

**REPULIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA  
RECHERCHESCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA 1**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**

**Département des biotechnologies et agro écologie**



**Mémoire de fin d'études**

En vue de l'obtention du diplôme de Master

**Option :Phytopharmacie et protection des végétaux**

**Thème**

**Suivi du stress hydrique sur deux cultures sous l'effet des biofertilisants.**

**Présenté par :**

*M<sup>elle</sup>* MOKRAB Nour El Houda

*Mr.* DAOUDI Rabia

Devant le Jury composé de :

<b>Dr. AYADI R.</b>	MCA	U.Blida1	Présidente
<b>Dr. KHEDDAR R.</b>	MCB	U.Blida 1	Examinatrice
<b>Dr. CHAICHI W.</b>	MCA	U.Blida1	Promotrice

**Année universitaire : 2021/2022.**

### **Remerciements**

*Au terme de ce travail, on adresse nos remerciements les plus sincères à : Dieu, tout puissant de nous avoir ouvert les portes du savoir et de nous avoir donné le courage et la volonté pour mener à terme notre travail.*

*Nos plus vifs remerciements s'adressent à notre Promotrice, **Dr Mme CHAICHI.W**, Maitre de conférence classe A, pour son soutien continu et ses conseils et qui nous a tenu la main jusqu'au dernier moment.*

*Nous tenons à remercier chacun des membres du jury, de nous faire bénéficier de leur expertise en acceptant de juger ce travail et de consacrer du temps à l'examen de ce manuscrit.*

***Dr. AYADI R**, Maitre de Conférences à l'Université de Blida 1, de nous avoir accordé l'honneur de présider ce jury.*

***Dr. Mme KHADDAR R**, Maitre de conférences à l'université de Blida 1 de nous 'avoir accordé l'honneur d'examiner ce travail.*

*Enfin, nous adressons nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.*

### *Dédicaces*

*A ma chère grande mère (Mama que dieu bénisse son âme et qu'elle repose en paix)*

#### *À mes parents:*

*Je dédie ce projet de fin d'étude à mes chers parents Noureddine et Djamila et ma tante Samira qui m'ont aidé et à ceux qui ne sont jamais avares ni de leurs temps ni de leurs connaissances pour répondre à mes interrogations. J'espère être à la hauteur de ce que vous m'avez inculqué, tout en sachant que tout ce que je pourrai faire ne peut égaler ce que vous m'avez donné.*

*Que Dieu, le Tout Puissant, vous garde et vous procure bonheur et santé.*

#### *À mes chères sœurs :*

*Nadia, Merci d'être là pour moi tout le long de ma formation*

*Ma petite princesse Batoule, Merci pour toutes tes bêtises*

#### *A mes chers frères :*

*AbdRaouf, Mourad, Abderrahmane, Ahmed.*

*À mon mari YAZID et toute la famille ACHOUR*

*Je voulais dédier aussi ce projet à mon cher binôme RABIE qui a partagé ce mémoire avec moi.*

*Et enfin*

#### *À mes sœurs d'amitiés:*

*Chinou, Abla, Djidji, Chichi, Achwak,*

#### *À mes frères d'amitié :*

*Abderrahmane (que dieu bénisse son âme et qu'il repose en paix), Houcine, Amine, Mouno, Madjid*

*Qui ont partagé ma joie et ma souffrance et aussi pour leur fidélité et leur amitié.*

*Noor elHouda.*

***Dédicaces***

*Grâce à Allah, le Tout-puissant*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mes chers parents pour leur soutien et leurs sacrifices tout au long de ma vie pour que je puisse atteindre mes objectifs et aux quels je ne rendrais jamais assez ;*

*A mes chères sœurs :*

*Aicha, Sarra*

*Auxquels je souhaite une grande réussite dans leur vie.*

*A mes chers frères :*

*Yacine, Mohamed, Omar*

*Je voulais dédier aussi ce projet à machère binôme Noor el houda qui a partagé ce mémoire avec moi.*

*Mes chères amies qui ont partagé avec moi ce travail :*

*Nacer, Balhadj, Ilyase, Toufik H, Toufik G, Mohamed, Zakaria, Ayoub*

*Et toute l'équipe de laboratoire.*

*A toute la famille Daoudi et Annabi*

*Tous ceux qui luttent pour un lendemain meilleur.*

***Rabia***

## Résumé

### Suivi du stress hydrique sur deux cultures sous l'effet des biofertilisants.

Les biofertilisants sont des produits contenant des micro-organismes vivants qui contribuent à améliorer la croissance des plantes. Ils optimisent les fonctions du sol et sa fertilité grâce à l'action des micro-organismes qu'ils contiennent.

Dans cette expérimentation qui a duré trois mois, nous avons étudié les effets des doses de deux bioproduits à base d'algue et à base de phytohormone par une application foliaire sur deux modèles végétales à savoir la fève (*Vicia faba*) et fraise (*fragaria vulgaris*) pour un suivi des paramètres de croissance, et les traits morpho-physiologiques.

L'objectif de cette étude est de suivre l'effet du stress hydrique sur ces cultures en conditions semi-contrôlées au niveau de la serre de la station expérimentale du département de biotechnologie et Agro- Ecologie de l'université de Blida 1.

À travers notre travail, l'ensemble des résultats obtenus montrent une efficacité des bioproduits et leurs doses :

Concernant la culture de la fève : (période d'application des traitements) on a marqué une efficacité importante de BPHY 2 sur la partie feuille et pas d'efficacité importante des produits sur la partie tige, BPHY 1 a un résultat satisfaisant sur le nombre de fleur, tous les traitements affichent une efficacité importante sur le développement racinaire et la biomasse sèche. (Période après stress) BPHY 1 a un effet important sur le nombre de fleur, on a marqué une efficacité importante de BPHY 1, BALG A et BALG B sur la partie feuille, BPHY 1 a un résultat satisfaisant sur le nombre de fleur, nos résultats marquent une efficacité importante des BPHY 1, BPHY 2, BALG A, BALGB sur la partie tige. Enfin tous les traitements marquent une efficacité importante sur le développement racinaire et la biomasse sèche.

Culture du fraisier : (période d'application des traitements) on a marqué une efficacité importante de BPHY2, BPHY1, BALG B sur la partie feuille et tige. BALG B affiche une efficacité importante sur la croissance des fruits. (Période après stress) BALG A affiche une efficacité importante sur la partie et tige. Les traitements BPHY 1, BPHY 2 et BALG A marquent une efficacité importante sur la croissance des fruits.

Enfin tous les traitements marquent une efficacité importante sur le développement racinaire, biomasse sèche et nombre de fleurs pendant les deux périodes.

**Mots clés :** Stress hydrique, bioproduit à base d'algue, bioproduit à base de phytohormone, Paramètres de croissance.

## **Abstract**

### **Monitoring of water stress on two crops under the effect of biofertilizers**

Biofertilizers are products containing living microorganisms that help improve plant growth. They optimize the functions of the soil and its fertility thanks to the action of the micro-organisms they contain.

In this experiment which lasted three months, we studied the effects of the doses of two bioproducts based on algae and based on phytohormone by foliar application on two plant models, namely broad bean (*Vicia faba*) and strawberry (*Fragaria vulgaris*) for monitoring growth parameters, and morpho-physiological traits.

The objective of this study is to follow the effect of water stress on these crops under semi-controlled conditions at the level of the greenhouse of the experimental station of the Department of Biotechnology and Agro-Ecology of the University of Blida 1.

Through our work, all the results obtained show the effectiveness of bioproducts and their doses:

Concerning the culture of the broad bean: (period of application of the treatments) one marked a significant effectiveness of BPHY 2 on the leaf part and no significant effectiveness of the products on the stem part, BPHY 1 has a satisfactory result on the number of flowers, all the treatments showed significant efficacy on root development and dry biomass. (Period after stress) BPHY1 has a significant effect on the number of flowers, we marked a significant efficiency of BPHY 1, BALG A and BALG B on the leaf part, BPHY 1 has a satisfactory result on the number of flowers, our results show significant efficiency of BPHY 1, BPHY 2, BALG A, BALGB on the stem part. Finally, all the treatments show significant efficiency on root development and dry biomass.

Strawberry cultivation: (period of application of treatments) significant efficacy of BPHY2, BPHY1, BALG B was noted on the leaf and stem part. BALG B displays significant efficacy on fruit growth. (Post-stress period) BALG Showed significant efficacy on part and stem. The BPHY 1, BPHY 2 and BALG A treatments are highly effective on fruit growth.

Finally, all the treatments show significant efficacy on root development, dry biomass and number of flowers during both periods.

**Keywords:** Water stress, algae-based bioproduct, phytohormone-based bioproduct, growth parameters.

## ملخص

### رصد الإجهاد المائي على محصولين تحت تأثير الأسمدة الحيوية.

الأسمدة الحيوية هي منتجات تحتوي على كائنات حية دقيقة تساعد في تحسين نمو النبات. إنها تعمل على تحسين وظائف التربة وخصوبتها بفضل عمل الكائنات الحية الدقيقة التي تحتوي عليها.

في هذه التجربة التي استغرقت ثلاثة أشهر ، درسنا تأثير جرعات اثنين من المنتجات الحيوية على أساس الطحالب وقائمة على الهرمون النباتي بالتطبيق الورقي على نموذجين نباتيين هما الفول العريض (*Vicia faba*) والفرولة (*fragaria vulgaris*) لرصد معاملات النمو ، والصفات المورفولوجية الفسيولوجية.

الهدف من هذه الدراسة هو متابعة تأثير الإجهاد المائي على هذه المحاصيل تحت ظروف شبه خاضعة للرقابة على مستوى الصوبة الزراعية بالمحطة التجريبية لقسم التكنولوجيا الحيوية والبيئة الزراعية بجامعة البليدة 1.

من خلال عملنا ، تظهر جميع النتائج التي تم الحصول عليها فعالية المنتجات الحيوية وجرعاتها:

فيما يتعلق بثقافة الفاصوليا العريضة: (فترة تطبيق المعالجات) تميز أحدها بفاعلية كبيرة لـ BPHY 2 على جزء الأوراق ولا توجد فعالية كبيرة للمنتجات على الجزء الجذعي ، فإن BPHY 1 له نتيجة مرضية على عدد الأزهار ، أظهرت جميع المعالجات فعالية معنوية في نمو الجذور والكتلة الحيوية الجافة. (فترة ما بعد الإجهاد) BPHY1 له تأثير كبير على عدد الأزهار ، لقد حددنا كفاءة كبيرة لـ BPHY 1 و BALG A و BALG B على جزء الورقة ، BPHY 1 له نتيجة مرضية على عدد الأزهار ، تظهر نتائجنا كفاءة كبيرة لـ BPHY 1 و BPHY 2 و BALG A و BALGB على الجزء الجذعي. أخيرًا ، تُظهر جميع المعالجات كفاءة كبيرة في تطوير الجذور والكتلة الحيوية الجافة.

زراعة الفرولة (فترة تطبيق المعالجات) لوحظت فاعلية معنوية لـ BPHY2 ، BPHY1 ، BALG B على الورقة وجزء الساق. يظهر BALG B فعالية كبيرة في نمو الفاكهة. (فترة ما بعد الإجهاد) أظهرت BALG فعالية كبيرة على الجزء والساق. تعتبر علاجات BPHY 1 و BPHY 2 و BALG A فعالة للغاية في نمو الفاكهة.

أخيرًا، أظهرت جميع العلاجات فعالية كبيرة في نمو الجذور والكتلة الحيوية الجافة وعدد الأزهار خلال كلا الفترتين.

**الكلمات المفتاحية:** الإجهاد المائي، المنتج الحيوي القائم على الطحالب، المنتج الحيوي القائم على الهرمونات النباتية، عوامل النمو.

## Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé ..... v

Liste des figures : ..... xi

Listes des tableaux..... Erreur ! Signet non défini.

Introduction générale..... 1

### *CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE STRESS HYDRIQUE ET LES MODELES*

*VEGETAUX* ..... 5

I.1. Généralité sur stress hydrique : ..... 5

I.1.a. Adaptations physiologiques : ..... 5

I.1.b. Adaptations morphologiques : ..... 6

I.2. Généralité sur les modelés végétaux choisis : ..... 8

I.2.1. Culture de la fève : ..... 8

I.2.1.a. Classification botanique de la fève : ..... 9

I.2.1.b. Cycle biologique : ..... 11

I.2.2. Culture du fraisier : ..... 11

I.2.2.a. Classification botanique : ..... 12

I.2.2.b. Cycle biologique du fraisier : ..... 13

*CHAPITRE II : BIOPRODUITS* ..... 15

II.1. A base d'algue : ..... 15

II.1.a. Définition des algues marines: ..... 15

II.1.b. Principales utilisations des macros algues : ..... 16

II.1.c. Effet indirect des algues sur la croissance des plantes : ..... 17

II.1.d. Effet des algues sur la croissance des plantes stressées : ..... 18

II.1.e. Rôle des biostimulants à base d'algues : ..... 20

<b>II.1.f. Biofertilisant à base d'extrait aqueux :</b> .....	21
II.1.g. Résistance accrue des plantes aux stress et maladies : .....	21
II.2. A base de phytohormone : .....	22
II.2.a. Définition de phytohormone : .....	22
II.2.b. Utilisation de phytohormone : .....	23
II.2.c. Role de phytohormone : .....	23
II.2.d. Effet sur la Croissance et la Biomasse : .....	25
II.2.f. Analyse des hormones : .....	26
<b>CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES</b> .....	<b>29</b>
III.1. Objectif de l'étude : .....	29
III.2. Matériels végétaux : .....	29
III.3. Méthodologie de travail : .....	31
III.3.a. présentation de site d'étude : .....	31
III.3.b. Méthodes expérimentales : .....	31
III.3.b.1 Substrat : .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
III.3.b.2. Préparation des semis de la fève : .....	31
III.3.b.3. La préparation des plantules de la fève : .....	32
III.3.b.4. préparation des plantules de la fraise : .....	33
III.3.b.5. Préparation des traitements : .....	34
III.4. Dispositif expérimental : .....	36
III.4.1. Applications des bioproduits : .....	36
III.4.2. Méthode de séchage : .....	37
III.5. Evaluation des paramètres étudiés : .....	38
III.5.1. Nombre de fleurs et fruits : .....	38
III.5.2. Surface foliaire : .....	39
III.5.3. Mesure de croissance en longueur de la partie aérienne : .....	40

III.5.4. La mesure de la partie souterraine : .....	40
III.5.5. Biomasse fraîche de la partie aérienne et souterraine (g) des deux cultures : .....	41
III.5.6. Biomasse sèche de la partie aérienne et souterraine (g) des deux cultures : .....	41
III.5.7. La teneur en eau des végétaux : .....	41
III.5.8 Les analyses statistiques : .....	43
<b>CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS .....</b>	<b>46</b>
IV.1. Effet de la fertilisation biologique sur les paramètres de croissance végétative : .....	46
IV.1.1. Mesure de la croissance en longueur, la surface foliaire de la partie aérienne et la capacité de résister aux stress des deux plantes (cm) : .....	46
IV.1.2. Modulation de l'effet des différentes doses des deux bioproduits sur la croissance des plants de fève et fraise : .....	46
IV.2.1. Culture de fève : .....	47
IV.2.1.A. Sur la croissance des feuilles : .....	47
1. L'analyse en Composantes Principales (ACP) : .....	47
<b>2. L'analyse de variance par le test one-way ANOVA : .....</b>	<b>48</b>
3. Evaluation temporelle de l'effet des différentes doses d'application des deux bioproduits sur la croissance des feuilles : .....	49
<b>4. Diagramme de ternaire (PAST vers. 1. 91) : .....</b>	<b>50</b>
IV.2.2.B. Sur la croissance des tiges : .....	51
B.1. L'analyse en Composantes Principales (ACP) : .....	51
B.2. Evaluation temporelle de l'effet des différentes doses d'application des deux bioproduits sur la croissance des tiges : .....	52
IV.2.2.C. la biomasse sèche : .....	53
IV.2.2.D. Nombre de fleurs : .....	55
IV.3. Discussion Générale : .....	67
<b>Conclusion .....</b>	<b>72</b>
<b>Les références bibliographiques .....</b>	<b>75</b>

**Liste des figures :**

Figure 1 : Schéma pression osmotique des fluides cellulaires (Depositphotos, 2019). ..... 6

Figure 2 : Schéma montrant l'ouverture et la fermeture des stomates résultant de différentes concentrations d'ABA dans des conditions de haute et faible disponibilité en eau (Nagwa., 2022). ..... 7

Figure 3 : Schéma général du métabolisme d'une cellule hétérotrophe / chimiotrophe (Roger Prat et al., 2004) ..... 8

Figure 4 : Représentation des fleurs de la fève (Couplen et Marm, 2009). ..... 9

Figure 5 : Stades phénologiques de la fève (Simonneau et al., 2012) ..... 11

Figure 6 : Schéma de l'appareil végétatif du fraisier (*Fragaria vulgaris.*) (Amédée, 1987). ... 12

Figure 7: cycle de vie d'un fraisier (Havryliuk Khazheveska., 2022) ..... 13

Figure 8 : Représentation morphologique d'une macroalgue brune de genre *laminaria* (Auxbulles, 2008). ..... 16

Figure 9 : Représentation des Algues brunes de varech du genre *fucus sp* (Van Oosten et al., 2017). ..... 19

Figure 10 : Mécanismes clés recherchés lors de l'utilisation d'un bio stimulant à base d'algues (VAN OOSTEN, 2017). ..... 21

Figure 11 : Structure de trois auxines naturelles (Maougal, 2015). ..... 23

Figure 12 : Structure de deux auxines de synthèse (Maougal, 2015). ..... 24

Figure 13 : principaux modes d'action des biostimulants (Albrecht, 2019). ..... 26

Figure 14 : Schéma général du protocole de purification utilisé pour les différentes expériences (Maldiney et al., 1986). ..... 27

Figure 15 : modèles végétales (fraise (*fragaria vulgaris*) Fève (*Vicia faba*)) (Originale, 2022). ..... 29

Figure 16 : Localisation du lieu de l'expérimentation (Google earth ; originale, 2022). ..... 31

Figure 17: Le sac de la tourbe (original, 2022). ..... 30

Figure 18: Germination des plants du haricot (Originale, 2022). ..... 32

Figure 19: germination des graines au niveau des alvéoles (originale, 2022). ..... 32

Figure 20 : plantation des plantules d'haricots (originale, 2022). ..... 33

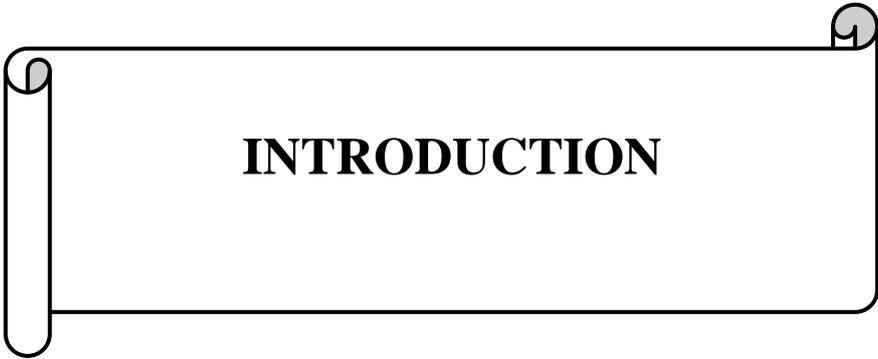
Figure 21: Germination après 12 jours de suivi (Originale, 2022). ..... 33

Figure 22 : Dispositif expérimental à différents blocs de la fève (originale, 2022). ..... 33

