2017) Les biostimulants agricoles sont des additifs d'engrais biologiques. Ils sont utilisés en production végétale pour favoriser la croissance, la santé et la productivité des plantes. Ayant une action différente de celle des intrants chimiques, ils sont aussi un allier des cultures agroécologiques.

Le 26 Juin 2019 a été publié au Journal officiel de l'Union Européenne le règlement (UE) 2019/1009, règlement harmonisé de toutes les Matières Fertilisantes et Supports de Culture. Ce règlement donne enfin un cadre aux biostimulants en leur attribuant une définition liée à leur(s) fonction(s) et en les intégrant dans la famille des MFSC. Il n'y a plus de risques de confusion avec les produits de la protection des plantes, la limite étant clairement définie autour des stress abiotiques et biotiques. Ce nouveau règlement sera d'application le 16 Juillet 2022 (UE, 2019).

a. **Rôle des Biostimulants:**

De nombreuses propriétés sont reconnues aux biostimulants. En voici une liste non exhaustive (figure 02).

- Stimuler de la germination des graines et ainsi améliorer la qualité de la production en condition non optimale.
- Contribuer à améliorer l'absorption des nutriments. Certains acides aminés contenus dans les biostimulants peuvent s'associer aux micronutriments, ce qui aide notamment la plante à puiser les nutriments dans des sols à pH élevés.
- Apporter une meilleure résistance aux stress abiotiques comme les variations climatiques, les carences en minéraux, une salinité excessive, la sécheresse ou encore l'excès d'eau. Ces attributs dépendent de la composition des biostimulants (CDA, 2021).

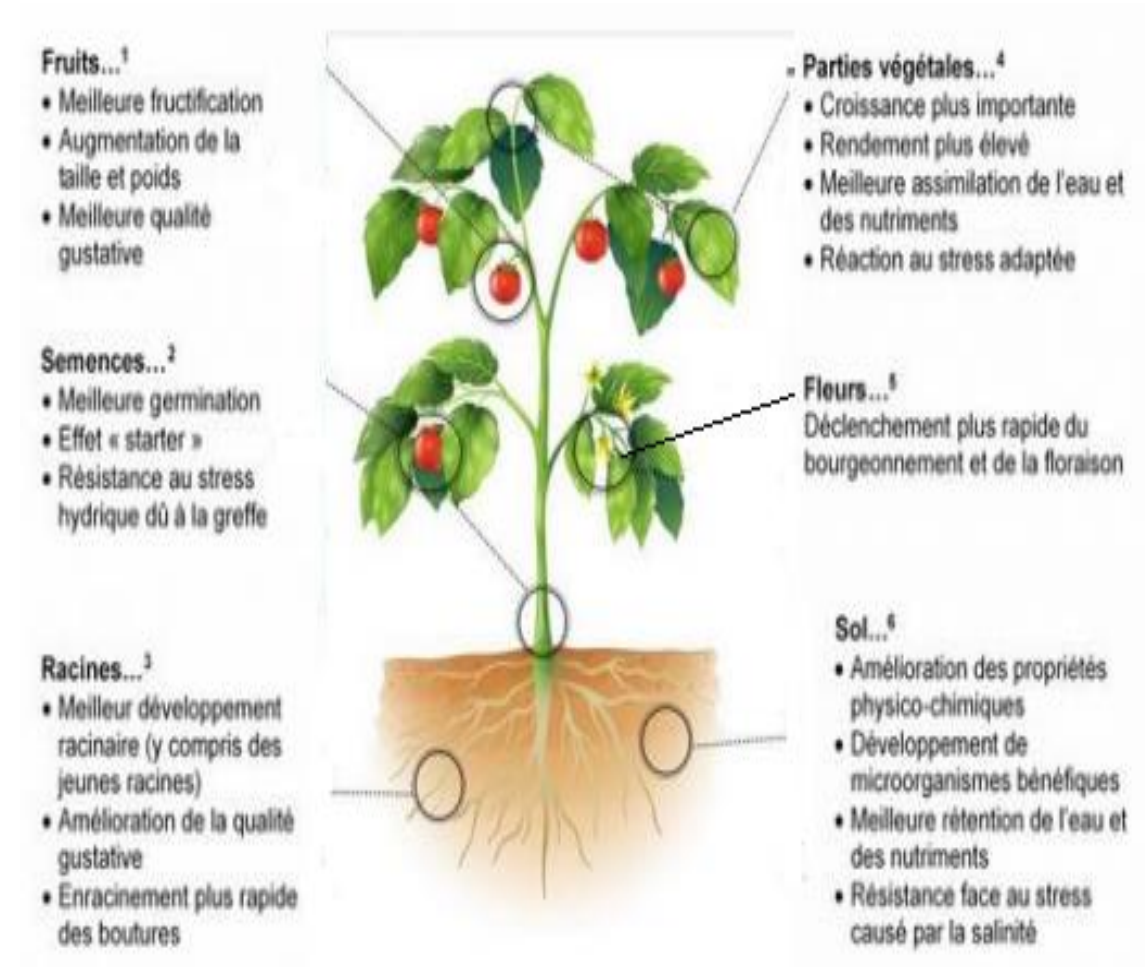


Figure 2: Evolution des différents compartiments d'un plante de tomate après application de biostimulants (POVERO *et al.*, 2016).

b. D'origine et nature des biostimulants:

Il existe plusieurs types de biostimulants à savoir :

- Les biostimulants organiques (extraits d'algues, les substances humiques et fulviques, extraits de plantes, les levures, les acides aminés...)
- Les biostimulants microbiens (champignon mycorhize, les bactéries comme l'azospirillum, bacillus, le rhizobium...)
- Les biostimulants inorganiques (le silicium élément chimique présent dans le sol, les oligoéléments...)

Ils peuvent s'utiliser seuls ou en apport au sol ou par pulvérisation sur les plantes et enfin être disposés en enrobage de semences (WIKIAGRI, 2018).

9. D'origine et nature des SDP :

Le foisonnement terminologique est en partie dû à la diversité d'origine et de nature des produits. De fait, les produits de stimulation sont définis par «ce qu'ils font» plus que par «ce qu'ils sont». Les SDN d'origine végétale sont soit des extraits bruts (extraits bruts d'algues, de sauge, de bourdaine, d'ortie, de prêle, etc.), soit des composés plus ou moins purifiés du produit d'origine, ou le résultat d'une fermentation des extraits bruts.

À l'exception de quelques produits qui sont homologués comme stimulateurs des défenses naturelles, la plupart des autres composés sont commercialisés en tant qu'engrais ou fertilisants même s'ils prétendent, de façon plus ou moins explicite, stimuler la stratégie défensive des plantes. Ce n'est au final pas l'origine et la nature qui importent, mais bien le mode d'action «stimulation» (BENHAMOU et REY, 2012).

Ils peuvent être de natures variées et utilisés seuls ou en combinaisons. Voici quelques exemples de constituants utilisés :

- Les extraits de plantes,
- Les extraits d'algues,
- Les micro-organismes et leurs extraits,
- Les acides aminés et protéines hydrolysées,
- Les substances humiques ou assimilées (ex : acides humiques, acides fulviques, lignosulfonates),
- Les substances minérales non nutritives,
- Les biomolécules (ex: enzymes, vitamines, antioxydants).

10. Modes d'actions spécifiques aux biostimulants :

Les biostimulants se définissent d'abord par leur fonction, avant même que soient précisées les substances actives. En effet, l'alimentation des plantes n'est pas seulement une question d'apport d'éléments nutritifs.

D'une façon générale, les biostimulants peuvent améliorer la nutrition par une meilleure bio disponibilité des éléments nutritifs et une meilleure absorption de ces derniers par la plante (ex : mycorhize, fixation symbiotique ou non de l'azote, solubilisation du phosphore, etc.), stimuler la croissance par une action sur le système

racinaire et/ou végétatif (ex : augmentation de la teneur en chlorophylle), ou sur la germination et les stades précoces de développement (ex : action des phytohormones). Une meilleure mobilisation des produits de la photosynthèse permet un développement plus efficace en quantité et qualité des fruits, et une meilleure utilisation des oligoéléments présents dans les sols permet une qualité nutritionnelle améliorée des fruits et/ou graines (HERAULT, 2015).

Depuis quelques années, des extraits d'algues sont disponibles à la vente en tant que biostimulants. Ils revendiquent des actions sur la stimulation de la croissance des plantes, mais aussi sur leur capacité à améliorer la tolérance des plantes à la salinité (ex: rétention d'eau dans les cellules), et aux stress hydriques : la chaleur et la sécheresse (ex : réduction de l'ouverture des stomates) (OOSTEN, 2017) L'extrait d'algue serait également un bon outil pour accélérer la décomposition de la matière organique grâce aux acides alginiques, accroître la population bactérienne (THIVY, 1964). En effet, les molécules d'alginate contenues dans les extraits d'algues peuvent favoriser la mise en place d'une structure de sol granulaire et aérée idéale pour les sols cultivés. VAN OOSTEN (2017) propose une vision plus globale des mécanismes que peuvent favoriser les extraits d'algues au sein de l'appareil végétatif et racinaire dans la figure suivante:

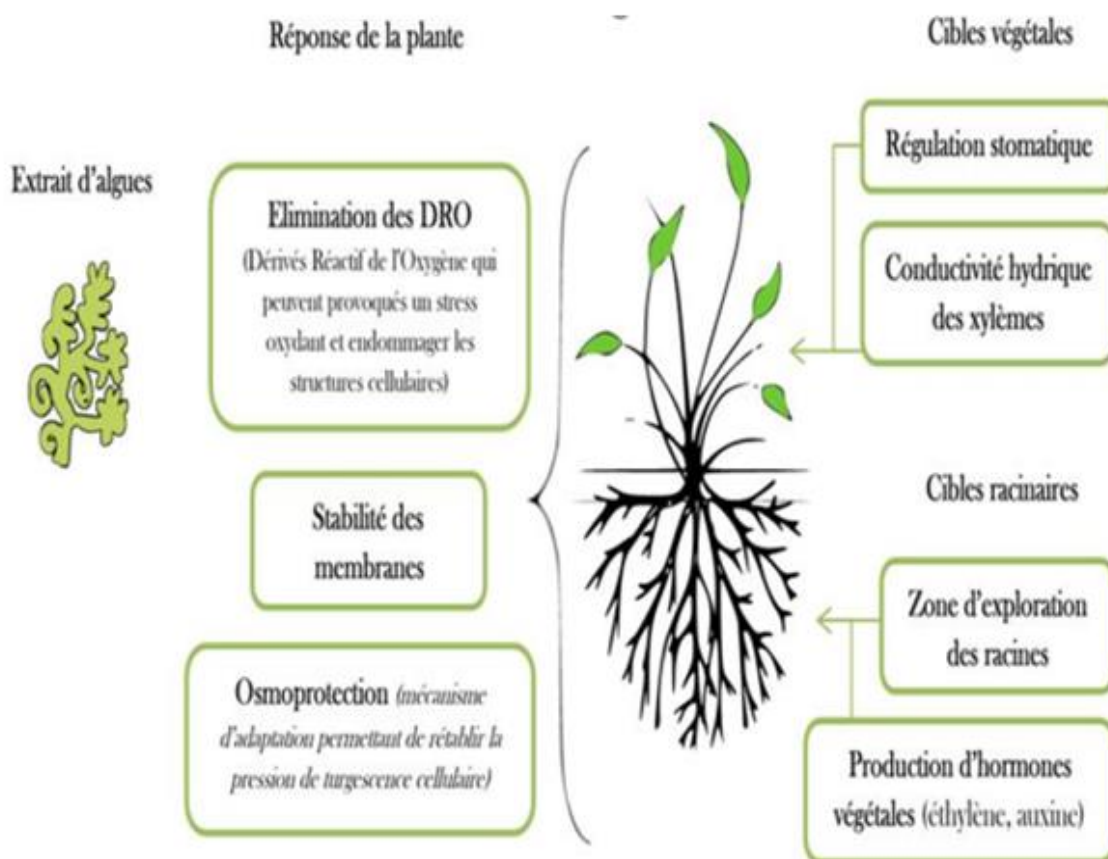


Figure 3 : Les mécanismes clefs recherchés lors de l'utilisation d'un biostimulant à base d'algues (Académie des biostimulants, 2019).

