

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 :

**Modulation des effets bonifiant d'un biofertilisant
d'origine aquatique via le mode de conduite**

Présenté par :

Letaief Amina

Messaoudi Khadidja

Devant le jury composé de :

Mr Djazouli Z E

Professeur

U.Blida 1

Président

Mme Brahimi L

M.C.A

U.Blida 1

Promotrice

Mme Lemiti S

M.C.B

U.Blida 1

Examinatrice

Année Universitaire 2021-2022

Remerciements

Tout d'abord, un grand merci au 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 mon encadreur madame BRAHIMI LATIFA pour sa disponibilité, son aide, Ses encouragements et ses critiques constructives qui m'ont permis de mener à Bien ce travail.

J'éprouve toute nous gratitude à la responsable de laboratoire de phytopharmacie qui nous 'a beaucoup aidé et conseillé durant nous période de stage, ainsi que nous

Remercions profondément toutes l'équipe de la station expérimentale pour leur disponibilité et leur encouragement.

Nous remercions les membres du jury Mr Djazouli. Z E 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

الإهداء

أهدي ثمرة جهدي إلى من زرع في قلبي العزيمة وروح المثابرة إليك أبي الغالي
إلى من كرمها وشرفها الرحمان بذكرها في القرآن إلى التي عودتني السرور إليك أُمي العزيزة
إلى جدي الحبيب رحمه الله وأسكنه فسيح جناته الذي لم يبخل علينا بأي شيء ليدخل السعادة إلى قلوبنا، حبيبنا الغالي الذي
مهما وصفناه فلن توفيه الكلمات حقه
إلى من علمتني معنى الصبر والحياة جدتي
إلى أخي زكرياء رحمه الله الذي لا أستطيع أن أصف غلاوته بقلبي
إلى من أثار شمعة المنزل أخي حمزة
إلى أستاذة براهيمى التي أشرفت على تأطير المذكرة لها الفضل الكبير في نجاح المذكرة
إلى عائلتي وسندي عائلة مخازنية
إلى عائلتي لطيف
إلى كل صديقاتي
إلى كل من تمنى لي الخير

أمينة

Dédicace

A ma chère mère, qui n'a ménagé aucun effort pour m'encourager durant mes longues études, son éducation, ses conseils précieux,

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.

Ma grande famille messaoudi et mouaouia

Mon encadreur madame BRAHIMI LATIFA

A tous mes amies (ghozlane nessrine manale meraime)

A mes voisins, aux êtres chers qui m'ont soutenu (tata hamida nessrine razika)

Tous les enseignants et enseignantes qui ont contribué à ma formation pendant les 5 années.

A toute notre promotion et mes amis.

A chacun et chacune a apporté sa touche d'encouragement et de soutien. Que dieu leur accorde santé et prospérité.

KHADIDJA

Table des matières

I. Biostimulants et Biofertilisants	1
1. Introduction	1
2. Généralité sur les biostimulants	1
2.1. Terminologie	1
2.2. Définition	2
2.3. Rôle des biostimulants	4
2.4. Nature des biostimulants	5
3. Modes d'actions des biostimulants	5
4. Principales revendications agronomiques de biostimulants et de SDP	7
4.1. Intérêts des biostimulants pour l'écologie	8
5. Type de biostimulants	8
5.1. Le compostage	8
5.2. Le vermicompostage	9
5.3. Les biostimulants d'origine animale	9
5.4. Les biostimulants d'origine végétale	9
5.5. Les biostimulants d'origine d'algue	9
5.5.1. Le rôle des biofertilisants algales	10
6. Biofertilisation à base d'Azolla.....	11
6.1. Description	11
6.2. Composition générale	11
6.3. Intérêts agronomiques d'Azolla	12
6.4. Intérêts agro-alimentaire d'Azolla	12
II. Généralité sur le concombre (cucumissativus)	13
1.1. Origine et distribution de Cucumissativus	13
1.2. Description botanique	13
2..Classification	14
3. Caractères morphologiques	14
3.1. Racine	14
3.2.Tige	14
3.3. Fleurs	14
3.4. Feuilles	15
3 5.Fruits	15
4. Exigences de la plante	15
4.1. Conditions climatiques	15
4.1.1. Température	15
4.1.2. La lumière	15
4.1.3 Humidité	15
4.1.4. Fertilisation de la culture de concombre	16
5. Cycle biologique de la culture	16
5.1. Plantation	16
5.2. Émergence	17
5.3. Floraison	17
5.4. Récolte des fruits	17
6. Principales maladies et ravageurs de la culture	18
CHAPITRE II: MATERIELS ET METHODES	
Objectif	21

2. Présentation de la région de Blida	21
2.1 Situation géographique	21
2.2. Facteurs abiotiques.....	21
2.3 Facteurs édaphiques	21
2.4 Facteurs climatiques	21
3. Présentation des sites d'étude et conditions expérimentales	23
4. Matériel d'étude	24
5. Méthodes d'étude	25
5.1. Préparation des extraits aqueux	25
5. 2.Transplantation de cucumis sativuse	26
5. 3. Description du système hydroponique adopté.....	26
6. Dispositif expérimental et conduite de l'essai	27
7. Paramètres étudiés	30
8. Evaluation des effets des traitements sur la culture de cucumis sativuse	30
8.1 Mesure de la croissance en longueur de la partie aérienne	30
8.2. Quantification et Dosages	31
8.2.1. Quantification et Dosages des acides aminés solubles	31
8.2.2. Acides aminés solubles	31
8.2.3. Dosage de la proline	31
8.2.4. Dosage des flavonoïdes	31
8.2.5. Dosage des chlorophylles a, b, caroténoïde et chlorophylle total au niveau des feuilles	32
8.2.6 Extraction et dosage des sucres totaux	32
Chapitre III: Résultats	
1. Effet des fertilisants biologiques sur l'expression végétative de <i>cucumis sativus</i>	35
2. Effet des fertilisants biologiques sur l'expression phytochimique de cucumis sativus	38
2.1. Effet des fertilisants biologiques sur l'expression des métabolites primaires chez cucumis sativus	38
3. Influence des températures sur la production d'Azolla Filicoloide	42
Chapitre IV: Discussion	45
Conclusion et perspectives	49
Référence	52

Liste de figures

Figure 1: Cartographie des cibles des principales terminologies identifiées pour les produits de stimulation	2
Figure 2 : Observation sur les différentes parties d'une plante après l'application de biostimulants	4
Figure3 : Les mécanismes clefs recherchés lors de l'utilisation d'un biostimulant à base d'algues	6
Figure4 : Spectre d'action des biostimulants et SDP	7
Figure 5 : présentation de la plante de concombre (<i>cucumis sativus</i>).....	14
Figure 6: Présentation du cycle biologique de concombre (<i>cucumis sativus</i>)	18
Figure 7: Illustration de maladies et parasite de c. sativus	19
Figure 8: Diagramme ombrothermique de la Mitidja pour l'année de 2020	22
Figure9: indice d'Emberger de la Mitidja entre les années 2006 et 2016	23
Figure10 : culture d'Azolla Filicoloide au sein de la station expérimentale.....	23
Figure11: Site expérimental	24
Figure.12: preparation de l'extrait aqueux d' Azolla. Filicoloide	25
Figure 13: plantation des concombre	26
Figure14: présentation du système hydroponique NFT	27
Figure15: schéma directeur de la conduite à l'essai	28
Figure16: Présentation du dispositif expérimental en pot	29
Figure17: présentation du dispositif expérimental NFT	29
Figure 18: estimation de la surface foliaire par Digimiser	30
Figure 19 : Effet des extrait aqueux de d'A. Filicoloide sur la croissance des plants de c. sativus	36
Figure 20 : Effet temporel des fertilisants sur la croissance de la partie aérienne des plants de c. sativus.....	37
Figure 21 : Effet des fertilisants sur la surface foliaire des plants de c. sativus.....	37
Figure 22: Effet temporel des fertilisants sur les concentrations chlorophylle a (a), chlorophylle b (b), et en chlorophylle totale (c) des plants de c. sativus.....	39
Figure 23: Effet temporel des fertilisants sur les concentrations en caroténoïdes des plants de c. sativus.....	40
Figure 24: Effet temporel les concentrations en carbohydrates	40
Figure 25: Effet temporel des fertilisants sur les concentrations en flavonoides des plants de c. sativus.....	41
Figure 26: Effet temporel des fertilisants sur les concentrations en proline des plants de c. sativus.....	42
Figure 27: Effet temporel des fertilisants sur les concentrations en acides aminés des plants de c. sativus.....	42
Figure 28: Influence des températures sur les rendements d'Azolla Filicoide.....	43

Liste des tableaux

Tableau 1: .Différentes catégories de biostimulants existants	5
Tableau 2 : Principales revendications agronomiques de biostimulants.....	7
Tableaux 3 : Maladies et parasite du concombre	19
Tableau 4 : Composition de l'eau d'irrigation utilisée en hydroponie	27
Tableau5 : corrélation entre le taux de rendement d'Azolla Filicoloide et la température du milieu.....	43

Liste des abréviations:

EBIC : European Biostimulants Industry Council

CDA : Centre Développement Agroécologie

SDN : Stimulateur de la défense naturelle

SDP : Stimulateur de la défense des plantes

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

Ph : Potentiel hydrogène

Nft : Nutrient Film Technique

Cm : Centimètre

g : Gramme

µl : micro gramme

ml : Millilitre

°C : Degré Celsius

Modulation des effets bonifiant d'un biofertilisant d'origine aquatique via le mode de conduite

Résumé

L'intérêt des produits de biofertilisation et de stimulation en agriculture s'avèrent une solution prometteuse pour lutter efficacement contre les stress biotiques et abiotiques tout en minimisant l'utilisation des pesticides.

Dans cette optique, nous nous sommes dirigés à mener ce travail dont l'objectif principal est de tester l'efficacité des différentes concentrations de biofertilisants à base d'algue (Algin, extrait aqueux d'*Azolla Filicoloide*) sur la physiologie de *Cucumis sativus*, en deux modes de culture (en sol et N.F.T), en cinq blocs aléatoires sous des conditions semi contrôlées.

Les résultats obtenus ont démontrés le succès du mode NFT, avec des effets nettement significatifs de l'extrait aqueux d'*A. Filicoloide* notamment à la dose 6ml/l. Ceci nous était confirmé sur presque l'ensemble des paramètres étudiés dont les paramètres morpho-métrique notamment celle de la partie aérienne, ainsi que sur les paramètres phytochimique dont la chlorophylle, la proline et surtout les acides aminés, contrairement au caroténoïdes qui n'ont présenté aucun effet significatif.

Mot clés : Biostimulants, Biofertilisants, Extrait aqueux, Algue, Phytochimie, croissance végétative,

Modulation of the beneficial effects of a biofertilizer of aquatic origin via the driving mode

Abstract

Biofertilizers and growth stimulants products in agriculture are a promising solution to control effectively biotic and abiotic stresses while minimizing the use of pesticides.

In this context, this work whose main objective is to test the effectiveness of different concentration of algal biofertilizer (*Algin, Azolla Filicoloide's extract*) on *physiology of Cucumis sativus*, in two modes of cultures (in the soil and N.F.T), in five blocks under semi-controlled conditions.

The results obtained demonstrated the success of the NFT mode, with clearly significant effects of *A. Filicoloide's extract* especially at a dose of 6ml/l

This was confirmed to us on almost all the parameters studied on the morpho-metric parameters especially that of the aerial part, as well as phytochemical parameters on chlorophyll, proline and especially amino acids, counter to carotenoids which showed no significant effect.

Keywords: biostimulants, biofertilizer, *Azolla's extract*, algal, phytochemical, vegetative growth,

تعديل التأثيرات المفيدة لسماذ حيوي من أصل مائي من خلال وضع القيادة

ملخص

تعتبر منتجات تحفيز النمو النباتية ومنتجات التسميد الطبيعي في الزراعة أفضل حل لمكافحة فعالة ضد التوتر الحيوي واللاحيوي لتقليل من المبيدات.

في هذا السياق، قمنا بهذا العمل لاختبار فعالية مختلف تركيزات من سماذ طبيعي مستخلص من الطحالب (ألجين، مستخرج مائي من أزولا فيليكولويد) على فيزيولوجية نبتة الخيار المزروعة بطريقتين الطريقة التقليدية والزراعة المائية على خمس مجموعات تحت ظروف خاضعة لنصف الرقابة.

بينت النتائج المتحصل عليها نجاح الزراعة المائية، مع وجود تأثيرات واضحة لمستخرج مائي لأزولا فيليكولويد خاصة تركيز 6ملل/ل

و هذا ما تم تأكيده في كثير من العوامل المدروسة العوامل المورفو-المتريية خاصة الجزء العلوي للنبتة، و أيضا العوامل الكميونباتية في الكلوروفيل، البرولين و خاصة الأحماض الأمينية، على عكس كغتونويد لم يظهر عليها أي تأثير.

الكلمات المفتاحية: منتجات تحفيز، منتجات التسميد الطبيعي، مستخرج مائي، الطحالب، الكميونباتية، النمو النباتية،

Introduction générale

Introduction générale

L'utilisation abusive et anarchique d'engrais chimiques pour accroître la productivité agricole dégrade continuellement l'état des sols et met en danger l'équilibre environnemental et constitue une grave menace pour la santé humaine (Nellemann et al 2009). De même, Les produits agrochimiques constituent également une menace grave et non résolue pour la santé humaine et l'environnement (Fenner et al ,2013).

Pourtant, le coût des engrais et des amendements chimiques ainsi que la fluctuation notoire des prix des productions agricoles sur le marché mondialisé placent les producteurs dans une situation de grande pression et vulnérabilité économique.

Ainsi et pour répondre à cette problématique, nous devons tourner vers de nouvelles solutions, notamment les produits naturels communément appelés biofertilisants utilisés comme engrais biologique pour une agriculture durable présentant un impact environnemental et sanitaire positif tout en préservant la biodiversité naturelle (Aadel, 2017). De plus, ils permettent de répondre aux besoins nutritionnels des cultures, et fournir aux plantes tout ce dont elles ont besoin pour leur croissance (Nanan, 2016).

Ainsi et dans le cadre d'une optimisation quantitative et qualitative de la production et afin d'éviter les effets secondaires d'utilisation des produits chimiques, Cette mémoire est consacrée sur l'utilisation biostimulants à base de plante aquatique (l'Azolla), Utilisation l'extrait aqueux d'azolla nécessaire pour voir un produit bio à base de plante aquatique efficace pour développer la production.

Dans cette optique, nous avons choisi comme spécimen expérimental la plante du concombre (*Cucumis sativus*) qui appartient à la famille botanique des cucurbitacées. C'est une plante annuelle rampante, originaire des Indes. La culture du concombre peut se faire en plein champ ou en hors sol, sous serre froide ou sous serre chauffée. En Algérie, le concombre occupe une part importante parmi les aliments les plus consommables dont la surface totale réservée à la culture est de

l'ordre de 4061 ha avec une production approximative de 139 587 13 tonnes, calculée sur la base d'un rendement moyen de 343.726 qx/ha (FAO Stat 2016)

Nous nous fixons comme objectif d'**estimer l'effet biofertilisant à base d'algue par utilisation de l'extrait aqueux d'Azolla** sur la culture de concombre sous deux mode de culture, a savoir la culture en sol et hors sol (N.F.T.)

Basée sur les hypothèses suivantes:

- Est que l'extrait d'Azolla a un effet sur l'activité métabolique?
- -Quelle est l'influence de ce traitement à base d'Azolla sur les paramètres morphologique et physiologique de concombre?
- -Quelle la dose la plus efficace de ce traitement (l'extrait d'Azolla) ?

CHAPITRE I: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Biostimulants et Biofertilisants :

1. Introduction:

L'utilisation excessive d'engrais chimiques et de pesticides en agriculture moderne pose de graves problèmes de pollution mondiale et de perte de fertilité des terres (Galbiattia et *al.*, 2007). Les bio-engrais basés sur des sources renouvelables sont les suppléments les plus efficaces aux engrais chimiques (Michalak et Chojnacka, 2015).

Les technologies utilisées pour la préparation des biostimulants sont très variées et comprennent : la culture, l'extraction, la fermentation, la transformation et la purification, l'hydrolyse et le traitement par rupture cellulaire à haute pression. L'utilisation d'extraits plutôt que de matières premières est souvent justifiée, plutôt que de la biomasse brute est la conséquence de la nécessité d'un processus de fabrication normalisé afin de produire un produit commercial uniforme. (Michalak et *al.*, 2014).

2. Généralité sur les biostimulants

2.1. Terminologie

Le terme de biostimulants est apparu au début des années 90 (YAKHIN et *al.*, 2017). Une étude réalisée en 2014 constate qu'une terminologie très variée est utilisée pour parler des produits de stimulation : biofertilisant, inducteur de résistance, stimulateur de défenses naturelles, stimulateur de croissance, activateur de sol, etc. (Faessel et *al.*, 2014). Les articles scientifiques, les textes réglementaires et les documents commerciaux sont nombreux et chacun propose sa version pour définir la biostimulation (Académie des Biostimulants, 2019).

D'après Bruno Hérault (2015), L'appellation générique de «produit de stimulation» a été utilisée pour qualifier les deux types de produits sur lesquels l'étude a porté :

- Les «biostimulants» qui regroupent des appellations telles que «biofertilisant», «activateur de sol», «stimulateur de croissance et/ou de développement», «phytostimulant», etc, et qui sont utilisés dans le domaine de la fertilisation. Les informations restituées dans le rapport de l'étude s'appuient sur une revue bibliographique approfondie et 36 entretiens effectués auprès de l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur : metteurs sur le marché, organisations professionnelles, scientifiques, expérimentateurs, autorités/évaluateurs, utilisateurs et presse spécialisée.
- Les «stimulateurs de(s) défense(s)» qui sont communément appelés Stimulateurs de Défense des Plantes (SDP) et qui sont utilisés dans le cadre de la phytoprotection.