Figure 23 : Germination du fraisier (originale, 2022). ..... 33

Figure 24 : Le biofertilisant à base d'un mélange d'oligo-éléments. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique (Originale, 2022).	34
Figure 25 : Préparation d'une dose d'un bio fertilisant à base de phytohormone diluer dans l'eau (originale, 2022).	35
Figure 26 : Le bio stimulent à base d'algue (Originale, 2022).	36
Figure 27 : Préparation d'une dose d'un bio fertilisant a base d'algue diluer dans l'eau (originale, 2022).	36
Figure 28 : la répartition des blocs pour les deux cultures (originale, 2022).	37
Figure 29: la méthode de séchage des deux cultures (originale 2022).	38
Figure 30: Un exemplaire de comptage des fruits et fleurs de chaque culture (originale., 2022).	38
Figure 31 : Mesure de la surface foliaire pour les deux cultures (originale, 2022).	39
Figure 32: Estimation de la surface foliaire avec DIGMIZER ver 4.0 (originale, 2022).	39
Figure 33: mesure de la longueur du partie aérienne (originale, 2022)	40
Figure 34 : Mesure de la langueur des racines des deux cultures (originale, 2022).	40
Figure 35 : la biomasse fraiche des deux plantes (fraise et fève) portée par une balance de précision en (g) (originale, 2022).	41
Figure 36 : la biomasse sèche des deux plantes (fraise et fève) portée par une balance de précision en (g) (originale, 2022).	41
Figure 37 : Schéma directeur de l'étude.	42
Figure 38 : Projection de la croissance des feuilles des plants de fève sous l'effet de différentes doses des deux bioproduits.	48
Figure 39: Effet de l'efficacité de deux différentes dose d'un bioproduit sur la croissance de la partie aérienne.	48
Figure 40 : Effet de différentes doses des traitements sur la mesure de croissance de la partie aérienne.	50
Figure 41 : Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différents doses des deux traitements.	50
Figure 42 : Projection de la croissance des tiges des plants de fève sous l'effet de différentes doses de deux bioproduits.	51
Figure 43 : Effet de différentes doses des traitements sur la mesure de croissance de la partie aérienne.	53
Figure 44: La biomasse sèche de la culture de fève.	54

Figure 45 : Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différents doses des deux traitements. ....	54
Figure 46 : Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différents doses des deux traitements. ....	55
Figure 47 : projection de la croissance des feuilles des plants de fraise sous l'effet de différentes doses des deux bioproduits. ....	56
Figure 48: Effet de l'efficacité de deux différentes dose d'un bioproduit sur la croissance de la partie aérienne. ....	57
Figure 49 : Effet de différentes doses des traitements sur la mesure de croissance de la partie aérienne. ....	58
Figure 50 : Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différents doses des deux traitements. ....	58
Figure 51 : projection de la croissance des tiges des plants de fraise sous l'effet de différentes doses des deux bioproduits. ....	59
Figure 52: Effet de l'efficacité de deux différentes dose d'un bioproduit sur la croissance de la partie aérienne. ....	60
Figure 53 : Effet de différentes doses des traitements sur la mesure de croissance de la partie aérienne. ....	61
Figure 54: Effet de l'efficacité de deux différentes dose d'un bioproduit sur la croissance de la partie aérienne. ....	62
Figure 55 : Effet de différentes doses des traitements sur la mesure de croissance de la partie aérienne. ....	64
Figure 56 : projection de la croissance des feuilles des plants de fraise sous l'effet de différentes doses des deux bioproduits. ....	65
Figure 57: La biomasse sèche de la culture du fraisier. ....	66
Figure 58 : Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différents doses des deux traitements. ....	66
Figure 59 : Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différents doses des deux traitements. ....	67
Tableau 1 : la composition de la tourbe. ....	30



**INTRODUCTION**

### Introduction générale

En Algérie, le maraîchage et les cultures agricoles occupent une place importante dans l'alimentation quotidienne des algériens et dans les activités agricoles et avancées. Cette production de plantes et légumes cultivés (Madr, 2018).

La forte croissance démographique des dernières années a entraîné une forte pression sur les ressources en terres cultivables. L'augmentation de la population a entraîné du même coup une augmentation de la demande en produits végétaux utiles à l'homme et à l'animal. Cette forte pression sur le couvert végétal influence la capacité des sols à produire la biomasse nécessaire aux besoins d'une population de plus en plus nombreuse (Sédogo, 1981; Sédogo, 1993 ; Pichot et al., 1981 ; Berger et al., 1987 ; Pieri, 1989; Bationo et Mokwunye, 1991; Bado et al., 1997).

Parmi ces cultures, la fève est une des légumineuses à graines les plus cultivées dans le monde. En 2005, les pays Méditerranéens ont produits 1093000 tonnes de fèves soit 25% de la production mondiale. L'Algérie avec une production de 27000 tonnes occupe le 17<sup>ème</sup> rang au niveau mondial et le 6<sup>ème</sup> rang au niveau continental, devancée par l'Ethiopie (610845 tonnes), l'Egypte (297620 tonnes), le Maroc (153040 tonnes), le Soudan (112500 tonnes), et la Tunisie (45000 tonnes) (Giove et Abis, 2007).

Les fraisières sont parmi les fruits les plus populaires grâce à leur excellente valeur gustative, arôme attrayant, saveur et couleur. Ces fruits sont considérés comme une importante source de composés bioactifs et les polyphénoliques et les anthocyanines et les ellagitanins, les minéraux, en particulier le K, les fibres et qui sont de bonnes sources de vitamine C. Ces composés présentent un fort effet antioxydant qui se manifeste par un effet bénéfique sur la santé des consommateurs (Giampieri et al., 2012).

Dans le monde, la productivité et le développement agricole sont confrontés à plusieurs contraintes biotiques et abiotiques. Parmi ces contraintes, celle hydrique est considérée comme les facteurs les plus importants limitant la production notamment au niveau des régions arides et semi arides (Rjeibi et al., 2015). Le déficit en eau est l'une des contraintes les plus courantes de l'environnement qui influe sur la croissance et le développement des plantes (Sadras et Milroy, 1996 ; Aslam et al., 2006).

Aussi, lors d'un déficit hydrique, le métabolisme des hydrates de carbone s'affecte par l'accumulation des sucres solubles dans les tissus des plantes cultivées sous stress, notamment

chez les feuilles (Kameli et Losel, 1995; Zerrad et al., 2006). L'accumulation des sucres n'est qu'un phénomène d'adaptation à la sécheresse, qui permet à la plante de maintenir sa turgescence par la diminution et l'ajustement du potentiel hydrique (Monneveux, 1991; Abdalla, 2011; Nazarli et al., 2011). Les hydrates de carbone peuvent être un facteur essentiel dans l'accumulation de la proline (Stewart, 1972) où le saccharose joue un effet positif favorisant l'accumulation chez les disques foliaires de colza incubés in vitro (Lahrer et al., 1993).

La sensibilisation du public aux nombreux problèmes environnementaux et de santé liés à l'utilisation massive des produits chimiques de protection des plantes a poussé les agriculteurs d'aujourd'hui à se tourner vers une agriculture respectueuse de l'environnement. Dans, ce cas-là, Les biostimulants sont des produits qui lorsqu'ils sont appliqués à de faibles doses sur les semences, les cultures ou le sol, peuvent réguler et améliorer les processus physiologiques de la culture (Zhang et al., 1997). Les biostimulants agissent sur la physiologie des plantes par différentes voies, améliorant la croissance des cultures, les rendements, la qualité, l'absorption des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques et la durée de conservation des produits récoltés (Dujardin et al., 2015 ; Yakhiet al., 2017).

L'utilisation des algues comme engrais est très fréquente depuis l'antiquité en raison de nombreux avantages pour les cultures et les sols. Les algues présentent les effets de biostimulants prévus en fonction de leur teneur en polysaccharides complexes, en acides gras, en polysaccharides complexes, en acide gras, en phénoliques, en vitamines et en phytohormones (Battacharyya et al., 2015; Metting et al., 1990 ; Mchugh, 2003).

Par ailleurs plusieurs études rapportent que les biostimulants peuvent améliorer la production de biomasse ainsi que la qualité (visuelle et nutritive) de plusieurs légumes et fruits en favorisant l'absorption d'éléments nutritifs et en augmentant la résilience des plantes aux stress abiotiques et biotiques. Cependant, on sait peu de choses sur les apports optimaux en fertilisants et les avantages de l'ajout de biostimulants au milieu de culture de verdurettes biologiques (Calvo et al., 2014 ; Murphy et Pill 2010 ; du Jardin 2015 ; Kauffman et al., 2007).

Vers les 1970 une catégorie très large de produits et substances qui apportent des solutions souvent innovantes dans le domaine de la fertilisation et de la protection des cultures. Ces solutions ont pour caractéristique commune de reposer sur un mode d'action passant par la stimulation de processus biologiques au niveau du sol ou de la plante (Faessel et al., 2014). Ces solutions permettent d'agir sur la capacité des systèmes biologiques à

s'adapter (par exemple: stimulation des défenses naturelles de la plante ou meilleure absorption des nutriments, respectivement).

L'objectif de cette étude consiste à déterminer l'efficacité des deux bioproduits (à base d'algue et de phytohormone) à différentes doses sur deux cultures différentes (fève (*Vicia faba*) et fraise (*fragaria vulgaris*) sous l'effet du stress hydrique sur ces cultures et ces influences sur les paramètres de la physiologie des plantes.

Pour cela nous avons émis quelques hypothèses auxquelles nous allons essayer de répondre et qui se résument dans :

- ✓ Quelle est le produit le plus efficace contre le stress hydrique ?
- ✓ Quelle est l'influence de ces biofertilisants sur les paramètres de la physiologie des plantes ?
- ✓ Quelle dose les biofertilisants choisis favorisent la croissance des cultures fève (*Vicia faba*) et fraise (*fragaria vulgaris*)?

**CHAPITRE I**

**GENERALITES SUR STRESS HYDRIQUE ET  
LES MODELES VEGETAUX**

---

*CHAPITRE I : GENERALITES SUR STRESS HYDRIQUE ET LES MODELES**VEGETAUX***I.1. Généralité sur stress hydrique :**

Le terme de « stress » a été inventé par HANS SELYE en 1956. Ce dernier définit le stress comme une « réponse non spécifique de l'organisme à toute sollicitation » d'origine anglaise, le mot « stress » était employé en mécanique et en physique qui voulait dire « force, poids, tension, charge ou effort ». La plante dans son environnement est exposée aux différentes contraintes biotiques et abiotiques. La contrainte abiotique est le résultat des différentes conditions environnementales que ce soit climatique et édaphiques défavorables à la croissance des plantes (MUNNE-BOSCH et ALEGRE., 2004). La plante du fait qu'elle ne peut pas se déplacer, elle doit s'adapter à ces conditions stressantes de manière à réduire leurs impacts sur son bon fonctionnement (LEXER, 2005).

Le stress hydrique est le résultat d'une période de sécheresse plus ou moins prolongée, cette dernière constitue un problème majeur dans les régions arides et semi arides (LEAKEY *et al.*, 2006). Un déficit hydrique est lié à l'humidité relative du sol, un faible stockage d'eau dans les sols ramène au stress hydrique (LIONELLO *et al.*, 2006). Le manque d'eau limite la croissance des végétaux, en modifiant la relation entre la disponibilité et les besoins (BEZZALA., 2005). La diminution des sources d'eau et la rareté des précipitations sont les causes principales du stress hydrique. Ce stress affecte la croissance, le développement de la plante (KRISTA., 2003 ; ZRÝD., 2004) et une réduction significative de la production de biomasse totale (KRAMER, 1980 ; ALBOUCHI *et al.*, 2000). Les dégâts produits par le stress hydrique se manifestent par une chlorose, des phénomènes de sénescence, et l'abscission des feuilles. Les feuilles nouvellement formées montrent une réduction de leur surface (DE BAEKE *et al.*, 1996).

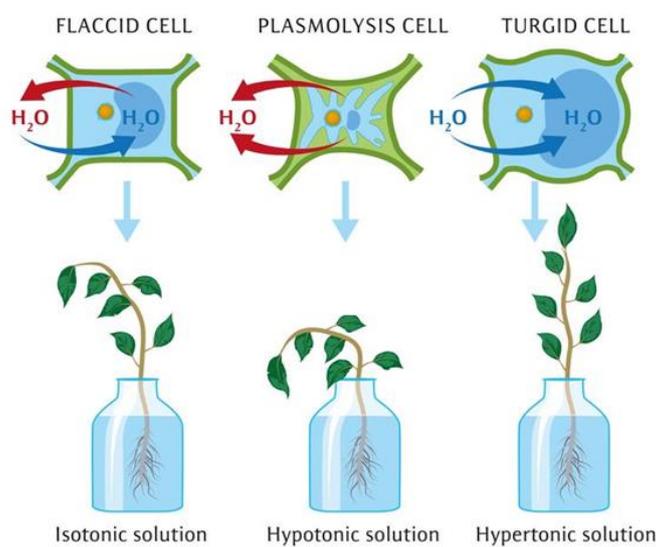
Face au stress hydrique la plante réagit par des différentes stratégies d'adaptations :

**I.1.a. Adaptations physiologiques :**

Le maintien d'une forte pression osmotique des fluides cellulaires, se réalise par le potassium en début de croissance et par les osmolytes dans l'autre phase de vie du végétal. Les protéines de sécheresse, analogue au heat shock protéine (HSP) et des polyamines (putrescine, spermidine), participent également dans le processus d'adaptations. L'acide

asismique qualifié «hormone de stress», est synthétisée rapidement et semble avoir un rôle important dans la réponse au stress, dans l'inhibition de la photosynthèse et le ralentissement de la croissance des feuilles (MALAMY., 2005).

D'autres substances sont synthétisées par les plantes stressées, telle que la proline, qui peuvent maintenir les fonctions cellulaires par la protection de ses structures et par



l'ajustement osmotique (JUBAULT *et al.*, 2008 ; HADAR et GALILI., 2008).

**Figure 1:** Schéma pression osmotique des fluides cellulaires (Depositphotos, 2019).

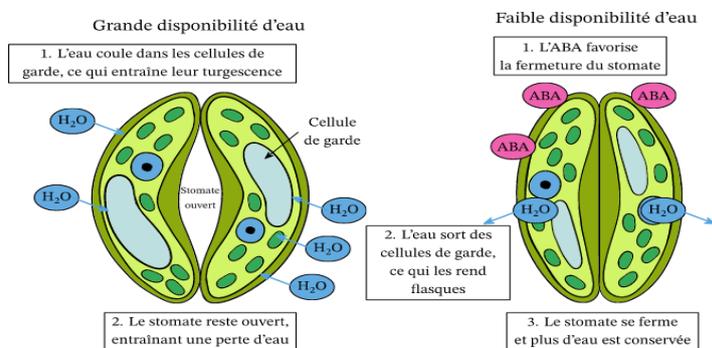
### I.1.b. Adaptations morphologiques :

Les plantes adaptent leur architecture pour tolérer le stress hydrique, cela se réalise par un ralentissement de la croissance des feuilles ou bien par une réduction de la surface foliaire. Il s'est avéré que ces deux mécanismes sont plus importants que la réduction de la photosynthèse (HERVIEU et GUILLOU., 2000). Les xérophytes : sont des plantes qui ont réduit leur surface transpirante par atrophie des feuilles, où bien par une utilisation des épidermes et aussi par un enfoncement des stomates dans des sillons où des cryptes (MAZLIAK., 2000).

Effet du stress hydrique sur la croissance végétative et la production :(adaptations métaboliques).

Dans les conditions de déficit hydrique, il ya un ralentissement des activités biologiques à plusieurs niveaux : métabolisme, croissance et turgescence. Le stress hydrique fait réduire le nombre de feuilles par plante, la surface foliaire et la longévité des feuilles (Atti, 2002; Shao et al., 2008). Du point de vue agronomique, la réduction du nombre de grains et la réduction du rendement sera toujours observée (Tardieu et al., 2006).

Les plantes de milieu chaud et sec, elles ferment leurs stomates plus longtemps pour éviter les pertes d'eau. En parallèle, elles possèdent une enzyme supplémentaire : la phosphore-énol-pyruvate-carboxylase qui piègé le CO<sub>2</sub> et donc la photo respiration diminue (GEST., 2002 ; THEBAULT., 2001). Les plantes Crassulacées Acide Métabolisme sont des plantes vivaces, supportant une déshydratation assez poussée de leurs tissus, sont capables d'ajustement osmotique ; ce qui permet le maintien de la turgescence. Elles retardent la fermeture de leurs



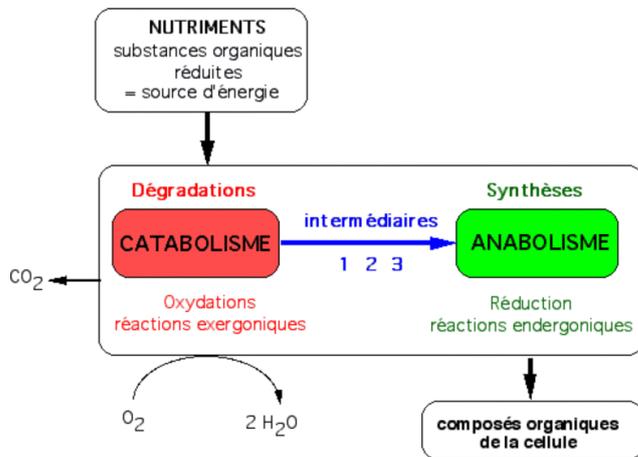
stomates, propriété dénommée, ajustement stomatique" (TAYLOR., 1996).

**Figure 2 :** Schéma montrant l'ouverture et la fermeture des stomates résultant de différentes concentrations d'ABA dans des conditions de haute et faible disponibilité en eau (Nagwa., 2022).

Les stress environnementaux, notamment le stress hydrique, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la productivité végétale (Wang *et al.*, 2003).

Le stress hydrique constitue un important facteur limitant la production des végétaux. Il affecte tous les aspects de croissance. Il se traduit chez la plante par une série de modifications qui touchent les caractères morpho- physiologiques, biochimiques, génétiques et même les niveaux d'expression des gènes associés à la sécheresse (Meftiet *al.*, 2000). Les

modifications moléculaires s'expriment au niveau de la plante et particulièrement au niveau des feuilles, par une nette accumulation d'osmotiques, tels que la proline, la glycine betaine,



les sucres solubles, le potassium et les nitrates à fin de garder le potentiel de turgescence aussi élevé que possible pour maintenir le potentiel osmotique (Morgan, 1984 ; Mon neveux et This, 1997 ; Wang *et al.*, 2003 ; Shao Hong Bo *et al.*, 2006; Saglam *et al.*, 2010).

**Figure 3 :** Schéma général du métabolisme d'une cellule hétérotrophe / chimiotrophe (Roger Prat *et al.*, 2004)

1 = ATP, intermédiaire énergétique ; 2 = NADH ou NADPH, coenzymes d'oxydo-réduction ; 3 = molécules du métabolisme intermédiaire (pyruvate, malate, acétylCoA, etc.).

**I.2. Généralité sur les modèles végétaux choisis :**

**I.2.1. Culture de la fève :**

La fève, *Vicia faba* est une culture très appréciée par les agriculteurs car elle constitue une source importante de protéines aussi bien pour l'alimentation humaine qu'animale et permet une économie de la fertilisation azotée (Dridi *et al.*, 2011).

La fève est cultivée sur tout le pourtour méditerranéen, elle constitue toujours une des bases de l'alimentation en Afrique du Nord et en Orient (Ladizin, 1975).

Ce sont des plantes herbacées robustes, pouvant dépasser 1 mètre. Les feuilles sont pennées et terminées par une pointe, avec des folioles larges, de couleur glauque.