Pour plus de détails, FAESSEL et al (2014) nous proposent une synthèse de spectre d'action des biostimulants et des SDP présentée dans la figure ci-dessus :

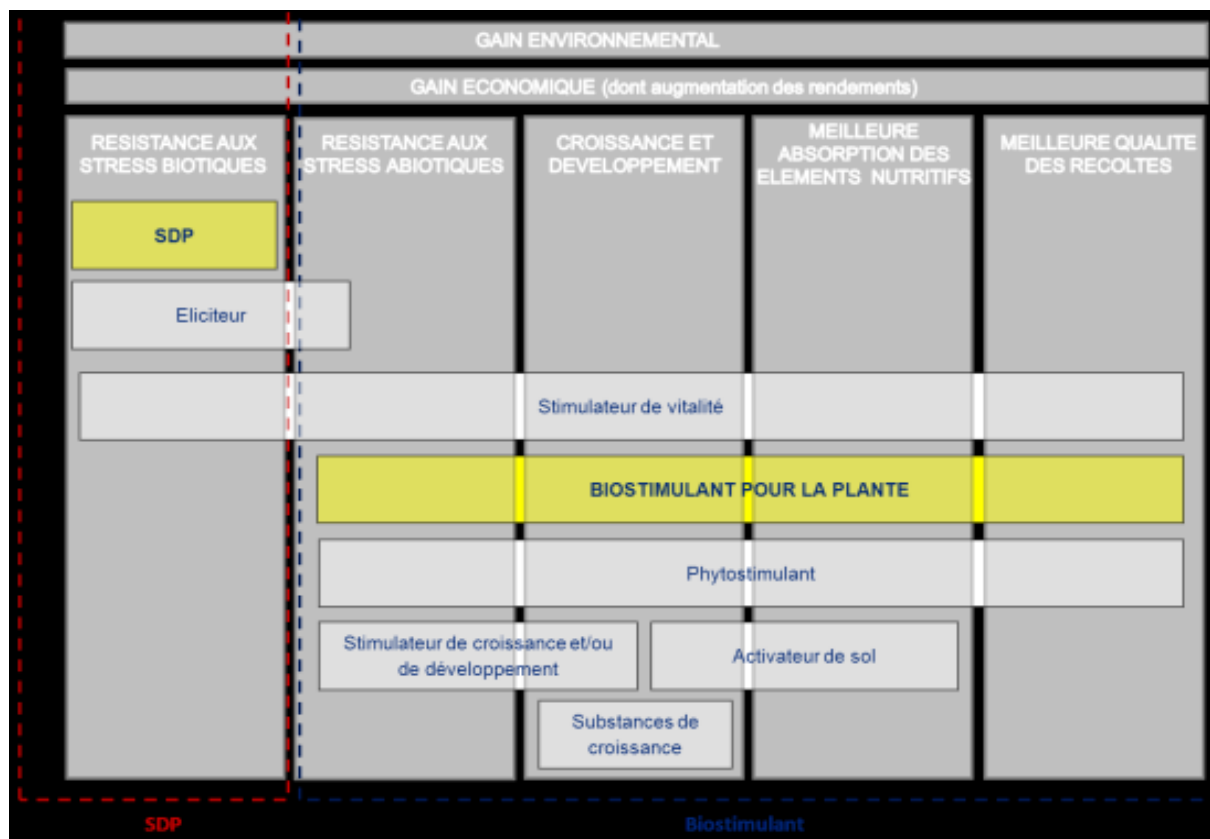


Figure 4 : Spectre d'action des biostimulants et SDP (FAESSEL *et al.*, 2014).

11. Intérêts des biostimulants pour l'agroécologie:

L'agroécologie est une approche qui vise à (re) concevoir des systèmes de production agricole en tirant le meilleur parti des fonctionnalités offertes par les agroécosystèmes, afin de concilier durablement performances socioéconomiques, environnementales et sanitaires (Schaller, 2013).

Elle repose usuellement sur trois principes : accroissement de la biodiversité, renforcement des régulations biologiques et bouclage des cycles biogéochimiques. Il est aisé, compte tenu des effets observés et des modes d'actions décrits précédemment, de dresser les bénéfices qu'apportent les biostimulants et biofertilisants aux principes de l'agroécologie (Tableau 02).

Tableau 1 : Lien entre les 3 principes de l'agroécologie et les principales caractéristiques des Biostimulants (FAESSEL et al., 2014)

Principes de l'agroécologie	Biostimulants-biofertilisants
Accroissement de la biodiversité	Modification qualitative des communautés microbiennes, Augmentation de l'activité Microbiologique des sols
Renforcement des interactions et régulations biologiques	Renforcement des interactions plantes-micro-organismes. Régulation de très nombreux mécanismes de la physiologie végétale (croissance, Développement, métabolisme...)
Bouclage des cycles biogéochimiques	Amélioration de l'absorption des éléments nutritifs par la plante Amélioration de la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol Stimulation de la dégradation de la matière Organique

Au niveau écologique, les travaux ont montré par exemple quels Biostimulants améliorent le taux d'ATP, d'activité phosphatase et uréase du sol, augmentent la dégradation des xénobiotiques du sol, stimulent les microbes bénéfiques du sol et aident à réduire les risques agrochimiques incluant la réduction de l'utilisation des fertilisants et pesticides (YAKHIN et al., 2017).

Par ailleurs, au niveau des risques toxicologiques, les biostimulants sont des produits biodégradables, non-toxiques, non-polluants, et non dangereux vis-à-vis de divers organismes. Ils sont considérés comme sains sur la base de l'origine biologique de leurs constituants et particulièrement aux faibles taux auxquels ils sont généralement appliqués. Ainsi, les biostimulants sont considérés comme des produits respectueux de l'environnement pour une agriculture durable (YAKHIN et al., 2017).

6. Biofertilisants :

En agriculture un Biofertilisant ou fertilisant organique est un biostimulant de la croissance et du rendement d'une plante, lorsqu'il appliqué en petite quantité, durant tout le cycle de la culture (MOHANTY et al., 2013).

6.4. Biofertilisants à base d'algue:

Les algues sont les végétaux terrestres les plus anciens dont on dénombre plus de 25'000 variétés (PEREZ, R. *et al.*, (1992). Elles sont récoltées dans les milieux aquatiques d'eau douce ou saline et se classent en différentes catégories selon leurs pigments (algues brunes, rouges et vertes (DEMOULAIN et LEYMERGIE, 2009). Leur importance réside dans leurs apports en différents composés tels que les vitamines, antioxydants (caroténoïdes, les flavonoïdes); (GISEL, 2008). Leurs teneurs en protéines entre 8 et 35% du poids sec selon l'espèce, en font des sources intéressantes car elles rivalisent avec celles des céréales complètes ou de certaines légumineuses comme le soja, qui contient 25% de protéines sur poids sec.

Les algues sont aussi riches en magnésium, en phosphore et en calcium et autres minéraux. Ces derniers représentent jusqu'à 34% de la matière sèche. Les plus présents sont le potassium comme dans tous les végétaux (de 1 à 11%), le sodium (de 2 à 6%) ainsi que le chlore (de 3 à 9%) reflétant le milieu marin ambiant (FLEURANCE et GUEANT, 1999). Les algues contiennent toutes du sélénium, du zinc, du cuivre qui renforcent les défenses immunitaires. Elles sont aussi une source naturelle et importante de fibres avec une teneur moyenne de 35 à 40% du poids sec et dont plus de la moitié sont solubles. (LAHAYE et KAEFFER, 1997).

6.4.1. Intérêt des algues dans l'agriculture:

L'utilisation des extraits d'algues marines comme fertilisant pour les productions des cultures est une tradition ancienne dans les régions littorales du monde entier (THIRUMARAN *et al.*, 2009) De nos jours, il a été prouvé dans le monde entier, que les fertilisants naturels sont plus efficaces que les fertilisants chimiques (BOKIL *et al.*, 1993).

En effet, les fertilisants à base d'extraits d'algues marines contiennent des carbohydrates et d'autres matières organiques qui améliorent la fertilité du sol et sa capacité de rétention (CROUCH, and VAN STADEN, 1993). Selon (BOOTH, 1965), les fertilisants liquides à base d'algues marines sont riches en macro et micro éléments, vitamines, substances organiques comme les acides aminés et régulateurs de croissance comme les auxines et gibbérellines (NELSON *et al.*, 1984).

6.4.2. Effets des algues sur les cultures :

Les effets de l'application des algues marines sur la croissance des végétaux sont connus empiriquement depuis les débuts de leur application sur les champs. Des études récentes sur les effets des extraits algaux sur les cultures, montrent une meilleure germination, floraison et fructification (ROUSSOS *et al.*, 2009).

L'extrait d'algues marines est l'un des composés anti-stress efficace qui est un biostimulant utilisé en tant que conditionneur de sol pour améliorer la croissance des plantes (HURTADO *et al.*, 2009). Plusieurs études ont révélé les avantages des extraits d'algues sur les plantes tels que l'amélioration de la performance des cultures et le rendement ainsi que l'amélioration de la résistance aux stress biotiques et abiotiques (NORRIE et KEATHLEY, 2006 ; EYRAS *et al.*, 2008).

6.5. Biofertilisants à base d'azolla:

6.5.1. Description d'Azolla :

Azolla est une fougère aquatique flottante à croissance rapide à la surface de l'eau. Il flotte comme une petite masse verte compacte et plate. Dans des conditions idéales, il croît de manière exponentielle, doublant sa biomasse tous les trois jours (Chander *et al.*, 2017). Il existe au moins huit espèces d'Azolla dans le monde : *Azolla caroliniana*, *Azolla circinata*, *Azolla japonica*, *Azolla mexicana*, *Azolla microphylla*, *Azolla nilotica*, *Azolla pinnata* et *Azolla rubra* (MALEK *et al.*, 2008).