Voici quelques exemples de termes identifiés dans le cadre de l'étude:

- SDP : Eliciteur, Inducteur de résistance, SDN, SDP, Stimulateur de vitalité, Vaccin pour plantes, etc.
- Biostimulant : Activateur de sol, Additif agronomique, **Agent nutritionnel**, **Biofertilisant**, Conditionneur de plantes, Nutriciteur, Phytostimulant,

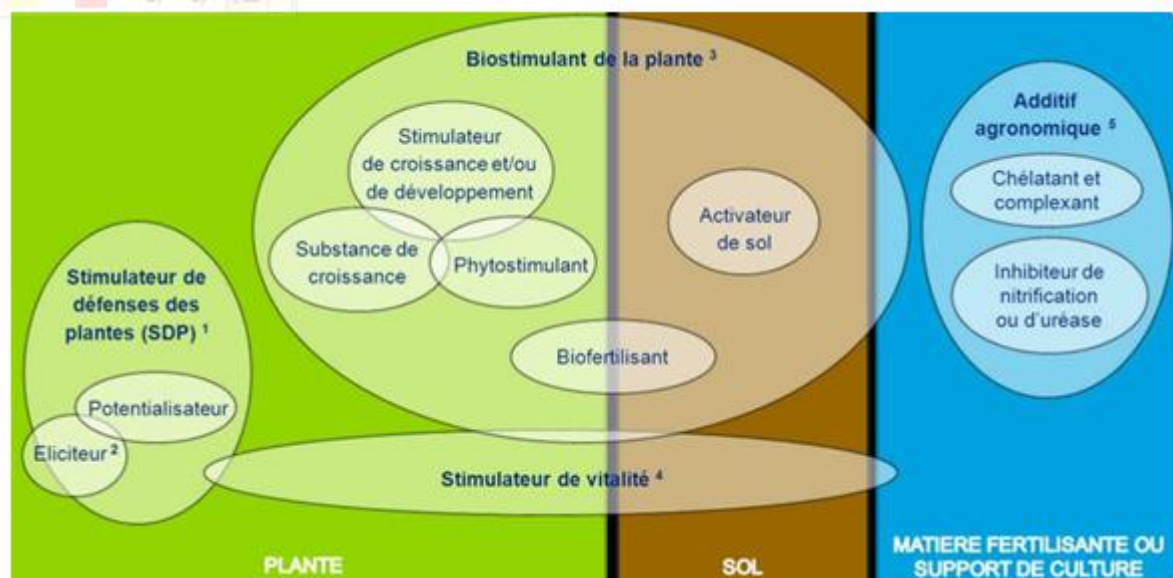


Figure 1: Cartographie des cibles des principales terminologies identifiées pour les produits de stimulation (Hérault, 2015).

2.2. Définition :

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 biostimulants 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.

Depuis, des réflexions ont été menées pour mieux définir ce nouveau concept polysémique, qui cible la plante, le sol et/ou les matières fertilisantes et les supports de culture pour favoriser la croissance et le développement des plantes. Selon EBIC (2014) : « Les biostimulants contiennent des substances ou des microorganismes qui ont pour fonction de stimuler les processus naturels pour accroître l'absorption et l'efficacité des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques et la qualité des récoltes lorsqu'ils sont appliqués aux plantes ou à la rhizosphère (racines), indépendamment du contenu en nutriments du biostimulant ». Afin d'intégrer divers aspects tels que l'origine naturelle des produits sources, la complexité du mélange des constituants dans le produit fini, la non connaissance des principes actifs, et la possibilité d'effets synergiques non connus entre les constituants.

Yakhin et *al.* (2017), proposent la nouvelle définition suivante : « Un Biostimulant est un produit d'origine biologique qui améliore la productivité des plantes consécutive à des propriétés émergentes provoquées par les complexes de constituants, et non comme seule conséquence de la présence de nutriments essentiels, de régulateurs de croissance des plantes ou de composés protecteurs des plantes, connus ». En ce qui concerne un biofertilisant, il se définit comme étant une solution contenant des microorganismes, bactéries et /ou champignons, que l'on applique aux plantes pour augmenter la disponibilité des nutriments et leur utilisation par les plantes, indépendamment de leur contenu en nutriments. Un Biofertilisant peut aussi être défini comme un biostimulant microbien améliorant l'efficacité de la nutrition de plantes (Du Jardin , 2015).

2.3. 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).

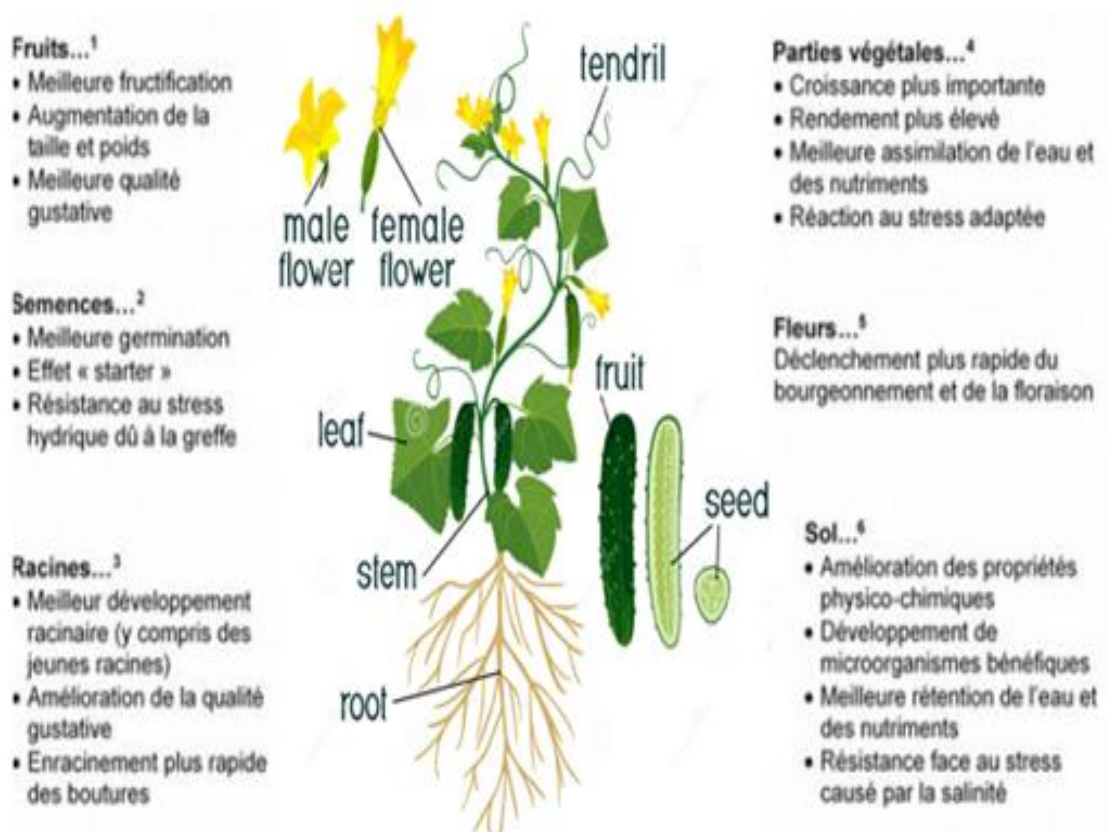


Figure 2 : Observation sur les différentes parties d'une plante après l'application de biostimulants (Povero et al., 2016).

2.4. 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).

Tableau 1: .Différentes catégories de biostimulants existants (Tragin, 2018).

Substances issues du vivant		Substances non issues du vivant	
Microbienne	Non microbienne	Minérale	Synthétique
- Microorganismes vivants	- Extraits de plantes - Extraits d'algues	- Poudres de roche - Substances humiques	- Phytohormones - Vitamines - Antioxydants
- Extraits de microorganismes	- Extraits de macroorganismes		

3. Modes d'actions des biostimulants

L'effet observé sur la plante sera donc le résultat d'un ensemble d'actions réalisées par un ensemble de substances actives, qu'il est difficile de décrire individuellement. 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)

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 :

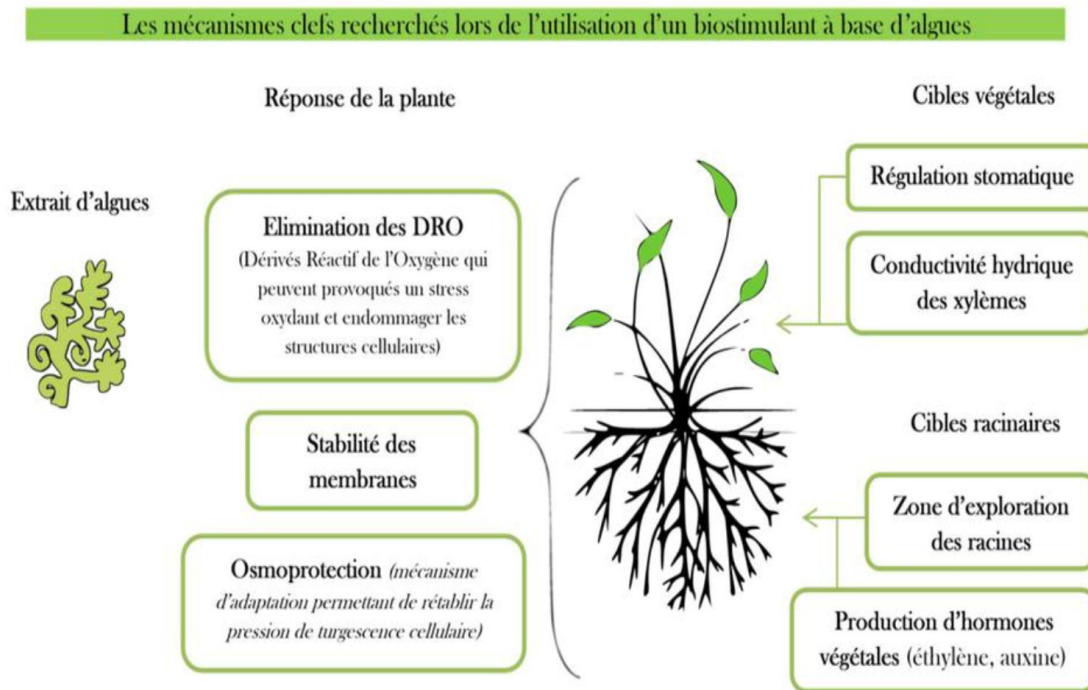


Figure3 : Les mécanismes clés recherchés lors de l'utilisation d'un biostimulant à base d'algues (Académie des biostimulants, 2019).

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:

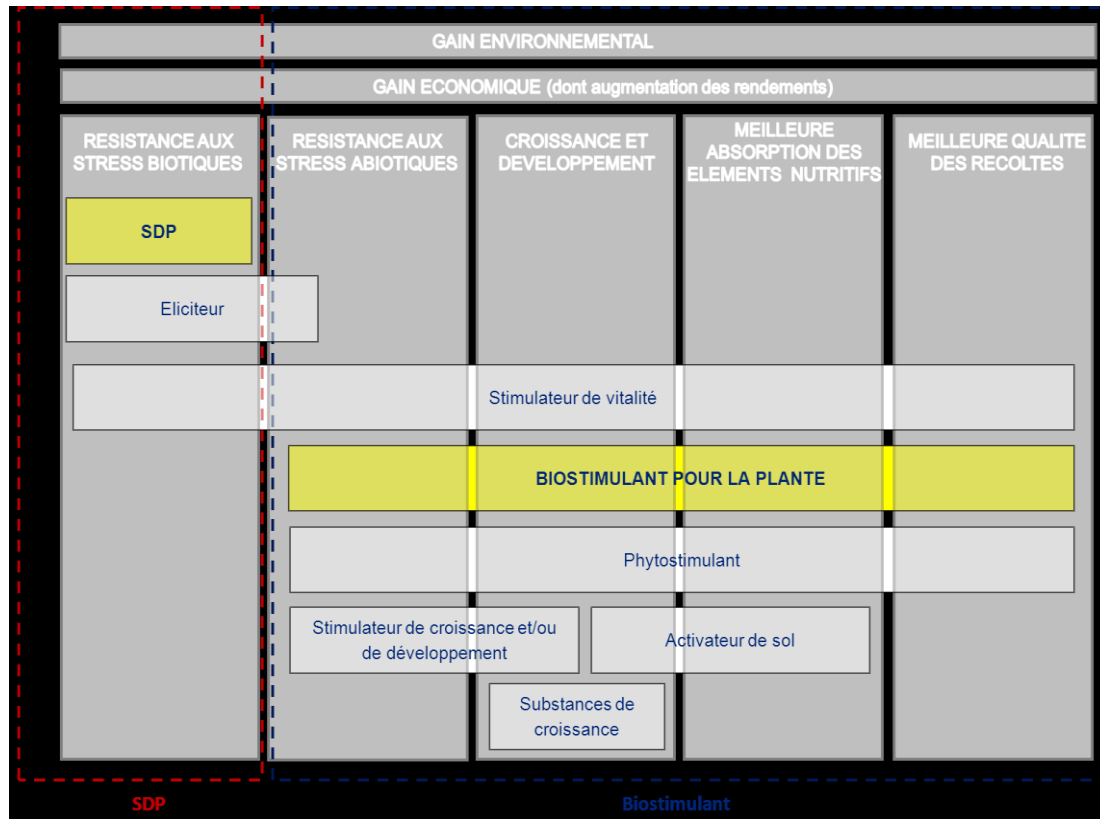


Figure4 : Spectre d'action des biostimulants et SDP (FAESSEL et al., 2014)

4. Principales revendications agronomiques de biostimulants et de SDP

Cette liste (tableau 02) est par ailleurs non exhaustive et peut évoluer avec l'apparition de nouvelles substances actives ; elle doit être considérée comme une liste d'exemples de revendications permettant de faire une distinction plus aisée entre biostimulants et SDP (FAESSEL et al., 2014).

Tableau 2 : Principales revendications agronomiques de biostimulants

Revendications	Détails des effets revendiqués
Résistance aux stress abiotiques	-Tolérance accrue au froid ou au chaud -Tolérance à la salinité -Tolérance aux stress oxydatifs (dont UV, ozone) -Tolérance accrue à la sécheresse ou à l'excès d'eau
Croissance et développement	-Augmentation du taux de germination -Précocité accrue de la germination -Stimulation du nombre d'inflorescences -Développement favorisé des bourgeons -Stimulation de la croissance végétative -Stimulation de la production d'hormones végétales bénéfiques à la

	croissance -Augmentation de la biomasse foliaire -Stimulation du développement racinaire en densité et profondeur -Renforcement du système racinaire -Amélioration de l'efficacité photosynthétique -Augmentation de la teneur en chlorophylle
Meilleure absorption des éléments nutritifs	-Amélioration de la nutrition des plantes -Augmentation de la biodisponibilité des éléments minéraux -Solubilisation des éléments minéraux de l'absorption de l'azote -Renforcement de la capacité d'absorption de l'eau et des nutriments -Optimisation de la libération des éléments nutritifs -Amélioration de la structure physique des sols -Formation de mycorhizes -Stimulation de la nitrate réductase -Production d'auxines par la microflore -Stimulation de l'activité microbienne du sol -Stimulation de la dégradation de la matière organique -Augmentation de la diversité et de l'activité microbiologique des sols
Meilleure qualité des récoltes	-Organoleptique (teneur en sucre et autres molécules) -Nutritionnelle (teneur en vitamines, protéines, nutriments, sucres, etc.) Visuelle (couleur des fruits) -Technique (meilleure tolérance au stockage ou à la manipulation)

4.1. Intérêts des biostimulants pour l'écologie

Au niveau écologique, les travaux ont montré par exemple que les 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 de plus, 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).

5. Type de biostimulants

5.1. Le compostage

L'utilisation de compost au lieu de tourbe dans les mélanges de substrat est l'une des mesures proposées pour accroître la durabilité des pépinières qui produisent des plantes ornementales en pot (Cáceres et al. 2013).

5.2. Le vermicompostage :

Le vermicompostage est une méthode biotechnologique de compostage qui utilise différentes espèces de vers de terre pour renforcer le mécanisme de conversion des déchets et obtenir un meilleur produit (Devi et al., 2015).

Selon Benazzouk *et al*, l'utilisation du vermicompost comme agent de priming en prétraitement améliore le pourcentage de germination des graines âgées en présence de NaCl, en revanche il n'apporte aucun changement mineur lorsqu'il est directement ajouté à une solution de germination contenant déjà du NaCl (Benazzouk et al., 2019).

5.3. Les biostimulants d'origine animale

Les biostimulants d'origine animale sont précisément des déchets industriels, tels que les déchets d'abattoirs, sang desséché, les bouses de vache, les fientes de poules, etc. Leur décomposition est lente, mais ils restent intéressants pour leurs apports en azote qui favorise la multiplication rapide de la microflore du sol : ils jouent un rôle important dans la durabilité de la fertilité du sol soit par l'apport des éléments nutritifs, soit par l'amélioration de ces propriétés physico-chimiques.(Duplessis et al.,2002)

Les engrais organiques issus de la production animale peuvent contenir des composants indésirables, tels que des résidus de médicaments vétérinaires, qui sont libérés dans l'environnement lors de leur application (Haupt et al.,2021).

5.4. Les biostimulants d'origine végétale

L'utilisation de biostimulants d'origine végétale (PDB) peut aider l'agriculture à cibler une croissance et un développement spécifiques, Les PDB peuvent accélérer la croissance des plantes, les protéger contre les stress abiotiques et/ou améliorer l'efficacité de l'utilisation des nutriments en améliorant les processus physiologiques des plantes tels que l'absorption des nutriments, la croissance et la tolérance aux stress abiotiques. (Posmyk et al.. 2016).