Inflorescence en racème de deux à cinq fleurs (parfois fleur solitaire), à corolle blanche ou rosée, avec destaches noires sur les ailes.

Le fruit est une gousse contenant des graines de forme ovale et aplatie avec une peau



épaisse (Belkhodja, 1996).

**Figure 4 :** Représentation des fleurs de la fève (Couplen et Marm, 2009).

#### **I.2.1.a. Classification botanique de la fève :**

D'après Waiciechowski et ses collaborateurs en (2004), cette classification est décrite comme suite :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

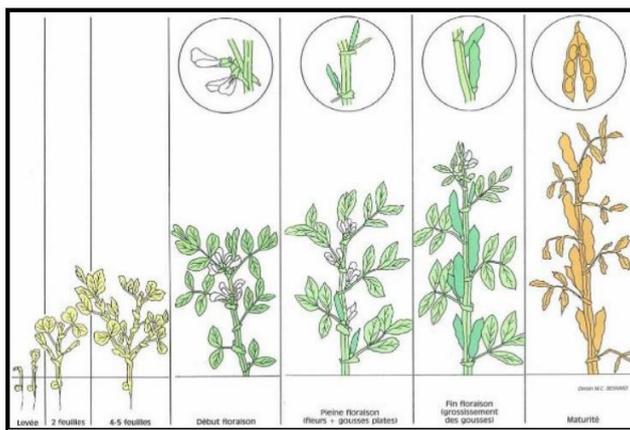
Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Genre : Vicia.

**I.2.1.b. Cycle biologique :**

La fève est une plante annuelle, son cycle complet, de la graine à la d'environ 5 mois d'après (Brink et Belay, 2006), le développement de la fève est caractérisé par cinq principaux : germination et levée, développement végétatif, développement reproductif, sénescence de la gousse et sénescence de la tige. D'après Chauv & Foury (1994), le cycle complet de la fève est d'environ **5 mois et dont les stades phénologiques sont représentés**



sur la figure 5.

**Figure 5** : Stades phénologiques de la fève (Simonneau et *al.*, 2012)

**I.2.2. Culture du fraisier :**

Plante vivace, de petite taille, de la famille de rosacées, cultivée pour son fruit (ou fraise), mais poussant aussi à l'état sauvage dans certains sous-bois et sur les talus, (Michel et *al.*, 1981) Le fraisier forme de petites touffes de feuilles découpées en trois folioles et rattachées à une tige épaisse, ou rhizome. Il émit des stolons (filets ou coulants), qui se marcotent naturellement. Ses fleurs, blanches, sont pollinies par le vent ou les abeilles. Ses fruits, rouges, à maturité, proviennent du développement du réceptacle des fleurs ; ils sont de petites graines dures (akènes) (Michel et *al.*, 1981).

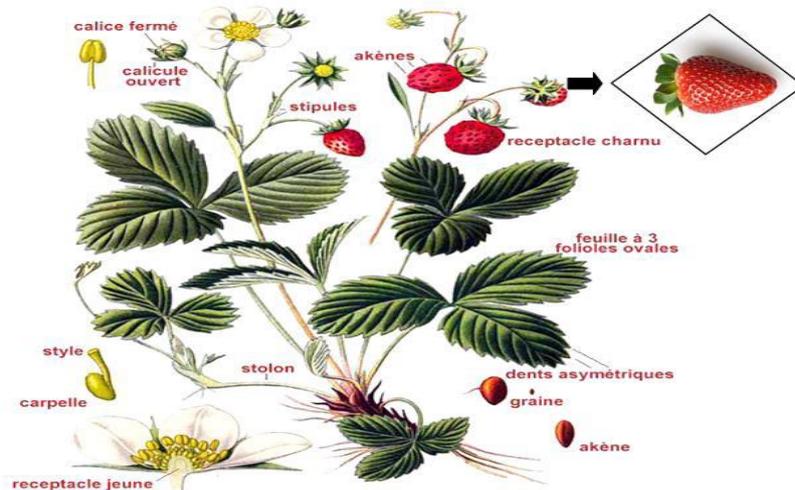


Figure 6 : Schéma de l'appareil végétatif du fraisier (*Fragaria vulgaris*). (Amédée, 1987).

#### I.2.2.a. Classification botanique :

Le fraisier Appartient à la classification suivante :(Amédée., 1987).

Règne : Plantae

Sous règne : Trachenobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Rosidae

Ordre : Rosales

Famille : Rosacée

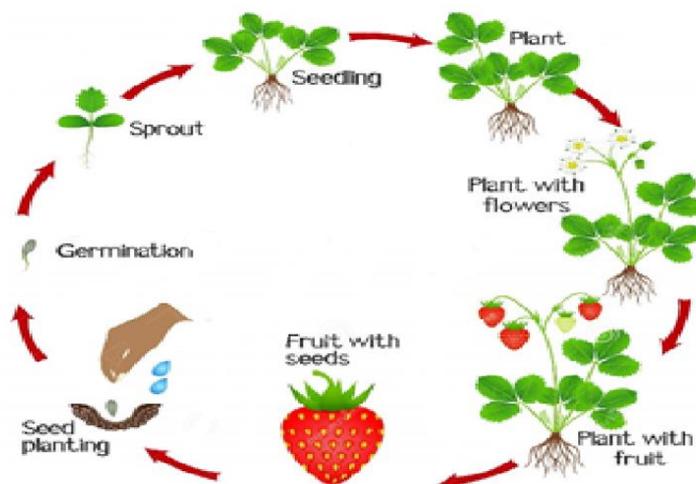
Genre : *Fragaria*

Espèce : *Fragaria vulgaris*

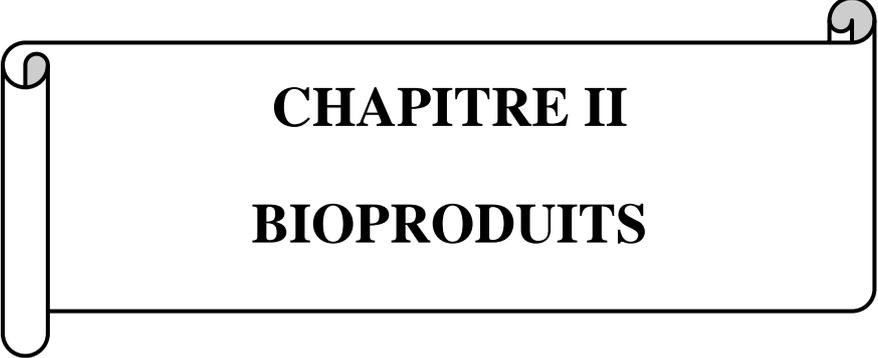
**I.2.2.b.Cycle biologique du fraisier :**

Le fraisier se reproduit de façon asexuée en produisant des stolons. Les stolons sont des tiges aériennes qui partent de la base du plant puis forment régulièrement des nœuds et des petites plantules. Une plantule est transportée à quelques centimètres de la plante mère par le stolon. Plus le stolon grandit et plus les plantules descendent progressivement jusqu'à toucher la terre, elles n'ont plus qu'à s'enraciner pour former un nouveau plant. Le stolon continue à se

Développer pour permettre à une deuxième plantule de prendre racine puis une troisième (Aurelien., 2012).



**Figure 7:** cycle de vie d'un fraisier (HavryliukKharzheveska., 2022)



**CHAPITRE II**  
**BIOPRODUITS**

---

*CHAPITRE II : BIOPRODUITS***II.1. A base d'algue :**

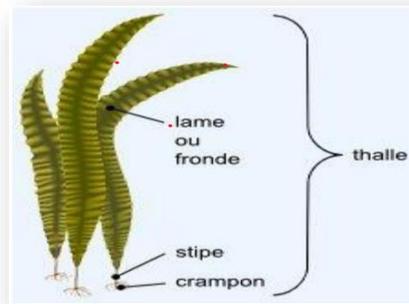
Les algues occupent une place importante dans le milieu marin avec plus de 1200 espèces appartenant à tous les niveaux évolutifs, ces algues regorgent un énorme réservoir de molécules naturelles potentiellement actives (Rajeev et Xu, 2004 ; Blunt *et al.* 2009). Des études ont permis d'isoler et d'identifier un très grand nombre de molécules nouvelles de grande originalité structurale utilisés dans plusieurs domaines tels que l'agroalimentaire et la pharmacologie (Naigai et Kimoto, 2003; Li *et al.*, 2007; Matanjunet *al.*, 2008) et dont beaucoup d'entre elles ont une activité biologique intéressante .

Beaucoup d'algues possèdent des composés bioactifs qui inhibent la croissance de certaines bactéries pathogènes Gram positif et Gram négatif (Siddhanataet *al.*, 1991) tels que les stérols, les caroténoïdes terpénoïdes, les vitamines, les acides gras, les acides aminés, les antioxydants comme les polyphénols, des alcaloïdes, des polysaccharides tels que l'agaragar, carraghénanes, les protéoglycanes et l'alginate (Paniagua Michel, 2009).

**II.1.a. Définition des algues marines:**

Les algues sont des organismes photosynthétiques que l'on trouve dans les milieux aquatiques d'eau douce ou marine, ainsi que dans de nombreux milieux terrestres (sur le sol, sur le tronc des arbres, sur les vieux murs humides...etc). Elles comprennent 20 000 à 30 000 espèces dans le monde, soit 18% du règne végétal (Garon-Lardiere, 2004).

Ce sont des végétaux chlorophylliens dont l'appareil végétatif, appelé thalle (Figure n° 01), est caractéristique propre aux plantes inférieures, dépourvues de tige, de graines, de



racines et de vaisseaux et extrêmement varie de forme et de couleur (Agoun et Lounis, 2012). Elles peuvent être libres ou fixées sur un support, leurs taille varie de moins d'un micromètre tel l'algue *prochlorococcus* à plusieurs dizaines de mètres pour les macrocystes (Leclerc et Floch, 2010) (Figure n° 01). Les algues constituent une part très importante de la biodiversité, et une des bases des réseaux trophiques des milieux aquatiques d'eaux douces, saumâtres et marines. Elles sont aussi utilisées dans l'alimentation humaine, par l'agriculture et par l'industrie (Memory, 2011).

**Figure 8 :** Représentation morphologique d'une macroalgue brune de genre *Laminaria* (Auxbulles, 2008).

### II.1.b.Principales utilisations des macrosalgues :

Les organismes marins sont une source de produits naturels structurellement uniques et de grande valeur, ayant des activités pharmacologiques et biologiques très variées.

#### ✓ Utilisations des macros algues en agriculture :

Les algues sont principalement utilisées comme ingrédient dans la fabrication d'aliments pour le bétail ou comme des engrais, qui permettent de retenir l'eau dans le sol, d'améliorer sa texture, de maintenir et d'enrichir le sol par des traces de métaux (Cu, Co, Zn, Mn, Fe, N) (Lakhdar, 2018), et également de fournir un renforcement des défenses naturelles des plantes contre certains pathogènes des cultures, une augmentation de taux de croissance et de germination des graines, une bonne résistance aux stress biotiques et abiotiques, une

amélioration de l'absorption des nutriments, un changement dans la composition des tissus des plantes et un développement plus profond des racines (Betit et Chiha, 2019).

✓ **Utilisation des macro algues en cosmétiques :**

Les métabolites dérivés d'algues ont été répertoriés comme actifs dans les soins antiâges de la peau, amincissant, antioxydant, photo-protecteur et hydratant. Plusieurs espèces d'algues appartenant à différents groupes sont utilisées en cosmétologie (Lakhdar, 2018).

✓ **Utilisation des macro algues en domaine pharmaceutique :**

Les macroalgues occupent une place importante en tant que source de composés biomédicaux. Environ 2 400 produits naturels ont été isolés à partir d'algues marines. L'alginate est utilisé comme agent désintégrant et dispersant et dans la fabrication de compresse et comme principe actif de médicament. En industrie pharmaceutique, les algues et leurs produits sont utilisés pour le développement de nouveaux médicaments contre le cancer, l'inflammation et les infections microbiennes (Betit et Chiha, 2019).

✓ **Utilisation des macro algues dans le domaine Environnemental :**

L'utilisation des populations de macroalgues à grande échelle peut fournir des technologies nouvelles et rentables pour la réduction de la diffusion des contaminants d'origine hydrique comme les métaux lourds, les bactéries pathogènes, les virus, etc. (Chouikhi, 2013). Les algues constituent un moyen potentiel pour la restauration de la croissance des cultures sous stress abiotique grâce à leurs composants chimiques et leur valeur nutritionnelle ainsi qu'aux propriétés physiques de leurs polysaccharides qui améliorent la structure du sol (Memory, 2006).

**II.1.c.Effet indirect des algues sur la croissance des plantes :**

Les extraits d'algues agissent sur les caractéristiques physiques et biologiques des sols grâce à leur richesse en polyuronides, tels que les alginates et les fucoïdanes, qui maintiennent dans les sols une humidité et une aération nécessaires à la mise en place du système racinaire et favorisant la croissance de bactéries bénéfiques à la croissance des plantes (Khan *et al.*, 2009). L'extrait d'algue serait également un bon outil pour accélérer la décomposition de la matière organique grâce aux acides alginiques qui accroître la population bactérienne et améliorer la capacité de rétention en eau du sol (Thivy, 1964).

**II.1.d.Effet des algues sur la croissance des plantes stressées :**

Dans la nature, les plantes doivent faire face à de multiples agressions. Ces dernières peuvent être d'origine climatique (froid, sécheresse), nutritionnelle (carence ou excès de nutriments) ou encore d'origine anthropique (métaux lourds, pesticides). On parle alors du stress abiotique par opposition au stress biotique qui implique l'intervention d'un second être vivant. Il peut s'agir d'un herbivore (insecte) ou d'un agent infectieux (champignon, bactérie, virus). (Ouchene et Boukoucha, 2018)

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, la chaleur et la sécheresse (Van Oosten, 2017). Ces facteurs concernent le climat et la composition chimique des sols, ce sont donc des facteurs abiotiques (non vivants). En agriculture, les



algues les plus couramment utilisées sont les *Laminariasp.*, les *Ascophyllumsp.* et les *Eckloniasp.*

Dans leur publication, Van Oosten et ses collègues en (2017) du département *Agriculture* de l'université de Naples « Federico II » ciblent leurs propos sur le Varech encore appelé Goémon. Ce terme désigne un mélange indéterminé d'algues brunes (*ou phaeophytes*), rouges (*ou rhodophytes*) ou vertes (*ou chlorophytes*) laissées par le

retrait des marées. L'algue brune du genre *Fucus* est souvent prépondérante, l'image suivante en montre l'aspect.

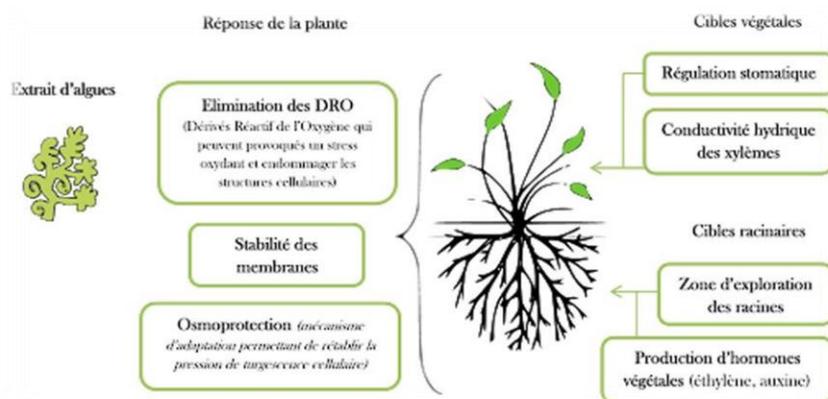
**Figure 9 :** Représentation des Algues brunes de varech du genre *fucussp* (Van Oostenet *al.*, 2017).

**II.1.e. Rôle des biostimulants à base d’algues :**

Actuellement, plus de 47 sociétés produisent et commercialisent divers extraits de ces algues pour un usage biostimulant. La majorité des formulations proviennent de l’algue brune *Ascophyllumnodosum* (VAN OOSTEN, 2017). Les techniques d’extraction sont variables. Selon la méthode retenue et le choix du solvant, les principes actifs préservés dans le biostimulant à base d’algues ne seront pas les mêmes. Ainsi, chaque formulation commerciale sera particulière et différents effets et mode d’actions pourront être attendus d’un extrait d’algue.

Des travaux de BRADACOVA en (2016) et ceux de JEANNIN en (1991), se sont focalisés sur la capacité des extraits d’algues liquides à améliorer la tolérance des plantes au froid. Leurs expériences montrent que seuls les extraits riches en Zinc et Magnésium étaient efficaces pour améliorer cette tolérance chez le maïs. Dans ce cas, les propriétés antioxydantes des algues permettraient à la plante de mieux gérer le stress oxydant provoqué par les DRO (Dérivés Réactifs de l’Oxygène) dans les cellules et ainsi de mieux résister à la carence en nutriments induite par le froid.

Concernant le sol et les racines, l’extrait d’algue serait également un bon outil pour accélérer la décomposition de la matière organique grâce aux acides alginiques, accroître la population bactérienne et améliorer la capacité de rétention en eau du sol (THIVY, 1964). En effet, les molécules d’alginate contenues dans les extraits d’algues peuvent favoriser la mise en place d’une structure de sol granulaire et aérée idéale pour les sols cultivés. La figure n°02 suivante donnera une vision plus globale des mécanismes que peuvent favoriser les extraits



d’algues au sein de l’appareil végétatif et racinaire (VAN OOSTEN, 2017).

**Figure 10** : Mécanismes clefs recherchés lors de l'utilisation d'un bio stimulant à based'algues(VAN OOSTEN, 2017).

#### **II.1.f. Biofertilisant à base d'extrait aqueux :**

Les engrais aux algues marines ont des possibilités d'expansion grâce aux extraits d'algues liquides, qui peuvent être produit sous forme concentrée, l'utilisateur assurant la dilution. Plusieurs de ces extraits sont applicable directement sur les plants ou bien on arrose la zone des racines. Un certain nombre d'étude scientifiques démontrent que ces produits peuvent être efficaces et les extraits d'algues sont maintenant très bien acceptés dans l'horticulture(FAO, 2004).

De nombreux effets agronomiques sont attribués aux extraits d'algues: meilleure germination des graines, augmentation du développement racinaire et du rendement, plus grande assimilation de l'azote et du phosphore, meilleure résistance aux stress et aux maladies, et amélioration de la conservation des fruits (Abetz, 1980;Mooney& van Staden, 1986; Jolivet *et al.*, 1991; Verkleij, 1992).Les micronutriments et les phytohormones apportés par les substances marines, sont considérés comme les générateurs de ces effets biologiques induits chez les plantes(Mooney& van Staden, 1986).

Les extraits d'algues sont riches en molécules actives dont les propriétés doivent être préservées au sein d'une formulation adaptée à l'application. Une formulation adaptée conditionne également les performances attendues (Bischof *et al.*, 2008).