Ainsi, selon CHANDER *et al.* (2017), l'azolla produit plus de 4 à 5 fois des protéines d'excellente qualité par rapport à la luzerne. En outre, la production de biomasse est de près de 4 à 10 fois supérieure que la luzerne. L'azolla se trouve naturellement dans les étangs, les fossés et les zones humides des régions tempérées et tropicales chaudes du monde entier. Il nécessite de la lumière pour la photosynthèse et pousse bien à l'ombre partielle. Généralement, l'Azolla a besoin de 25 à 50 %.

6.5.2. Composition chimique d'Azolla:

L'analyse chimique de *A. pinnata* séché au soleil pendant 3 jours a montré qu'il contient 88,80% de matière sèche, 25,46% de protéines brutes, 2,66% d'extrait à l'éther, 14,80% de fibres brutes, 41,58% d'azote libre, et 15,5% de cendres totales.

L'Azolla séché contient également 2,25% de calcium et 0,40% de phosphore. La valeur de l'énergie métabolique calculée de Azolla séché est de 1807 kcal / kg (SHAMNA, 2013). Azolla contient en moyenne 5 g de lysine/100 g de protéines et a un profil en acides aminés relativement bien équilibré (LETERME *et al.*, 2009).

Semblable aux autres plantes aquatiques, la concentration en nutriments et donc la valeur alimentaire de l'Azolla dépendrait des conditions de culture (taux de minéraux, température et salinité de l'eau et durée d'ensoleillement), de la densité de la plantation et du stade de récolte (ARORA et SINGH, 2003).

6.5.3. Utilisation de l'azolla en agriculture:

Un certain nombre d'avantages secondaires a été attribué à l'Azolla:

- Engrais azoté pour le Riz.
- Diminution des pertes d'eau par évaporation.
- Effetherbicidedûautapisd'Azollaquiempêchelesplantulesdemauvaisesherbescroître.
- Réduction de la prolifération des moustiques
- Amélioration de la texture du sol (RAHAGARISON, 2005).

Ces applications ne sont pas seuls possibles. En effet, des recherches sont entreprises en vue d'évaluer le potentiel d'utilisation d'Azolla comme:

- Engrais verts pour des cultures sur terre ferme après compostage.
- Aliment pour des animaux autres que ceux mentionnés ci-dessus et pour l'homme.

6.6. Biofertilisants à la base Figuiers barbarie:

6.6.1. Définition :

Le figuier de Barbarie est originaire du Mexique, il est bien adapté aux zones arides et semi-arides (Reynolds *et al.*, 2003). Il occupe une partie importante dans l'alimentation humaine et il est également utilisé comme fourrage pour le bétail. C'est une plante intéressante en raison des conditions environnementales dans lesquelles elle se développe et sa résistance aux conditions climatiques extrêmes (Hernández-Urbiol *et al.*, 2011).

6.6.2. Répartition en Algérie:

En Algérie, les plantations du figuier de barbarie sont réparties dans les hauts plateaux, à Batna, Biskra et Bordj-Bou-Argeridj, Constantine, sur les hauts plateaux Algérois à 550 mètres, et environs 750 mètres à M'sila, Laghouat et même à 1100 mètres Aïn-Sefra. Du centre à l'ouest, l'Opuntia occupent une superficie dépassent les 25.000 hectares par exemple, on le trouve sur les hauteurs de Chréa, Bouarfa (wilaya de Blida), dans les wilayas de Boumerdès, Tipaza, Tissemsilt, Chlef, Relizane, Mostaganem, Aïn Temouchent, Oran, Mascara, Sidi-bel Abbès, Tlemcen, dont la meilleure cueillette des figues de barbarie, est celle qui se réalise sur les hauteurs des montagnes, spécialement en milieu rocailleux, A l'exception des montagnes et des zones sahariennes (PAOLO et al., 2018).

Tout comme dans d'autres pays Africains, la culture suscite de l'intérêt en Algérie qui a aujourd'hui sa première unité de transformation de figues de Barbarie. L'installation - basée à Sidi-Fredj et couvrant 5000 m², peut transformer environ 2 tonnes à l'heure (BOUGUERCHÉ et al., 2010). Ses principales fonctions sont le conditionnement des figues de Barbarie et la production d'huiles essentielles, de produits pharmaceutiques, de jus, de confitures et d'aliments du bétail. L'usine de transformation représente un moyen important pour améliorer les revenus des habitants de la wilaya de Souk Ahras (PAOLO et al., 2018).

Les fruits sont des baies charnues ovoïdes ou piriformes pourvues d'épines (Figure 5d). Ils sont généralement verdâtres ou jaunes à maturité (ESPINOSA et al., 1973). La pulpe est toujours juteuse, de couleur jaune-orangé, rouge ou pourpre parsemée de nombreuses petites graines (BELMILOUD, 2013). Ses graines, riches en vitamines et en oligoéléments, lui confèrent de nombreuses propriétés et c'est à partir de ces graines que l'on obtient une huile très recherchée (BOUTAKIOUT, 2015) (Figure 5e). Il existe deux variétés de figuier barbarie, la variété inerme et la variété épineuse (NEFFAR, 2012).

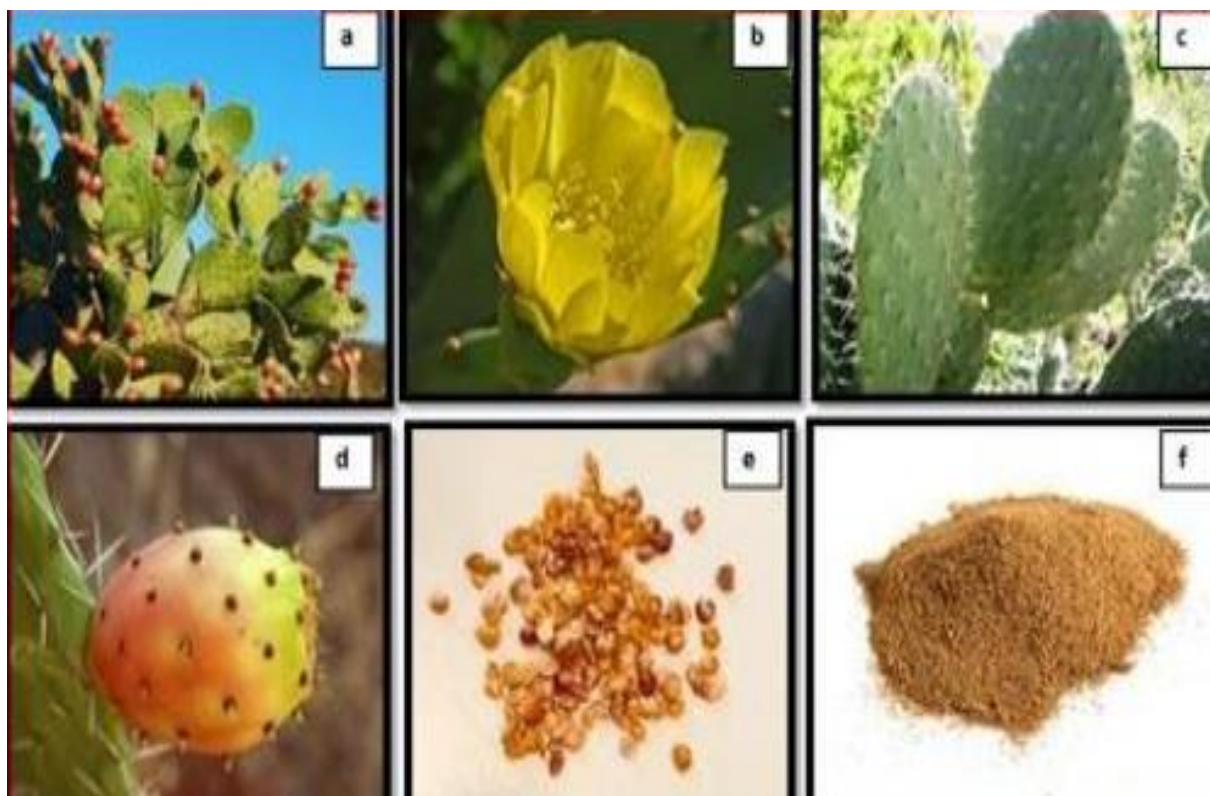


Figure 5: Le figuier de Barbarie (a)représentation générale du plan, (b) La fleur, (c) Les cladode, (d) Les fruits, (e) Les graines, (f) La poudre des graines (Aknouche, 2018).

6.6.3. Importance économique et écologique du figuier de barbarie:

L'adaptation du figuier de barbarie aux conditions désertiques et semi-désertique lui permet de constituer une culture à intérêt écologiques et socio-économiques indéniables. En effet, il constitue un bouclier contre la désertification et l'érosion des sols. Il est également cultivé pour la régénération des terres. Il ne demande pas de pratiques culturales spécialisées ni d'apport de fertilisants. Mais malgré ses attraits naturels, peu d'intérêt a été accordé à cette espèce jusqu'aux années 70, avec le développement des marchés des fruits exotiques dans plusieurs pays, les efforts se sont multipliés pour en faire une culture industrielle, soit en tant que culture fourragère, soit en tant que culture maraîchère. La production de fruits destinés à l'alimentation humaine et son usage fourrager pour l'alimentation animale reste cependant l'aspect le plus recherché et le plus développé (Neffar, 2012).

Chapitre II :

Matériel et Méthodes

Objectif :

L'objectif de notre expérimentation consiste à étudier l'effet de différent mélange de bio fertilisant naturelle formuler à base d'*azolla Filicoloide* et de *Fucus indica* sur la structure physico-chimique du sol.

1. Présentation de la région de Blida :**1.1. Situation géographique :**

La wilaya de Blida est située dans la partie centrale nord du pays, à l'est de la capitale. Elle est limitée au nord par la wilaya de Tipaza. Au sud par la wilaya de Médéa, Ain Defla à l'ouest et Alger à l'Est. (Aniref, 2011). Le Climat méditerranéen avec été chaud est le climat principal de la Wilaya de Blida (Vacher, 2017).

L'expérimentation s'est déroulée très exactement a la région de Soumâa est située au centre de la wilaya de Blida à environ 44 km au sud-ouest d'Alger et à environ 35 km au nord-est de Médéa, dans la partie centrale de la Mitidja. Elle est limitée au sue par les vergers d'agrumes et de néfliers de boufarik ($36^{\circ}35' N ; 2^{\circ} 59'$). Au N-E par les montagnes de Soumâa ($36^{\circ} 30' N : 2^{\circ} 50 E$) et les premières pentes de l'Atlas mitidjien.



Figure 6 : Position du lieu d'expérimentation (Google earth, 2023).