5.5. Les biostimulants d'origine d'algue :

Leur composition offre une excellente opportunité d'étudier une diversité de composés biologiquement actifs rares (Zhang et Ervin, 2004 ; Zodape et al., 2009). Elles sont riches en substances stimulant la croissance (Sylvia et al., 2005) telles

que la kinétine, la zéatine, le gibberelline (Zodape et *al.*, 2009) les auxines et cytokinines (Zhang et Ervin, 2004), les macro et micro-éléments (Strik et *al.*,2003), les acides aminés et les vitamines (Mišurcová, 2011).

Le potentiel des algues pour les applications agricoles a été utilisé depuis l'antiquité, mais les récentes demandes d'agriculture biologique et d'aliments biologiques ont beaucoup stimulé l'application de traitements biologiques comme les extraits d'algues en agriculture. De nos jours, des extraits liquides d'algues, utilisés par irrigation ou par pulvérisation foliaire, sont en cours d'application (Godlewska et *al.*, 2016). Ces extraits sont plus faciles et rapides à utiliser puisqu'ils limitent les effets négatifs des algues déjà décomposées et compostées alors que l'application d'algues fraîches sur le sol, demande généralement d'attendre longtemps pour leur décomposition.

Il a été aussi rapporté que l'extrait liquide de l'algue verte *Chaetomorpha antennina* a stimulé l'émergence précoce des semences de tomate et leur pourcentage de germination tout en exerçant une influence positive sur la croissance végétative exprimée par une augmentation de la hauteur de la plante, du nombre de branches et du rendement des feuilles (Chanthini et *al.*, 2019).

5.5.1. Le rôle des biofertilisants algales

- Impact sur le sol :

Les sels de l'acide alginique contenu dans les algues marines participent en combinaison avec les ions métalliques du sol pour former des complexes de poids moléculaires élevés qui retiennent l'humidité du sol et améliorent la structure de la mie, ils en résultent une meilleure activité capillaire des pores et offre une aération au sol qui, à leur tour, stimulent la croissance du système racinaire des plantes et l'activité microbienne du sol (Moore, 2004).

- Impact sur la stimulation contre le stress biotique et abiotique

Sous stress de la sécheresse, l'application de ces derniers a augmenté la surface foliaire et la teneur en eau chez les épinards (Xu. et al, 2015), Il a également été signalé que les composants liés au stress comme les cytokines, la proline et les antioxydants sont également augmentés de manière endogène dans la plante en présence d'un extrait d'algues marines (Zhang et al 2008)(Zhang et al 2010)

- Impact sur la production des cultures :

L'application foliaire d'extraits à différentes concentrations entraîne un rendement plus élevé, une croissance plus intensive et une meilleure absorption des nutriments du soja (Rathore et al 2009), la pulvérisation des extraits d'algues sur des pousses de tomates pendant la période végétative marque une augmentation de 30 % de la masse des fruits (Crouch et al 1992) ;

les avantages de l'application d'extraits d'algues ont également été prouvés par Pise et Sabal qui ont démontré que les extraits d'algues marines stimulent la croissance des pousses et augmente la masse de la *Trigonella foenum-graecum.*, l'augmentation des hydrates de carbone, des protéines, des acides aminés libres, des polyphénols et de l'azote a également été trouvée (Pise et al 2010).

6. Biofertilisation à base d'Azolla

6.1. Description :

Azolla est une petite fougère aquatique flottant librement à la surface des écosystèmes d'eaux douces des régions tropicales, subtropicales, tempérées chaudes de l'Afrique, l'Asie et des Amériques (Costa et al., 2009).

Les espèces de Azolla sont classées en deux sous-genres:Euazolla et Rhizosperma. Le sousgenreEuazolla a 5 espèces, à savoir A. carolinianaWilld., A. filiculoidesLam., A. mexicanaPresl., A. microphyllaKaulf. et A. rubra R.Br., tandis que le sous –genre Rhizosperma possède deux espèces : A. niloticaDecne. exMett. (NI) et A. pinnata R. Br. (Raja et al., 2012).

6.2. Composition générale :

Selon Alalade et al. (2006), la farine de Azolla pinnata contient 21,4% de protéines brutes, 12,7% de fibres brutes, 2,7% d'extrait à l'éther, 16,2% de cendres et 47.0% de glucides. 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 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).

6.3. Intérêts agronomiques d'Azolla:

Azolla est une algue fixatrice d'azote atmosphérique grâce à sa symbiose. La plante est utilisée comme engrais vert dans les rizières de nombreux pays asiatiques (Serag et al., 2000). Dans ces milieux, elle permet aussi de contrôler la prolifération des mauvaises herbes. Azolla est souvent utilisée suivant deux méthodes en riziculture (Carrapiço et al., 2000). Elle est utilisée dans le traitement des eaux riches en nutriments par biofiltration (Cohen-Shoel et al., 2002). Au Bénin, l'Azolla a été utilisé avec succès dans l'aquaculture (Shiomi et Kitoh, 2001 ; Fiogbé et al., 2004).

6.4. Intérêts agro-alimentaire d'Azolla:

L'Azolla peut être servi aux animaux sous forme fraîche ou séchée. Comme Azolla frais est très périssable, il est préférable de le sécher quand il ne peut pas être consommé immédiatement ou pour les espèces d'animaux d'élevage pour lesquels une forme séchée est plus pratique ou préférable. Azolla séché peut ainsi être incorporé dans l'aliment des poulets de chair jusqu'à un taux de 5 % sans affecter leur croissance (Basak et al., 2002).

Une autre étude visant à évaluer la valeur alimentaire de l'Azolla sur les performances de ponte des poules a montré la possibilité de l'incorporer à des taux allant jusqu'à 15 % sans affecter la production d'œufs, l'indice de conversion, ou la taille et la couleur des œufs (Khatun et al., 1999 ; Basak et al., 2002 et Esonu et al., 2006). Par contre un taux de 10% a été recommandé pour améliorer les performances des poussins (Alalade et al., 2006).

II. Généralité sur le concombre (*Cucumis sativus*)

Les cucurbitacées sont constituées de 90 genres et 750 espèces. Le genre *Cucumis* contient près de 40 espèces parmi eux trois sont plus cultivées : *C. anguria* L. (cornichon antillaise), *C. sativus* (concombre) et *C. melo* L. (cantaloup) (Iqbal et al., 2015).

La famille de Cucurbitacées est la plus diverse parmi les plantes alimentaires. Elle comprend les courges, les citrouilles, les melons, les concombres, et les pastèques... Les plantes de cette famille sont généralement tolérantes à la sécheresse, mais sensibles au gel et sont reconnues comme la source principale des cucurbitacées (Hassoun, 2010).

1.1. Origine et distribution de *Cucumis sativus* :

Le Concombre (*Cucumis sativus* L.) connu localement comme « kheera » est originaire d'Asie et d'Afrique, où il a été utilisé depuis 3000 ans (Iqbal et al., 2015). Iqbal et al. (2015) ajoute que le sous-genre *Cucumis* contient des espèces sino-himalayennes comme *C. sativus* ($2n = 14$) et *C. hystrix* Chakr ($2n = 24$). *C. sativus* a plusieurs groupes botaniques comme var. *sativus*, le concombre cultivé, la var. *Hardwickii*, et la forme sauvage.

Le concombre commercial, connu sous le nom de *Cucumis sativus*, est issu de la région sud-est des contreforts de l'Himalaya en Asie tandis que le *C. sativus* var. *Hardwickii* Alef est une variété de *C.S.* Var. *sativus* qui peut être vu dans les contreforts de l'Himalaya (Aydemir, 2009).

1.2. Description botanique

Les semences sont grosses et gardent longtemps leur vigueur. Elles se conservent entre 5 et 10 ans selon les conditions. La germination est rapide, elle prend entre 3 et 13 jours à des températures variant de 15 à 35 (Drainville, 2010).

La tige est robuste de 4 angles simples, vrilles poilues, feuilles triangulaires ou ovales avec une base profondément cordée et pétiole de 5 à 15 cm de longueur tandis que les fleurs mâles et femelles ; sur la même plante, les fruits sont pendantes et variables en forme et en taille et de chair vert pâle et les graines sont plates, blanches de 8 à 10 mm x 3 à 5 mm avec environ 50 graines / fruit (Ahmed, 2005).

2. Classification :

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Dilleniidae
Ordre	Violales
Famille	Cucurbitaceae
Genre	Cucumis
Espèce	<i>Cucumissativus</i>



Figure 5 : présentation de la plante de concombre (*cucumissativus*)

3. Caractères morphologiques

3.1. Racine

Elle est généralement bien développée et assez superficielle. Dans l'espèce la racine centrale atteint 50 à 60 cm de profondeur, mais les racines latérales se développent plus fortement et atteignent une longueur de 2.5 à 3.5 mètres. Elles sont très ramifiées, avec une grande superficie absorbante située à une profondeur de 30 à 35 cm. Le concombre ne peut pas être transplanté à racine nue (F.A.O, 1988).

3.2. Tige

Le concombre possède une tige polygonale et flexible, herbacée et rampante se ramifiant facilement à la base (basitonie), recouverte de petits poils durs. Toutefois, la présence des vrilles permet à la plante de s'accrocher à un réseau de fil de fer ou de raphia (utilisé dans les serres.) (Chaux, 1971).

3.3. Fleurs :

Les fleurs (jaunes) se développent à l'aisselle des feuilles. Le concombre est une plante typiquement monoïque bien que l'on trouve également des variétés andro monoïques, dioïques et hermaphrodites. (F.A.O, 1988).

3.4. Feuilles :

Elles sont alternées de types palmés, à cinq lobes ; l'extrémité des lobes est pointue, ce qui permet de distinguer la plante des melons à feuilles arrondies (Roulan, 1974).

3 5.Fruits

Ce sont des baies allongées, de formes généralement cylindriques. À maturité, l'épiderme du fruit est vert foncé chez la plupart des variétés. Il peut être lisse, velu, et présente des excroissances épineuses.

La chair est très aqueuse, parfois douceuse, blanche ou verdâtre. Les variétés à fruits longs peuvent être parthénocarpiques. Ces fruits sont de forme plus régulière que ceux qui ont été obtenus après fécondation car la présence des graines provoque des différences de croissance de péricarpe (Chaux, 1971 et Roulan, 1974).

4. Exigences de la plante

4.1. Conditions climatiques

4.1.1. Température :

Le concombre et cornichons ont besoin d'un sol riche et chaud, bien drainé avec une bonne structure et une grande capacité de rétention d'eau tandis que la température idéale de germination est de 25 °C à 30 °C et la levée se fait en trois ou quatre jours par la suite, on garde la température 22°C le jour et à 18°C la nuit (Drainville, 2010).

4.1.2. La lumière

Elle est indispensable à la photosynthèse. L'activité de la photosynthèse, augmente avec l'intensité lumineuse pour atteindre un palier de saturation. Elle varie donc avec les heures de la journée. Le concombre fleurit et fructifie en jours courts de 12 heures ou Moins à condition que l'intensité lumineuse soit suffisante (ROULAN, 1974).

4.1.3 Humidité :

Le concombre est très exigeant en humidité (du sol et de l'air), en raison d'un système racinaire superficiel et de la structure particulière des feuilles (cuticules très minces facilitant l'évaporation).

Les conditions optimales d'hygrométrie dépendent de la température, à 25°C l'humidité doit être comprise entre 50% à 80% à 32°C elle doit être environ de 90% et Les besoins en eau sont importants notamment du début floraison jusqu'à la récolte (F.A.O, 1988).

4.1.4. Fertilisation de la culture de concombre

On estime qu'une culture de concombre d'automne produisant 12 Kg/m² extrait du sol ce qui suit :

- 1,40 g/kg de N (Azote).
- 0,80 g/Kg de P²O⁵ (Phosphore).
- 2,60 g/Kg de K²O (Oxyde de Potassium).
- 0,40 g/Kg de CaO (Oxyde de Calcium).
- 0,30 g/Kg de MgO (Oxyde de Magnésium).

Afin d'équilibrer la richesse du sol en assurant une nutrition exigée par une culture de concombre, il est recommandé d'apporter:

- Lors des travaux du sol, une fumure de fond équivaut à 50 T/ha de fumier, 120 Kg de N/ha, 100 Kg de P²O⁵/ha et 200 Kg de K²O/ha.
- En couverture, on apporte 30 Kg de N/ha, 20 Kg de P²O⁵/ha et 50 Kg de K₂O/ha. (Anonyme_a, 2022).

5. Cycle biologique de la culture

5.1. Plantation

Les graines sont plantées dans le sol après le dernier gel lorsque le sol est chaud. Lorsque les graines plantées entrent en contact avec l'eau, la graine absorbe l'eau et active une enzyme qui fait que la graine perd son pelage au fur et à mesure que la graine s'ouvre. Ce processus est appelé germination. La germination des graines peut prendre de trois à dix jours, selon la température du sol. Les graines ne germeront pas lorsque la température du sol descend en dessous de 10 degrés Celsius. Plus le sol est chaud, plus la germination est rapide. (Anonyme_b, 2019).

5.2. Émergence

Après la germination d'une graine, la racine pousse dans le sol à la recherche d'éléments nutritifs et ancre la plante. Le semis émerge du sol à la recherche de lumière. De multiples racines se développent sous le sol à la recherche d'éléments nutritifs, tandis que le reste de la plante se développe au-dessus du sol. Les températures chaudes du sol accélèrent ce processus. La levée se produit entre trois à cinq jours après la germination. . (Anonyme_b, 2019).

5.3. Floraison

Les concombres ont généralement des fleurs mâles et femelles. Les fleurs mâles sont les premières à apparaître et à créer du pollen. Formes fruitières à partir de fleurs femelles. La quantité de concombres produits dépend en grande partie de la pollinisation et d'autres facteurs tels que le temps, la température et le sol. En moyenne, il s'écoule cinq à sept jours entre le stade de renversement et le stade de floraison (Anonyme_b, 2019).

5.4. Récolte des fruits

Les concombres se développent entre la floraison femelle et la vigne. Une fois qu'ils apparaissent, le taux de croissance est rapide. Les concombres sont récoltés à des intervalles variables en fonction de l'utilisation et des préférences. C'est le stade final de la croissance du concombre. Les plantes continuent de produire des concombres tout au long de la saison de croissance, lorsque les concombres sont récoltés fréquemment. . (Anonyme_b, 2019).

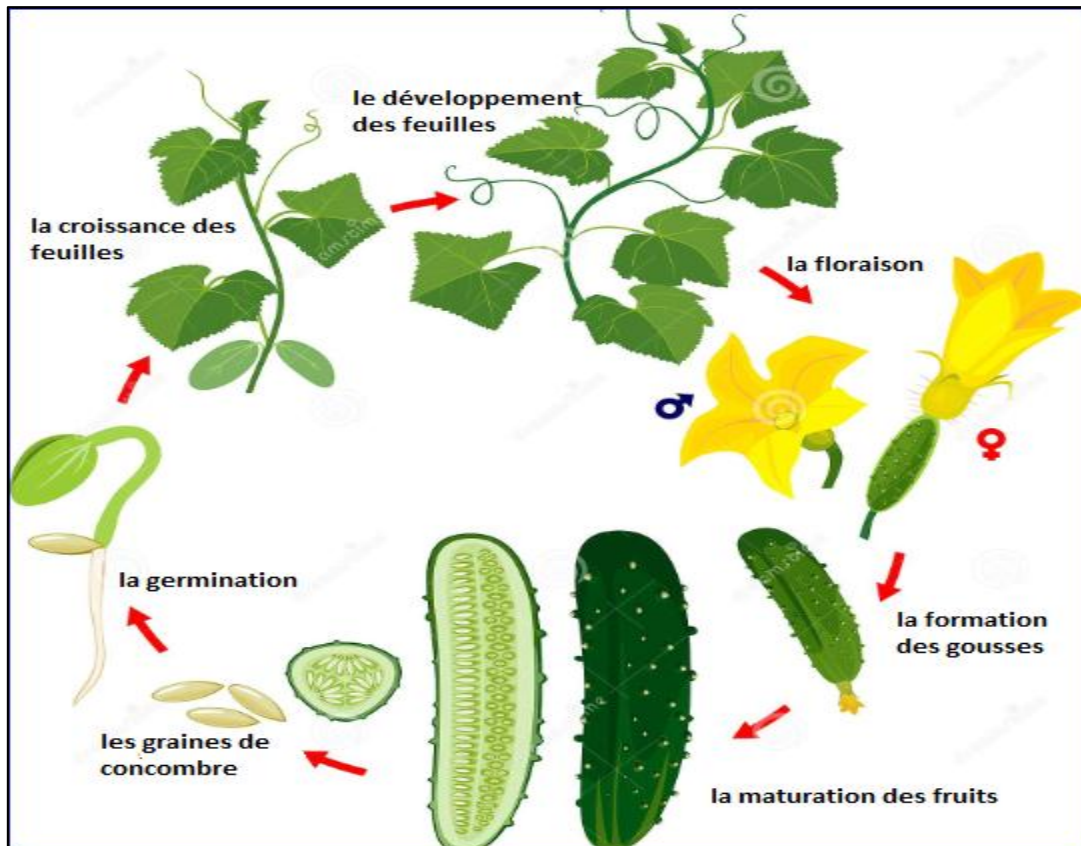


Figure 6: Présentation du cycle biologique de concombre (*cucumissativus*) (Anonyme c, 2022).

6. Principales maladies et ravageurs de la culture

Le concombre est une plante fragile et sensible à de nombreux stress (excès ou manque d'eau, carence minérales, stress chimique, phytotoxicité et présente des risques importants.

Les maladies du sol et du feuillage constituent une forte préoccupation en agriculture biologique : très peu de moyens de lutte préventifs, pertes financières élevées en cas d'attaque précoce grave (Lambion et mazolier, 2006).

Le fusarium, et les nématodes causent des dégâts importants et nécessitent un arrachage précoce, comme il est affecté également par l'Oïdium et le Mildiou, ainsi que les stress abiotiques tels les pluies, la sécheresse, les fraîcheurs et les chaleurs humides alors que les sélectionneurs offrent parfois des variétés résistantes (Kroll, 2010).

Tableaux 3 : Maladies et parasite du concombre (Anonyme_d, 2022).