#### **II.1.g. Résistance accrue des plantes aux stress et maladies :**

L'apport d'extrait d'algue confère aux plantes une plus forte résistance au froid (Booth, 1966; Stephenson, 1966; Senn & Kingman, 1978) et à la sécheresse (Mooney& van Staden, 1985). Quelques articles décrivent une résistance accrue des plantes aux maladies fongiques en réponse à la pulvérisation d'extraits d'algue (Booth, 1966; Stephenson, 1966). Les extraits d'algues confèrent également une protection des plantes contre les attaques des insectes (Booth, 1964; Stephenson, 1966).La fécondité de certains insectes seraient aussi réduite suite à l'application de ces extraits d'algues (Booth, 1966; Stephenson, 1966). L'infestation des racines par les nématodes est aussi réduite en présence d'extraits d'algue (Featonby-Smith & van Staden, 1983;Crouch& van Staden, 1991; Wu *et al.*, 1997), ces extraits jouant sur le taux de fécondité des nématodes (Whaphamet *al.*, 1994; Wu *et al.*, 1998). Plus récemment, l'activité élicitrice d'un extrait d'algue verte a été démontrée chez *Medicago truncatula* en utilisant une membrane macroarray (CLUZET, 2004). Ainsi l'expression de nombreux gènes

de défense est induite suite à la pulvérisation de l'extrait d'algue. En accord avec ces effets sur l'expression des gènes de défense, cet extrait engendre une protection accrue des plantes contre les attaques pathogènes (Cluzet *et al.*, 2004).

### **II.2. A base de phytohormone :**

La protection des plantes cultivées est l'une des préoccupations majeures en agriculture, une grande partie des pertes de rendement au niveau mondial étant causées par les attaques de bioagresseurs ainsi que par les stress abiotiques (Oerke,2006;Rao *et al.*,2016).

Les pratiques actuelles de l'agriculture moderne, basées essentiellement sur l'utilisation de produits phytosanitaires de synthèse pour la protection des plantes, soulèvent de plus en plus de questionnements tant au niveau environnemental que sociétal (Van Oosten,2017).

#### **II.2.a. Définition de phytohormone :**

Parmi les recherches d'alternatives aux systèmes conventionnels ont émergé il y a quelques années des produits d'un genre nouveau : les « biostimulants ». Selon la Commission Européenne (Règlement du parlement européen et du conseil établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants porteurs du marquage CE et modifiant les règlements (CE) no 1069/2009 et (CE) no 1107/2009. March 17, 2016) la définition des biostimulants est la suivante : « fertilisants qui stimulent le processus de nutrition des végétaux indépendamment des éléments nutritifs qu'ils contiennent, dans le seul but d'améliorer une ou plusieurs caractéristiques suivantes des végétaux ou de leur rhizosphère: l'efficacité de l'utilisation des éléments nutritifs, la tolérance au stress abiotique, les caractéristiques qualitatives, et la disponibilité des éléments nutritifs confinés dans le sol ou la rhizosphère. » L'approche est différente des fertilisants classiques, puisque les biostimulants ont plutôt vocation à stimuler les processus naturels des plantes afin que ces dernières puissent être plus vigoureuses et ainsi pouvoir mieux résister aux différents stress. Les biostimulants pourraient donc avoir un grand intérêt en agriculture, permettant une réduction de l'utilisation d'engrais (Brown,2015). Un biostimulant n'est pas censé avoir d'effet sur l'amélioration de la défense des plantes face aux bioagresseurs, auquel cas il serait catégorisé comme "Stimulateur de Défense des Plantes" (SDP) et entrerait dans la réglementation des produits phytosanitaires tandis qu'il bénéficierait de celle s'appliquant aux matières fertilisantes.

**II.2.b. Utilisation de phytohormone :**

Les hormones végétales sont présentes à l'état de traces en tant que régulateurs majeurs de la croissance des plantes et développement. Ils sont impliqués dans un large éventail de processus tels que l'allongement, l'écoulement, formation des racines et différenciation vasculaire (Galston et Davis, 1969).

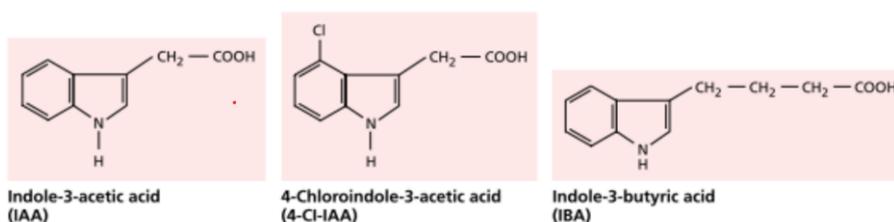
L'application externe de ces hormones a été, pendant de nombreuses années, utilisée pour diverses activités agricoles soit pour augmenter le rendement, soit pour améliorer la qualité du produit commercial (Sakamoto, 2006; Csukasi et coll., 2009).

**II.2.c. Role de phytohormone :**

Les plantes produisent également des molécules de signalisation, appelées hormones, qui ont des effets profonds sur le développement à des concentrations infiniment faibles. Jusqu'à tout récemment, le développement de la plante a été pensé pour être réglé par seulement cinq types d'hormones : les auxines, gibbérellines, cytokinines, l'éthylène, et l'acide abscissique. Cependant, il existe des preuves convaincantes de l'existence d'hormones stéroïdiennes des végétaux, les brassinostéroïdes, qui ont un large éventail d'effets morphologiques sur le développement de la plante (Maougal, 2015).

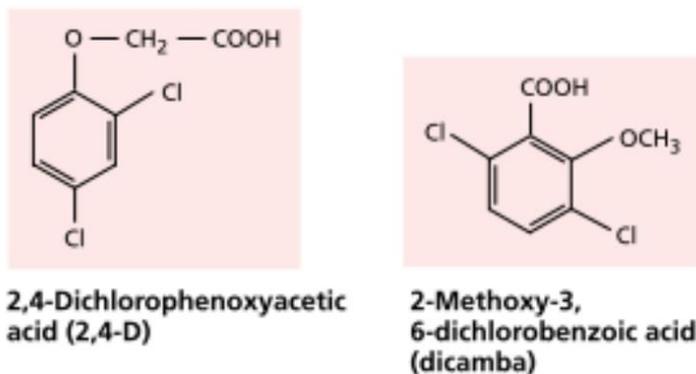
**Exemple : Les auxines (hormones de croissance) :**

L'auxine est la première hormone à être découverte dans les plantes et un des premiers agents, sur une longue liste, de signalisation chimique qui régleme le développement des plantes. La forme d'auxine la plus courante survenant naturellement est – l'indole 3 -acétique (IAA) (Maougal, 2015).

**1. structure :**

**Figure 11 :** Structure de trois auxines naturelles (Maougal, 2015).

L'indole-3-acétique (IAA) se produit chez toutes les plantes, mais d'autres composés apparentés ont une activité d'auxine. Chez le pois, par exemple, ont trouvé de l'acide 4-chloro-indole-3-acétique. La moutardes et le maïs contiennent de l'acide indole-3-butyrique (IBA)



(Maougal, 2015).

**Figure 12 :** Structure de deux auxines de synthèse (Maougal, 2015).

La plupart des auxines de synthèse sont utilisés comme herbicides en horticulture et agriculture. Celles-ci sont essentiellement utilisées comme hormones de bouturage, ou pour inhiber la germination, par exemple les tubercules de pommes de terre ainsi que pour réaliser un désherbage sélectif (Maougal, 2015).

## 2. Rôle de l'AIA

Une des rôles les plus importants de l'auxine chez les plantes supérieures est la régulation de la croissance de l'allongement de jeunes tiges et coléoptiles. Mais ce n'est pas sa seule action car elle agit différemment sur les tiges et les racines et son action est variable selon la dose et l'âge des organes. La mesure précise de la quantité d'auxine dans les tissus végétaux est essentielle pour comprendre le rôle de cette hormone en physiologie végétale.

\*Action sur l'élongation cellulaire : L'AIA agit sur la paroi en augmentant sa plasticité (phénomène physiologique irréversible qui implique une fixation de l'allongement de la paroi après augmentation ou étirement) et son élasticité c'est à dire les deux composantes de l'extensibilité de la paroi (Epstein & Bloom, 2005).

**\*Action sur la mérése :**

L'AIA stimule l'activité mitotique, cette action est cependant beaucoup plus spécifique que l'élongation cellulaire, elle s'exerce essentiellement sur les tissus cambiaux. La présence des cytokinines est indispensable à son action (Epstein & Bloom, 2005).

**\*Action sur la caulogénèse et sur la rhizogénèse :**

La caulogénèse est favorisée par des doses faibles d'AIA ( $10^{-8}$  à  $10^{-6}$  g/mL) et en présence des cytokinines. Par contre la rhizogénèse est stimulée à des doses de l'ordre de  $10^{-7}$  à  $10^{-5}$  g/ml (Epstein & Bloom, 2005).

**\*Action sur le développement du péricarpe des fruits :**

L'AIA favorise le développement du péricarpe des fruits charnus. La pollinisation induit une sécrétion d'auxine par l'ovaire provoquant aussi le développement du péricarpe. L'AIA peut remplacer la pollinisation et donne des fruits sans pépins (fruits parthénocarpiques) (Epstein & Bloom, 2005).

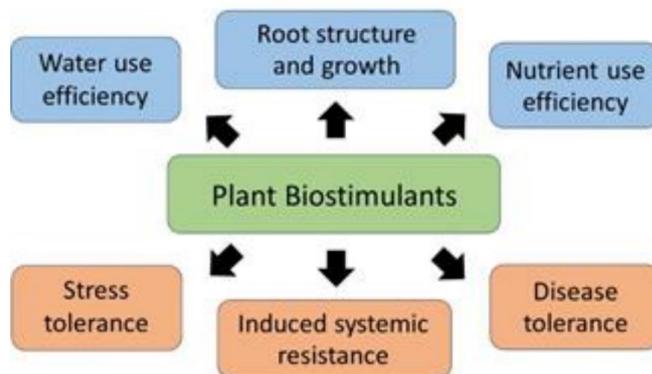
**\*Action sur l'abscission des feuilles et des fruits :**

L'AIA retarde l'évolution de la zone d'abscission responsable de la chute des feuilles et des fruits. Il s'agit de l'action de l'AIA corrélée à celles des autres substances hormonales notamment les cytokinines et l'éthylène (Epstein & Bloom, 2005).

**II.2.d. Effet sur la Croissance et la Biomasse :**

D'autres biostimulants influeront quant à eux la croissance de la plante et l'augmentation de sa biomasse. Ces biostimulants ont des origines et des modes d'action variés. Certains biostimulants vont réellement agir en stimulant la transcription de gènes de croissance, qu'elle soit racinaire ou végétative. Les brassinostéroïdes (BRs) sont des hormones stéroïdes essentielles à la croissance de la plante. En effet, elles contrôlent la division, l'élongation et la différenciation de diverses cellules (Planas-Riverola *et al.*, 2019).

Les BRs se lient à un récepteur membranaire et stimulent ainsi, via une cascade transductionnelle, la transcription de gènes de croissance cellulaire et peuvent être pulvérisées



sur la plante pour stimuler sa croissance. On pourra également retrouver l'utilisation de facteurs de transcription comme IPA1, utilisé pour augmenter les rendements du riz, qui sont promoteurs de gènes stimulateurs de croissance (Greene *et al.*, 2018).

**Figure 13** : principaux modes d'action des biostimulants (Albrecht, 2019).

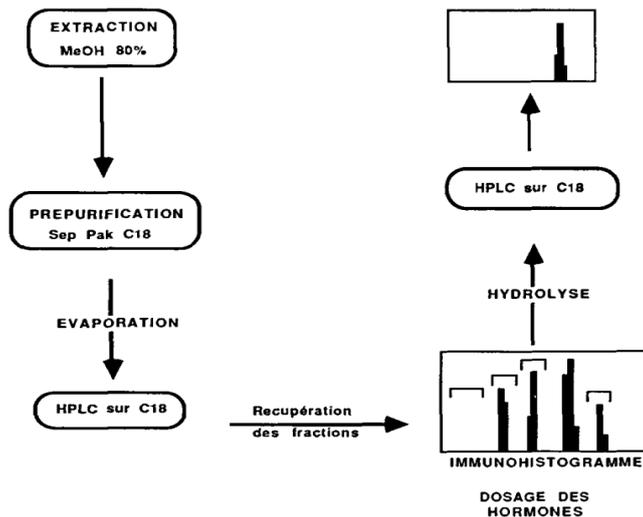
#### II.2.f. Analyse des hormones :

- Par Purification

La figure 1, schématise le protocole d'extraction et de purification des extraits végétaux. L'extraction est tout à fait classique. Après broyage des organes au PottcrElvehjem, elle est menée au froid sous agitation dans un mélange méthanol/eau (80/20) additionné de butyl hydroxy-toluène à raison de 40 mg. l<sup>-1</sup> ; 10 ml de solvant sont utilisés par gramme de matière fraîche. La purification doit permettre d'éliminer des substances indésirables mais, surtout, elle doit conserver les différentes hormones et métabolites que le solvant d'extraction est capable d'extraire. Il faut rappeler que le but du système est de doser simultanément le plus de formes hormonales possible sur un même extrait. Une pré-purification est donc réalisée. Elle se déroule sous méthanol à 80 %, ce qui permet de conserver toutes les molécules extraites par ce mélange. Elle consiste à filtrer l'extrait sur filtre 0,45 µm afin de retenir tous les débris végétaux, puis à le charger sur une microcolonne de chromatographie (Sep Pak C18) qui, dans ces conditions, va retenir des pigments, des lipides et des protéines. L'ensemble du système de purification (filtre et Sep Pak) est rincé avec le mélange méthanol 80 %. L'extrait est ensuite évaporé sous vide. Afin d'éviter tout risque de détérioration de

certaines hormones, telle l'AIA, et pour faciliter sa reprise, l'extrait ne doit pas être séché entièrement. Avant d'être injecté en HPLC, l'extrait est acidifié par un mélange eau+ acide acétique (3,3%) afin de le mettre en conditions utilisées pour la chromatographie haute pression. Celle-ci est menée sur une colonne Chrom-pack de phase inverse C18. L'élution est réalisée par un gradient croissant de méthanol de 10% à 100 %, dans le souci de récupérer le plus de formes hormonales possibles. Les fractions sont récupérées dans des godets de type Eppendorf (200 µl/fraction) toutes les 30 secondes, puis sont évaporées sous vide dans un évapo-rateur rotatif (Speed Vac). Une fois sèches, elles peuvent être, soit reprises par du tampon phosphate salin (PBS) en vue du dosage immunologique, soit méthylées par le diazométhane avant d'être à nouveau évaporées puis reprises par le PBS.

La méthylation est nécessaire pour le dosage de l'AJA et de l'ABA car la reconnaissance de ces deux régulateurs par les anticorps est meilleure quand ces molécules sont méthylées. Il faut souligner à ce propos que, pour chacune des hormones dosées, un traceur radioactif était présent dans l'extrait et a permis un calcul précis du rendement de purification. Les teneurs présentées tiennent compte de ce rendement (Maldiney *et al.*, 1986).



**Figure 14 :** Schéma général du protocole de purification utilisé pour les différentes expériences (Maldiney *et al.*, 1986).



**MATERIEL ET  
METHODES**

**CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES****III.1. Objectif de l'étude :**

L'expérimentation a pour objectif d'évaluer l'influence de deux doses différentes de deux bioproduits (à base d'algue et de phytohormone) sur deux cultures différentes (fève (*Vicia faba*) et fraise (*fragariavulgaris*) sous l'effet du stress hydrique sur ces cultures, le suivi s'est porté sur la variabilité des paramètres de croissances.

**III.2. Matériels végétaux :**

Le matériel végétal est constitué de deux cultures :

- Fève (*Vicia faba*), est une plante herbacée robuste pouvant dépasser 01 mètre, a feuilles pennées terminées par une pointe, des folioles larges de couleur glauque.
- Fraise (*fragariavulgaris*), est une plante rampante, d'un fruit rouge plus ou moins vif et de forme conique, ronde ou cordiforme.



**Figure 15:** modèles végétales (fraise (*fragariavulgaris*) Fève(*Vicia faba*)) (Originale,2022).

**III.3. Substrat :**

- La tourbe :

La tourbe est un type d'humus formé en anaérobiose permanente ou presque permanente. C'est une couche souvent de plusieurs mètres dont l'humification ne s'effectue que partiellement surtout après un assèchement superficiel des sites humides (DUCHAUFOR, 1977). C'est une tourbe noire de sphaigne moyennement décomposée d'origine Allemande qu'on appelle PREMIUM, elle est utilisée pour la production de jeunes

plants maraichers. La tourbe noire de sphaigne joue un rôle de réservoir hydrique grâce à son excellente capacité de rétention en eau et tient une place importante dans l'alimentation hydrique et minérale des plantes. Elle contribue également à la formation d'un complexe argilo humique.



Figure 16: Le sac de la tourbe (original, 2022).

<u>Composition</u>	<u>Valeurs</u>
Matière organique	80-950%
PH	4,5- 6,5
Mesure d'humidité	40- 65%
C / N	1 :37
Densité	305kg/m <sup>3</sup>
Degré de saturation en eau	627/ 100g
Tourbe noire de sphaigne	60%
Tourbe blanche de sphaigne	40%

Tableau 1 : la composition de la tourbe.

### III.3. Méthodologie de travail :

#### III.3.a. présentation de site d'étude :

Les essais ont eu lieu au niveau de la serre pédagogique (8mx50m) de l'université, au niveau du département des Biotechnologies, faculté des Sciences de la nature et de la vie. Durant toute la période d'expérimentation, nous avons enregistré les températures qui ont varié entre 22 jusqu'à 28°C selon le mois de mars et 35 °C durant le mois d'avril et la mi-mai avec une humidité relative de l'air variant entre 60% et 79%.

Plus le laboratoire de phytopharmacie en biotechnologie liée au département de biotechnologie et agro-écologie, université Blida 01. L'étude a été menée durant 3 mois d'essai, depuis le 27 mars jusqu'au 15 mai 2022.

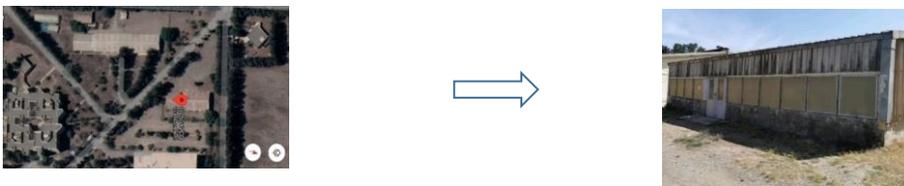


Figure 17 : localisation du lieu de l'expérimentation (Google earth ; originale, 2022).

#### III.3.b. Méthodes expérimentales :

##### III. 3.b.1. Préparation des semis de la fève :

Afin de préparer les 60 graines de fève pour faire le semis, on doit les laisser pendant 24h dans l'eau pour accélérer le processus de germination, cette étape a débuté le 07/03/2022. Par la suite, nous avons planté ces graines dans deux plaques alvéolaires contenant de la tourbe noire à une profondeur de 1cm, avec une irrigation chaque jour avec l'eau de robinet. Et laisser grandir jusqu'à la repousse des petites tiges.

Commenté [C1]: On a dit que ce titre n'a pas de place dans méthode expérimentale. Vous le mettez avec le matériel utilisé

Commenté [C2]: Enlevez le mmagiscule et le point

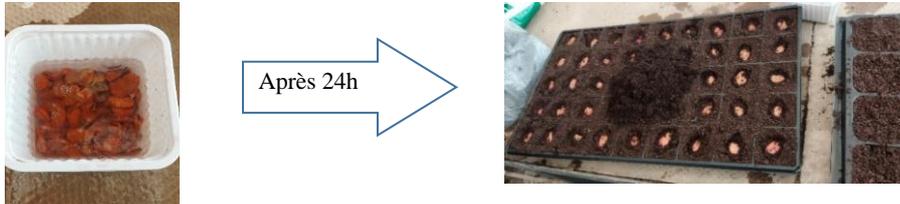


Figure 18: Germination des plants du haricot (Originale, 2022).