1.2. Facteurs abiotiques (Climat):

Notre expérimentation est principalement influencée par les conditions climatiques, ou la saison très chaude dure 2,9 mois, du 19 juin au 16 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 30 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Soumâa est août, avec une température moyenne maximale de 33 °C et minimale de 20 °C. La saison fraîche dure 4,0 mois, du 21 novembre au 20 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 19 °C. Le mois le plus froid de l'année à Soumâa est janvier, avec une température moyenne minimale de 4 °C et maximale de 16 °C.

La saison connaissant le plus de précipitation dure 8,2 mois, du 15 septembre au 22 mai, avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 15 %. Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation à Soumâa est février, avec une moyenne de 6,9 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation. La saison la plus sèche dure 3,8 mois, du 22 mai au 15 septembre. Le moins ayant le moins de jours de précipitation à Soumâa est juillet, avec une moyenne de 0,8 jour ayant au moins 1 millimètre de précipitation.

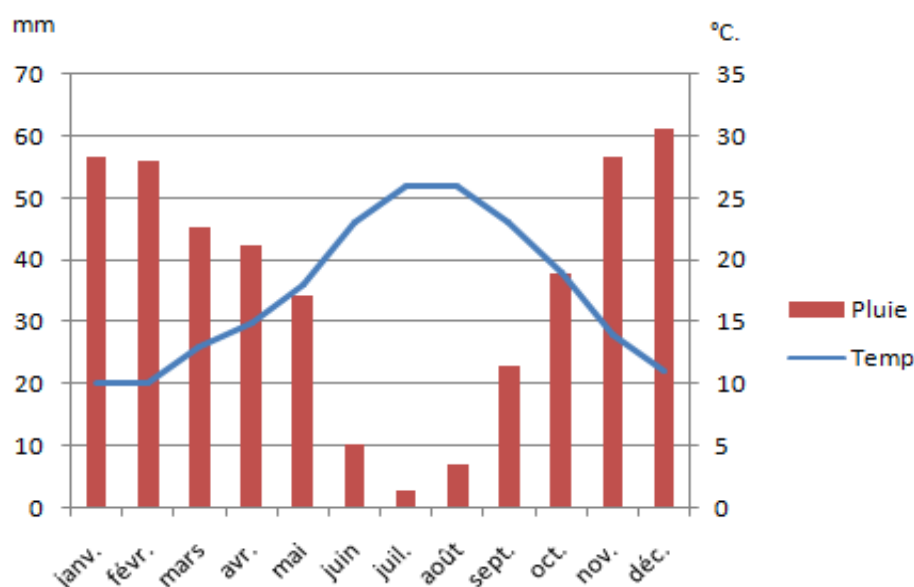


Figure 7 : Diagramme ombrothermique de Soumâa durant l'année d'étude (WETHERPARK, 2023).

Le Cherchell connaît un climat méditerranéen. Les étés sont chauds et secs et les hivers sont froids. La température moyenne annuelle pour la Cherchell est de 22°C degrés et il y tombe 286 mm en moyenne

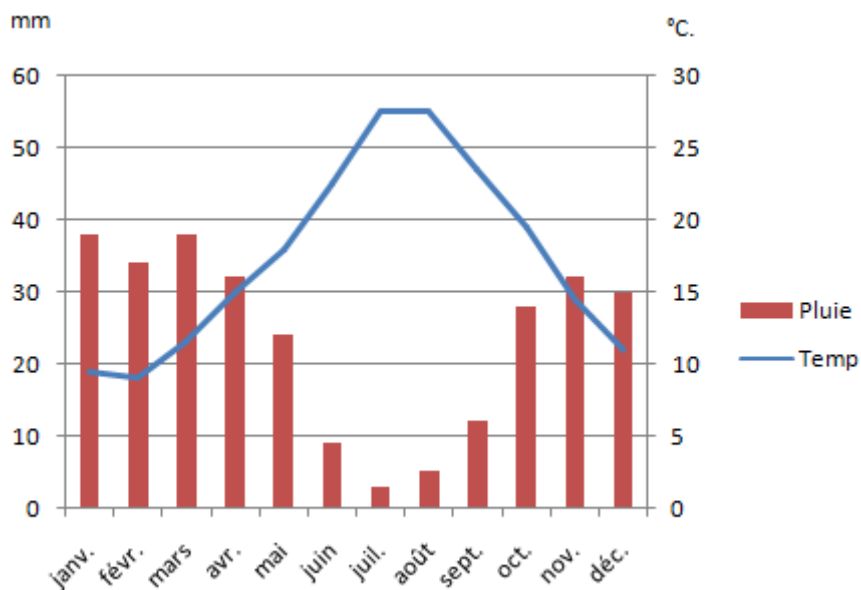


Figure 8 : Diagramme ombrothermique de Tipaza durant l'année d'étude (WETHERPARK, 2023).

2. Présentation des sites d'étude et conditions expérimentales :

L'*Azolla filicoides* a été cultivée dans un aquarium de 150 cm de large et 200 cm de long, avec une profondeur de 50 cm. Au niveau de la station expérimentale de la Faculté des sciences naturelles et de la vie de l'université Saad Dahlab, et qui s'est étalée du mois de décembre jusqu'au mois de avril 2023.

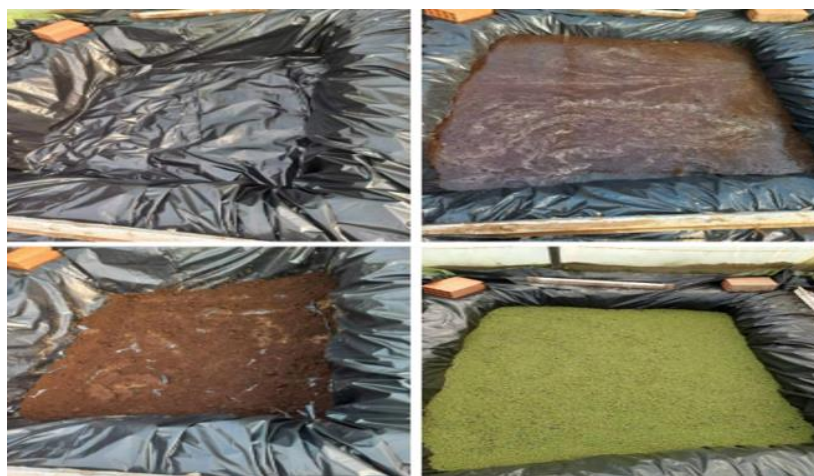


Figure 9 : Culture d'*azolla filicoides* (original, 2023).

3. Matériel d'étude :

Le déroulement de l'expérimentation avait lieu au sein de l'Université de Blida1, où l'élevage de l'Azola c'est déroulé au niveau d'une serre, Alors que l'extraction et le dosage des composants actifs de l'étude en cours se sont réalisés au niveau du laboratoire de phytopharmacie et de pédologie, ainsi qu'au sein du laboratoire de recherche des Biotechnologies végétale du Département de Biotechnologie et Agro-écologie de la faculté des sciences de la Nature et de la Vie, pour une période qui s'est étalé de novembre2022 jusqu'à la fin mai 2023.

a. Matériels végétaux :

- *Azolla Filicoloide*
- *Fucus indica* .

b. Matériel de laboratoire :

- ✓ La centrifugeuse à 5000 tr/mn.
- ✓ Agitateur mélangeur.
- ✓ Balance de précision.
- ✓ Etuve.
- ✓ Bécher.
- ✓ Entonnoir.
- ✓ La boîte pétrie.
- ✓ Gout à gout.
- ✓ La burette.
- ✓ Papier filtre.
- ✓ Le PH mètre.
- ✓ La conductivité mètre.
- ✓ Erlenmeyer.
- ✓ Seringue.
- ✓ Pince à bécher.
- ✓ Plaque chauffante.
- ✓ Pycnomètre à eau de 50 cm³.
- ✓ Cylindre métallique à bord inférieur coupant.

4. Méthodes d'étude :

4.1. Préparation d'extraits aqueux :

La récolte hebdomadaire est séchée *d'azolla filicoloide* à l'aide d'Etuve, où il est transformé en poudre afin d'être agité dans de l'eau distillé et centrifugée à 2800 tr/min pendant 20 minutes. Ainsi, les surnageant ont été récupérés puis stockés dans des flacons en verre foncé dans le réfrigérateur.

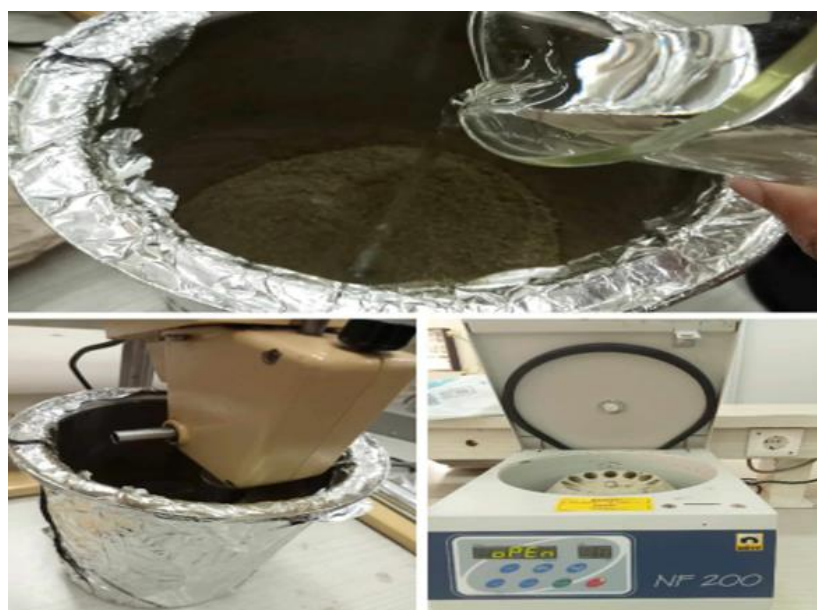


Figure 10: Préparation de l'extrait aqueux d *Azolla Filicoloide* (original, 2023)

4.2. Préparation du gel de *Fucus indica*:

On prépare les jeunes feuilles de la plante figuier de barbarie, on enlève leurs épines et on les lave, puis on les broie bien pour qu'elles deviennent un liquide (gel).



Figure 11 : Préparation de gel de *Fucus indica* (original, 2023).

4.3. Préparation d'extrait fraîche à base d'azolla :

Une nouvelle quantité d'*azolla filicoloide* à l'état frais est cueillis afin se subir un broyage, et formulé de suite afin de préserver sa composition.



Figure 12: Préparation de l'extraction fraîche (ORIGINALE, 2023).