Maladie ou parasite du concombre.	Symptômes et dégâts
Limaces-escargots	Par temps humide les feuilles et les jeunes tiges de concombre peuvent être rapidement dévorées.
Thrips	Décoloration blanchâtre des feuilles provoquée par une multitude de piqûres.
Mouche des semis de concombre	Larves qui minent les jeunes plants et coupent les bourgeons.
Pucerons	Feuilles du concombre crispées.
Botrytis (Pourriture grise)	Feuilles, boutons floraux et tiges atteints d'une pourriture brune, se couvrant ensuite d'un feutrage gris
Oïdium	Feutrage blanc sur les feuilles.
Cladosporiose ou Nuile grise Tavelure du concombre	Taches brunes foliaires, mais aussi sur les tiges et les fruits. À maturité les concombres présentent des craquelures liégeuses.
Mildiou	Taches vert pâle sur le feuillage devenant brunes et tout le feuillage se dessèche.
Rhizoctone brun du concombre	Fonte des semis. Tâches brun foncé sur les fruits.

La figure ci-après présente les principales maladies occasionnées à la culture

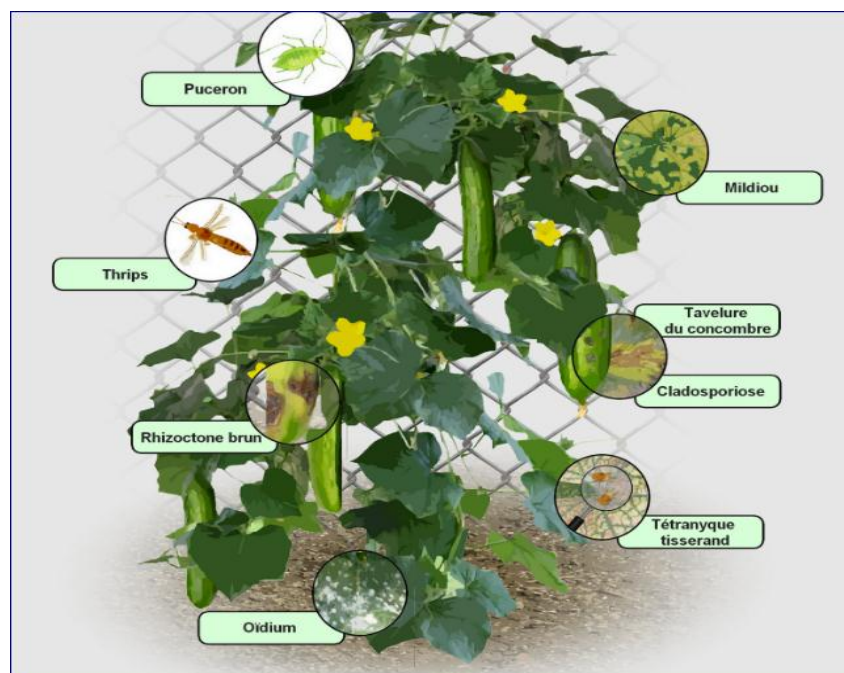


Figure 7: Illustration de maladies et parasite de *c. sativus* (.Scott-James, 2022).

CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES

1. Objectif :

L'objectif de notre expérimentation consiste à étudier l'effet d'un bio fertilisant liquide à base fourrage aquatique (*azolla Filicoloide*) sur la morphologie et la physiologie d'une culture maraichère concombre (*cucumis sativus*), avec deux différents modes de culture (en sol et hors-sol -système hydroponie NFT -).

2. Présentation de la région de Blida

2.1 Situation géographique :

La région de Soumaa 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 sud par les vergers d'agrumes et de néfliers de boufarik (36°35' N ; 2° 59'). Au N-E par les montagnes de Soumaa (36° 30' N : 2° 50 E) et les premières pentes de l'Atlas mitidjien

2.2. Facteurs abiotiques

Ce sont le sol et le climat (FAURIE et *al.*, 1980) et population sont sous la dépendance des facteurs de leur environnement dont les principaux sont la lumière, la température, l'eau, l'air, le sol et les vents.

2.3. Facteurs édaphiques

Un rôle important est joué par les facteurs édaphique, en particulier pour beaucoup d'insectes et d'autres invertébrés qui effectuent une partie ou même la totalité de leur développement dans le sol et doivent y trouver des conditions très précises de structure, de texture, d'humidité de teneur en matière organique ou humique (DAJOZ, 1974).

2.4. Facteurs climatiques

La région de Blida se caractérise d'une manière générale par un climat Méditerranéen (FAURIE et *al.*1980), le climat joue un rôle fondamental dans la distribution et la vie des êtres vivants Cela par l'action multiple de divers facteurs

climatique sur la physiologie et sur le comportement des insectes et des autres animaux (DAJOZ,1998) parmi les facteurs climatique, on peut distinguer un ensemble de facteurs énergétiques constitués par la lumière et les températures, de facteurs hydrologiques.

Nous relatons pour la région d'étude les principaux paramètres climatiques Représentées dans ce Diagramme ombrothermique de Gaussen pour l'année 2020. Ou la première période humide s'étend du début de janvier jusqu'à mi-mai. Suivie par la période sèche allant de mi-mai jusqu'à mi-septembre et par la deuxième période humide de mi-septembre au mois de décembre

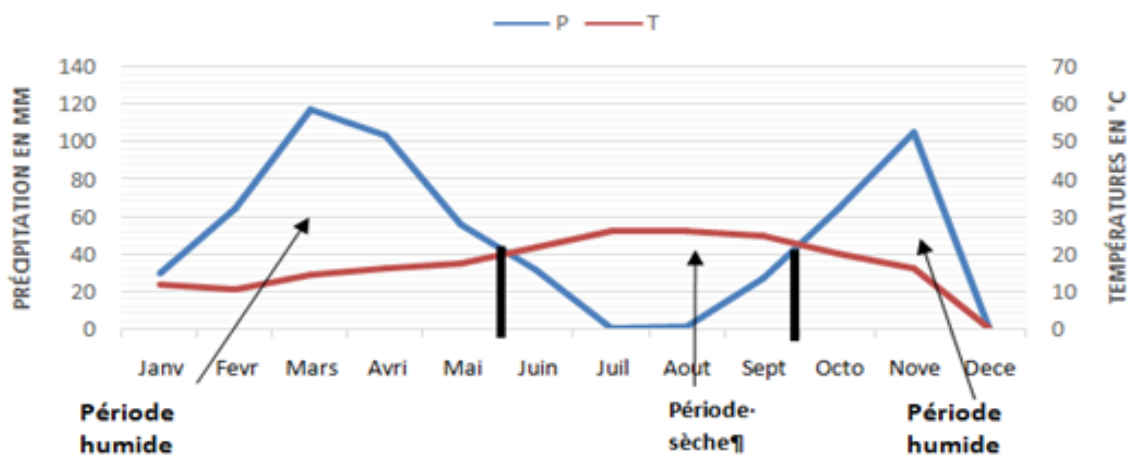


Figure 8: Diagramme ombrothermique de la Mitidja pour l'année de 2020(ONM, 2021).

Cependant, D'après ce qui précède, l'indice d'Emberger classe la Mitidja dans l'étage bioclimatique subhumide avec des températures variées pendant l'hiver mais généralement se caractérise par un hiver doux.

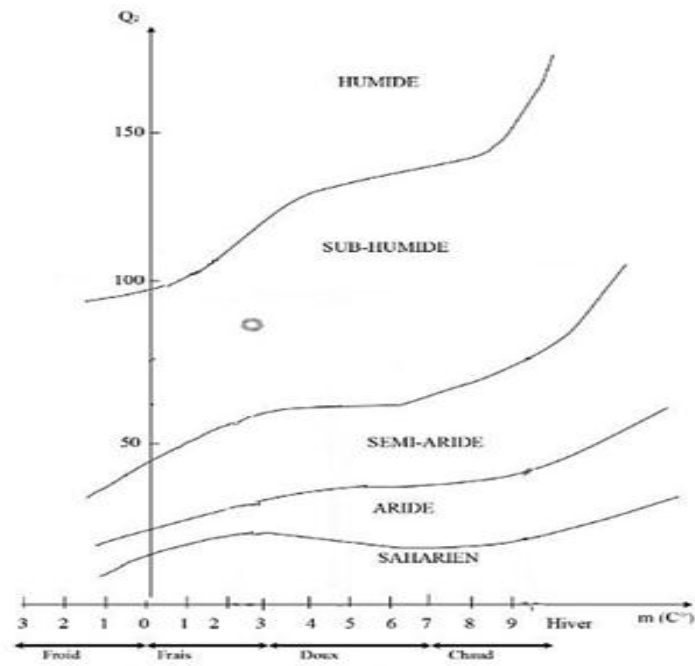


Figure9: indice d'Emberger de la Mitidja entre les années 2006 et 2016 (ONM, 2021).

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

La plante *A. Filicoloide* avait été cultivée dans un bassin de 150 cm de largeur, 200 cm de longueur sur une profondeur de 40 cm, au niveau de la station expérimentale de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Saad Dahleb Blida 1, durant la période printanière de l'année 2022, et qui s'est étalée du mois de Mars jusqu'au mois de juin



Figure10 : culture d'*Azolla Filicoloide* au sein de la station expérimentale

Cependant, la culture de *Cucumis sativus* s'est déroulée dans une serre en polycarbonate sous des conditions semi-contrôlées dont l'orientation est nord sud. L'éclairage est celui du jour, la température varie au cours de la journée et elle est mesurée par un thermomètre placé dans la serre, l'aération est assurée par plusieurs fenêtres placées latéralement de part et d'autres de la serre du laboratoire de recherche de Biotechnologie des production végétale de l'université de Saad Dahleb Blida 1, dans une la période de 2 mois (Juin / Juillet 2022) .



Figure11: Site expérimental (personnelle, 2020).

4. Matériel d'étude

L'extraction et le dosage des principes actifs pour la présente étude ont été réalisés aux niveaux du laboratoire de phytopharmacie (Labo 109) du département de Biotechnologie, de la Faculté des sciences de la Nature et de la Vie, ainsi que dans le Laboratoire de recherche de Biotechnologies des Production Végétales, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Blida1 (LRBPV) durant une période de 5 mois (Mars / Avril/ Mai/ Juin/ Juillet)

Un certains nombres de matériels avaient été nécessaires durant l'expérimentation, à savoir :

➤ **Matériel végétal**

- La plante aquatique fertilisante (*A. Filicoloide*)
- Les plantules de *c. sativuse* (stade deux feuille)

➤ **Matériel pour le suivi de la culture**

- Pots en plastique (dimension : diamètre : 12cm et profondeur :11cm)
- Système hydroponique
- Thermomètre

➤ **Matériel pour l'extraction et le dosage photochimique**

- La centrifugeuse à 5000 tr/mn
- Spectrophotomètre
- Bain marie
- Agitateur mélangeur
- Balance de précision
- Etuve

5. Méthodes d'étude

5.1. Préparation des extraits aqueux

Les récoltes hebdomadaire du fourrage aquatique avaient subi un séchage afin d'être réduit en poudre à l'aide d'un broyeur, chaque 50g de poudre avait été introduites avec 750ml d'eau, ce mélange était mis en agitation pendant 72 heures dans un agitateur magnétique. Les macérât était centrifugés à 2800tr/min pendant 20 minutes. Les surnageant était ainsi récupérés puis conservés à l'obscurité et à basse température dans des flacons de couleur sombre.



Figure.12: préparation de l'extrait aqueux d'*Azolla. Filicoloide*

5. 2. Transplantation de *cucumis sativuse*

100 plantules de *c. sativuse* ont été apportés au stade de 2 feuilles, dont 50 plants ont été transplantés dans des pots (diamètre :12cm et profondeur :11cm), alors que les autre étaient mis au sein d'un système l'hydroponique.

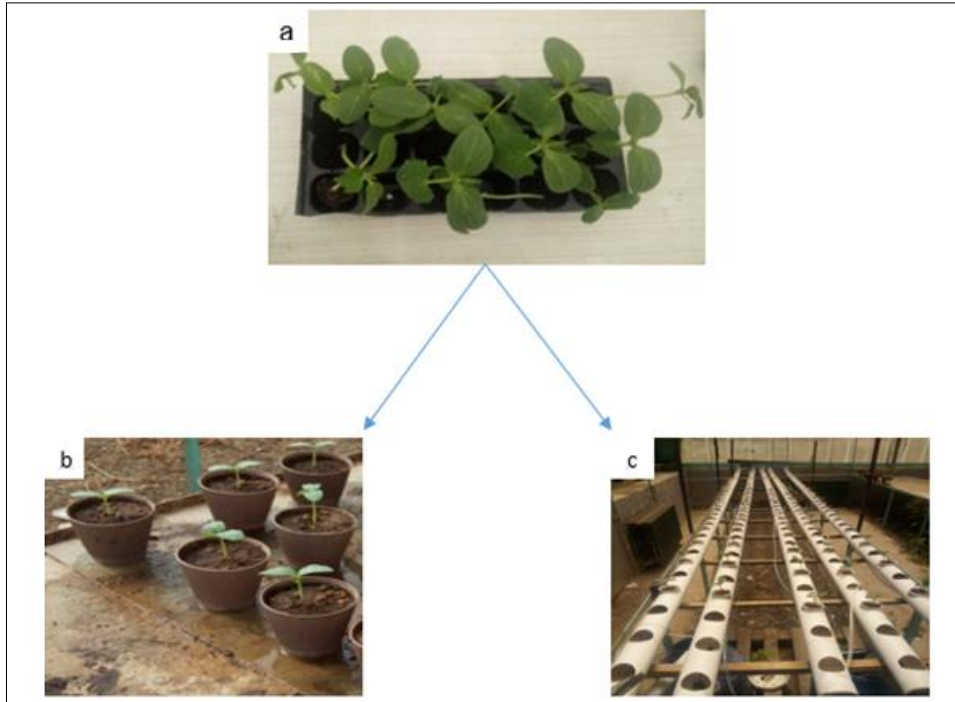


Figure 13: plantation des concombres

a: la levée des plantes, b: Transplantation dans les pots, c: Transplantation NFT

5. 3. Description du système hydroponique adopté:

Notre expérimentation est assurée par un système de culture fermé NFT de Cinque compartiment identique. Ou chaque compartiment est constitué par **un réservoir** de la solution nutritive a capacité de 45 L, **des conteneurs** de 80mm de diamètre assurant le placement des gobelets contenant les plantules sur un substrat de bille d'argile, **des tuyaux d'irrigation** qui assurent l'alimentation et la distribution de la solution nutritive et d'**une pompe** de 3 maitre de capacité.

L'argile expansée possède un bon pouvoir isolant, ce qui est nécessaire pour protéger les racines des changements de température en plus de sa haute capacité de rétention d'eau et sa bonne aération.

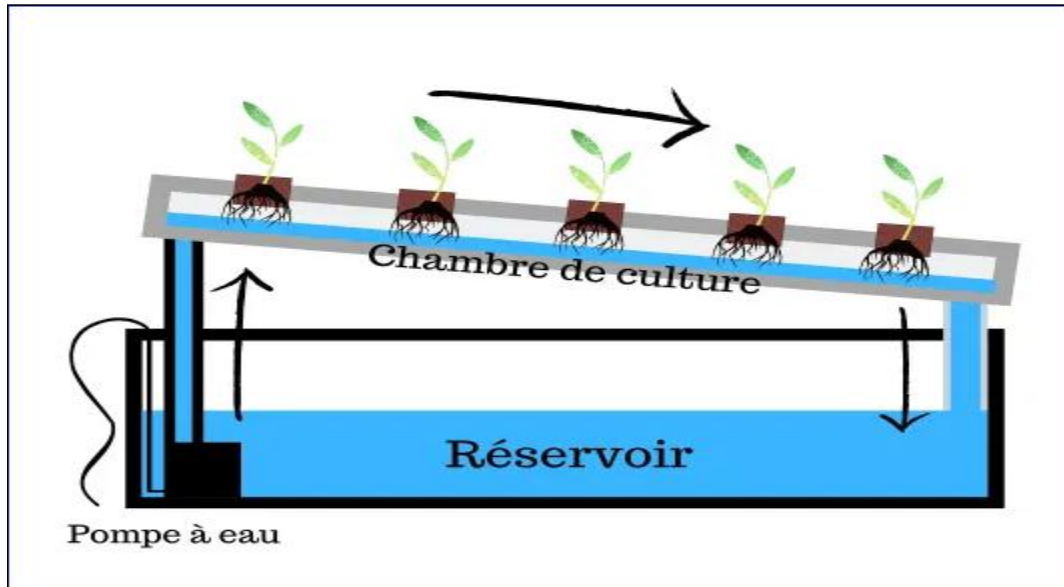


Figure14: présentation du système hydroponique NFT

Tableau 4 : Composition de l'eau d'irrigation utilisée en hydroponie (Saou.et al.2017).

Composition	pH	CE mmhos/cm	NO ³⁻	NH ⁴⁺	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
Quantités	7,8	0,56	0,35	00	00	0,60	0,80	1,30	2,80	1,80	00

6. Dispositif expérimental et conduite de l'essai :

Notre expérimentation s'est déroulée au sein d'un dispositif à 5 blocs, ou chaque bloc renferme dix répétitions pour le même traitement, à savoir :

Bloc 1: Témoin (irrigation a l'eau courante).

Bloc 2: Dose numéro 1 (3 ml l'extrait aqueuse d'*A. Filicoloide* dans 1 litre d'eau).

Bloc 3: Dose numéro 2 (6 ml l'extrait aqueuse d'*A. Filicoloide* dans 1 litre d'eau).

Bloc 4: Dose numéro 3 (9 ml l'extrait aqueuse d'*A. Filicoloide* dans 1 litre d'eau).

Bloc 5: Produit à base d'algue (3 ml dans 1 litre d'eau).