**III. 3.b.2. La préparation des plantules de la fève :**

- Après 12 jours de plantation le 20/03/2022, nous avons remis les plantules dans des petits pots remplis en tourbe avec une irrigation quotidienne avec l'eau du robinet jusqu'à le 27/03/2022 (début de l'application des traitements) à fin d'assurer leur germination.

Commenté [C3]: Vous la remplacez avec / Irrigation quotidienne



Figure 19: germination des graines au niveau des alvéoles (originale, 2022).



Figure 20 : plantation des plantules d'haricots (originale, 2022).





**Figure 21:** Germination après 12 jours de suivi (Originale, 2022).

- le 04/04/2022, nous remettons ces plantes dans des grands pots pour favoriser plus d'espace et obtenir une bonne croissance.



**Figure 22 :** Dispositif expérimental à différents blocs de la fève (originale, 2022).

### III.3. b. 3. Préparation des plantules de la fraise :

- Après avoir acheté les plantules de la fraise le 20/03/2022, nous avons les planté dans des petits pots remplis en tourbe irriguer un jour avec l'eau de robinet jusqu'à le 21/03/2022 (début de l'application des traitements) à fin d'assurer leurs germinations.

Commenté [C4]: Phrase malformulée//



**Figure 23 :** Germination du fraisier (originale, 2022).

**III.3. b.4. Préparation des traitements :****➤ Description des biofertilisants utilisées :**

- **A base de phytohormone :** Ce bioproduct est à base d'un mélange d'oligo-éléments. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique.

**- La composition :**

- Oxyde de silicium ( $\text{SiO}_2$ ) 2%.

- Molybdène (MO) soluble dans l'eau 0,03%.

-Zinc (Zn) soluble dans l'eau.

**- L'importance :**

- Tolérance aux stress abiotique.

- Mobilisateur des nutriments.

- Efficacité de l'engrais

- Conservation post-récolte.

- Modification la fonction de l'état hydrique nutritionnel et du stade phénologique de la culture.



**Figure 24 :** Le biofertilisant à base d'un mélange d'oligo-éléments. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique (Originale, 2022).



**Figure 25 :** Préparation d'une dose d'un bio fertilisant à base de phytohormone diluer dans l'eau (originale, 2022).

- Dose 01 : nous avons pris à l'aide d'une seringue graduée 5ml de l'extrait de phytohormone diluer dans 10L d'eau.
- Dose 02 : à l'aide d'une seringue nous avons tiré 10ml de l'extrait de phytohormone puis remette dans 10L d'eau.
- **A base d'algue** : est un bio stimulant qui favorise la division cellulaire, la formation des tissus et des organes de la plante, induit la formation des bourgeons, stimule l'initiation des feuilles la croissance et le développement des racines en augmentant la production et en améliorant la qualité de la récolte.
  - ✓ C'est un puissant stimulant qui aide les cultures à surmonter les conditions de stress et



améliorer le rendement des récoltes.

**Figure 26 :** Le bio stimulant à base d'algue (Originale, 2022).



**Figure 27 :** Préparation d'une dose d'un bio fertilisant à base d'algue diluer dans l'eau (originale, 2022).

Dose 01 : nous avons pris à l'aide d'une seringue graduée 5ml de l'extrait d'algue diluer dans 10L d'eau.

Dose 02 : à l'aide d'une seringue nous avons tiré 10ml de l'extrait d'algue puis remettre dans 10L d'eau.

#### **III.4. Dispositif expérimental :**

##### **III.4.1. Applications des bioproduits :**

- les deux cultures ont été mis dans un espace qui permet l'arrivée de l'air et la lumière afin d'accélères la croissance des plantes.

- chaque culture est divisée en 05 blocs :

- **Culture de fève :**

- Bloc 01 : avec 6 répétitions, traiter par phytohormone 5 ml --> 10L d'eau ; application journalière, foliaire par pulvérisation.
- Bloc 02 : avec 6 répétitions traiter par phytohormone 10ml--> 10L d'eau ; application journalière, foliaire par pulvérisation.

- Bloc 03 : avec 6 répétitions traiter par algue 5ml --> 10L d'eau ; application journalière, foliaire par pulvérisation.
- Bloc 04 : avec 6 répétitions traiter par algue 10ml --> 10L d'eau ; application journalière, foliaire par pulvérisation.
- Bloc 05 : avec 6 répétitions traiter par l'eau courante ; application journalière, foliaire par pulvérisation.
- **+Le témoin positif** a reçu un stress jusqu'à avoir un début du flétrissement puis nous avons traité par l'eau courante ; application journalière, foliaire par pulvérisation.
- **Culture du fraisier** : (traitement avec la même méthode sauf l'application est faite jour par jour).



**Figure 28** : la répartition des blocs pour les deux cultures (originale, 2022).

### III.4.2. Méthode de séchage :

Après avoir obtenu tous les résultats nécessaires et terminé notre travail. Donc, pour estimer le dernier paramètre « biomasse » nous avons mis les deux cultures dans un endroit bien aéré afin d'assurer un bon séchage.



Figure 29: la méthode de séchage des deux cultures (originale 2022).

III.5. Evaluation des paramètres étudiés :

III.5.1. Nombre de fleurs et fruits :

Le principe consiste à faire un comptage des fleurs et fruits pour chaque bloc de chaque

culture.



Figure 30: Un exemplaire de comptage des fruits et fleurs de chaque culture (originale.,2022).

III.5.2. Surface foliaire :

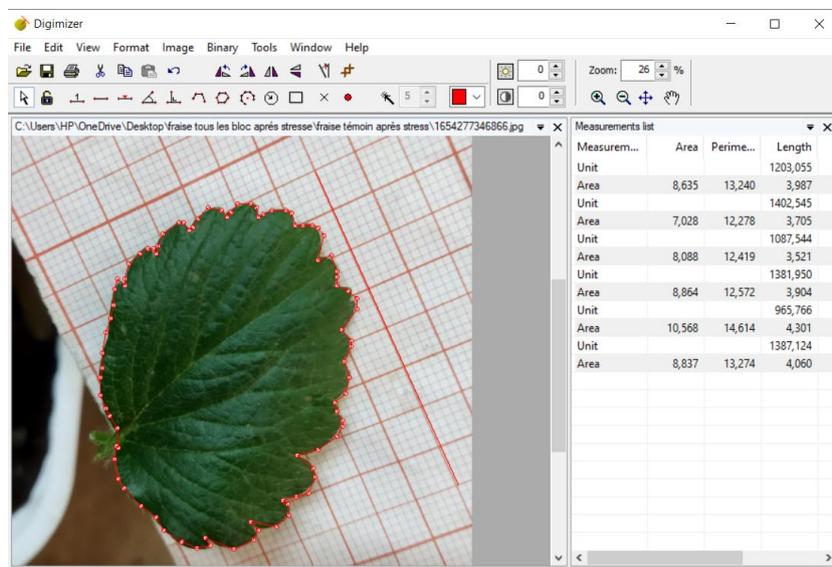
Le principe consiste à étaler les feuilles sur un papier millimétrée de chaque bloc + le témoin, les feuilles ainsi étalées sont prises en photos par la suite nous avons traités ces photos



par le logiciel DIGIMIZER.

Figure 31 : Mesure de la surface foliaire pour les deux cultures (originale, 2022).

Figure 32: Estimation de la surface foliaire avec DIGMIZER ver 4.0 (originale, 2022).



**III.5.3. Mesure de croissance en longueur de la partie aérienne :**

La croissance en longueur de chaque culture et le témoin n'a été estimée qu'après les prélèvements de six répétitions aléatoires de chaque bloc, la longueur de la tige, la partie aérienne est mesurée à l'aide d'un ruban métrique.



**Figure 33:** mesure de la longueur du partie aérienne (originale, 2022)

**III.5.4. La mesure de la partie souterraine :**

La mesure de la partie souterraine des deux cultures a été prète à l'aide d'un papier millimétrique, après lavé soigneusement de ces derniers du substrat.



**Figure 34 :** Mesure de la longueur des racines des deux cultures (originale, 2022).

**III.5.5. Biomasse fraîche de la partie aérienne et souterraine (g) des deux cultures :**

La biomasse fraîche de la partie aérienne et souterraine exprimées en gramme a été



effectuées par peser les deux parties avec une balance de précision (BCE – BS 6000).

**Figure 35:** la biomasse fraîche des deux plantes (fraise et fève) portée par une balance de précision en (g) (originale, 2022).

**III.5.6. Biomasse sèche de la partie aérienne et souterraine (g) des deux cultures :**

La biomasse sèche produite a été mesurée après le dessèchement des poids frais des tiges et des feuilles et des racines de chaque bloc, à l'aide d'une balance de précision (PCE – BS 6000) en gramme. Les pesés ont portés chaque jours jusqu'à stabilité du poids.



**Figure 36 :** la biomasse sèche des deux plantes (fraise et fève) portée par une balance de précision en (g) (originale, 2022).

**III.5.7. La teneur en eau des végétaux :**

Pour mesurer la teneur en eau des végétaux, on effectue généralement la dessiccation du matériel végétal. La quantité d'eau contenue est donnée par la différence de poids entre la

matière fraîche et la matière sèche. La dessiccation peut être réalisée en étuve à température élevée (70-110°C) sous vide jusqu'à ce que le matériel garde un poids constant.

La mesure de la teneur en eau d'un végétal est donnée par la formule suivante :

$$\Theta = (MF - MS) / MF * 100$$

- Tel que :  $\Theta$  : teneur en eau en %
- MF et MS : Matière fraîche et Matière sèche.

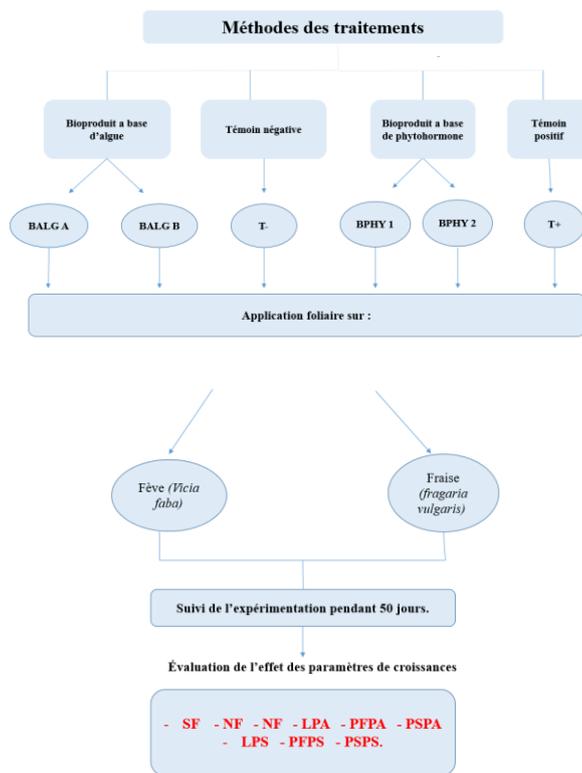


Figure 37 : Schéma directeur de l'étude

**BPHY 1** : bioproduit a base de phytohormone 5ml, **BPHY 2** :bioproduit a base de phytohormone 10ml, **BALG A** : bioproduit a base d'algue 5ml, **BALG B** : bioproduit a base d'algue 10ml, **T+** : témoin positive, **T-** : témoin négative, **SF** : surface foliaire, **NF** : nombre de fleur, **NF** : nombre de fruit, **LPA** : longueur partie aérienne, **PFPA**:poid frais partie aérienne, **PSPA**:poid sec partie aérienne , **LPS**: longueur partie souterrienne , **PFPS** :poid frais partie souterrienne , **PSPS**: pois sec partie souterrienne.

**III.5.8 Les analyses statistiques :**

Les valeurs moyennes des poids et des mesures sont présentées par des graphes pour visualiser les différences entre les doses. Le plus souvent ce type de graphique est réalisé par Excel.

**a. Diagramme de ternaire (PAST vers. 1. 91) :**

Dans le cas d'une comparaison quantitative entre 3 variables, les points d'intersection sont étudiés à l'aide d'un diagramme ternaire, la comparaison concerne la valorisation quantitative entre les 3 variables : (nombre de fleurs, la surface foliaire, la croissance), (la croissance, racine pivotante, racine II), (biomasse sèche, surface foliaire, la croissance) (Hammer *et al.*, 2001).

**b. Le teste One-Way ANOVA:**

Les résultats présentés sous forme de courbe, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes, ces derniers ont été réalisés par le logiciel Excel. Lorsque le problème est de savoir si la moyenne d'une variable quantitative va significativement selon les conditions (traitement, température, temps), la détermination de la variance à l'aide du teste One-Way ANOVA (teste de comparaison par paires) dans les conditions paramétriques, les différences ont été considérées significatives à  $p < 0,05$ . Le déroulement des tests a été réalisé par le logiciel PAST, version (Hammer *et al.*, 2001).

**c. Analyse multi variable PAST vers (Hammer *et al.*, 2001):**

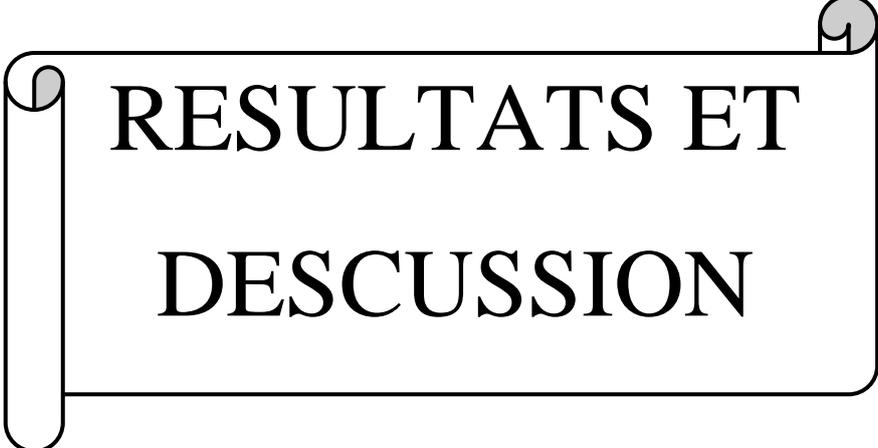
Dans le cas de variables quantitatives, les relations multi variées sont étudiées à l'aide d'une analyse en composantes principales (A.C.P), l'exploitation des résultats a fait appel une analyse multi variée (A.C.P).

**d. Les boîtes à moustache :**

Est un moyen rapide de figurer le profil essentiel d'une statistique quantitative. La boîte à moustache résume seulement quelques caractéristiques de position du caractère étudié (médiane, quartiles, minimum, maximum ou déciles). Ce diagramme est utilisé principalement pour comparer un même caractère dans deux populations de taille différentes.

**e. Logiciel DIGMIZER :**

La croissance en longueur des plants a été estimée par la même procédure. Les plants ont été étalés, puis pris en photo prise par un téléphone Smartphone, par la suite nous avons traités par le logiciel **DIGMIZER** Afin d'évaluer la longueur finale totale.

A decorative scroll graphic with a black outline and a light gray shadow. The scroll is unrolled on the left side and has a small circular detail at the top right corner. The text is centered within the scroll.

# RESULTATS ET DESCUSSION

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

---

### CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### IV.1. Effet de la fertilisation biologique sur les paramètres de croissance végétative :

La croissance verticale est une mesure utile pour vérifier le développement des plantes durant une période donnée. Aussi, durant les jours de croissance, les plantes développent un nombre considérable de feuilles fruits et fleurs. Ces données sont intéressantes pour suivre l'évolution de la croissance durant la période de développement. Elle permet de vérifier si une plante croît davantage en début ou en milieu ou en fin de culture. De ce fait, l'effet de l'application des biofertilisants sur la croissance végétative de la fraise et fève (la longueur de la tige, la surface des feuilles, et le nombre de fruits et fleurs).

Les résultats relatifs à l'effet de deux biofertilisants à base d'un mélange d'oligo-éléments. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique et à base d'un puissant stimulant d'algue sur les paramètres morphologiques de la Fève *Vicia faba* et la Fraise *fragaria vulgaris* sont présentés dans le chapitre ci – dessous :

##### IV.1.1. Mesure de la croissance en longueur, la surface foliaire de la partie aérienne et la capacité de résister aux stress des deux plantes (cm) :

L'étude des traits de croissance de la fraise et la fève a été étudiée sous l'effet de deux différentes doses des deux bioproduits. Nous avons considéré la longueur, la biomasse fraîche et sèche des parties aérienne et souterraine et la surface foliaire comme paramètre ayant la capacité de dévoiler l'aptitude du biofertilisant chez la fraise et la fève.

##### IV.1.2. Modulation de l'effet des différentes doses des deux bioproduits sur la croissance des plants de fève et fraise :

Les données de la moyenne de la mesure de croissance ont été soumises à un ACP (analyses en composantes principales effectuée avec PAST version 1.91 (Hammer *et al.*, 2001).

- Une vision globale de spatiale des facteurs de différentes doses des deux bioproduits : le 1<sup>er</sup> à base d'un mélange d'oligo-éléments. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique et le 2<sup>ème</sup> un bio stimulent qui favorise la division cellulaire, la formation des tissus et des organes de la plante, nous permis de distinguer une différence d'efficacité entre les différentes applications.
- Pour mieux montrer les vitesses de croissance des plantes au niveau des différents doses des deux traitements (biofertilisants), un suivi journalier de la croissance des plantes a été

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

---

effectué dès de début de l'attribution des traitements. Les résultats relatifs aux croissances des tiges, fleurs et feuilles des plantes de fève et fraise sont représentés dans les figures suivantes.

Les résultats sont classés en deux groupes selon les périodes : l'application des traitements et l'effet du stress, le premier groupe (**A**) représente la période d'application des traitements, le second groupe (**B**) représente la période après stress.

### IV.2.1. Culture de fève :

#### IV.2.1.A. Sur la croissance des feuilles :

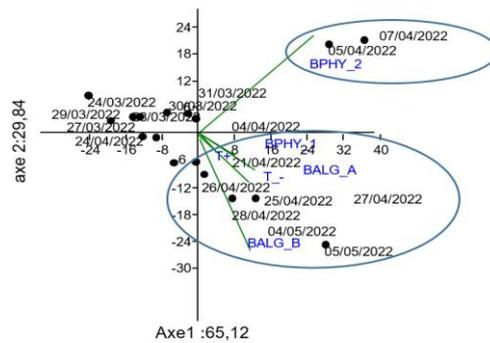
##### 1.L'analyse en Composantes Principales (ACP) :

Cette analyse montre que les différentes doses appliquées sont comparables par les deux axes, l'axe 1 est de 65.12% et l'axe 2 est de 29.84%.

L'analyse multi variée est acceptable de faite que les deux axes présentent un pourcentage de contribution de 94.96%.

En revanche, la projection des variables montre que la tendance des vecteurs de différents blocs confirme l'efficacité de la mesure de croissance de la partie aérienne du traitement utilisé sur le bloc (BPHY 2) aux premières périodes pendant l'application du traitement (groupe A) où la plante est dans le stade pousse, le 05/04/2022 et 07/04/2022. Les cinq blocs restants :(BPHY1), (BALG A), (BALG B), (T+) et (T-) confirme une efficacité pendant la période après stress, 21/04/2022 jusqu'à 05/05/2022 (groupe B).

## RESULTATS ET DISCUSSIONS



**Figure 38 :** Projection de la croissance des feuilles des plants de fève sous l'effet de différentes doses des deux bioproduits.