5. Préparation de sol:

Nous avons mélangé 3 types de sols de différents endroits, où nous les avons apportés des villes suivantes : El- Hamiz, Cherchell, et de l'intérieur de l'université Blida1, Et au final, nous avons obtenu la terre utilisée dans cette expérience. Les différents traitements appliqués sur le sol sont présentés sous forme de blocs au niveau du schéma ci-dessous :

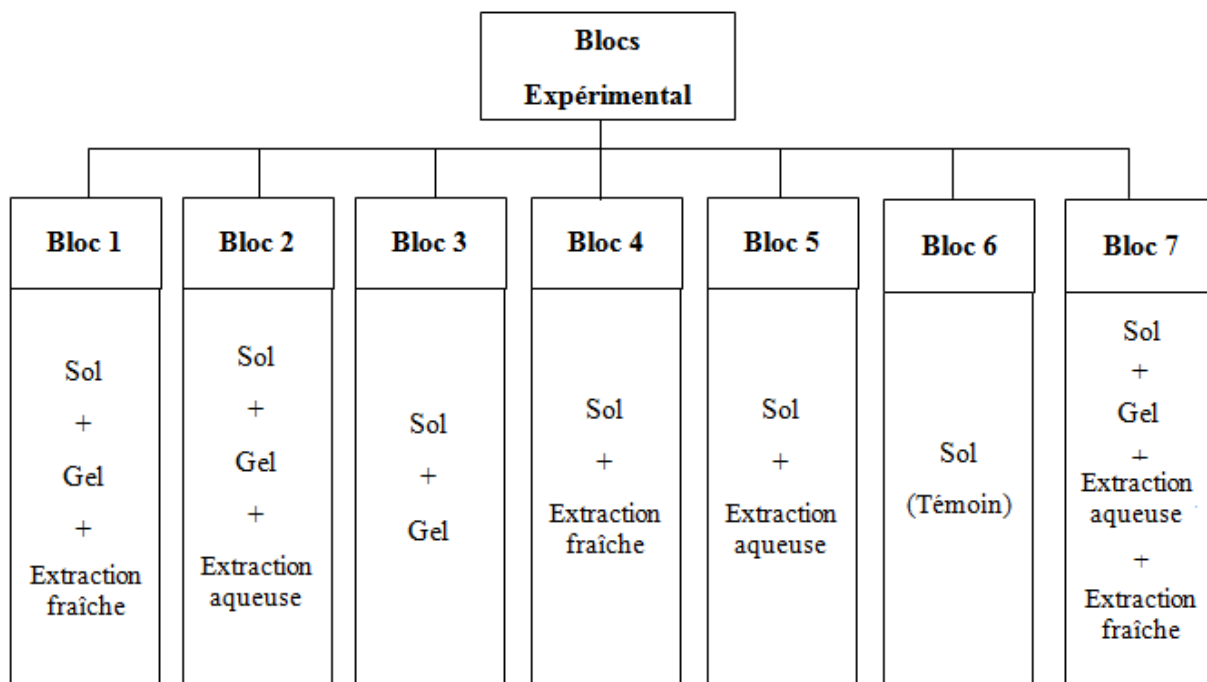


Figure 13 : Schéma représentatif des différents blocs représentatifs de l'expérimentation

6. Les analyses physico-chimiques de sol :

6.1. Porosité du sol :

La porosité du sol est déduite sur la base de la densité du sol étudié.

6.1.1. La densité apparente (la méthode du cylindre métallique) :

a. Principe :

Cette technique consiste à prélever un échantillon du sol de volume connu par un cylindre métallique à bord dont on déterminera la masse humide puis la masse sèche, dont la densité à l'aide d'un cylindre métallique à bord tranchant ayant un : $\varnothing = 5.1\text{cm}$ et une hauteur $h = 4,3\text{cm}$.

b. Mode d'opération :

Le mode opératoire consiste à suivre les étapes suivantes :

- ✓ On aplanit la surface du sol
- ✓ On place le cylindre et le poussoir et on l'enfonce jusqu'à ce que la surface de la couche mesurée dépasse la section supérieure du cylindre.
- ✓ On récupère le contenu dans une capsule tarée, et on pèse à l'état sec, sécher à l'étuve à 105°.
- ✓ Peser après 24h à l'étuve.

D : la densité $d = (P - P_0) / V$



Figure 14: Analyse de densité apparent du sol (ORIGINAL, 2023).

6.2. Mesure de PH (méthode électrométrique):**a. Principe :**

Cette méthode est basée sur la loi de **NERNST** qui consiste à mesurer l'aide d'un pH mètre pour déterminer la différence de potentiel existant entre électrode de mesure et une électrode de référence plongées dans une suspension d'eau ou de KCl de l'échantillon du sol. D'après la loi de NERNST si deux électrodes plongent dans des milieux à concentration ionique différente, il est possible de mesurer une différence de potentiel :

$$E = k \log (C / C_0) = k (pH - pH_0)$$

- k: constante de dissociation.
- C: concentration en ions H⁺ à déterminé dans le milieu.

- C_0 : concentration en ions H^+ dans l'électrode de référence.
- $pH_0=0$.

Alors : il se produit une tension proportionnelle à la différence de pH, il suffira donc de mettre l'électrode indicatrice en contact avec une solution de pH connu puis avec la solution dont le pH est déterminé.



Figure 15: Analyse de ph mètre du sol (ORIGINAL, 2023).

6.3. La conductivité électrique (C.E):

a. Principe :

La conductivité électrique est une constante physique traduisant la concentration en sels ou électrolytes dans la solution.

b. Mode opératoire :

On reprend l'extrait de sol utilisé dans la détermination du pH de la solution du sol, Après en plonge l'électrode dans chaque une des solutions et lire la conductance spécifique correspondant à la constante K.



Figure 16: Analyse de la conductivité du sol (ORIGINAL, 2023)

6.4. L'humidité:

- Mode opération

- ✓ Introduite une masse de sol dans un pot muni de trous de drainage.
- ✓ Sature la masse de sol (par ascension) en plaçant le pot à l'intérieur d'un plan d'eau constant.
- ✓ Retirer le pot dès que le sol est saturé d'eau.
- ✓ Laisser s'écouler l'excès d'eau pendant 5 à 10 jours, à l'abri de l'évaporation en le couvrant d'un film plastique.
- ✓ Prélever un échantillon humide et le mettre dans une capsule tarée.
- ✓ Peser la capsule et l'échantillon humide.
- ✓ Placer l'ensemble à l'étuve à 105°C.
- ✓ Laisser à l'étuve pendant une nuit.
- ✓ Peser la capsule avec l'échantillon sec.



Figure 17: Analyse de l'humidité du sol (ORIGINAL, 2023).

6.5. La matière organique:

a. Principe:

La détermination du carbone organique total (COT) nous permet d'évaluer la quantité de matière organique présente dans des échantillons de sols et de sédiments. La matière organique amplifie grandement la capacité d'échange cationique du sol et retient les nutriments assimilables par les plantes.

b. Mode opération :

On pèse 10 grammes de sol, ajouté au du Bichromate de potassium KHCO_3 , et de l'Acide sulfurique H_2SO_4 , et on le place sur une plaque chauffante jusqu'à ébullition. Dans un deuxième temps, on prend 20 ml d'une solution de sol, on ajoute 150 ml de solution distillée de l'eau, et une pincée de N_2F , ajouté à la diphénylamine, à la fin, on met la solution dans la burette et on goutte progressivement la solution de sel de MOHR jusqu'à obtenir une couleur bleu-vert (comme indiqué dans les images suivantes).

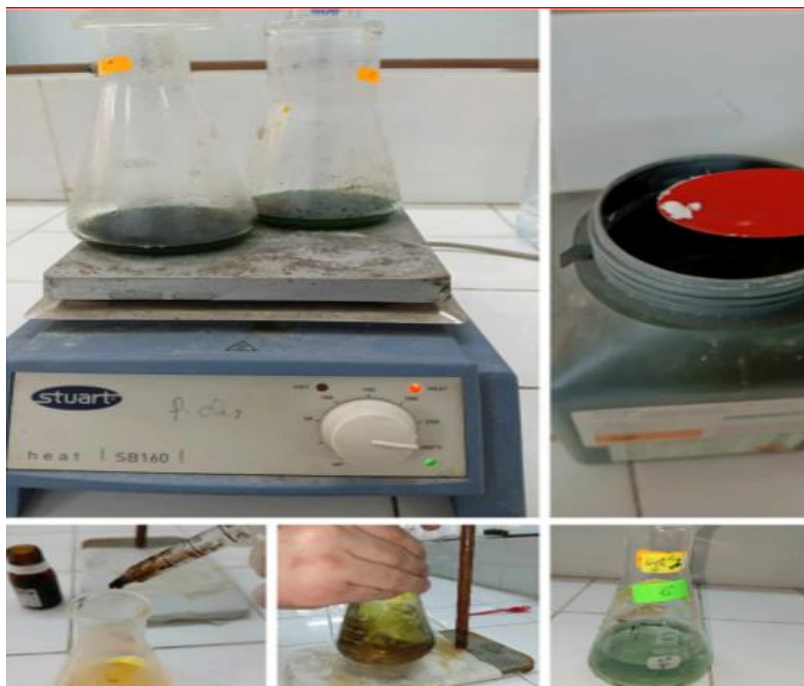


Figure 18: Analyse de la matière organique du sol (ORIGINAL, 2023)

Chapitre III:

Résultats

La fertilisation est le processus consistant à apporter à un milieu de culture, tel que le sol, les éléments nécessaires au développement de la plante et l'entretien ou l'amélioration de la vie du sol. Le fertilisant peut être spécifique engrais ou amendement. Notre étude qui est appuyée principalement sur l'apport de fertilisant organique basée sur des mélanges de différents extraits d'*Azolla* et de broyat de ficus, avait fait objet de différents analyses comparatives des différents sol amendés.

1. Estimations des liens existants entre les différentes grandeurs étudiées :

La confrontation des différentes grandeurs estimée au teste de *Kruskal walis* permettant ainsi de voir les origines de leurs distributions, et ainsi visualiser les corrélations existantes entre ces différentes grandeurs.

Le tableau ci-dessous démontre clairement les différentes corrélations existantes entre les grandeurs étudiées

Tableau 2: coloration entre les différents gradients étudiés

	0	ph	CE	H	MO	Da
ph	0	0,02984	0,002165	0,002165	0,002165	0,002165
CE	0,2984	0	0,02984	0,2502	0,002165	0,002165
H	0,02165	0,2984	0	0,002165	0,002165	0,002165
MO	0,02165	1	0,02165	0	0,02984	0,02984
Da	0,02165	0,02165	0,02165	0,2984	0	0

D'après le tableau, une coloration positive est signalée dans pratiquement entre la majorité des gradients étudiés.

2. Estimation des fluctuations du PH selon les différents apports:

En fonction de la valeur de pH d'un sol on peut classer les sols selon l'échelle suivante :

Tableau 3: Interprétation des valeurs du ph du sol

PH	Réaction de sol
PH < 4.5	Sols très acides
4.5 < pH < 6.5	Sols faiblement acides
6 < pH < 7	Neutres
PH > 7	Sols calcaires (alcalines, basiques)

D'après le tableau, la valeur moyenne du pH mesurée dans le sol (B06) légèrement inférieur (pH = 7,38) à celle mesure dans les sols des autres stations et une valeur maximal enregistré dans la station (B04) (pH =8,41).