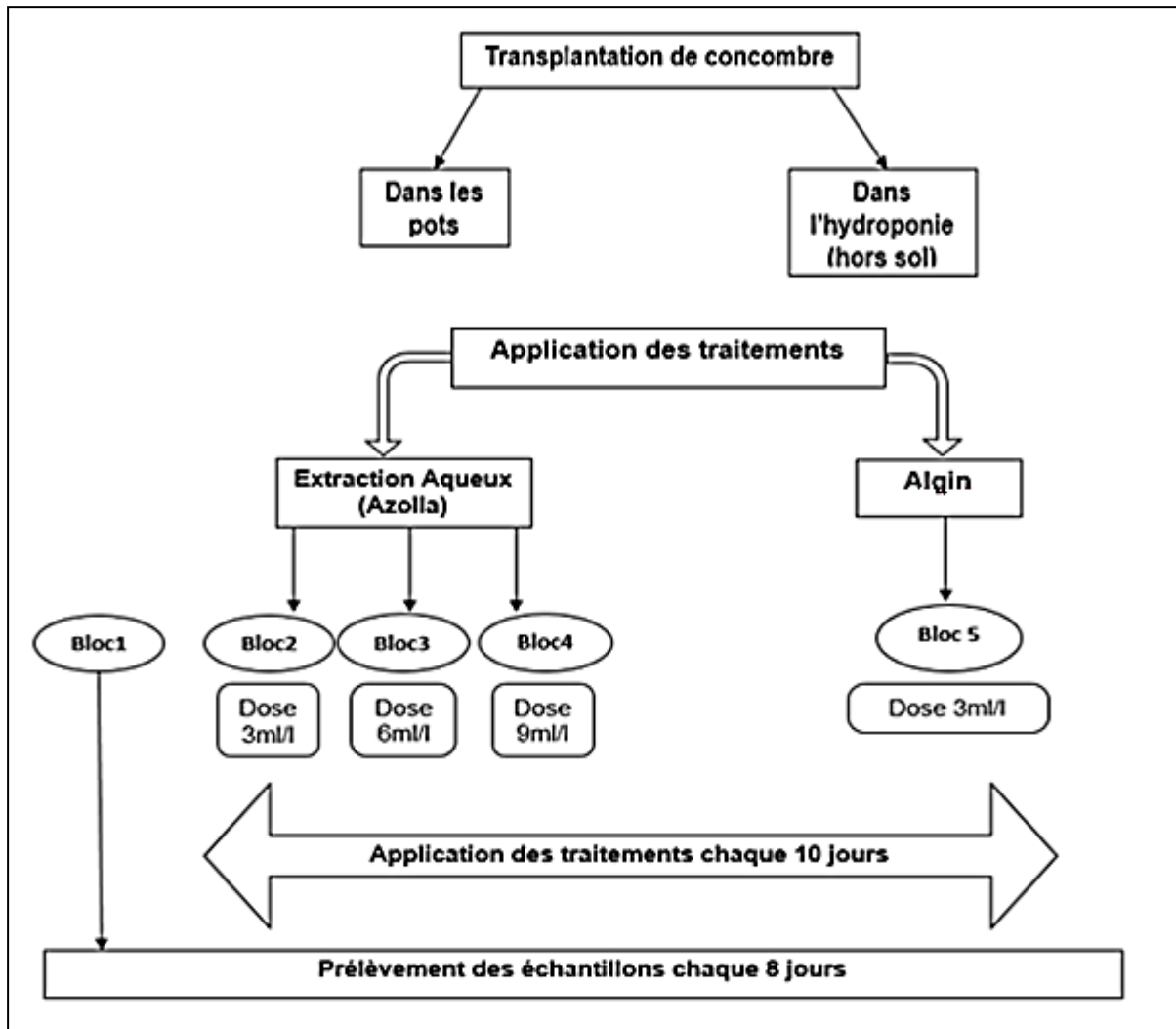


Figure15: schéma directeur de la conduite à l'essai

A / Culture en sol :

Les blocs sont distants de 50 cm les uns des autres. Les plantules sont irriguées régulièrement selon leur besoin en eau de robinet, les traitements suscités sont appliqués par voie foliaire jusqu' à égouttage, chaque 8 jours pendant 6 semaines (1plant = unité expérimentale).

La fertilisation foliaire est considérée comme une alimentation de complément pour plantes. Elle est souvent pratiquée pour alimenter des plantes qui souffrent de carences nutritionnelles et surtout en oligoéléments. Les concentrations utilisables d'éléments fertilisants sont faibles et leur fréquence de pulvérisation est également limitée. Ceci ne présente pas de danger de phytotoxicité.



Figure16: Présentation du dispositif expérimental en pot.

B. Culture hors-sol (NFT):

Les blocs sont des tuyaux en plastique de 80mm de diamètre la distance ente aux 10 cm, les plantules sont automatiquement irriguées par le système hydroponique en eau de robinet.

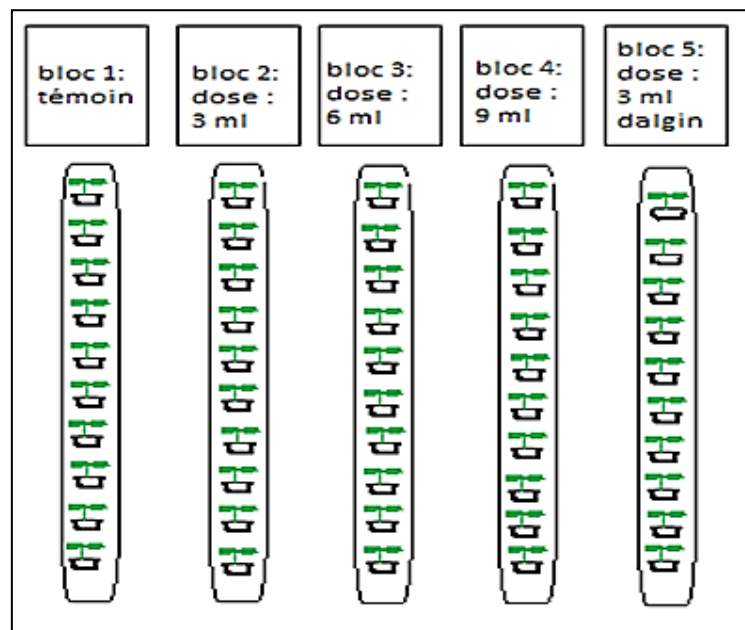


Figure17: présentation du dispositif expérimental NFT.

Nous versons les traitements dans les Réservoir des blocs chaque 8 jours pendant 6 semaine. (1 plant = unité expérimentale).

7. Paramètres étudiés

➤ Paramètres morphologiques

- Hauteur de la tige (cm) ;
- La surface foliaire (cm²) ;

Ces deux paramètres sont mis en évidence par le logiciel par **Digimizer**.

➤ Paramètres phytochimiques :

- extraction et dosage des acides aminés ;
- extraction et dosage des prolines ;
- extraction et dosage des sucres totaux ;
- extraction et dosage des chlorophylles ;
- extraction et dosage des flavonoïdes.

8. Evaluation des effets des traitements sur la culture de *cucumis sativuse*

8.1 Mesure de la croissance en longueur de la partie aérienne :

La croissance en longueur de la partie aérienne, ainsi que la surface foliaire sont estimés par le logiciel Digimizer à l'aide de papier millimétrique, via une moyenne de 5 répétition pour chaque bloc.

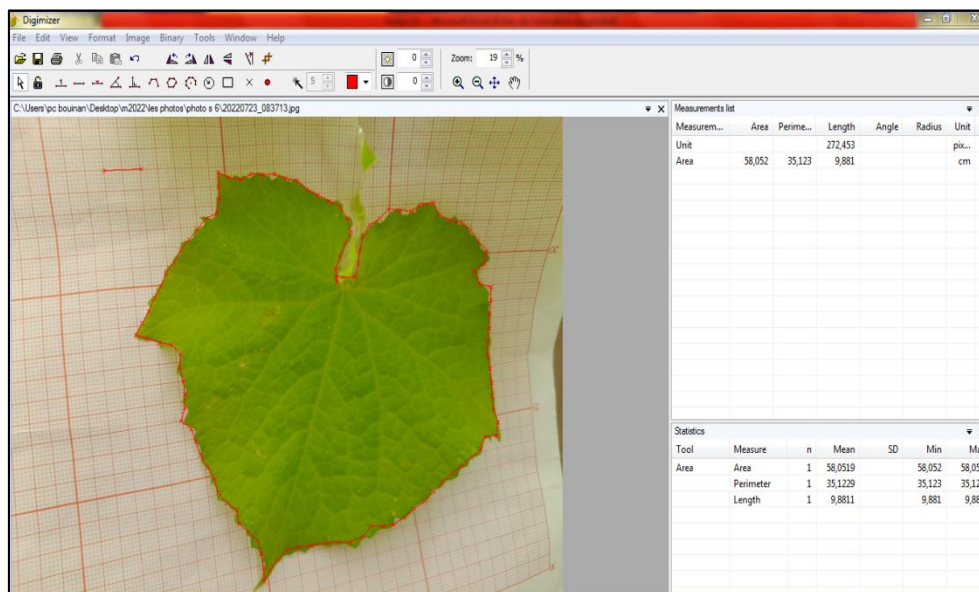


Figure 18: estimation de la surface foliaire par Digimizer (original, 2022).

8.2. Quantification et Dosages

8.2.1. Quantification et Dosages des acides aminés solubles

L'extraction a été réalisée selon la méthode décrite par **Naidu (1998)** : 50mg d'échantillon ont été placés dans des tubes de centrifugation contenant 5ml d'un mélange (méthanol : chloroforme : eau) (60 : 25 : 15 ml). Les tubes scellés ont été chauffés au bain marie (60°C) durant 02 h et centrifugés à 5000 G pendant 10 mn. Le surnageant a servi ensuite aux dosages des acides aminés solubles

8.2.2. Acides aminés solubles

Un (01) millilitre de solution tampon acide acétique /acétate de sodium (pH= 4,3) et 1ml de Ninhydrine (5% dans l'éthanol) ont été additionnés à 1ml de surnageant. Les échantillons ont été agités puis chauffés au bain marie (95°C) pendant 15mn. L'absorbance des essais a été déterminée à 570nm.

8.2.3. Dosage de la proline

L'extraction a été réalisée selon la méthode décrite par **Naidu (1998)** : 50mg d'échantillon ont été placés dans des tubes de centrifugation contenant 5ml d'un mélange (méthanol : chloroforme : eau) (60 : 25 : 15 ml). Les tubes scellés ont été chauffés au bain marie (60°C) durant 02 h et centrifugés à 5000 G pendant 10 mn. Le surnageant a servi ensuite aux dosages de la proline.

La proline a été déterminée par une méthode développée par **Singh (1973)**: 1ml de surnageant, 4ml de solution de Ninhydrine, 4ml d'acide acétique glacial et 1ml d'eau distillée sont placés dans des tubes de centrifugation de 10 ml. Ce mélange a été chauffé au bain marie (90°C) pendant 45mn et refroidi à la température ambiante. L'absorbance a été lue à 520 n.

8.2.4. Dosage des flavonoïdes

La méthode utilisée pour l'estimation de taux de flavonols est celle décrite par (**Kosalec et al., 2004**) et consiste à mettre 0.50 ml d'extrait de la plante dans un tube à essai ; ajouter 1.5 ml d'éthanol, 0.1 ml de solution méthanolique de chlorure d'aluminium à 10 % puis 0.1 ml d'acétate de sodium et 2.8 ml d'eau.

Laisser incuber 30 min à température ambiante, et lire les absorbances à partir du spectrophotomètre UV-visible (Spectronic 20 Genysis TM) à 415 nm.

8.2.5. Dosage des chlorophylles a, b, caroténoïde et chlorophylle total au niveau des feuilles

La méthode proposée par Lichtenthaler (1987) a été utilisée pour mesurer la chlorophylle et les caroténoïdes. Feuilles fraîches (0,1 g) ont été mélangées à 4 ml 80 % d'acétone et centrifugées à 3000 tr/min pendant 10 min. l'absorbance du surnageant a été lu à 647, 664, et 470 nm à l'aide d'un spectrophotomètre, et la chlorophylle a, la chlorophylle b, caroténoïdes, et le contenu en chlorophylle totale, respectivement, ont été déterminés comme suit:

$$\text{Chla} = 12,21 (A_{664}) - 2,79(A_{647})$$

$$\text{Chlb} = 21,21 (A_{647}) - 5,1 (A_{664})$$

$$\text{Caroténoïde} = (1000 * A_{470} - 1,8 * \text{Chla} - 85,02 * \text{Chlb}) / 198$$

$$\text{ChIT} = \text{Chla} + \text{Chlb}$$

8.2.6 Extraction et dosage des sucres totaux

Les sucres solubles sont extraits en accord avec la méthode modifiée de Babu et *al.*, Pour cette extraction, on broie 0,2 gramme de matière fraîche foliaire dans un mortier en présence de 1 ml d'éthanol 80 % que l'on introduit par la suite dans des tubes adéquats à la centrifugation. L'on ajuste les poids de ces tubes à l'aide du sable fin de polyvinylpyrrolidone K90 et on les introduit dans la centrifugeuse ; la centrifugation est faite à 2000 tr pendant 40 mn.

Après écoulement des 40 mn, le surnageant de la centrifugation recueillie qui constitue l'extrait alcoolique brut, est mis dans des tubes éppendorfs que l'on conserve par la suite à froid. Il importe également de noter que la centrifugation s'est faite dans la chambre froide et ceci, pour éviter la dénaturation des enzymes.

Les sucres totaux solubles sont dosés par la méthode de Dubois et *al.* [294]. Pour le dosage, 50 µl d'extrait sont additionnés à 0,5 ml de phénol et à 1,5 ml de solution d'acide sulfurique (H₂SO₄). Le mélange est chauffé au bain marie à 100°C pendant 5 mn. Après refroidissement dans la glace fondante, la densité optique est mesurée

à 485 nm contre un blanc dans lequel 50 µl d'alcool 80 % remplace l'extrait brut. Un étalon est construit grâce à une gamme (0 à 1mg/mol) de concentration d'une solution mère de glucose 1 mg/mol. Les valeurs obtenues sont reportées sur la gamme étalon, à l'aide de l'équation $Y = 0,737 X$ (Y:Absorbance (nm), X:Concentration de glucose (mg/ml.)

Les teneurs sont exprimées en mg/g de matière fraîche. La formule est la suivante :

$$\text{Teneur en sucres totaux solubles (mg/g M.F)} = \frac{\Delta DO_x \times V_{\text{alcool}}}{a \times V_{\text{extrait}} \times \text{PF}}$$

- a: Coefficient directeur de la droite d'étalonnage ;
- V_{alcool} : Volume d'alcool en ml ;
- V_{extrait} : Volume d'extrait en µl ;
- PF : Poids frais du matériel végétal utilisé en g
- ΔDO_x : Variation de la densité optique

Chapitre II: Résultats

Chapitre III: Résultats

Le présent travail porte sur l'évaluation de l'effet comparés entre deux fertilisant biologique à savoir les extraits aqueux de la fougère aquatique (*azolla Filicoloide*), et le fertilisant homologué (Algin) sur les traits de croissance et l'activité phytochimique de *cucumis sativus*, en conditions semi-contrôlées sous serre avec deux mode de culture (en pot et en NFT).

Ces mesures permettent d'identifier la capacité d'une bonne nutrition des plantes.

1. Effet des fertilisants biologiques sur l'expression végétative de *cucumis sativus*

La fluctuation temporelle des traits de croissance de *c. sativus* a été étudiée sous l'effet de deux types de fertilisants biologiques liquides sous différentes doses (3ml/l, 6ml/l et 9ml/l pour l'extrait d'*A. Filicoloide* et du à 3ml/l pour l'Algin).

Nous avons considéré la croissance en longueur et la biomasse des totale des plans et celle des parties aériennes ainsi que la surface foliaire comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude de la nutrition organique à promouvoir pour la culture de *c. sativus*.

Il est a signalé que les plants cultivé en pot soumis a une fertilisation foliaire ont subis un dessèchement après une semaine d'expérimentation, ainsi les résultats présentés ci-dessous concerné uniquement les plans cultivés en NFT

1.1. Étude comparée de l'effet des fertilisants biologiques sur les paramètres de croissance (longueur, poids)

Nous avons utilisées le modèle linaire général ainsi que l'analyse de la variance suivie par le test de comparaison multiple (Test du Tukey), de manière à étudier la variation quantitative des paramètres de croissances des plants du concombre sous l'effet des différents fertilisants biologiques.

Les résultats globaux relatifs à la croissance des plants de *c. sativus* après environ deux mois de culture fertilisé à base d'extrait aqueux, sont consignés dans la figure19.