### 2. L'analyse de variance par le test one-way ANOVA :

Cette analyse présente une différence significative qui est représenté dans le tableau 1 et la figure n° 16. A travers le test de Tukey, ( $p= 4.638 \times 10^{-5}$ ;  $p < 1\%$ ) entre le bloc de (BPHY 2) et le bloc (T+) présente une différence hautement significative. Ensuite, la comparaison entre le bloc (BPHY 2) et le bloc (BPHY 1) désigne une différence hautement significative de ( $p=1.11 \times 10^{-2}$ ;  $p < 1\%$ ) selon le test de Tukey. Enfin, cette analyse fait ressortir à une différence hautement significative entre les deux blocs de BPHY 2 et le bloc BPHY 1, de ( $p= 1,11 \times 10^{-2}$ ;  $p < 1\%$ ).

One-way ANOVA					
	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	1786,19	5	353,239	4,578	0,008666
Within groups:	7406,56	96	77,1517		
Total:	9172,76	101			

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,003063  
Based on medians: p(same) = 0,07183

Welch F test in the case of unequal variances: F=7,419, df=41,92, p=4,638E-05

Tukey's pairwise comparisons:  
Q | p(same)

	T+	T-	BPHY_1	BPHY_2	BALG_A	BALG_B
T+		0,5431	0,9691	0,0008657	0,1901	0,05007
T-	2,387		0,9456	0,1244	0,987	0,8259
BPHY_1	1,114	1,273		0,0111	0,6341	0,2857
BPHY_2	5,972	3,585	4,858		0,4166	0,7763
BALG_A	3,304	0,9166	2,19	2,668		0,9927
BALG_B	4,113	1,726	2,999	1,859	0,8093	

**Figure 39:** Effet de l'efficacité de deux différentes dose d'un bioproduit sur la croissance de la partie aérienne.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

---

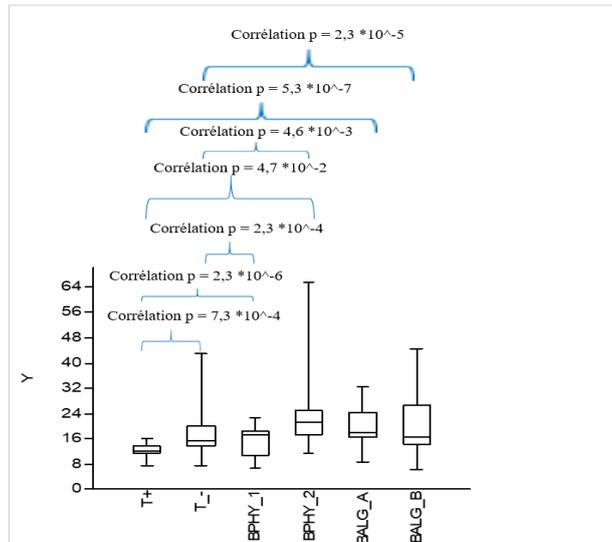
### 3. Evaluation temporelle de l'effet des différentes doses d'application des deux bioproduits sur la croissance des feuilles :

Le graphe de la figure 17 représente des boîtes à moustaches qui montrent l'application des différentes doses des deux bioproduits à base d'un mélange d'oligo-éléments. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique et à base d'un puissant stimulant d'algue sous l'effet de différents blocs à savoir, bloc (témoin) T+ et T- ; BPHY 1 ; BPHY 2 ; BALG A ; BALG B sur la mesure de la croissance des feuilles des plants de fève durant la période du suivi (24/03/2022 jusqu'à 05/05/2022). Les résultats de l'analyse de la corrélation expriment globalement une différence hautement significative de ( $p= 4.638 \times 10^{-05}$ ) pour les six blocs.

La comparaison par paire établie par la corrélation fait ressortir la présence d'une différence hautement significative ( $p= 4.7 \times 10^{-2}$ ,  $p < 1\%$ ) entre le bloc T+ et BPHY 2. La suite de comparaison par corrélation entre BPHY 2 et T-, on remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 4.6 \times 10^{-3}$ ,  $p < 1\%$ ). Ensuite, la comparaison entre BPHY 1 et T- indique une différence hautement significative de ( $p= 2.3 \times 10^{-4}$ ,  $p < 1\%$ ).

La corrélation désigne la présence d'une différence hautement significative ( $p= 7.3 \times 10^{-4}$ ;  $p < 1\%$ ) entre T- et T+. Puis, la corrélation fait ressortir d'une différence hautement significative ( $p= 2.3 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ) entre bloc T- et BALG B. la comparaison entre bloc T+ et BPHY 1 montre une différence hautement significative de ( $p= 2.3 \times 10^{-6}$ ;  $p < 1\%$ ). Enfin, la comparaison entre bloc T+ et BALG A montre également une différence hautement significative de ( $p= 5.3 \times 10^{-7}$ ;  $p < 1\%$ ).

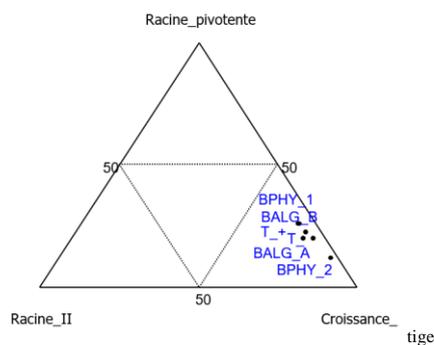
## RESULTATS ET DISCUSSIONS



**Figure 40** : Effet de différentes doses des traitements sur la mesure de croissance de la partie aérienne.

#### 4. Diagramme de ternaire (PAST vers. 1.91) :

Le ternaire nous a permis de comparer quantitativement l'efficacité des trois facteurs étalés durant la période de suivi. Pour cela, nous pouvons remarquer que les blocs (Témoin et les blocs traités au bioproduits) affichent une efficacité importante sur la croissance des feuilles (< 50%) par rapport au développement racinaire.



**Figure 41** : Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différents doses des deux traitements.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

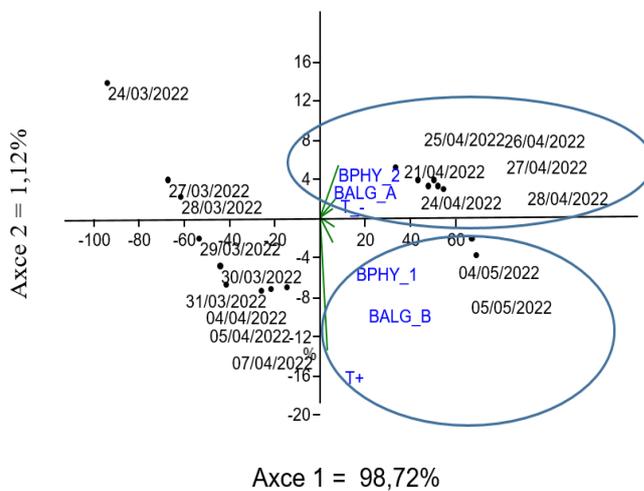
### IV.2.2.B. Sur la croissance des tiges :

#### B.1.L'analyse en Composantes Principales (ACP) :

Cette analyse montre que les différentes doses appliquées sont comparables par les deux axes, l'axe 1 est de 98.72% et l'axe 2 est de 1.12%.

L'analyse multi variée est acceptable de faite que les deux axes présentent un pourcentage de contribution de 99.84%.

En revanche, la projection des variables montre que la tendance des vecteurs de différents blocs confirme l'efficacité de la mesure de croissance de la partie aérienne du traitement donc, regroupe un seul groupe B. Les trois blocs sont : (BPHY 2) ; (BALG A) et T- aux deuxièmes périodes après l'application du stress, le 21/04/2022 jusqu'à 28/04/2022. Les trois blocs restants : (BPHY1), (ALG B), (T+) confirme une efficacité aussi pendant la



période d'après stress 04/04/2022 jusqu'à 05/05/2022.

**Figure 42 :** Projection de la croissance des tiges des plants de fève sous l'effet de différentes doses de deux bioproduits.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

---

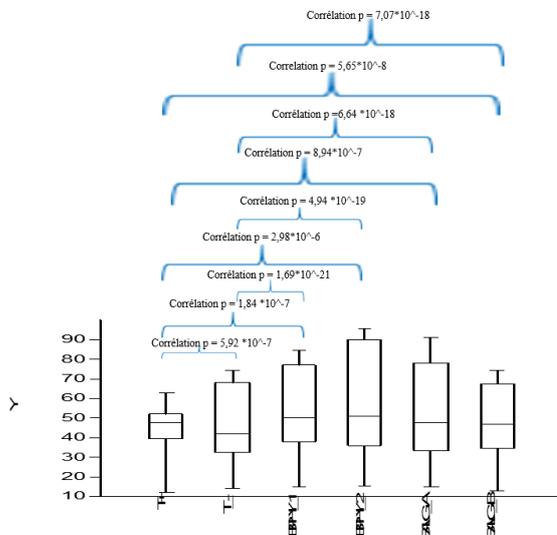
### **B.2. Evaluation temporelle de l'effet des différentes doses d'application des deux bioproducts sur la croissance des tiges :**

Le graphe de la figure 20 représente des boites à moustaches qui montrent l'application des différentes doses des deux bioproducts à base d'un mélange d'oligo-éléments. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique et à base d'un puissant stimulant d'algue sous l'effet de différents blocs à savoir, bloc (témoin) T+ et T- ; BPHY 1 ; BPHY 2 ; BALG A ; BALG B sur la mesure de la croissance de tiges des plants de fève durant la période du suivi (24/03/2022 jusqu'à 05/05/2022).

La comparaison par paire établie par la corrélation fait ressortir la présence d'une différence hautement significative ( $p= 2.98 \times 10^{-6}$ ,  $p < 1\%$ ) entre le bloc T+ et BPHY 2. La suite de comparaison par corrélation entre BPHY 2 et T-, on remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 4.94 \times 10^{-19}$ ,  $p < 1\%$ ). Ensuite, la comparaison entre BPHY 1 et T- indique une différence hautement significative de ( $p= 1.69 \times 10^{-21}$ ,  $p < 1\%$ ).

La corrélation désigne la présence d'une différence hautement significative ( $p=5.92 \times 10^{-7}$ ;  $p < 1\%$ ) entre T- et T+. Puis, la corrélation fait ressortir d'une différence hautement significative ( $p= 7.07 \times 10^{-18}$ ,  $p < 1\%$ ) entre bloc T- et BALG B. la comparaison entre bloc T+ et BPHY 1 montre une différence hautement significative de ( $p= 1.84 \times 10^{-7}$ ;  $p < 1\%$ ). Ensuite, la comparaison entre bloc T+ et BALG A montre également une différence hautement significative de ( $p= 8.94 \times 10^{-7}$ ;  $p < 1\%$ ). La corrélation désigne une différence hautement significative ( $p= 5.65 \times 10^{-8}$ ;  $p < 1\%$ ). Enfin, la comparaison entre bloc T- et BALG A montre également une différence hautement significative de ( $p= 6.64 \times 10^{-18}$ ;  $p < 1\%$ ).

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

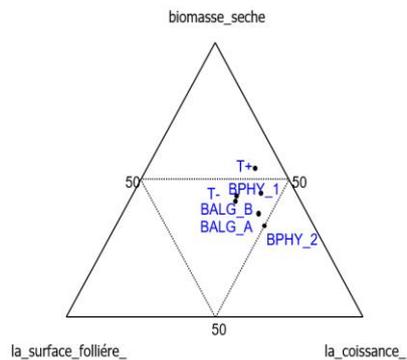
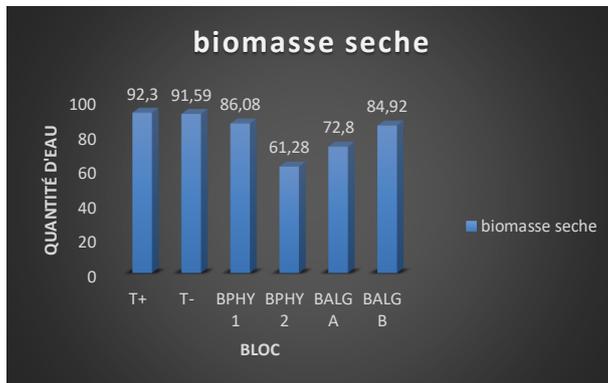


**Figure 43 :** Effet de différentes doses des traitements sur la mesure de croissance de la partie aérienne.

### IV.2.2.C. la biomasse sèche :

Le graphe de la figure n° 21 présente l'évaluation de la biomasse sèche sur les six blocs. La comparaison qui correspond le dernier jour d'observation (14/05/2022) montre une différence entre les six blocs avec des faibles valeurs aux biomasse sèche. Cette dernière marque une moindre valeur dans le bloc BPHY 2 par rapport aux autres blocs de (61.28%), puis le bloc BALG A de biomasse égale à (72.8%), Ensuite ; la biomasse sèche entre des deux bloc BPHY 1 et BALG B sont presque égale de (86.08%) et (84.92%). Enfin, une augmentation de la biomasse sèche par rapport aux T+ à (92.3%) et aussi par rapport aux bloc T- à (91.59%).

## RESULTATS ET DISCUSSIONS



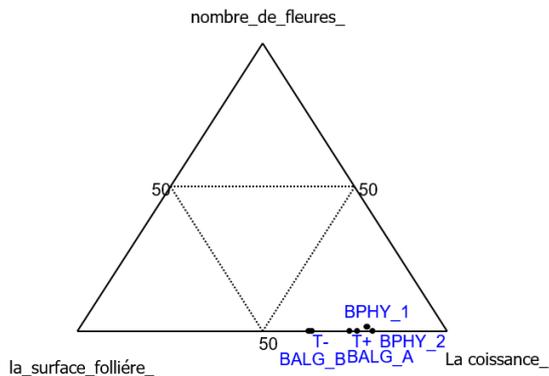
**Figure 44:** La biomasse sèche de la culture de fève.

**Figure 45 :** Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différents doses des deux traitements.

Le ternaire nous a permis de comparer quantitativement l'efficacité des trois facteurs étalés durant la période de suivi (24/03/2022 – 05/05/2022). Pour cela, nous pouvons remarquer que le bloc T+ affiche une efficacité importante sur la biomasse sèche à ( $\geq 50\%$ ) par rapport à la croissance des tiges et la surface foliaire. Ensuite, les résultats montrent que l'efficacité des blocs T-, BPHY 1, BALG A et BALG B affichent une efficacité importante sur la biomasse sèche de ( $50\%$ ) par rapport à la croissance des tiges et la surface foliaire. Enfin, le bloc BPHY 2 affiche une efficacité de ( $< 50\%$ ) sur la biomasse sèche par rapport à la croissance des tiges et la surface foliaire.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### IV.2.2.D. Nombre de fleurs :



**Figure 46 :** Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différentes doses des deux traitements.

Le ternaire nous a permis de comparer quantitativement l'efficacité des trois facteurs étalés durant la période de suivi (04/05/2022). Pour cela, nous pouvons remarquer que le bloc BPHY 1 affiche une efficacité importante sur le nombre de fleurs à (<50%) par rapport à la croissance des tiges et la surface foliaire. Par contre les autres blocs T-, T+, BPHY 2, BALG A et BALG B montre qu'il y a pas d'efficacité sur le nombre de fleurs à (0%).

#### - Culture de fraiser :

##### a. Sur la croissance des feuilles :

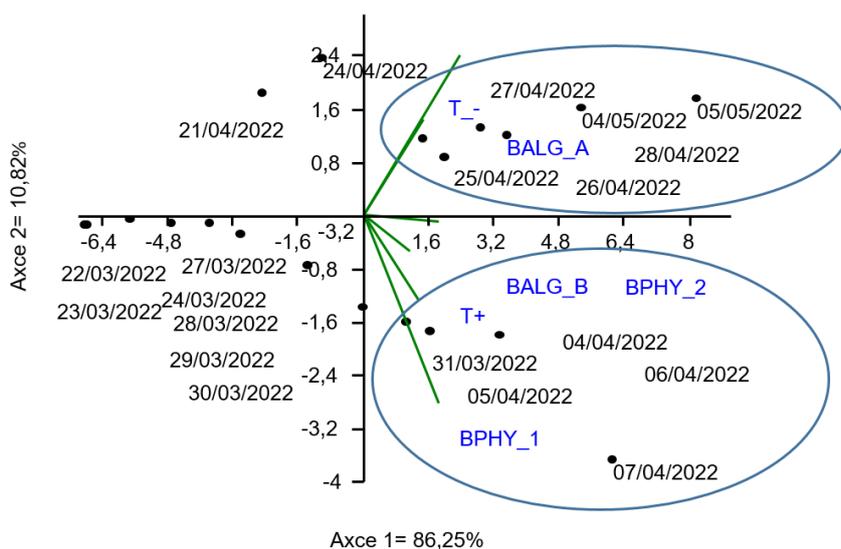
###### a.1. L'analyse en Composantes Principales (ACP) :

Cette analyse montre que les différentes doses appliquées sont comparables par les deux axes, l'axe 1 est de 86.25% et l'axe 2 est de 10.82%.

L'analyse multi variée est acceptable de faite que les deux axes présentent un pourcentage de contribution de 97.07%.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

En revanche, la projection des variables montre que la tendance des vecteurs de différents blocs confirme l'efficacité de la mesure de croissance de la partie aérienne du traitement utilisé sur les blocs T+, BPHY 1, BPHY 2, et BALG B aux premières périodes pendant l'application du traitement (groupe A) où la plante est dans le stade pousse, le 31/03/2022 jusqu'à 07/04/2022. Les deux blocs restants : T-, BALG A confirmé le (groupe B) qu'il a une efficacité pendant la période après stress, 26/04/2022 jusqu'à 05/05/2022.



**Figure 47** : projection de la croissance des feuilles des plants de fraise sous l'effet de différentes doses des deux bioproduits.

### a.2. L'analyse de variance par le test one-way ANOVA :

Cette analyse présente une différence significative qui est représentée dans le tableau 2 et la figure n°26.A travers le test de Tukey, ( $p = 4.21 \times 10^{-3}$ ;  $p < 1\%$ ) entre le bloc de (BPHY 2) et le bloc (T+) présente une différence hautement significative. Ensuite, la comparaison entre le bloc (BPHY 2) et le bloc (BPHY 1) désigne une différence hautement significative de ( $p = 6.91 \times 10^{-4}$ ;  $p < 1\%$ ) selon le test de Tukey. Aussi, cette analyse fait ressortir une différence hautement significative entre les deux blocs de BALG B et le bloc BPHY 2, de

( $p = 1.21 \times 10^{-4}$ ;  $p < 1\%$ ). Enfin, le test de Tukey montre une différence hautement significative de ( $p = 2.62 \times 10^{-3}$ ;  $p < 1\%$ ) entre le bloc BALG B et le bloc BALG A.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	139,958	5	27,9917	7,744	2,657E-06
Within groups:	412,06	114	3,61456		
Total:	552,018	119			

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,0104  
Based on medians: p(same) = 0,0181

Welch F test in the case of unequal variances: F=11,32, df=52,69, p=1,932E-07

Tukey's pairwise comparisons:  
Q \ p(same)

	T+	T-	BPHY_1	BPHY_2	BALG_A	BALG_B
T+		0,9161	0,9943	0,004212	0,3195	0,465
T-	1,418		0,6356	0,07974	0,8997	0,06302
BPHY_1	0,7677	2,186		0,0006919	0,1067	0,8033
BPHY_2	5,261	3,843	6,029		0,5564	0,0001215
BALG_A	2,904	1,485	3,671	2,357		0,002627
BALG_B	2,557	3,975	1,789	7,818	5,46	

Figure 48: Effet de l'efficacité de deux différentes dose d'un bioproduit sur la croissance de la partie aérienne.