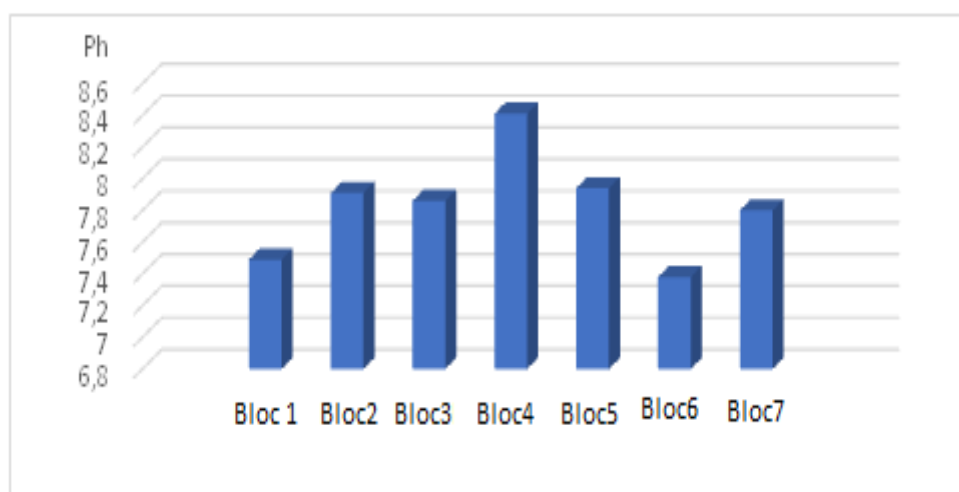


Figure 19: Histogramme indiquant les fluctuations du pH

La propriété la plus importante du sol est son niveau de pH, qui a des effets sur tous les autres paramètres du sol. C'est pourquoi le pH est pris en compte lors de l'analyse de tout type de sol. Si le pH est inférieur à 6, on dit qu'il s'agit d'un sol acide, s'il est compris entre 6 et 7,5, c'est un sol normal et s'il est supérieur à 7,5, c'est un sol alcalin.

Le pH est le premier indicateur de toute évolution physico-chimique des sols. La variation de pH (naturelle ou anthropique) semble être le facteur dont la germination des plants. Les valeurs du pH mesurées durant les quatre régions de prélèvements montrent que la valeur minimale de pH a été observée dans la sixième bloc (témoin) 7,19 et la valeur maximale a été signalée dans le quatrième bloc (sol+ extraction fraîche) 8,18. Ces valeurs du pH se situait entre 7,138 et 8,41 sont presque neutres et était optimal pour la croissance des cultures.

3. Estimation des fluctuations de la conductivité selon les différents apports:

Tableau 4: Les classes de la salinité du sol:

CE (ms/cm)	Classe de salé
CE < 2	Sol non salé
2 < CE < 4	Sol peu salé
4 < CE < 8	Sol moyennent salin
8 < CE < 16	Sol salé
CE < 16	Sol très salé

D'après l'échelle de salure on constate que les sols de sept Blocs sont classés dans la catégorie très salée pour (B02, B03 et B04 et B05 et B06 et B07) et extrêmement salé concernant le bloc B01 (tableau) cela s'explique La conductivité électrique est également une propriété très importante du sol, elle est utilisée pour vérifier la qualité du sol. C'est une mesure des ions présents dans la solution. C'est une mesure des ions présents dans la solution.

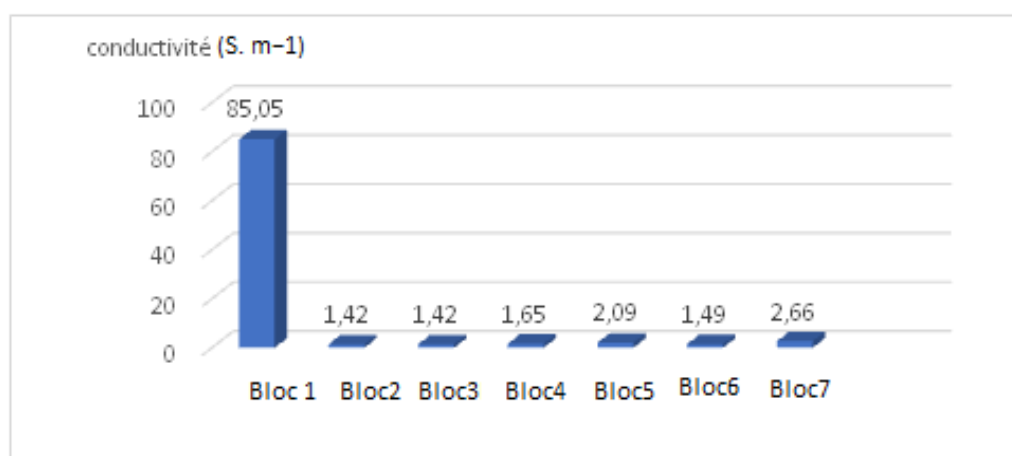


Figure 20: Histogramme indiquant les fluctuations de la conductivité électrique.

Le sol de tous les échantillons de sol a été trouvé pour être moyen à élevés. Les facteurs influençant la conductivité électrique comprennent la quantité et le type de sels solubles, la porosité, la texture du sol, l'humidité et la température du sol.

4. Estimation des fluctuations de la matière organique selon les différents apports:

Solen le tableau Le sol qui contient les quantités de matière organique les plus élevés (6,28%) sont localisée essentiellement dans le bloc (B03), suivi des sols dans les blocs (B1 et B2, B4 et B7), (T5) qui présentent des pourcentages estimés à 4,80% et 3,38% et 5,07% et 4,28%. Par contre le faible taux de matière organique se trouve dans les sols des blocs (B05 et B06) avec un pourcentage de 0.63% et 1,74. Ceux-ci confirment que la teneur de Matières organique dans les sols est liée à la production de biomasse.

La matière organique joue un rôle physique dans le sol pour la cohésion, la structure, la porosité, la rétention ou le stockage de l'eau, etc....

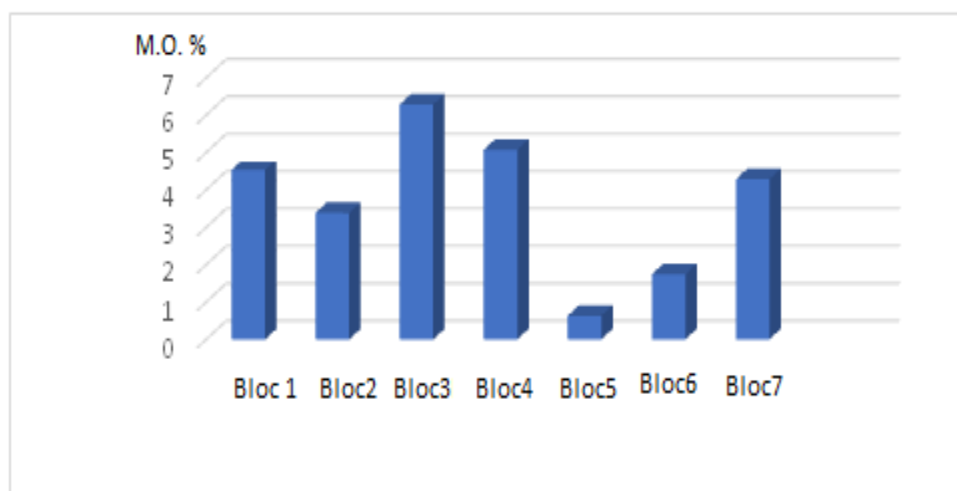


Figure 21: Histogramme représentatif des fluctuations de la matière organique.

Plus la teneur de MO est élevée, plus le sol présente des potentialités de production plus importantes ; elle améliore les propriétés physiques (structure, porosité, circulation de l'eau et de l'air, capacité de rétention en eau) et chimique (capacité d'échange cationique, fixation réversible d'anions, libération d'oligo-éléments en se décomposant dans les sols).

5. Estimation des fluctuations d'humidité selon les différents apports:

Le taux d'humidité le plus élevée se trouve dans le bloc 04 (Sol + Extraction fraîche) correspondant aux valeurs de pourcentages suivantes : (35,29%)

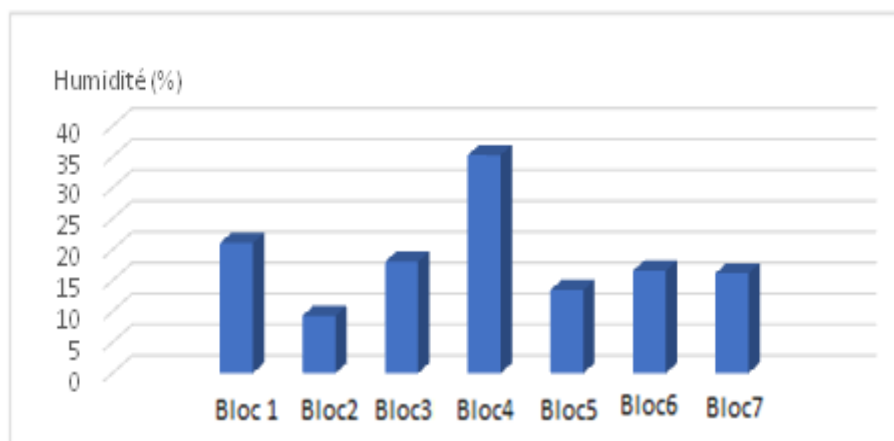


Figure 22: Histogramme représentatif des fluctuations d'humidité.

On remarque également que la valeur le plus faible dans le bloc 02 (Sol + Gel + Extraction aqueuse) correspondante aux moyennes de pourcentage suivantes (9,29) ceux qui explique que le sol des deux dernières stations retient plus l'eau dans les pores avec une capacité de rétention. Il Ya lieu de signaler que les variations de texture permettent d'expliquer la variation de caractéristiques de biofertilisants utilisé (Azolla fraîche) dans le sol.

6. Estimation des fluctuations la densité apparente selon les différents apports:

L'estimation de la densité apparente nous à parue intéressante du fait qu'elle représente l'un des indicateurs du compactage du sol.

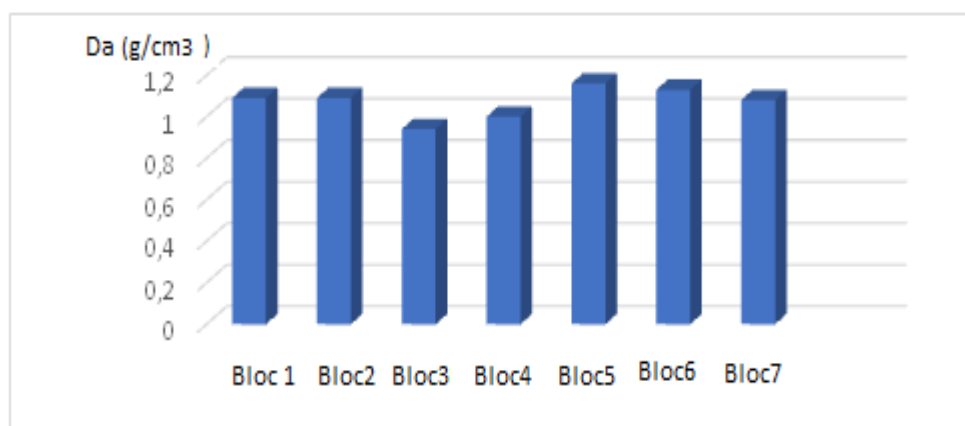


Figure 23 : Histogramme indiquant les fluctuations de la densité apparente.