Cette dernière affiche une croissance en longueur et une croissance pondérale nettement plus prononcé pour les plants fertilisés avec l'extrait aqueux à 6 ml/l, suivis par les plants fertilisé avec l'extrait aqueux à 3 ml/l

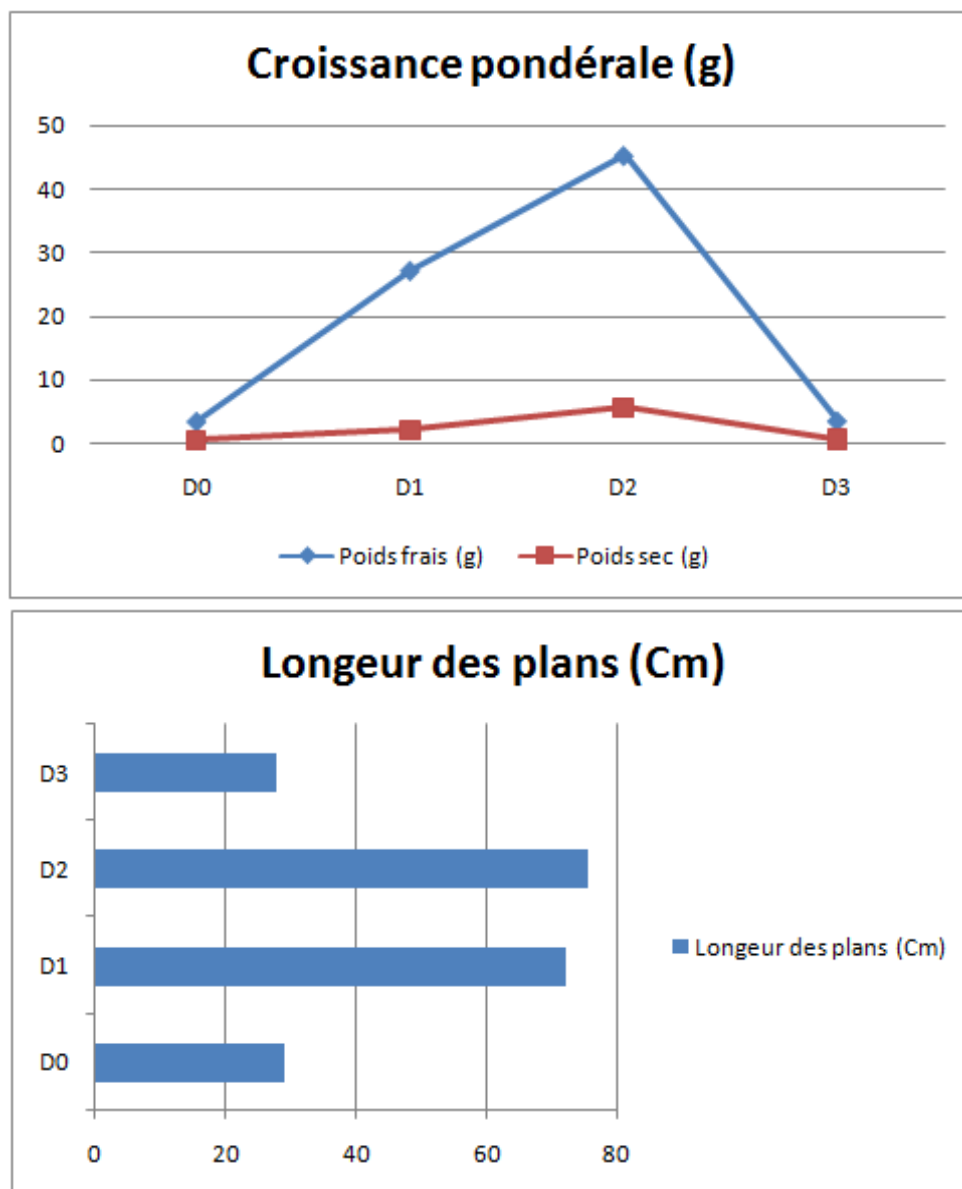


Figure 19 : Effet des extrait aqueux de d'*A. Fillicoloide* sur la croissance des plants de *c. sativus*
 (D0=temoin ; D1=3ml/l ; D2=6ml/l ; D3=9ml/l)

L'expression des résultats de la croissance de la partie aérienne des plans soumis aux différents fertilisant par le modèle général linéaire exprime une différence très significative dans le temps ($p= 0.00$, $p\leq 5\%$) affichant une croissance progressive remarquable à partir de la quatrième semaine

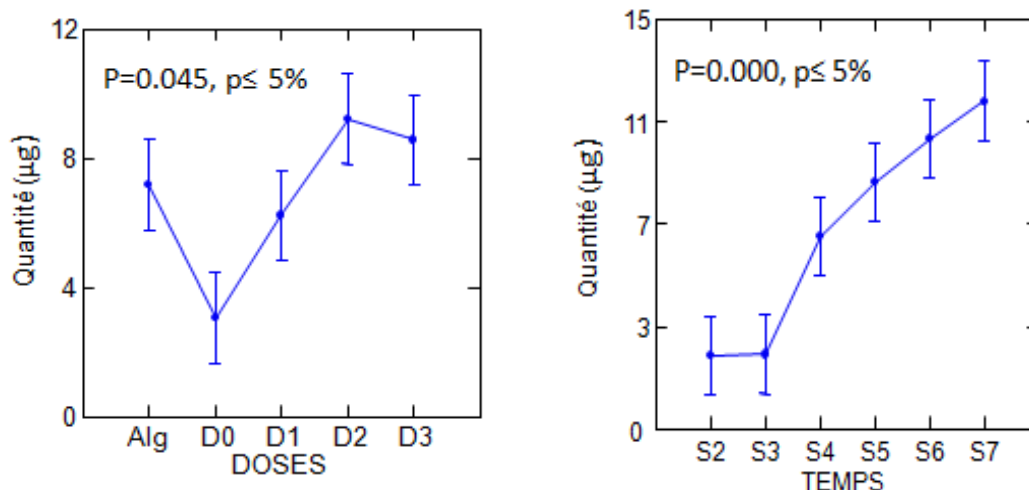


Figure 20 : Effet temporel des fertilisants sur la croissance de la partie aérienne des plants de *c. sativus*
(Alg=Algin 3ml/l ; D0=Temoin ; D1=3ml/l ; D2=6ml/l ; D3=9ml/l, S= semaine)

Ces mêmes résultats exprime une différence significative pour l'effet des fertilisants, ou le produit homologué affiche des concentrations faible comparé a la dose D2 et D3 de l'extrait aqueux, suivis par la D1 et en fin le témoin.

1.2. Étude comparée de l'effet des fertilisants biologiques sur la surface foliaire
Les résultats de l'analyse de la variance et du test de Tukey montrent que les traitements aux fertilisants biologiques ont un effet significatif sur la surface foliaire des plants de *C. sativus* ($p=0,00002$, $p<1\%$) (Fig. 21).

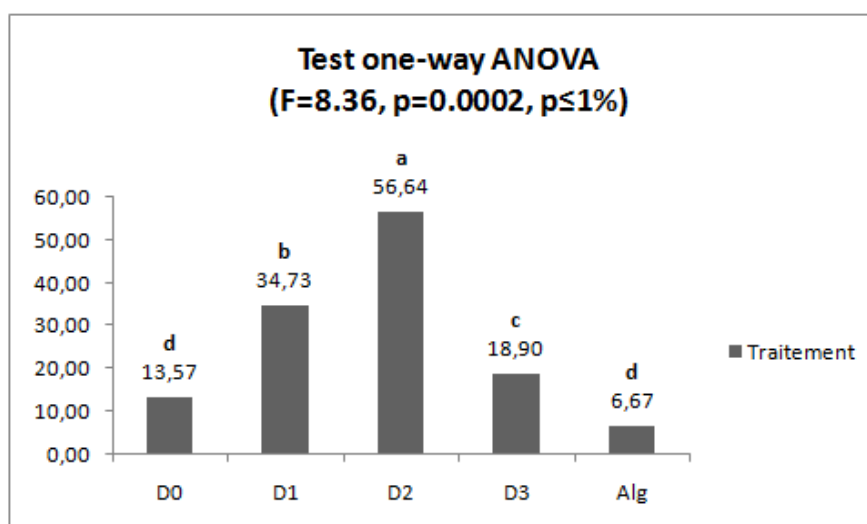


Figure 21 : Effet des fertilisants sur la surface foliaire des plants de *c. sativus*.

(Alg=Algin 3ml/l ; D0=Temoin ; D1=3ml/l ; D2=6ml/l ; D3=9ml/l)

Cependant, il ressort que l'extrait aqueux pour la dose D2 (6ml/l) provoquent l'augmentation la plus importantes en surface foliaires (groupe homogène a), suivit

par la dose D1 (3ml/l) (groupe homogène b) puis la dose D3 (9ml/l) (groupe homogène c). L'effet de l'effet du fertilisant du fertilisant Algin et le témoin (D0) engendre des évolutions en surfaces foliaire nettement moins importante (groupe homogène d),

2. Effet des fertilisants biologiques sur l'expression phytochimique de *cucumis sativus*

Nous proposons d'étudier l'effet des fertilisant biologique susnommés a différentes doses ainsi que la variation temporelle sur différent métabolites primaires et secondaires des plants de *cucumis sativus*, afin de visualiser l'effet réel des deux types de fertilisants biologiques.

2.1. Effet des fertilisants biologiques sur l'expression des métabolites primaires chez *cucumis sativus*

La fluctuation par semaine des chlorophylles **a**, **b** et **totale** sous l'effet du rythme d'apport des différents types de fertilisants biologiques est consignée dans la figure 22.

Les profils de concentrations en chlorophylle a, b et totale témoigne des effets significatif des deux facteurs étudiés, à savoir les différentes doses de biofertilisant et le temps de croissance avec les probabilités respectives de $p=0.039$ et 0.006 ($p<5\%$) pour la chlorophylle a, $p=0.002$ et 0.000 ($p<5\%$) pour la chlorophylle b et de $p=0.05$ et 0.000 ($p<5\%$) pour la chlorophylle totale.

Où les chlorophylles **a** et **b** expriment les même fluctuations et affichent ses concentrations les plus importante pour la D2 (6ml/l) suivis par la D3 (9ml/l) puis la D1 (3ml/l), les plus faibles concentrations sont exprimé avec le Algin (3ml/l) (Fig. a et b 22).

Les fluctuations temporelles les plus élevées sont affichées à la troisième semaine, suivis par la quatrième et la cinquième semaine, les plus faibles concentrations sont exprimées dans les deux dernières semaines (figure a et b 22).

Pour la chlorophylle totale, les concentrations les plus élevés sont exprimées à la dose D3, suivis par les deux doses D1 et D2, le témoin (D0) affiche les concentrations les plus faibles (Fig. c22).

Les fluctuations temporelles les plus importantes sont exprimées par les trois dernières semaines, alors que les plus faibles concentrations appartiennent aux deux premières semaines (fig. c22).

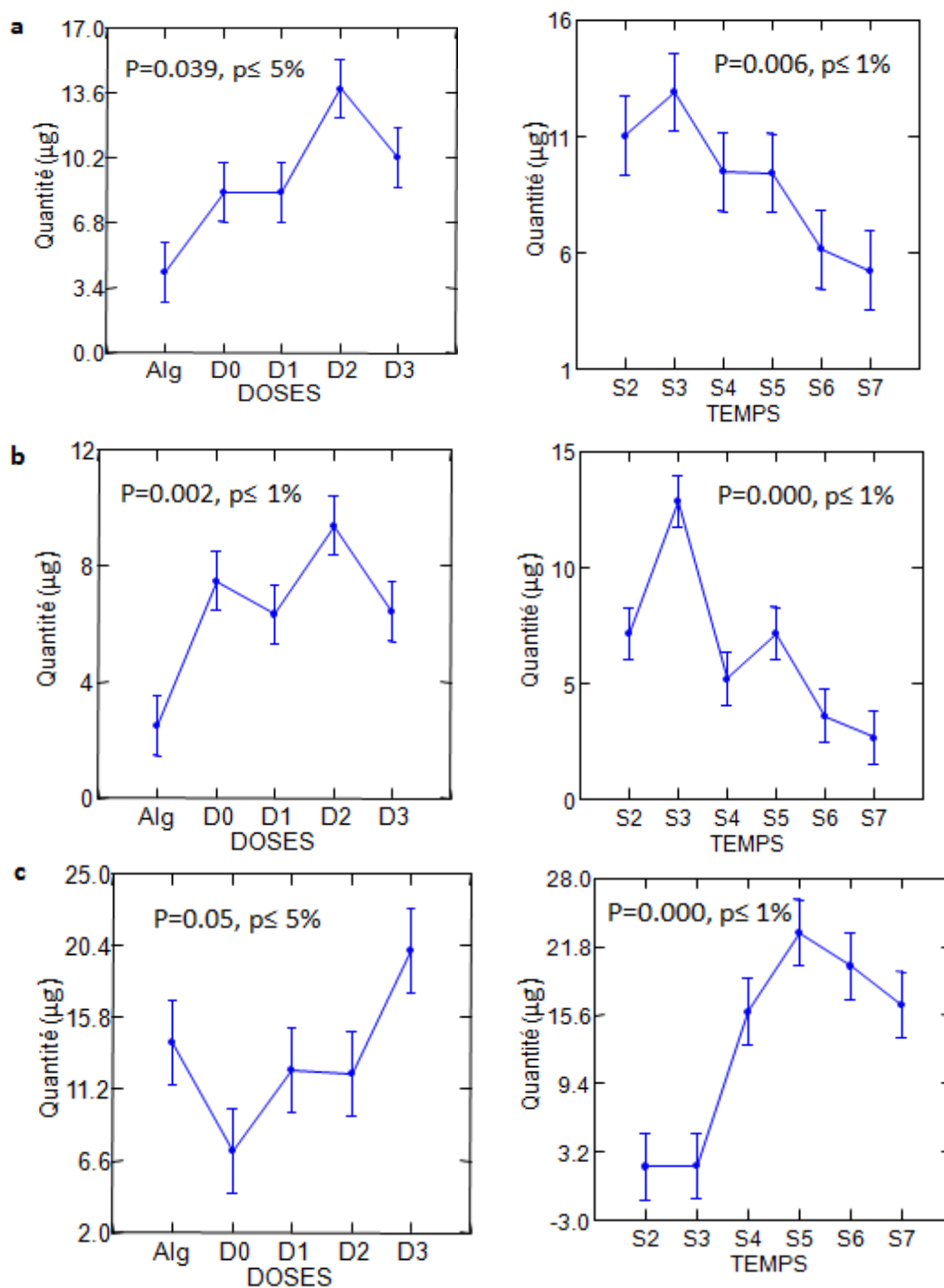


Figure 22: Effet temporel des fertilisants sur les concentrations chlorophylle a (a), chlorophylle b (b), et en chlorophylle totale (c) des plants de *c. sativus*.

(Alg=Algin 3ml/l ; D0=Temoin ; D1=3ml/l ; D2=6ml/l ; D3=9ml/l, S= semaine).

L'expression photosynthétique (caroténoïdes) ne témoigne d'aucun effet significatif des deux facteurs étudiés, à savoir les différentes doses de biofertilisant et le temps de croissance avec les probabilités respectives de $p=0.85$ et 0.38 ($p > 5\%$) (Fig. 23).

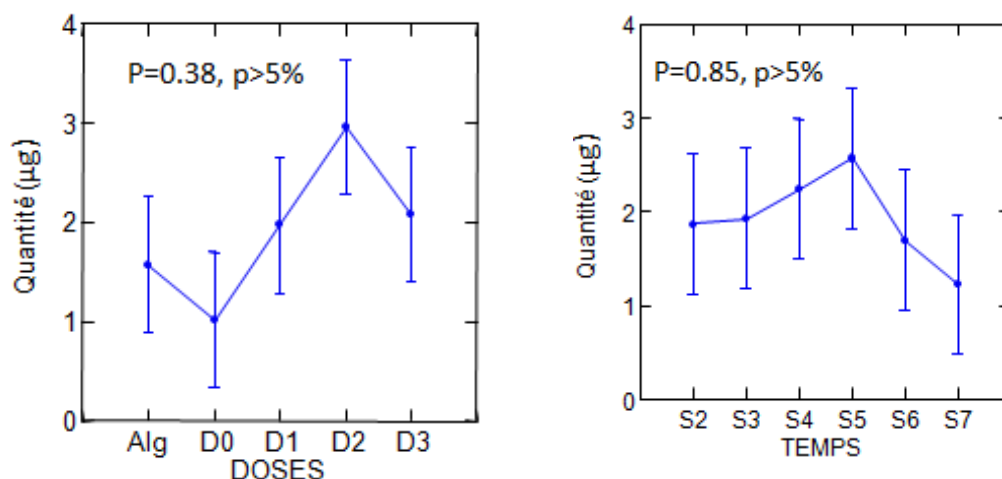


Figure 23: Effet temporel des fertilisants sur les concentrations en caroténoïdes des plants de *c. sativus*.

(Alg=Algin 3ml/l ; D0=Temoin ; D1=3ml/l ; D2=6ml/l ; D3=9ml/l, S= semaine).

Les résultats de l'analyse de la variance et du test de Tukey exprime un effet temporel significatif sur les fluctuations *en carbohydrates* de *C. sativus* ($p=0.004$, $p<5\%$), ou les valeurs les plus importantes sont exprimé pour la deuxième et la troisième semaine (groupe homogène a) suivis par la quatrième, cinquième et septième semaine (groupe homogène b) avec les valeurs les plus faible pour la sixième semaine (groupe homogène c) (Fig. 24).

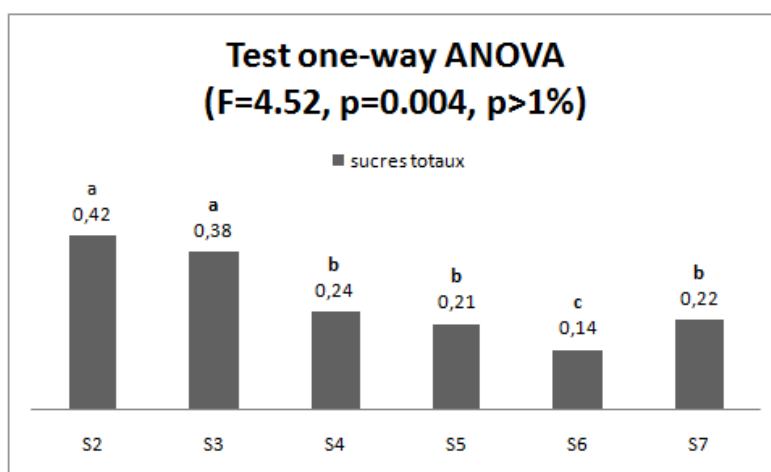


Figure 24: Effet temporel les concentrations en carbohydrates
(s=semaines).

2.2. Effet des fertilisants biologiques sur l'expression des métabolites secondaire chez *cucumis sativus*

La soumission des concentrations en flavonoïdes au modèle générale linéaire affiche clairement que la fertilisation biologique expriment nettement un effet hautement significatif ($p= 0.00$, $p\leq 1\%$), contrairement au facteur temps qui n'exerce aucun effet significatif sur les fluctuations des flavonoïdes ($p= 0.61$, $p>5\%$).