### a.3. Evaluation temporelle de l'effet des différentes doses d'application des deux bioproduits sur la croissance des feuilles :

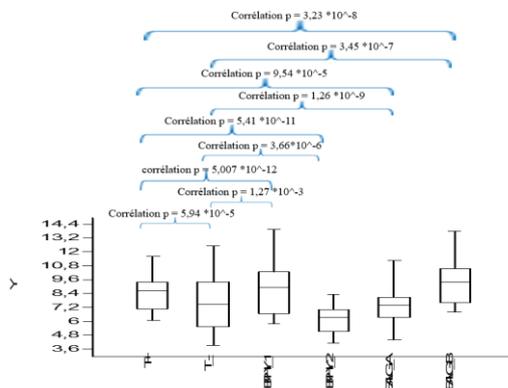
Le graphe de la figure 27 représente des boîtes à moustaches qui montrent l'application des différentes doses des deux bioproduits à base d'un mélange d'oligo-éléments. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique et à base d'un puissant stimulant d'algue sous l'effet de différents blocs à savoir, bloc (témoin) T+ et T- ; BPHY 1 ; BPHY 2 ; BALG A ; BALG B sur la mesure de la croissance des feuilles des plants de fraise durant la période du suivi (22/03/2022 jusqu'à 05/05/2022). Les résultats de l'analyse de la corrélation expriment globalement une différence hautement significative de ( $p= 1.93 \times 10^{-07}$ ) pour les six blocs.

La comparaison par paire établie par la corrélation fait ressortir la présence d'une différence hautement significative ( $p= 5.41 \times 10^{-11}$ ,  $p < 1\%$ ) entre le bloc T+ et BPHY 2. La suite de comparaison par corrélation entre BPHY 2 et T-, on remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 3.66 \times 10^{-6}$ ,  $p < 1\%$ ). Ensuite, la comparaison entre BPHY 1 et T- indique une différence hautement significative de ( $p= 1.27 \times 10^{-3}$ ,  $p < 1\%$ ).

La corrélation désigne la présence d'une différence hautement significative ( $p= 5.94 \times 10^{-5}$ ;  $p < 1\%$ ) entre T- et T+. Puis, la corrélation fait ressortir d'une différence hautement significative ( $p= 3.45 \times 10^{-7}$ ,  $p < 1\%$ ) entre bloc T- et BALG B. la comparaison entre bloc T+ et BPHY 1 montre une différence hautement significative de ( $p= 5.007 \times 10^{-12}$ ;  $p < 1\%$ ). Par la suite, la comparaison entre bloc T+ et BALG B montre également une différence hautement significative de ( $p= 3.23 \times 10^{-8}$ ;  $p < 1\%$ ). La corrélation désigne la présence d'une différence hautement significative

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

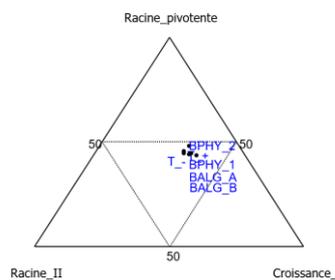
( $p = 1.26 \times 10^{-9}$  ;  $p < 1\%$ ) entre BALG A et T-. Enfin, la comparaison entre bloc T+ et BALG A montre également une différence hautement significative de ( $p = 9.54 \times 10^{-5}$  ;  $p < 1\%$ ).



**Figure 49** : Effet de différentes doses des traitements sur la mesure de croissance de la partie aérienne.

### a.4. Diagramme de ternaire (PAST vers. 1. 91) :

Le ternaire nous a permis de comparer quantitativement l'efficacité des trois facteurs étalés durant la période de suivi (22/03/2022 – 05/05/2022). Pour cela, nous pouvons remarquer que les blocs (Témoins et les blocs traités au bioproduits) affichent une efficacité importante sur la croissance des feuilles ( $\leq 50\%$ ) par rapport au développement racinaire.



**Figure 50** : Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différents doses des deux traitements.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

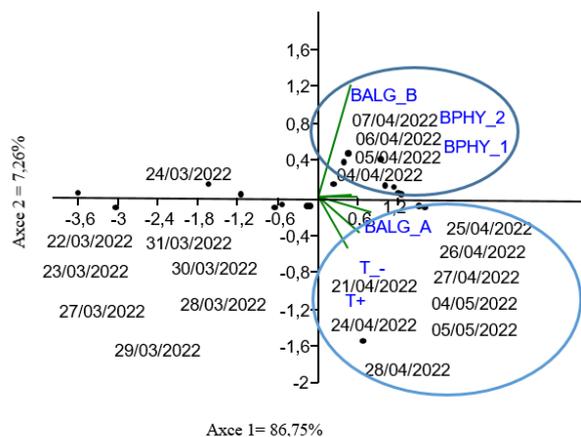
### b. Sur la croissance des tiges :

#### b.1.L'analyse en Composantes Principales (ACP) :

Cette analyse montre que les différentes doses appliquées sont comparables par les deux axes, l'axe 1 est de 86.75% et l'axe 2 est de 7.26%.

L'analyse multi variée est acceptable de faite que les deux axes présentent un pourcentage de contribution de 94%.

En revanche, la projection des variables montre que la tendance des vecteurs de différents blocs confirme l'efficacité de la mesure de croissance de la partie aérienne du traitement donc, regroupe deux groupes. Le premier groupe A montré une efficacité pendant la période d'application des traitements qui sont les blocs : (BPHY 2) ; (BALG B) et (BPHY1) le 23/03/2022 jusqu'à 07/04/2022. Et le deuxième groupe B regroupe les blocs : (BALG A, T- et T+) qui confirme une efficacité pendant la période d'après stress le 21/04/2022 jusqu'à 05/05/2022.



**Figure 51** : projection de la croissance des tiges des plants de fraise sous l'effet de différentes doses des deux bioproduits.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### b.2. L'analyse de variance par le test one-way ANOVA :

Cette analyse présente une différence significative qui est représentée dans le tableau 3 et la figure n°30. A travers le test de Tukey, ( $p= 1.19 \times 10^{-4}$  ;  $p < 1\%$ ) entre le bloc de (BPHY 2) et le bloc (T+) présente une différence hautement significative. Ensuite, la comparaison entre le bloc (BPHY 2) et le bloc (BPHY 1) désigne une différence hautement significative de ( $p=8.88 \times 10^{-4}$  ;  $p < 1\%$ ) selon le test de Tukey. Aussi, cette analyse fait ressortir une différence hautement significative entre les deux blocs de (BALG B) et le bloc (BPHY 1), de ( $p= 1.19 \times 10^{-4}$  ;  $p < 1\%$ ). Par la suite, ce test montre une différence hautement significative de ( $p=1.19 \times 10^{-4}$  ;  $p < 1\%$ ) entre (BALG A et T+ et T-) le même %. Aussi, cette analyse fait ressortir une différence hautement significative entre les deux blocs de (BALG A et le bloc BPHY 2) de ( $p=1.8 \times 10^{-2}$  ;  $p < 1\%$ ). Le test de Tukey montre une différence hautement significative de ( $p=1.3 \times 10^{-4}$  ;  $p < 1\%$ ) entre le bloc (BALG B) et le bloc (BALG A). Selon Tukey, la différence entre le bloc (BPHY1 et T+) est hautement significative de ( $p=1.193 \times 10^{-4}$  ;  $p < 1\%$ ) et aussi entre (BPHY 1 et T-) est la même. Enfin, cette analyse montre une différence hautement significative entre (BPHY 2 et T-) de ( $p=1.3 \times 10^{-3}$  ;  $p < 1\%$ ).

One-way ANOVA

	Sum of sqrs	df	Mean square	F	p(same)
Between groups:	49.5944	5	9.91888	25,1	5,451E-17
Within groups:	45,0495	114	0,395171		
Total:	94,6439	119			

Levene's test for homogeneity of variance, based on means: p(same) = 0,7577  
Based on medians: p(same) = 0,8327

Welch F test in the case of unequal variances: F=24,53, df=53,06, p=1,051E-12

Tukey's pairwise comparisons:  
Q | p(same)

	T+	T-	BPHY_1	BPHY_2	BALG_A	BALG_B
T+		1	0,0001193	0,001975	0,0001193	0,3213
T-	0,1565		0,0001193	0,001353	0,0001193	0,2646
BPHY_1	11,5	11,66		0,0008863	0,9385	0,0001194
BPHY_2	5,581	5,738	5,919		0,0182	0,4097
BALG_A	10,19	10,34	1,313	4,606		0,0001321
BALG_B	2,899	3,056	8,601	2,662	7,288	

**Figure 52:** Effet de l'efficacité de deux différentes doses d'un bioproduit sur la croissance de la partie aérienne.

### b.3. Evaluation temporelle de l'effet des différentes doses d'application des deux bioproduits sur la croissance des tiges :

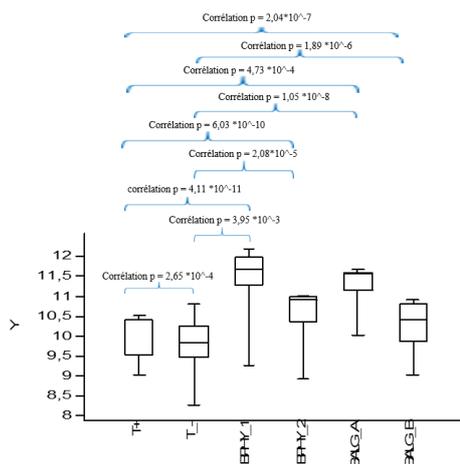
Le graphe de la figure 31 représente des boîtes à moustaches qui montrent l'application des différentes doses des deux bioproduits à base d'un mélange d'oligo-éléments. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique et à base d'un puissant stimulant d'algue sous l'effet de différents blocs à savoir, bloc (témoin) T+ et T- ; BPHY 1 ; BPHY 2 ; BALG A ; BALG B sur la mesure de la croissance des feuilles des plants de fraise durant la période du suivi

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

(22/03/2022 jusqu'à 05/05/2022). Les résultats de l'analyse de la corrélation expriment globalement une différence hautement significative de ( $p= 1.05 \times 10^{-12}$ ) pour les six blocs.

La comparaison par paire établie par la corrélation fait ressortir la présence d'une différence hautement significative ( $p= 6.03 \times 10^{-10}$ ,  $p < 1\%$ ) entre le bloc (T+ et BPHY 2). La suite de comparaison par corrélation entre (BPHY 2 et T-), on remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 2.08 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ). Ensuite, la comparaison entre (BPHY 1 et T-) indique une différence hautement significative de ( $p= 3.95 \times 10^{-3}$ ,  $p < 1\%$ ).

La corrélation désigne la présence d'une différence hautement significative ( $p=2.65 \times 10^{-4}$ ;  $p < 1\%$ ) entre (T- et T+). Puis, la corrélation fait ressortir d'une différence hautement significative ( $p= 1.89 \times 10^{-6}$ ,  $p < 1\%$ ) entre bloc (T- et BALG B). la comparaison entre bloc (T+ et BPHY 1) montre une différence hautement significative de ( $p= 4.11 \times 10^{-11}$ ;  $p < 1\%$ ). Par la suite, la comparaison entre bloc (T+ et BALG B) montre également une différence hautement significative de ( $p= 2.04 \times 10^{-7}$ ;  $p < 1\%$ ). La corrélation désigne la présence d'une différence hautement significative ( $p= 1.05 \times 10^{-8}$ ;  $p < 1\%$ ) entre (BALG A et T-). Enfin, la comparaison entre bloc (T+ et BALG A) montre également une différence hautement significative de ( $p= 4.73 \times 10^{-4}$ ;  $p < 1\%$ ).



**Figure 53 :** Effet de différentes doses des traitements sur la mesure de croissance de la partie aérienne.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### c. Sur la croissance de fruits :

#### c.1. L'analyse de variance par le test Kruskal-Wallis :

Cette analyse présente une différence significative qui est représentée dans le tableau 4 et la figure n° 32. A travers le test de Mann-Whitny, ( $p=6.79 \times 10^{-8}$ ;  $p < 1\%$ ) entre le bloc de (BPHY 2) et le bloc (T+) présente une différence hautement significative. Ensuite, la comparaison entre le bloc (BPHY 2) et le bloc (T-) désigne une différence hautement significative de ( $p=9.12 \times 10^{-7}$ ;  $p < 1\%$ ) selon le test de Kruskal-Wallis. Aussi, cette analyse fait ressortir à une différence hautement significative entre les deux blocs de (BALG B) et le bloc (T+), de ( $p=3.15 \times 10^{-2}$ ;  $p < 1\%$ ). Par la suite, ce test montre une différence hautement significative de ( $p=6.79 \times 10^{-8}$ ;  $p < 1\%$ ) entre (BALG A et T+ et T-) le même pourcentage. Aussi, cette analyse fait ressortir à une différence hautement significative entre les deux blocs de (BALG A et le bloc BPHY 2) de ( $p=2.92 \times 10^{-5}$ ;  $p < 1\%$ ). le test de Kruskal-Wallis montre une différence hautement significative de ( $p=1.3 \times 10^{-3}$ ;  $p < 1\%$ ) entre le bloc (BALG A) et le bloc (BPHY 1). Enfin, selon Kruskal-Wallis la différence entre le bloc (BPHY1 et T+) est hautement significative de ( $p=6.79 \times 10^{-8}$ ;  $p < 1\%$ ) et aussi entre (BPHY 1 et T-) est de ( $p=6.01 \times 10^{-7}$ ;  $p < 1\%$ ).

Kruskal-Wallis test

H: 64,77  
Hc: 67,28  
p(same): 1,252E-12

Mann-Whitney pairwise comparisons,  
Bonferroni corrected \ uncorrected:

	T+	T-	BPHY_1	BPHY_2	BALG_A	BALG_B
T+		0,001227	6,796E-08	6,796E-08	6,796E-08	0,03152
T-	0,01841		6,015E-07	9,127E-07	6,796E-08	0,8392
BPHY_1	1,019E-06	9,022E-06		0,07643	0,001349	0,2816
BPHY_2	1,019E-06	1,369E-05	1		2,925E-05	0,2853
BALG_A	1,019E-06	1,019E-06	0,02023	0,0004387		0,1136
BALG_B	0,4728	1	1	1	1	

**Figure 54:** Effet de l'efficacité de deux différentes dose d'un bioproduit sur la croissance de la partie aérienne.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

---

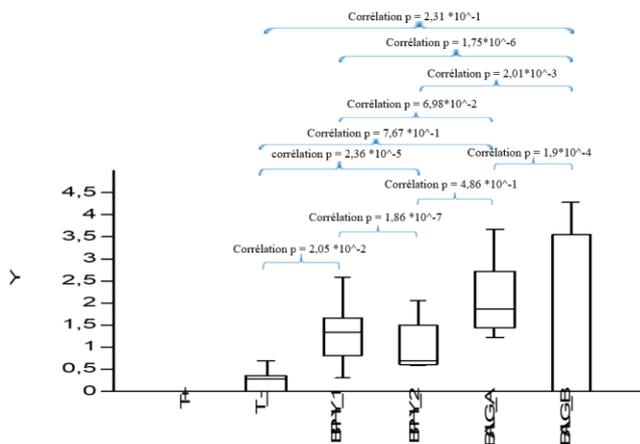
### c.2. Evaluation temporelle de l'effet des différentes doses d'application des deux bioproduits sur la croissance des fruits :

Le graphe de la figure 33 représente des boîtes à moustaches qui montrent l'application des différentes doses des deux bioproduits à base d'un mélange d'oligo-éléments. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique et à base d'un puissant stimulant d'algue sous l'effet de différents blocs à savoir, bloc (témoin) T+ et T- ; BPHY 1 ; BPHY 2 ; BALG A ; BALG B sur la mesure de la croissance des feuilles des plants de fraise durant la période du suivi (22/03/2022 jusqu'à 05/05/2022). Les résultats de l'analyse de la corrélation expriment globalement une différence hautement significative de ( $p= 1.25 \times 10^{-12}$ ) pour les six blocs.

La comparaison par paire établie par la corrélation fait ressortir la présence d'une différence hautement significative ( $p= 2.05 \times 10^{-2}$ ,  $p < 1\%$ ) entre le bloc (BPHY 1 et T-). La suite de comparaison par corrélation entre (BPHY 2 et T-), on remarque qu'il y'a une différence hautement significative avec ( $p= 2.36 \times 10^{-5}$ ,  $p < 1\%$ ). Ensuite, la comparaison entre (BPHY 1 et BPHY 2) indique une différence hautement significative de ( $p= 1.86 \times 10^{-7}$ ,  $p < 1\%$ ).

La corrélation désigne la présence d'une différence hautement significative ( $p=7.67 \times 10^{-1}$ ;  $p < 1\%$ ) entre (T- et BALG A). Puis, la corrélation fait ressortir d'une différence hautement significative ( $p= 6.98 \times 10^{-2}$ ,  $p < 1\%$ ) entre bloc (BPHY 1- et BALG A). la comparaison entre bloc (BALG A et BPHY 2) montre une différence hautement significative de ( $p= 4.86 \times 10^{-1}$ ;  $p < 1\%$ ). Par la suite, la comparaison entre bloc (T- et BALG B) montre également une différence hautement significative de ( $p= 2.31 \times 10^{-1}$ ;  $p < 1\%$ ). La corrélation désigne la présence d'une différence hautement significative ( $p= 1.75 \times 10^{-6}$ ;  $p < 1\%$ ) entre (BALG B et BPHY 1). Aussi, la comparaison entre bloc (BPHY 2 et BALG B) montre également une différence hautement significative de ( $p= 2.01 \times 10^{-3}$ ;  $p < 1\%$ ). Enfin, la différence est hautement significative de ( $p=1.9 \times 10^{-4}$ ;  $p < 1\%$ ) entre le bloc (BALG B et BALG A).

## RESULTATS ET DISCUSSIONS



**Figure 55 :** Effet de différentes doses des traitements sur la mesure de croissance de la partie aérienne.

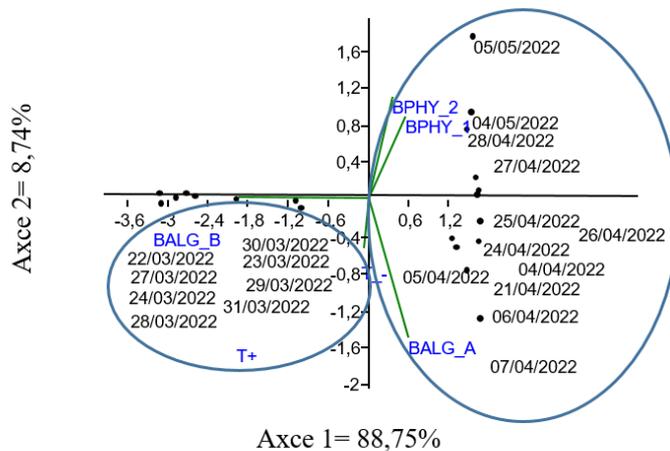
### c.3. L'analyse en Composantes Principales (ACP) :

Cette analyse montre que les différentes doses appliquées sont comparables par les deux axes, l'axe 1 est de 88.75% et l'axe 2 est de 8.74%.

L'analyse multi variée est acceptable de faite que les deux axes présentent un pourcentage de contribution de 97.49%.