Les résultats d'analyses effectués sur la densité apparente à démontré des relatives disparités entre les différents blocs, avec des valeurs maximales affiché pour le Bloc 5, suivi par le Bloc 6, cependant les valeurs les plus faible s'affiche au Bloc 3.

7. Estimation des différents degrés de similarité:

l'exposition des différent parametre a une analyse de composante principale, affichent l'expression de 3groupes disparité qui regroupent des multivarié interdépendante.

Ainsi, le premier groupe.indique un lien entre le Bloc 4 avec la densité , l'humidité, ph et le taux de matière organique, cependant le bloc 1 affiche un lien avec la conductivité, alors que le reste des bloques affiche une dépendance relativement moin importante avec les facteurs étudiés.

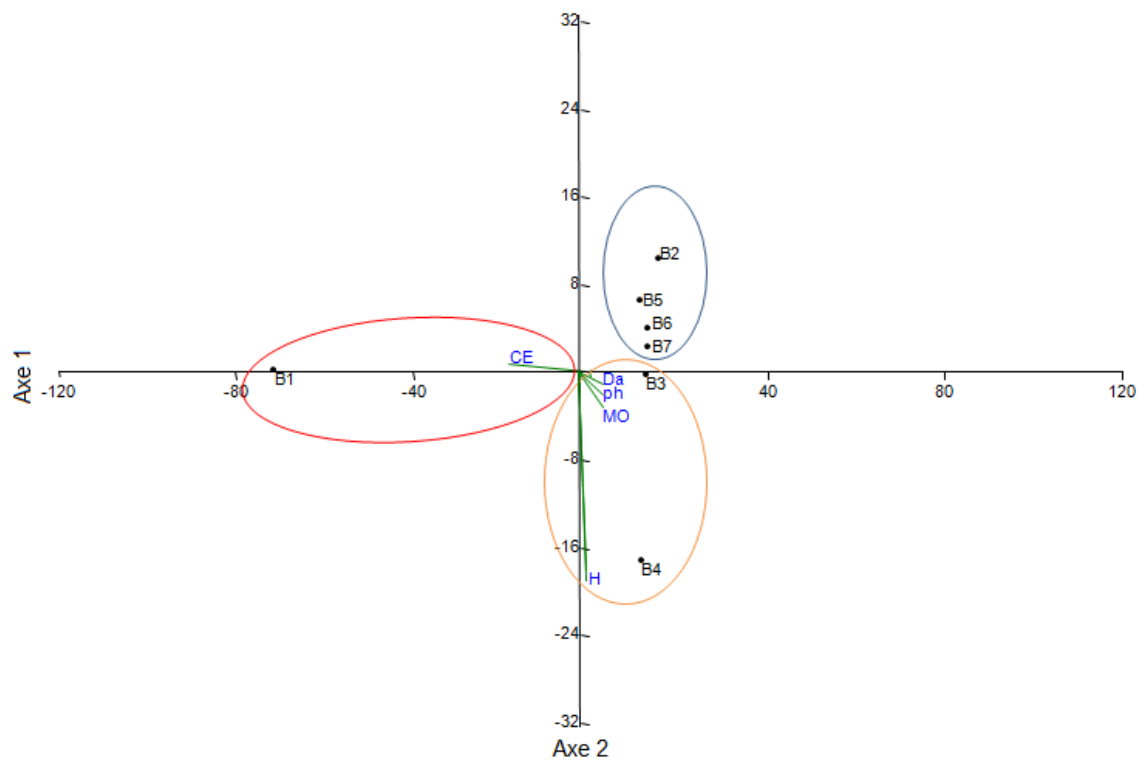


Figure 24: Analyse de composantes principales appliquées aux différents gradients étudiés

Chapitre IV:
Discussion générale

Ces dernières années ont vu se développer, au sein du marché des intrants agricoles, divers produits et substances qui visent à améliorer le fonctionnement du sol, de la plante ou les interactions entre sol et plante. Il s'agit d'une catégorie très large de produits et substances qui apportent des solutions souvent innovantes dans le domaine de la fertilisation et de la protection des cultures. Ces solutions ont pour caractéristique commune de reposer sur un mode d'action passant par la stimulation de processus biologiques au niveau du sol ou de la plante. Ainsi, plutôt que d'agir « directement » sur un facteur externe affectant la production agricole (par exemple : attaque par un bioagresseur ou problème de disponibilité des éléments nutritifs), ces solutions permettent d'agir sur la capacité des systèmes biologiques à s'adapter (par exemple : stimulation des défenses naturelles de la plante ou meilleure absorption des nutriments, respectivement) (Faessel et *al.*, 2014 ; Benhammouda et *al.*, 2021).

Les biofertilisants sont non seulement une alternative pour répondre aux défis d'ordre physiques, chimiques et biologiques des sols, mais peuvent concourir dans le court terme à accroître les rendements de plusieurs cultures.

Le figuier de barbarie « l'*Opuntia ficus-indica* » est une plante xérophyte de la famille des cactacées, cette plante largement connue et pourtant méconnue a fait l'objet de plusieurs études dans le monde entier qui lui ont conféré plusieurs potentialités intéressantes dans plusieurs domaines. La plante possède des milliers substances actives à l'intérieur de leurs organes. En agriculture, *Azolla* sp est utilisée comme engrais vert dans les rizières de nombreux pays asiatiques. En effet, *Azolla* sp grâce à sa symbiose avec la cyanobactérie *Anabaena*, fixe l'azote atmosphérique et le libère à sa mort dans le milieu (FAO, 1978). L'*Azolla* libère des minéraux progressivement, ce qui peut assurer leur disponibilité en cas de besoin de la plante. Les éléments nutritifs rendus suffisamment disponibles au fil du temps dans le sol sont efficacement utilisés par les plantes cultivées (Ojetayo;2011).

Subséquentement, l'application de nos sept biofertilisants formulés à base de *ficus* sp. Et *azolla* sp. A révélés des effets palpables sur les caractères physico-chimique du sol, où les résultats de cette étude ont révélé que les biofertilisants testés ont affecté relativement l'acidité du sol exprimé par le pH est un élément clé de la composition chimique du sol et détermine la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes et les microorganismes du sol (Borah; 2010) (Figure 17).

La matière organique permet à la fois l'alimentation des plantes en libérant les éléments minéraux adsorbés et le stockage de ces éléments. Selon (Hubert *et al*; 2011), la matière organique joue un rôle physique dans le sol pour la cohésion, la structure, la porosité, la rétention ou le stockage de l'eau, etc.... Elle assure aussi un rôle biologique dans la stimulation de l'activité biologique (vers de terre, la biomasse microbienne). Nos résultats démontrent clairement l'effet biofertilisant important que le Ficus et l'extrait frais d'*Azolla* infligé au sol (Figure 19).

L'amélioration de la structure du sol contribue à l'équilibre entre l'oxygène et l'humidité du sol. Tant dans des conditions humides que sèches, les extrêmes du bilan hydrique peuvent être réduits par une structure de sol favorable. Une meilleure structure du sol retient plus d'humidité et plus longtemps. Cela signifie que moins de flaques d'eau se forment sur le terrain dans des conditions humides et que le sol sèche moins rapidement en cas de sécheresse prolongée. Cela garantit une meilleure croissance et un meilleur rendement des cultures. Une meilleure structure du sol -qui peut donc mieux retenir l'humidité - est créée par plus de matière organique dans le sol, en favorisant la vie du sol dans la zone racinaire et en empêchant une sous-couche compactée (Bokhors *et al*, 2008), nos résultats corroborent parfaitement avec ces propos ou les fluctuations fars du taux d'humidité va dans le même sens que celui de la matière organique (Figure 19, Figure20).

Pareillement la densité apparente semble être affectée par le taux de la matière organique (Figure 21), ceci est déjà signalé par Anger et Simar (1986), qui stipulent l'existence d'une corrélation négative entre la masse volumique apparente et la teneur en matière organique

La conductivité ne semble pas être en lien étroit avec les apports en fertilisation à l'exception du première mélange gel + extrait frais (Figure 18 et figure 22) ce résultat ne semble pas être dans le même sens des propos des auteurs qui confirment le lien entre le PH, conductivité et matière organique. Car Il est bien connu qu'une fertilisation organique contribue à la mise en valeur des sols influencés par la salinité (MONNIER, 1965, HENIN *et al*, 1969, HALITIM, 1973...). Ces effets dépendent de la nature et de la quantité de la matière organique utilisée.

Ainsi, les propos cités ci-dessus, démontre le lien entre les différents paramètres étudiés, ceci nous a était parfaitement confirmé dans notre tableau de corrélation (Tableau 4), ou des corrélations hautement significatives s'affichent chez la majorité de ces paramètres étudié.

Conclusion
et perspectives

Conclusion et perspectives

Au cours des deux dernières décennies, la communauté scientifique, les entreprises commerciales et les producteurs ont montré un intérêt croissant pour les produits de stimulation, dont les avantages sont de plus en plus débattus. Ainsi notre intérêt s'est porté sur l'*Azolla sp* et l'*Opuntia ficus-indica*, expérimenté en tant que engrais vert pour de vérifier l'efficacité de ces bio-engrais sur la structure physico-chimique du sol.

Notre plante aquatique étudié, a pour faculté de libérer des minéraux progressivement, ce qui peut assurer leur disponibilité en cas de besoin de la plante, concernant le ficus de barbarie toute ses parties sont exploitable. Que ce soit les résidus des raquettes ou des fruits, chaque partie de la plante constitue un excellent fertilisant, ces propos suscités, justifie notre choix et avait permet une évaluation de prêt des effets de cette bio fertilisation sur la structure du sol, à savoir, l'estimation de la matière organique, la densité apparente, le ph, la conductivité, et l'humidité.

Nos résultats démontrent clairement l'effet significatif des différents mélanges établies sur la qualité du sol, notamment l'extrait frais d'*Azolla* et de ficus sur la qualité de matière organique et le taux d'humidité, ces deux paramètres sont d'intérêt majeur pour la bonne conduite des cultures.

En perspective, il serait important don :

- Élargir les usages de ces Biofertilisant dans le domaine d'Agriculture.
- Optimiser l'effet de ces Biofertilisants par différentes formulations
- Elargir la recherche sur d'autres alternatives aux engrais chimiques a base d'engrais organiques afin d'aider les agriculteurs à réduire le cout de ces derniers.