Cependant, les concentrations les plus importantes s'exprime a la troisième semaine suivie par la deuxième semaine, et que le meilleure dose est la dose D2 suivie par la dose D1, et que le biofertilisant homologué Algin renferme les plus faibles concentrations (Fig. 25).

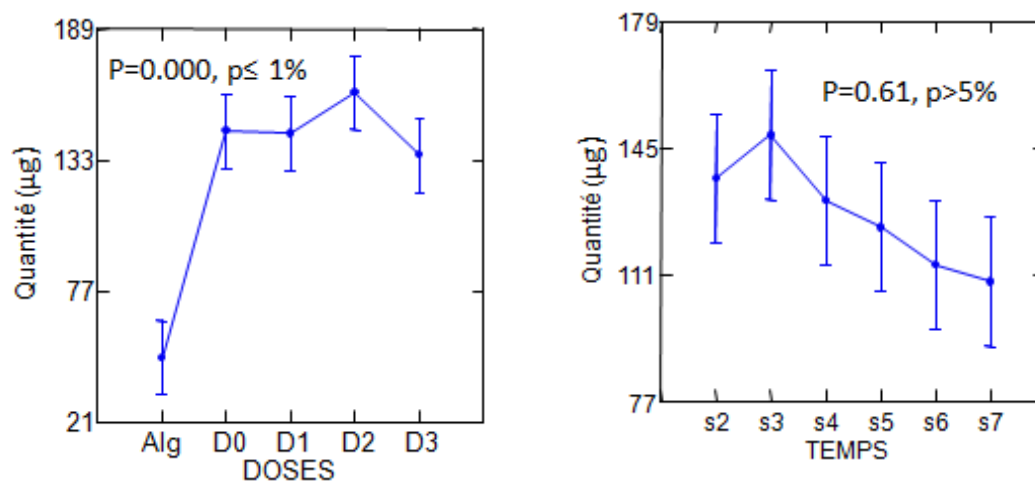


Figure 25: Effet temporel des fertilisants sur les concentrations en flavonoïdes des plants de *c. sativus*.

(Alg=Algin 3ml/l ; D0=Temoin ; D1=3ml/l ; D2=6ml/l ; D3=9ml/l, S= semaine).

La soumission des concentrations en proline au modèle générale linéaire exprime les même tendances que celle des flavonoïdes et affiche clairement que la fertilisation biologique expriment nettement un effet hautement significatif ($p= 0.00, p \leq 1\%$), contrairement au facteur temps qui n'exerce aucun effet significatif sur les fluctuations de la proline ($p= 0.24, p > 5\%$).

Cependant, les concentrations les plus importantes s'exprime a la troisième semaine suivie par la deuxième semaine, et que la meilleure dose est la dose D2 suivie par la dose D1, et que le biofertilisant homologué Algin renferme les plus faibles concentrations (Fig. 26).

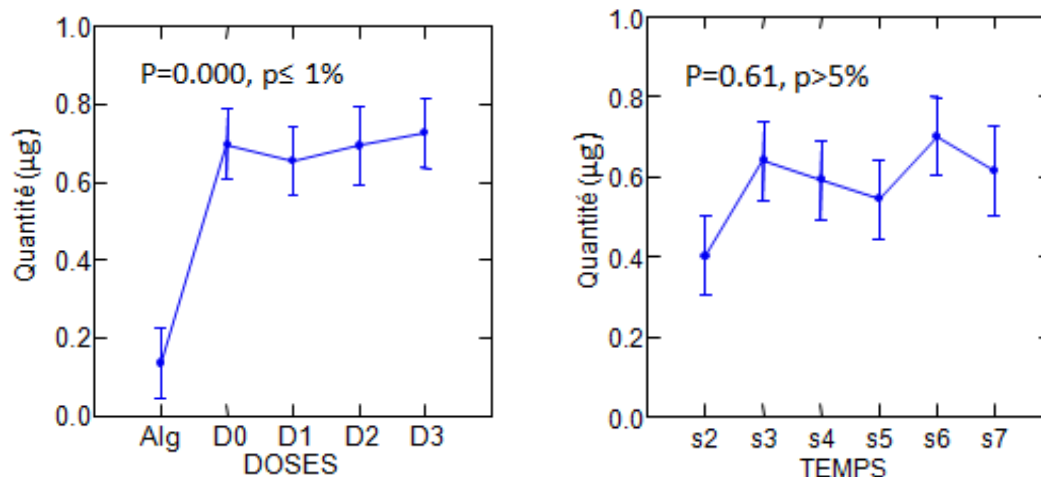


Figure 26: Effet temporel des fertilisants sur les concentrations en proline des plants de *c. sativus*.
(Alg=Algin 3ml/l ; D0=Temoin ; D1=3ml/l ; D2=6ml/l ; D3=9ml/l, S= semaine).

La soumission des concentrations en acides aminés au modèle générale linéaire exprime affiche clairement que la fertilisation biologique pratique nettement un effet hautement significatif ($p = 0.00, p \leq 1\%$), ainsi que le facteur temps qui exerce aussi le même effet significatif sur les fluctuations des acides aminées ($p = 0.24, p > 5\%$).

Cependant, les concentrations les plus faibles s'exprime à la cinquième sortie, et que le fertilisant Algin donne les plus faibles concentrations, alors que l'extrait aqueux à ses différentes doses donne des concentrations avoisinantes (Fig. 27).

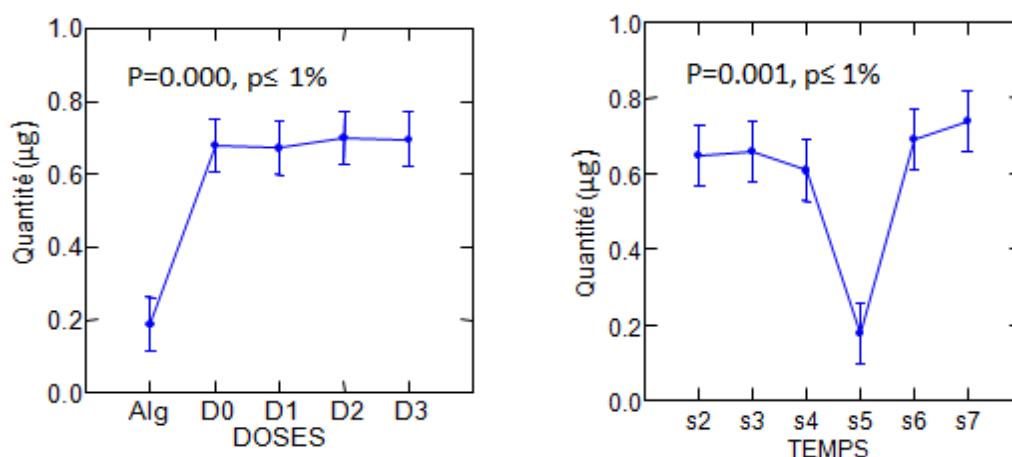


Figure 27: Effet temporel des fertilisants sur les concentrations en acides aminés des plants de *c. sativus*.
(Alg=Algin 3ml/l ; D0=Temoin ; D1=3ml/l ; D2=6ml/l ; D3=9ml/l, S= semaine).

3. Influence des températures sur la production d'*Azolla Filicoloide*

Les résultats de production de la fougère aquatique obtenu les long de 3mois de culture en plein champs et ayant servi comme biofertilisant, ont été soumis a une analyse de corrélation de Spearman (figure 28).

Cette analyse de corrélation démente clairement l'effet significatif de la température sur le rendement de la culture ($\rho = 0,0005$) (tableau5)

Tableau5 : corrélation entre le taux de rendement d'*Azolla Filicoloide* et la température du milieu

Rendement (g)	0	0,0005
T (C°)	43	0

La représentation graphique des résultats dessine clairement une évolution du rendement dans le temps qui est tributaire des fluctuation thermiques de la saison printanière

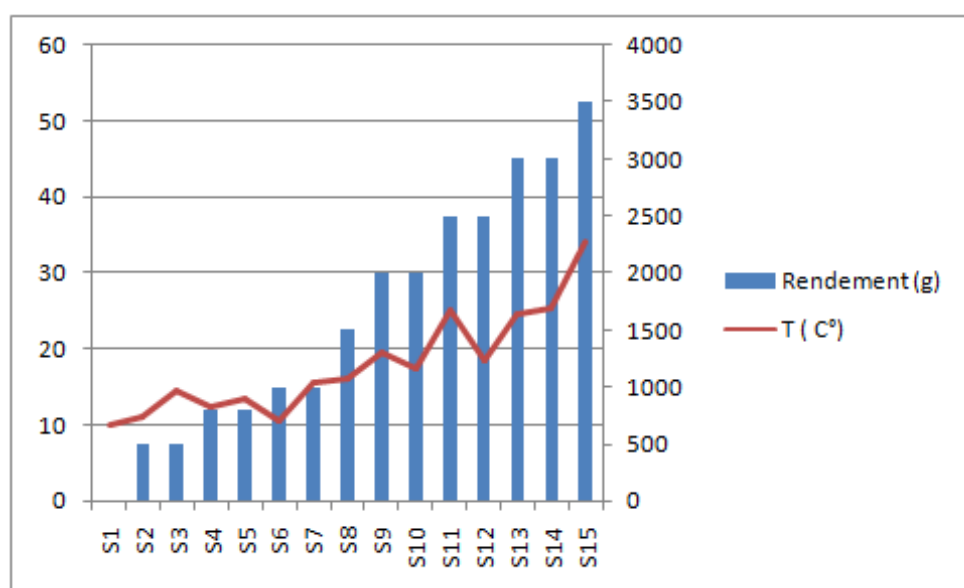


Figure 28: Influence des températures sur les rendements d'*Azolla Filicoloide*

Chapitre IV: Discussion

Chapitre IV: Discussion

L'Algérie se trouve dans la difficulté d'accroître sa production alimentaire au même rythme que celle de l'accroissement de la population. Face à ces circonstances, notre pays a intérêt à augmenter sa production agricole qui coûte au trésor public une enveloppe assez conséquente en devise. Cette augmentation ne peut se faire que par l'intégration de nouvelles techniques de production, mettant ainsi à la disposition de l'agriculteur les moyens nécessaires à cette innovation en lui faisant connaître les techniques nouvelles.

D'autres méthodes visant l'amélioration des rendements sont les cultures hydroponiques, dont l'intérêt est de permettre à l'agriculteur de s'installer dans les régions les plus défavorables, là où le sol fait défaut à condition que les substrats inertes soient disponibles ainsi. Cette technique permet aussi l'élimination des problèmes liés aux sols tels que les maladies fongiques.

De même la présente étude réalisée avec deux modes de culture où le mode NFT (hors sol) sous serre avait prouvé nettement son succès face aux températures élevées comparé à la culture en sol qui n'a pas pu surmonter les chaleurs du mois de juin et juillet amplifiées d'avantage sous serres. La culture hydroponique est très présente en horticulture et dans la culture forcée de certains fruits et légumes. Elle permet d'accélérer le processus des fruits grâce à un rythme nyctéméral plus rapide et permet plusieurs récoltes par an (Boulechraf, 2018)

Sur la base de cette étude ayant pour objectif d'expérimenter un biofertilisant à base de fougère aquatique (*A. filicoide*) sur *c. sativus*, et de déterminer d'avantage la ou les concentrations qui pourrait représenter la solution nutritive la plus adéquate, en comparaison avec un engrais homologué d'origine algale (Algin), nous avons constaté que l'extrait aqueux d'*A. filicoide* donne un effet satisfaisant en comparaison avec Algin et que la concentration de 6ml/l représentait la concentration la plus optimale.

Le traitement avec *Azolla* a donné une meilleure croissance des paramètres physiques notamment la surface foliaire et donc *A. filicoide* permet une bonne croissance de *c. sativus*. Celle-ci est possible en raison de la mise à disposition de façon permanente de l'Azote assimilable fournis par *A. Filicoloide*. En effet grâce aux hétérocystes contenus dans les cellules de *Azolla Spp* qui sont des sites fixatrices de l'azote atmosphérique, la plante de *Azolla Spp* fixe et accumule de l'azote qu'elle transforme en ammoniacque (Maria Andrea, 2007). Cette forme d'azote assimilable permet la croissance des plants. Cette constatation est conforme aux études de Becking (1979), qui préconise l'utilisation de *A pinnata* dans les zones

tropicales pour limiter la pollution agricole causée par la culture du riz traité avec des engrais chimiques.

Sur le plan phytochimiques, nos résultats portés sur les paramètres métabolique, expriment clairement un effet significatif des extraits aqueux d'*Azolla* sur production en sucre et notamment sur la chlorophylle (fig. 4 et 5). L'azote est un élément de base des cellules, le but de la nutrition azotée est de fournir l'azote nécessaire pour assurer la multiplication des cellules végétales et donc des tissus végétaux. Il favorise également la multiplication des chloroplastes (ce sont les organites dans lesquels est contenue la chlorophylle) (Boulechraf, 2018).

De même Boulechraf (2018), ajoute que l'azote a indirectement une action sur la fabrication des glucides, par l'augmentation du nombre de chloroplastes dans les cellules. Enfin, l'azote se trouve dans les graines sous forme de réserves protéiniques. Ce sont ces nutriments que consomment les plantules lors de la germination.

Les concentrations en acides aminés exprime un lien très significatif avec les deux facteurs étudiés, et confirme l'effet stimulateur de l'extrait aqueux pour les 4 dilutions testées. Des concentrations élevées se sont traduites le long de la période de croissance étalée sur les deux mois d'étude, à l'exception de la cinquième semaine qui coïncide avec la période de floraison.

Des concentrations avoisinantes s'expriment pour la proline mais qui ne traduisent aucun effet significatif dans le temps, du fait que la synthèse de proline n'est pas liée au stade de développement mais plutôt au stress subi par la plante, dont les températures élevées. Dans la même idée, Ben Rejeb et al. (2012), déclare que l'accumulation de la proline signifie qu'il y a des contraintes environnementales: (la température élevée en juin et juillet), le stress salin (l'eau d'irrigation de la station)(le pH de chaque bloc) . Il ajoute que la proline est l'une des solutés les plus fréquemment accumulés en réponse à des contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes. (Ben Rejeb et al., 2012).

Plusieurs facteurs environnementaux modulent la voie de biosynthèse des flavonoïdes, Mori et al. (2015) ont montré que le profil d'accumulation des flavonoïdes notamment les anthocyanes est modifié à des températures élevées. Lorsque les plantes sont exposées à des faibles températures, une accumulation des anthocyanes est observée. (Pascual-Teresa and Sanchez-Ballesta, 2008). Il serait aussi particulièrement intéressant de s'arrêter sur l'impact de la disponibilité en azote sur la biosynthèse des flavonoïdes, où une carence azotée favorise la biosynthèse des flavonoïdes chez diverses espèces (Scheible, 2004). Cependant, les

mécanismes moléculaires de la régulation de la biosynthèse des flavonoïdes en réponse à une fertilisation azotée ne sont pas encore totalement élucidés.

Sur la base des propos suscités de Mori et al. (2015) et celle Scheible (2004), on peut attribuer les fortes baisses des concentrations en flavonoïdes à partir de la quatrième semaine, aux températures élevées sous serre notamment en mois de juillet ainsi qu'à l'apport azoté important présent dans les extraits aqueux d'*Azolla Filicoides*.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Dans une revue sur *Azolla Spp.*, Wagner (1997) appelle *Azolla* "une mine d'or vert". Ce fait ne peut être ignoré en ce qui concerne sa substitution aux engrais inorganiques afin de conserver l'environnement et maintenir une agriculture durable. Les découvertes des précédents les études concordent avec les résultats des études préliminaires et principales présentées dans cette thèse. Cela justifierait l'utilisation d'*Azolla* comme biofertilisant dans les sols pauvres en éléments nutritifs.

Le choix de la culture et de dispositif expérimental adéquat, nous a permis de tester l'effet du biofertilisant d'origine végétale à base fougère aquatique (*azollaFilicoloide*), et le fertilisant homologué (Algin) sur les traits de croissance de *cucumis sativus*, en conditions semi-contrôlées sous serre avec deux mode de culture (en pot et en NFT).

Dans un premier volet de ce travail, nous avons étudié les différents paramètres : la croissance en longueur et la biomasse totale des plans et celle des parties aériennes ainsi que la surface foliaire comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude de la nutrition organique à promouvoir pour la culture de *c. sativus*

Dans un deuxième volet, nous avons étudiés les paramètres phytochimique qui sont exprimé les métabolites première: dosage des chlorophylles a, b et totale, dosage des sucre totaux, et pour les métabolites secondaire: dosage des flavonoïdes et dosage des proline et acides aminés.

Les résultats obtenus, montrent qu'il existe, une différence très significative dans le temps ($p= 0.00$, $p\leq 5\%$) pour la dynamique de la croissance de la longue et la biomasse au niveau des plants de concombre irrigués par le biofertilisant d'extrait de (*azollaFilicoloide*).et un effet significatif sur la surface foliaire des plants de *C. sativus* ($p=0,00002$, $p<1\%$). Les concentrations en chlorophylle a, b et totale témoigne d'un effet significatif sur les deux facteurs étudiés, à savoir les différentes doses de biofertilisant et le temps de croissance avec les probabilités respectives de $p=0.039$ et

0.006 ($p < 5\%$) pour la chlorophylle a, $p = 0.002$ et 0.000 ($p < 5\%$) pour la chlorophylle b et de $p = 0.05$ et 0.000 ($p < 5\%$) pour la chlorophylle totale.