Références Bibliographique

Références bibliographiques

- **Aknouche S., Arich, A.(2018)**. Bio activités de biomolécules extraites à partir de biomasse de coproduits agricoles : propolis, cladodes du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*) et grignons d'olives. , Mémoire Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.p113.
- **Arora et Singh, 2003**. Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of *Azolla* Spp. *Biomass and Bioenergy* 24 175- 178.
- **Amiar. A. et Mansouri I et Zine S, (2021)**.l'utilisation des biostimulants et des stimulateurs de la défense naturelle des plantes par les agriculteurs de la région d'oued souf, mémoire Master, université Echahide hamma Lakhdar El oued. P 11.
- **Angers, I . et Simard, T .** Station de recherche, Agriculture Canada, Sainte-Foy, Qudbec G IV 2J3 ; et2Station de recherche, Agriculture Canada, Lennoxville, Quibec JIM IZ3. Contribution n" 298t, regue le 22 janvier 1986, accepte le 22 mai 1986.
- **Belmiloud M. (2013)**. Extraction Et Caracterisation Physico-Chimique Des Huiles Des Graines De Figue De Barbarie. Memoire Master Chimie Pharmaceutique, Tizi-Ouzou,66p.
- **Benhammouda B., et Bounouar A.,et Mohammedi R.,et Djazouli ZE.,2021**. Influence de la nutrition organique sur le statut phytosanitaire de citrus sinensis thomson. Évaluation de l'installation primaire des espèces folivores et variation phytochimique, Laboratoire de Biotechnologie des Productions Végétales, Département de Biotechnologie et AgroÉcologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida 1, B.P.270, route de Soumaa, Blida, Algérie,2776p.
- **Benhamou. N. (2009)**. La Résistance chez les plantes : Principes de la stratégie défensive et applications agronomiques. Lavoisier, France. 376 p
- **Benhamou. N & REY.P, (2012)**. Stimulateurs des défenses naturelles des plantes: une nouvelle stratégie phytosanitaire dans un contexte d'ecoproduction durable. II. Intérêt des SDN en protection des cultures. *Phytoprotection*, 92(1),24–35.Pdf
- **Bokhorst, J., C. ter Berg, M. Zanen en C.J. Koopmans (2008)**. Mest, compost en bodemvruchtbaarheid – 8 jaar proefveld Mest als Kans. Louis Bolk Instituut LD11.

Références bibliographiques

- **Bokil, K.K., V.C. Mehta and D.S. Datar, 1993.** Other groups of algae, seaweed liquid fertilizer can be applied to various crop plant in order to enrich the nutrient content of the soil and intern to increase the growth and yield of cultivable plants.
- **Booth, E., 1965.** The manorial value of seaweed. *Botanica Marina.*, 8: 138-143.
- **Borah, K.K., Bhuyan, B., Sarma, H.P., (2010).** Lead, arsenic, fluoride, and iron contamination of drinking water in the tea garden belt of Darrang district, Assam, India. *Environmental monitoring and assessment* 169, 347-352p.
- **Boutakiout, A. (2015),** Etude des voies de valorisation des cladodes de l'Opuntia : Extraction, caractérisation et valorisation des jus de cladode du figuier de Barbarie., Thèse de Doctorat, Université d'Angers.p211.
- **Chander H et Kumar G. 2017.** A Study on the Potential of *Azolla pinnata* as Livestock Feed Supplement for Climate Change Adaptation and Mitigatio. *Climate resilient agriculture in Himalayas Characterization and comparisions of five N2-fixing Azolla-Anabaena associations. I.*
- **Demoulain G., Leymergie C., 2009.** Les algues, le trésor de la mer. Haute école de santé (heds), Filière Nutrition et diététique PP. 1-7
- **Eyras M.C., Defosse G.E, Dellatorre F., 2008.** Seaweed compost as an amendment for horticultural soils in Patagonia, Argentina. *Compos. Sci. Util.* 16, 119-124.
- **Faessel. L & al, (2014).** Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes. Étude des connaissances disponibles et recommandations stratégiques, rapport d'étude au ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Bio by Deloitte et RITTMO Agroenvironnement, p 36-44- 45-49.pdf
- **FAO. 1978,** Crop calendars. *Plant Production and Protection Paper* 12. FAO, Rome. 124 p.
- **Fleurance J., Gueant J.L., 1999.** Les algues : une nouvelle source de protéines. *Bibliomer. Biofutur*, n°191, p.32-36.
- **Gisel F., 2008.** Les algues
- **Halitim A., 1973.** Étude expérimentale de l'alimentation des sols sodiques de l'Algérie. Thèse Doct. U. E. R. des sciences biologiques.170 p.
- **Herault. B, (2015).** Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes, CENTRE D'ETUDES ET DE PROSPECTIVE, Analyse N° 79, p02.pdf

Références bibliographiques

- **Hernández-Urbiola M.I, Pérez-Torrero E. Rodriguez-García ME. 2011.** Chemical Analysis of Nutritional Content of Prickly Pads (*Opuntia ficus indica*) at Varied Ages in an Organic Harvest. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 8, 1287-1295.
- **Henin S., et al., 1969.-** LE PROFIL CULTURAL. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Edition Masson et Cie. 332 pages
- **Hubert, G., Schaub, C., (2011).** La fertilisants des sols. L'importance de la matière organique. Chambre d'Agriculture, BasRhin. Service EnvironnementInnovation, p46
- **Hurtado, AQ, Yunque, DA, Tibubos, K, Critchley., 2009.** Use of Acadian marine plant extract powder from *Ascophyllum nodosum* in tissue culture of *Kappaphycus* varieties. *J Appl Phycol* 21: pp. 633-639.
- **J. Espinosa A., R. Borrocal A., M. Jara, C. Zorilla G.,C. Zanabria P. Et J. Medina T. (1973).** Quelques Propriétés Et Essais Préliminaires De Conservation Des Fruits Et Du Jus De Figue De Barbarie (*Opuntia Ficus Indica*).5, pp1-2.
- **Lahaye M., Kaeffer B., 1997.** Les fibres algales. *Cahier Nutrition Diététique*, 32, 2.
- **Leterme P, Londono AM, Munoz JE, Suarez J, Bedoya CA., Souffrant WB, Buldgen A, 2009.** Nutritional value of aquatic ferns (*Azolla filiculoides* Lam. and *Salvinia Molesta* Mitchell) in pigs. *Animal Feed Science and Technology* 149 135-148
- **Malek M.A., Khan M.J., Islam K.M.S. 2008.** Amélioration nutritionnelle de la paille de riz ensilée grâce à la supplémentation en urée, mélasse, farine de graines de soja et plantes aquatiques. *Indian J. Anim. Sei.*, 78 (12): 1404-1407
- **Mohanty D., Adhikary S. P., and Chattopadhyay G. N., 2013.** seaweed liquid fertilizer (slf) and its role in agriculture productivity. *International quarterly journal of environmental sciences. The Ecoscan: Special issue, vol III:* 147-155.
- **Monniers G., 1965.** Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. *Ann. Agron.* 16 (4 et 5). pp 327-534.
- **Neffar, S. (2012),** Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk Ahras et Tébessa. PhD Thesis, University of Annaba, Algeria.p236.

Références bibliographiques

- **Nelson W.R. and Van Staden J., 1984.** The Effect of Seaweed Concentrate on Wheat Culms. *J. Plan Physiol.*, 1156: pp: 4333-437.
- **Norrie, J., Keathley., JP., 2006.** Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to “Thompson seedless’ grape production. *Acta Horti* 727 : pp. 243-247
- **Ojetayo A.E., Olaniyi J.O., Akanbi W.B., Olabiyi T.I. 2011,** Effect of fertilizer types on nutritional quality of two cabbage varieties before and after storage. *Journal of Applied Biosciences* 48: 3322– 3330.
- **Oosten.V MJ, Pepe. O, Pascale. S, Sillettli. S, Maggio. A, (2017).** The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and biological Technologies In Agriculture* 4:5.pdf
- **Paolo Inglese, Candelario Mondragon, Ali Nefzaoui. 2018,** *Ecologie, Culture Et Utilisations Du Figuier De Barbari . Rome .250p.*
- **Perez R. et al. (1992),** *La culture des algues marines dans le monde. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer. Ifremer*
- **Povero. G, Mejia J.F., Di Tommaso D., Piaggese A., Warrior P. (2016).** A Systematic Approach to Discover and Characterize Natural Plant Biostimulants. *Frontiers in Plant Science*, vol. 7 pp.435. .pdf
- **Reynolds S.G. Arias-Jimenez E, Mondrago N-Jacobo C. Perezgonzalez S. 2003.** *El nopal (Opuntia spp.) como forraje. Estudio FAO Produccion y Proteccion Vegetal*, 169, 344-345.
- **Richards, L.A., Allison, L.E., Bernstein, L., Bower, C.A., Brown, J.W., Fireman, M., Hatcher, J.T., Hayward, H.E., Pearson, G.A., Reeve, R.C. & Wilcox, L.V. 1954.** *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils . United States Department of Agriculture, Washington*
- **Rouch, I.J. and Van Staden J., 1993.** Evidence for the presence of growth regulator in commercial seaweed product. *Plant Growth Regulators*, 13: 21-29.
- **ROUSSOS PA., DENAKA NK., DAMVAKARIS T., 2009.** Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compound. *Scientia Horticulturae* 119: 138-146.
- **Schaller N., 2013,** *L’agroécologie : des définitions variées, des principes communs, Analyse du CEP, n° 59, Centre d’études et de prospective, ministère de l’Agriculture*

Références bibliographiques

et de l'Alimentation :<https://agriculture.gouv.fr/lagroecologie-des-definitions-variees-desprincipes-communs-analyse-ndeg59>.

- **Shamna TP, Peethambaran PA, Jalaludeen A, Leo J, Muhammad AMK, 2013.** Broiler characteristics of japanese quails (*coturnix coturnix japonica*) at different levels of diet substitution with *azolla pinnata*. *Animal Science Reporter*, Volume 7, Issue 2, April, 2013
- **Thirumaran G., Arumugam M., Arumuga M R and Anantharaman P. 2009.** Effect of Seaweed Liquid Fertilizer on Growth and Pigment Concentration of *Abelmoschus esculentus* (L) Taub. *American-Eurasian Journal of Agronomy* 2 (2) : 57-66, 2009.
- **Thivy. F, (1964).** Seaweeds manure for perfect soil and smiling fields. *Salt Res. Indust.*, 1-4 .pdf
- **Yakhin. O, Lubyantsev. A, Yakhin. I, Brown P. (2017).** Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers In Plant Sciences*, Vol. 7, Article 2049.pdf

- **Références électroniques :**

(<https://www.fertilux.lu/fertiliser-un-sol-pour-un-rendement-durable/> 2022).

- [https://www.Académie des biostimulants.fr](https://www.Académie%20des%20biostimulants.fr) .
- <http://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie--Blida>.
- **Vacher G ,2017**, <http://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie--Blida>