Les résultats de l'analyse de la variance exprime un effet temporel significatif sur les fluctuations en sucre totaux de *C. sativus* ($p = 0.004$, $p < 5\%$) et pour les résultats des concentrations en proline et de flavonoïdes indique clairement que la fertilisation biologique expriment nettement un effet hautement significatif ($p = 0.00$, $p \leq 1\%$), contrairement au facteur temps qui n'exerce aucun effet significatif sur les fluctuations des flavonoïdes ($p = 0.61$, $p > 5\%$). Les acides aminés, exprime que la fertilisation biologique pratique nettement un effet hautement significatif ($p = 0.00$, $p \leq 1\%$), ainsi que le facteur temps qui exerce aussi le même effet significatif sur les fluctuations des acides aminées ($p = 0.24$, $p > 5\%$).

Les résultats de production de la fougère aquatique obtenu les long de 3mois de culture en plein champs et ayant servi comme biofertilisant indiquent que il y a un l'effet significatif de la température sur le rendement de la culture ($\rho = 0.0005$) ce qui signifie augmentation du rendement dans le temps qui est tributaire des fluctuations thermiques.

Au terme de cette approche nous suggérons, d'entamer des études plus détaillée tel que le nombre de bourgeons floraux, la masse sèche de la partie aérienne, les analyses foliaires et l'estimation des modifications des concentrations des molécules phytochimiques, les analyses de sol. Aussi, étudié les données quantitatives d'apparence générale des plantes (La couleur du feuillage, Le port d'une plante, L'uniformité de la floraison et même prendre en considération les données quantitatives d'apparence générale du système racinaire aux différents stades phénologiques (La quantité de racine, La distribution des racines, La couleur et la qualité des racines). afin de rentabiliser l'utilisation d'extrait aqueuse comme biofertilisant en agriculture raisonnée.

Référence

Référence :

- 1- **Aadel K. 2017.** Les effets de certains biofertilisants et biopesticides sur la croissance des plantes. Mémoire de Licence. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès, Maroc
- 2- **Ahmed N. S. M. , (2005)** Evaluation of different cucumber cultivars (*Cucumis sativus*) under
- 3- **Alalade OA, Iyayi EE, 2006.** Chemical composition and the feeding value of Azolla (*Azolla pinnata*) Meal for egg-type chicks. *International Journal of Poultry Science*, vol. 5, no. 2. pp.137-141..
- 4- **Arora et Singh, 2003.** Comparison of biomass productivity and nitrogen fixing potential of *Azolla* Spp. *Biomass and Bioenergy* 24 175- 178
- 5- **Aydemir I, (2009)** Determination of genetic diversity in cucumber (*Cucumis sativus* L.) Germoplasme. Thèse de master de Sciences, the Graduate School of Engineering and Sciences of Izmir Institute of Technology, 40p
- 6- **Basak B, Pramanik MdAH, Rahman MS, Tarafdar SU, Roy BC, 2002.** *Azolla* (*Azolla pinnata*) as a feed ingredient in Broiler ration. *International Journal of Poultry Science* 1 (1), 29-34
- 7- **Becking, J.H.1979.** Environmental requirements of *Azolla* fr use in tropical rice production, Nitrogen and Rice. *International rice Research Institute*. Los Banos, Laguna, Philippines, 345-374.
- 8- **Benazzouk, S., Z.-E. Djazouli, and S. Lutts,** Vermicompost Leachate as a Promising Agent for Priming and Rejuvenation of Salt-Treated Germinating Seeds in *Brassica Napus*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2019. 50(11): p. 1344-1357.
- 9- **Ben Rejeb K., Abdelly C. et Savouré A., 2012-** La proline, un acide aminé multifonctionnel impliqué dans l'adaptation des plantes aux contraintes environnementales. *Biologie Aujourd'hui*, 206 (4), 291–299
- 10- **Benton, J., et Jones, J. (2012).** *Plant nutrition and soil fertility manual* (2eéd.). CRC Press isan imprint of the Taylor & Francis Group, an informa business
- 11- **Boulechraf B 2018** CULTURE HYDROPONIQUE DE L'orge .master univ frere mentouri constantine sp biotechnologie et genomique vegetale 41p
- 12- **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
- 13- **Cáceres, R. and O. Marfà,** Diagnosis of the fertility of compost-based growing media: Method comparison and monitoring in pot plant cultivation. *Scientia Horticulturae*, 2013. 164: p. 213-220.
- 14- **Carrapiço F, teixeira G, Adélia DM, 2000.** *Azolla* as a biofertilizer in Africa. A challenge for the future. *Revista de Ciências Agrárias* 23 (3-4), 120- 138.
- 15- **CHAUX C., 1971** : *Production légumière*. Ed. J Baillière. Paris. 409 p
- 16- **Chanthini K. M.P., Sengottayan S.N., Vethamonickam S.R., Annamalai Th., Sengodan K., Haridoss S., Narayanan Sh.S., Radhakrishnan P., Ramaiah S., 2019.** *Chaetomorpha antennina* (Bory) Kützing derived seaweed

- liquid fertilizers as prospective bio-stimulant for *Lycopersicon esculentum* (Mill). *Biocatal. Agricul. Biotech.*, (20)1-9
- 17-Cohen-Shoel N, Barkay Z, Ilzycer D, Gilath I, Tel-Or E, 2002.** Biofiltration of toxic elements by *Azolla b iomass*. *Water, Air, and Soil Pollution* 135: 93-104
- 18-Costa ML, Santos MCR, Carrapico, F, Pereirac, AL, 2009.** *Azolla-Anabaena's* behaviour in urban wastewater and artificial media-Influence of combined nitrogen. *Water Resource*. 43, 3743- 3750.
- 19-Crouch, I. and J. Van Staden,** Effect of seaweed concentrate on the establishment and yield of greenhouse tomato plants. *Journal of Applied Phycology*, **1992**. 4(4): p. 291-296.
- 20-Devi, J. and M. Prakash,** Microbial Population dynamics during vermicomposting of three different substrates amended with cowdung. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*, **2015**. 4(2): p. 1086-1092.
- 21-Drainville G, CDMD (centre collégial de matériel didactique), (2010)** La culture biologique des légumes , 2 éme édition, pp :471-480
- 22-Du Jardin P., 2015.** Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae* 196, p. 3-14.
- 23-Duplessis, J. and N. Envirocom,** Le compostage facilité: guide sur le compostage domestique. **2002**: NOVA Envirocom.
- 24-Esonu BO, Opara MN, Okoli IC, Obikaonu HO, Udedibie C, Iheshiulor OOM, 2006.** Physiological response of laying birds to Neem (*Azadirachta Indica*) leaf meal-based diets: body weight organ characteristics and haematology. *Online J. Health Allied Sc*, 5
- 25-Faessel L., Gomy C., Nassr N., Tostivint C., Hipper C., Dechanteloup A., 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 RITMO Agroenvironnement, 148 p
- 26-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 RITMO Agroenvironnement, p 36-44-45-49.pdf
- 27- .F.A.O., 1988 :** Culture protégées en climat méditerranéen. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. 317 p
- 28-FAO Stat 2016** Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture <https://www.fao.org/home/fr>
- 29-Fenner, K., et al.,** Evaluating pesticide degradation in the environment: blind spots and emerging opportunities. *science*, **2013**. 341(6147): p. 752-758.
- 30-Fiogbé ED, Micha J-C, Van Hove C, 2004.** Use of a natural aquatic fern, *Azolla microphylla*, as a main component in food for the omnivorous–phytoplanktonophagous tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *J. Appl. Ichthyol.*, vol. 20, pp. 517– 520
- 31-Francou, C. (2004).** Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du

- procédé de compostage—Recherche d'indicateurs pertinents. Institut national agronomique paris-grignon ecole doctorale abies.
- 32-Galbiattia, J.A., Cavalcantea, I.H.L., Ribeiroa, A.G., Pissarraa, T.C.T., 2007.** Nitrate and sodium contents on lettuce and drained water as function of fertilizing and irrigation water quality in Brazil. *Int. J. Plant Prod.* 1, 205-214.
- 33-Gérald, H., Christiane, S., et Environnement-Innovation, S. (2011b).** Avec le La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. 46.
- 34-Godlewska K., Michalak, I., Tuhy, Ł., Chojnacka K., 2016.** Plant Growth Biostimulants Based on Different Methods of Seaweed Extraction with Water. *BioMed Res. Intern.* (4):1-11
- 35-Haupt, R., et al.,** Survey on storage, application and incorporation practices for organic fertilizers in Germany. *J Environ Manage*, **2021**. 296: p. 113380.
- 36-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
- 37-Hossain M. F. , Rabbani M.G. Hakim M.A., Amanullah A.S.M. and Ahsanullah A.S.M,(2010)** Study on variability character association and yield performance of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Bangladesh Research Publications Journal*, 4 (3): 297-311.
- 38-Ikrina M.A., Kolbin A.M., 2004.** Regulators of Plant Growth and Development, Vol.1, Stimulants. Moscow: Chimia.
- 39-Iqbal M, Iqbal M, Ahmad S, Chishti S.A.S. and Niaz S. (2015)** Performance of *Cucumis sativus* L. Accessions under tunnel. *J. Agric. Res.*, 53 (1): 103-107.
- 40-Kauffman G.L., Kneivel D.P., Watschke T.L., 2007.** Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. *CropSci.* 47,261–267. Doi:10.2135/cropsci2006. 03.0171
- 41-Kroll R., (1994)** les cultures maraichère, Editions maisonneuse et Larousse . No .29 le technicien d'agriculture tropical CTA/ACCT éditions maisonneuse et Larousse, Paris, France 219p.
- 42-Khatun A, Ali MA, Dingle JG, 1999.** Comparative of the nutritive value for laying hens of diets containing *Azolla* (*Azolla pinnata*) based on formulation using digestible protein and digestible amino acid versus total protein and total amino acid. *Animal Feed Science and Technology* 81, 43-56.
- 43-Lambion J. et Mazollier C., 2006 :** Protection du concombre en agriculture
- 44-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
- 45-Michalak, I. and K. Chojnacka,** Algal extracts: Technology and advances. *Engineering in Life Sciences*, **2014**. 14(6): p. 581-591.
- 46-Michalak I., Chojnacka K., 2015.** -Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in life Sciences* 15(2):160-176.
- 47-Mišurcová L., 2011.** -Chemical Composition of Seaweeds. In S-K Kim, ed, *Handbook of Marine Macroalgae*. John Wiley & Sons, Ltd, 171–192.

- 48-Millogo. B., 2002.** Diagnostic des modes de gestion de la fertilité des sols dans lessystèmes de culture motorisés en zone cotonnière ouest du burkina faso. memoire d'ingénieur UPBIIDR. 94p.
- 49-Moore, K.K., FORUMS-COMPOST USERS-USING SEAWEED COMPOST TO GROW BEDDING PLANTS-University of Florida trials evaluate substrate characteristics and impact on containerized plants using varied percentages of. BioCycle-Journal of Composting and Recycling, 2004. 45(6): p. 43-45.**
- 50-Mori, K., Sato, H., Goto-Yamamoto, N., Kitayama, M., Kobayashi, S., Sugaya, S., Gemma, H.,and Hashizume, K. (2015).** Effects of abscisic acid treatment and night temperatures on anthocyanin composition in Pinot noir grapes. VITIS - J. Grapevine Res. 44, 161 -165.araichage bio info, n° 40, 6p
- 51-Nanan L. 2016.** Effets d'un fertilisant organo-minéral (Fertinova 4-3-3) sur les propriétés chimiques du sol et la production de quelques cultures maraîchères en milieu paysan au Burkina Faso. Mémoire de Master. Université Ouaga I Professeur Joseph Ki-Zerbo, Burkina Faso
- 52-Nellemann, C., MacDevette, M., Manders, T., Eickhout, B., Svihus, B., Prins, A. G., & Kaltenborn, B. P. (2009).** The environmental food crisis– The environment's role in averting future food crises. A UNEP rapid response assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal. Birkeland Trykkeri AS, Norway, 1-104
- 53-OOSTEN.V MJ, PEPE.O, PASCALE.S, SILLETTI.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
- 54-Pascual-Teresa, S., and Sanchez-Ballesta, M.T. (2008).** Anthocyanins: from plant to health.Phytochem. Rev. 7, 281–299.
- 55-Pise, N.M. and A. Sabale,** Effect of seaweed concentrates on the growth and biochemical constituents of *Trigonella foenum-graecum* L. Journal of Phytology, **2010.** 2(4): p. 50-56.
- 56-Posmyk, M.M. and K. Szafrńska, Biostimulators:** a new trend towards solving an old problem. Frontiers in plant science, **2016.** 7: p. 748.
- 57-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
- 58-Raja W, Rathaur P, John SA, Ramteke PW, 2012.** Azolla: an aquatic pteridophyte with great potential. International Journal of Research in Biological Sciences 2012; 2(2): 68-72
- 59-Rathore, S., et al.,** Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. South African Journal of Botany, **2009.** 75(2): p. 351-355.
- 60-ROULAN., 1974 :** Cultures Maraîchères Cucurbitacées. Ed Boulevard SAINT-GERMAIN. Paris. 129 p
- 61-Ros, M., Raut, I., Santísima-Trinidad, A. B., et Pascual, J. A. (2017).** Relationship of microbial communities and suppressiveness of *Trichoderma* fortified composts for pepper seedlings infected by *Phytophthora nicotianae*. PLOS ONE, 12(3), e0174069
- 62-Scheible, W., Morcuende, R., Czechowski, T., Fritz, C., Osuna, D., Palacios-rojas, N.,Schindelasch, D., Thimm, O., Udvardi, M.K., Stitt, M., et**

- al. (2004).** Genome-wide reprogramming of primary and secondary metabolism, protein synthesis, cellular growth processes, and the regulatory infrastructure of Arabidopsis in response to nitrogen. *Plant Physiol.* 136, 2483–2499
- 63-Serag MS, El-Hakeem A, Badway M, Mousa MA, 2000.** On the Ecology of *Azolla filiculoides* Lam. in Damietta District, Egypt. *Limnologica* 30: 73-81.
- 64-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
- 65-Tragin, M., 2018.** Les biostimulants, un nouveau moyen pour agir sur la qualité des plantes. UN-HABITAT, 2016. *World Cities Report 2016: Urbanization and Development – Emerging Futures*. UNHABITAT.
- 66-Shafawati, S. N., et Siddiquee, S. (2013).** Composting of oil palm fibres and *Trichoderma* spp. As the biological control agent : A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 85, 243-253.
- 67-Shiomi N, Kitoh S, 2001.** *Azolla* in a pond, nutrient composition, and use as fish food. *Soil Sci, Plant Nutr.*, vol. 47(1), pp. 27-34.
- 68-Strik W. A., Novak M.S., Van Staden J., 2003.** -Cytokinins in macroalgae. *Plt. Growth Regul.* 41: 13 - 24.
- 69-Subhash, C. (2014).** Terminology of soil fertility, fertilizer and organics.
- 70-Sylvia S., Baluswami M., Vijaya Parathasarathy M.D., Krishnamurthy V., 2005.** -Effect of liquid seaweed fertilizers extracted from *Gracilaria edulis* (Gmel.) Silva, *Sargassum wightii* Greville and *Ulva lactuca* Linn. on the growth and yield of *Abelmoschus esculentus* (L) Moench. *Indian Hydrobiol*, 7: 69-88.
- 71-Torre L.A., Battaglia V., Caradonia F., 2016.** An overview of the current plant biostimulant legislations in different European Member States. *J.Sci.Food Agric.* 96,727–734.doi:10.1002/jsfa.7358.
- 72-Wagner, G. M. (1997).** *Azolla*: A review of its biology and utilization. *The Botanical Review*, 63, 1– 26.
- 73-Xu, C. and D.I. Leskovar,** Effects of *A. nodosum* seaweed extracts on spinach growth, physiology and nutrition value under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 2015. 183: p. 39-47.
- 74-Yakhin O.I., Lubyantsev A.A., Yakhin I.A., Brown P.H., 2017.** Biostimulants in Plant Science: A global Perspective. *Frontiers in Plant Science* 7, p.1-32.
- 75-Zhang X., Ervin E. H., 2004.** -Cytokinin containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bent grass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Sci.* 44: -10.
- 76-Zhang, X. and E. Ervin,** Impact of seaweed extract-based cytokinins and zeatin riboside on creeping bentgrass heat tolerance. *Crop Science*, 2008. 48(1): p. 364-370.
- 77-Zhang, X., K. Wang, and E. Ervin,** Optimizing Dosages of Seaweed Extract-Based Cytokinins and Zeatin Riboside for Improving Creeping Bentgrass Heat Tolerance. *Crop Science*, 2010. 50(1): p. 316-320.

78-Zodape S.T., Mukherjee S., Reddy M.P., Chaudhary D.R., 2009. -Effect of *Kappaphycus alvarezii* extract on grain quality, yield and some yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Int J Plant Prod*,3: 97 - 101.

Références électroniques :

1-Anonyme a site web consultie le 15-07-2022 <https://www.bio-enligne.com/jardin-biologique/177-concombre.html>

2-Anonyme b site web consulté le 21-07-2022
<https://www.lavise.fr/fiches/38057.html.2012/2019>

3-Anonyme c site web consulte le 15-07-2022 [https:// fr.dreamstime.com/cycle-vie-d-usine-concombre-%C3%A9tapes-croissance-graine-pousse-%C3%A0-plante-adulte-fruit-vert-isolement-fond-blanc-image143480530](https://fr.dreamstime.com/cycle-vie-d-usine-concombre-%C3%A9tapes-croissance-graine-pousse-%C3%A0-plante-adulte-fruit-vert-isolement-fond-blanc-image143480530)

4-Anonyme d site web consulte le 21-07-2022 <https://plandejardin-jardinbiologique.com/parasites-maladies-concombre-traitements-bio.html>

5- EBIC., 2014. European Biostimulants Industry Council:
<http://www.biostimulants.eu>

6- [https://www.Académie des biostimulants.fr](https://www.Académie%20des%20biostimulants.fr)

7- <https://WWW.Centre-Developpement-Agroecologie.fr/les-biostimulants-quels-beneficesagroecologiques/>

8- [https : WWW.Wikiagri](https://WWW.Wikiagri.com), 2018. Blog d'entreprise, Les biostimulants aujourd'hui !