En revanche, la projection des variables montre que la tendance des vecteurs de différents blocs confirme l'efficacité de la mesure de croissance de la partie aérienne du traitement utilisé sur le les blocs T+, et BALG B aux premières périodes pendant l'application du traitement (groupe A) où la plante est dans le stade pousse, le 23/03/2022 jusqu'à 07/04/2022. Les blocs restants : BPHY 2, BPHY 1 et BALG A confirmé le (groupe B) qu'il a une efficacité pendant la période après stress, 21/04/2022 jusqu'à 05/05/2022.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

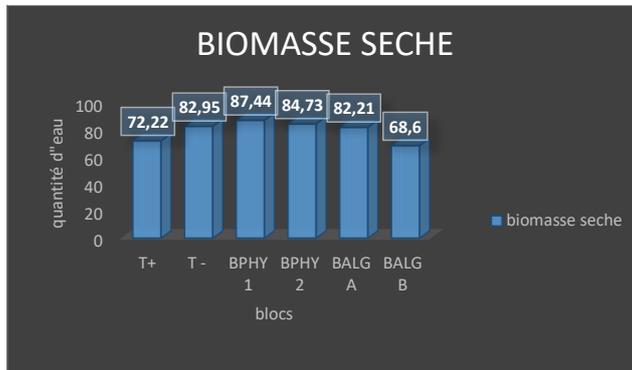


**Figure 56** : projection de la croissance des feuilles des plants de fraise sous l'effet de différentes doses des deux bioproduits.

### C. la biomasse sèche :

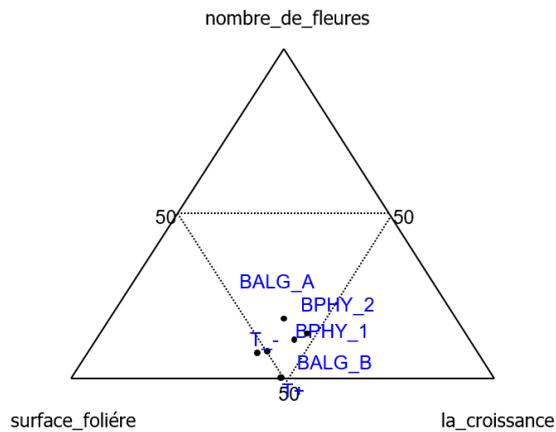
Le graphe de la figure n° 35 présente l'évaluation de la biomasse sèche sur les six blocs. La comparaison qui correspond le dernier jour d'observation (18/05/2022) montre une différence entre les six blocs avec des faibles valeurs aux biomasse sèche. Cette dernière marque une moindre valeur dans le bloc BALG B par rapport aux autres blocs de (68.6%), puis le bloc T+ de biomasse égale à (72.22%), Ensuite ; la biomasse sèche entre des deux bloc T- et BALG A sont presque égale de (82.95%) et (82.21%). Enfin, une augmentation de la biomasse sèche par rapport aux BPHY 1 à (87.44%) et aussi par rapport aux bloc BPHY 2 à (84.73%).

## RESULTATS ET DISCUSSIONS



**Figure 57:** La biomasse sèche de la culture du fraisier.

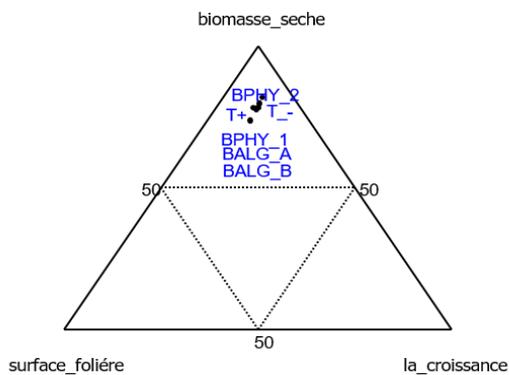
Le ternaire nous a permis de comparer quantitativement l'efficacité des trois facteurs étalés durant la période de suivi. Pour cela, nous pouvons remarquer que tous les blocs affichent une efficacité importante sur la biomasse sèche à ( $\geq 50\%$ ) par rapport à la croissance des tiges et la surface foliaire.



**Figure 58 :** Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différentes doses des deux traitements.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### D. Nombre de fleurs :



**Figure 59 :** Etude comparée par le Ternaire du différent paramètre traité par différentes doses des deux traitements.

Le ternaire nous a permis de comparer quantitativement l'efficacité des trois facteurs étalés durant la période de suivi. Pour cela, nous pouvons remarquer que tous les bloc s'affichent une efficacité importante sur le nombre de fleurs à ( $\leq 50\%$ ) par rapport à la croissance des tiges et la surface foliaire.

### IV.3. Discussion Générale :

Cette approche inclus une large gamme de biofertilisant, l'étude présente porte principalement sur les biofertilisants composés d'algues et de phytohormone. Nous avons tenté de tester l'efficacité de ces derniers afin de comparer les résultats obtenus. Nous avons tenté de discuter notre choix et le rôle important des biofertilisants dans la stimulation de la production par des études relativement proche. Effets de traitement sur les paramètres morphologiques de la fève et la fraise :

Il a été d'ailleurs rapporté que les biostimulants tels que les extraits algaux ont des effets bénéfiques sur les paramètres de croissance de la plante surtout sous stress abiotique tel que la salinité (Kumari et *al.*, 2011 ; Bulgari et *al.*, 2019 ; Shekhar Sharma et *al.*, 2014).

En effet, les substances bioactives présentes dans les extraits algaux améliorent la performance des plantes lorsqu'elles sont cultivées en conditions de stress abiotiques (Battacharyya et *al.*, 2015).

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

---

Les biostimulants sont des produits qui, lorsqu'ils sont appliqués à de faibles doses sur les semences (Zhang *et al.*, 1997). Les biostimulants agissent sur la physiologie des plantes par différentes voies, améliorant la croissance des cultures, les rendements, la qualité, l'absorption des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques et la durée de conservation des produits récoltés (Du jardin *et al.*, 2015 ; Yakhi *et al.*, 2017). Dans cette optique, nous avons tenté de tester deux bioproduits différentes doses afin de suivre le stress hydrique.

Nous avons tenté de discuter notre choix et le rôle important des biofertilisants dans la stimulation de la production par des études relativement proche. Plusieurs espèces d'algues influencent également la régulation des gènes impliqués notamment dans l'absorption des nutriments, mais aussi au niveau de la régulation de nombreux gènes impliqués dans la résistance aux stress biotiques et abiotiques, dont les stress hydriques, via une réduction de la conductance stomatique (Cook *et al.*, 2018 ; Shukla *et al.*, 2019).

Effets des traitements sur les paramètres morphologiques de la fève et la fraise : D'après nos résultats, on note que suite à la comparaison par l'analyse multi variée, l'effet des deux traitements le premier à base d'un mélange d'oligo-élément. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique, et le deuxième un bio stimulent à base d'algue qui favorise la division cellulaire, la formation des tissus et des organes de la plante, induit la formation des bourgeons, stimule l'initiation des feuilles la croissance et le développement des racines, sur les paramètres de croissance (longueur des tiges, surface foliaire, biomasse, nombre de fleurs et fruits), présente des différences significatives entre les différents traitements et doses appliquées :

Effets des traitements sur la culture de la fève : la comparaison entre les différentes doses des de bioproduits sur les paramètres de croissance pendant deux périodes différentes (pendant l'application des traitements et après stress) affichent une efficacité importante sur la croissance des feuilles tige, système racinaire et nombre de fleurs et la biomasse sèche).

Cependant, les blocs BALG B (84.92%) et BPHY1 (86.08%) affichent une longueur de la partie aérienne et souterraine la plus importante par rapport aux autres blocs. Nos résultats rejoignent ceux de (Blunden et ses collaborateurs 1991), Les extraits d'algues marines sont connus pour leur pouvoir de stimulation de la croissance des légumes, des fruits et d'autres cultures étant donné qu'ils contiennent des régulateurs de croissance tels que les auxines, les gibbérellines, les cytokinines, les bêtaïnes et les principaux macro et micronutriments.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

---

Ainsi, les algues marines sont considérées comme des biofertilisants efficaces en agriculture (Booth, 1965 ; Bokil *et al.*, 1974 ; Godlewska *et al.*, 2016 ; Vijayakumar *et al.*, 2019).

Par ailleurs, la comparaison entre les différentes doses des deux bioproduits présente différents significatifs entre les différents paramètres étudiés de la fève, les plantes traitées présentent des valeurs très importantes selon les deux périodes, tous les blocs affichent une efficacité importante sur la biomasse sèche par rapport à la croissance des tiges et la surface foliaire de (50%).

En effet, les substances bioactives présentes dans les extraits algaux améliorent la performance des plantes lorsqu'elles sont cultivées en conditions de stress abiotiques (Battacharyya *et al.*, 2015). Ainsi, il a été démontré que l'application foliaire des exopolysaccharides extraits de la microalgue *Dunaliella salina* stimule la croissance en hauteur des plants de tomate cultivés sous deux niveaux de salinité (El-Arroussi *et al.*, 2018).

Effets des traitements sur la culture de la fraise : d'après nos résultats quand n'a obtenu dans notre étude on a montré une efficacité différente des bioproduits et des doses utilisées sur les paramètres étudiées (surface foliaire, croissance des tiges, développement racinaires, nombre des fleurs, croissance des fruits et la biomasse sèche) selon deux périodes différentes (pendant le traitement et après stress). Cependant, les résultats de la croissance des feuilles et tiges montrent que les blocs BPHY 1, BPHY 2, et BALG B ont un effet remarquable pendant l'application des traitements par contre la période après stress le bloc BALG A qui a bien réagi.

Concernant la croissance de fruits pendant l'application des traitements le bloc BALG B a un effet significatif par contre la période d'après stress ou les blocs BPHY 1, BPHY 2 et BALG A ont un effet remarquable dans cette période, D'après Rouso et ses collaborateurs (2009) montrent que des plants de fraisiers traités en pulvérisation foliaire avec un extrait d'algue brune *Ascophyllum nodosum* présentent une augmentation significative du poids des fruits produits comparé à des plants non traités.

Les mêmes auteurs ont rapporté que des résultats similaires ont été obtenus lors de la pulvérisation foliaire d'acide gibbérellique (AG) et ils ont suggéré ainsi que les effets des extraits algaux seraient dus aux phytohormones qu'ils contiennent et en particulier à l'AG. Cependant, les résultats de la biomasse sèche aérienne et souterraine montrent que les blocs

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

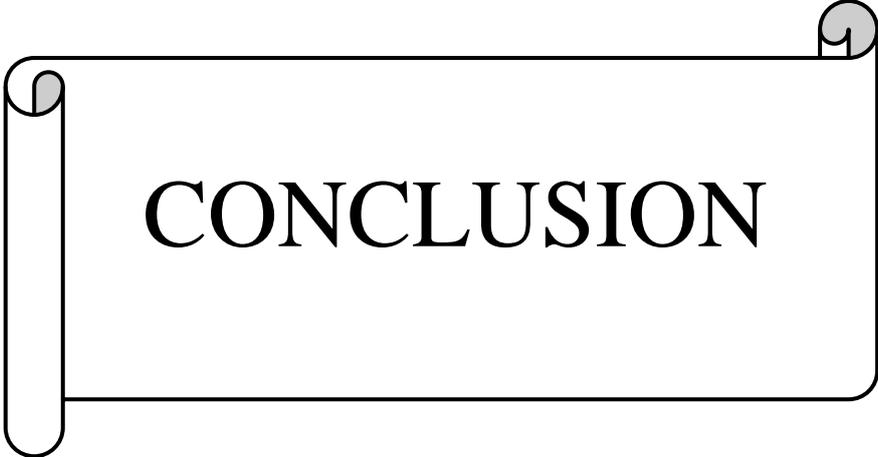
---

BALG A (82.21%), BPHY1 (87.44%), BPHY 2 (84.73%) et BALG B (68.6%) donc, tous les bloc affichant une efficacité importante sur la biomasse sèche à ( $\geq 50\%$ ) par rapport à la croissance des tiges et la surface foliaire.

Supposent que les effets bénéfiques des extraits d'algues sont liés à leur composition en molécules impliquées dans la stimulation directe de la croissance des plantes (AIA, cytokinines, gibbérelline, éléments nutritifs, vitamine et acides aminés). Selon Khan et ses collaborateurs (2009) ; Craigie (2011) et Battacharyya et ses collaborateurs (2015), les effets des algues sur la croissance des plantes sont dus à une multitude de composés qu'elles contiennent (hormones, polysaccharides, laminarines, alginates et carraghénanes, ainsi que leurs produits de dégradation, des micros et macronutriments, stérols, des composés azotés et des vitamines). Selon, nos résultats obtenu tous les blocs affichant une efficacité importante sur le nombre de fleurs à ( $\leq 50\%$ ) par rapport à la croissance des tiges et la surface foliaire. L'augmentation de la teneur en chlorophylles des feuilles de vigne et de fraisier a été remarquée après traitement de ces plantes avec des extraits d'algues (Mancuso *et al.*, 2006 ; Spinelli *et al.*, 2010).

A partir des résultats obtenus sur la fluctuation des biofertilisants sur les paramètres de croissance. Les plantes présentent une hauteur élevée. Cependant, les différentes doses des deux bioproduits à base d'un mélange d'oligo-élément. Silicium sous forme d'acide orthosilicique et un bio stimulent à base d'algue affichent une longueur importante de la partie aérienne et la partie souterraine.

Aussi par rapport à la biomasse sèche qui est remarquable dans les plantes traitées. Ce qui signifie que notre bioproduit offre la possibilité d'augmenté la croissance des plantes. Selon les travaux de Akkache en 2019, qui a trouvé que le biofertilisant à base de vermicompostage fermenté et le vermicompostage à base déchet ménager et le jus de vermicompostage ont un effet important sur la biomasse sèche. De nombreux résultats de recherche démontrent clairement les effets positifs de l'utilisation des biofertilisants sur la biomasse sèche des cultures.



**CONCLUSION**

## Conclusion

---

### *Conclusion*

Notre expérimentation a été réalisée dans le but de déterminer l'impact de deux différentes doses des bioproduits à base d'un mélange d'oligo-élément. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique et un bio stimulant à base d'algue sur les paramètres de croissances et les traits morpho-physiologiques (La surface foliaire, la biomasse, croissance des tiges et nombre de fleurs et fruits) et l'état phytosanitaire de la Fève (*Vicia faba*) et Fraise(*fragariavulgaris*) cultivée en pot sous serre en polycarbonate.

Les résultats montrent que l'apport des deux doses des bioproduits (5ml et 10ml) ont un effet satisfaisant sur les paramètres de croissance et les traits morpho-physiologique des deux cultures.

Concernant la culture de la fève : (période des traitements) la première dose de BPHY 2 a un effet important sur la surface foliaire, (période d'après stress) les doses BPHY 1, BALG A et BALG B ont un effet aussi sur la croissance foliaire et la croissance des tiges.

Toutes les doses ont un effet sur la biomasse sèche de la partie aérienne et la partie souterraine et le développement racinaire de la plante de la fève à savoir une application foliaire quotidienne durant le cycle de développement de la plante. La dose BPHY 1 affiche une efficacité importante sur le nombre de fleur par rapport aux autres blocs.

Concernant la culture du fraisier : (période des traitements) les doses BPHY 1, BPHY 2 et BALG B ont un effet important sur la surface foliaire et sur la croissance des tiges, (période d'après stress) la dose BALG A a un effet aussi sur la croissance foliaire et la croissance des tiges.

Toutes les doses ont un effet sur la biomasse sèche de la partie aérienne et la partie souterraine, le développement racinaire et nombre de fleurs de la plante de la fraise à savoir une application foliaire quotidienne durant le cycle de développement de la plante. La dose BALG B affiche une efficacité importante sur la croissance des fruits pendant l'application des traitements et une efficacité aussi importante des doses BPHY 1, BPHY2 et BALG A pendant la période d'après stress.

L'ensemble des résultats a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- ✓ De point de vue croissance, nous ne constatons que les bioproduits à base d'un mélange d'oligo-élément. Silicium sous forme d'acide ortho-silicique et un bio stimulant à base

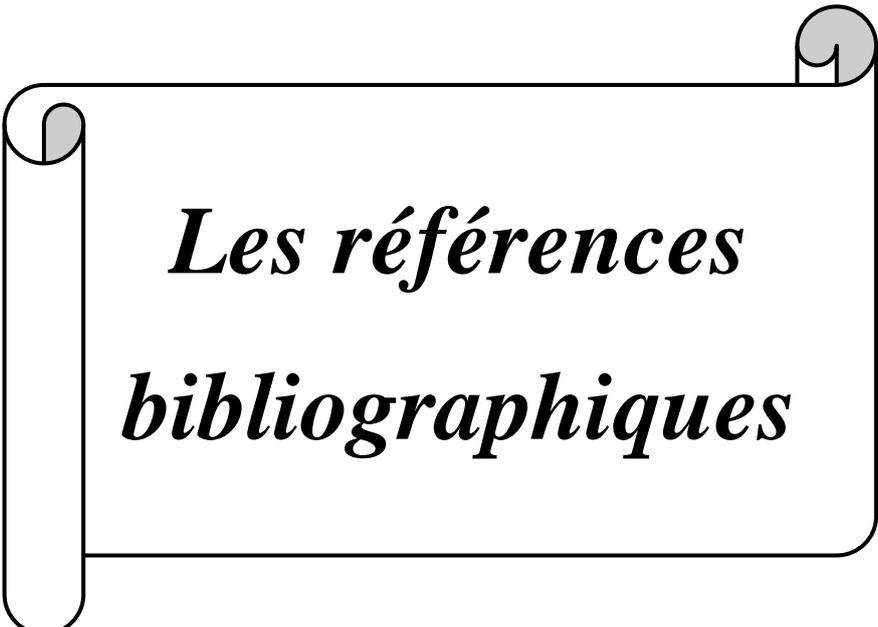
## Conclusion

---

d'algue exerce un effet positif sur les paramètres mesurés. Des augmentations remarquables sont enregistrées chez les plantes de fève et fraise sur la vitesse de croissance, hauteur des tiges.

- ✓ Concernant les traits morpho-physiologiques, on a enregistré que les plantes marquent des résultats importants sur la surface foliaire, biomasse sèche (tige, feuille, racine, fleurs et fruits).
- ✓ Par ailleurs, les résultats des paramètres phytosanitaires montrent l'efficacité des bioproduits où on n'a pas marqué des infestations au niveau des feuilles.

D'après les résultats, il est souhaitable d'approfondir ces recherches dans le but de l'utilisation de ces biofertilisants.



***Les références  
bibliographiques***

## Les références bibliographiques

---

### *Les références bibliographiques*

1. Abetz P., 1980- Seaweed extracts: Have they any place in Australian agriculture or horticulture? J. Aust. Inst. Agric. Sci. 46, pp: 23–29.
2. Agoun O., Lounis, S., 2012. Aspects physiologiques et biologiques des algues rouges. Mémoire de fin de cycle en biochimie. Bejaia, Université Abderrahmane Mira, 32p.
3. ALBOUCHI A., SEBEÏ H., MEZNI MY., EL AOUNI MH., 2000 - Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla* Lin dl. Edit. Annales d'INRGREF, Vol. 4, pp : 138-161.
4. Akkache (2019). L'effet de vermicompostage sur la croissance en longueur des tiges du blé, P56.
5. Albrecht, U. Plant Bio stimulants: Definition and Overview of Categories and Effects, 2019, 4p.
6. Amédée Masclef 1987. Atlas des plantes de France. Paris, Editions Belin, 480p.
7. Aslam M., Khan I. A., Saleem M. and Ali Z. 2006. Assessment of water stress tolerancing different maize accessions at germination and early growth stage. Pak. J. Bot. 38(5):(1571 -1579).
8. asmoinducedproline response in higher plants. Plant Physiol
9. Atti S., 2002. Assessment of soybean (glycine max (l.) merr.) water stress, lipochito oligosaccharides application and spectatralresponce. These Master, Department of Agricultural and Biosystems Engineering Macdonald Campus of Mc Gill, University Montreal, Canada, 128p.
10. Aurelien., 2012. Les fraisiers, une communauté très branchée, cultiver, débiter, fruits rouges, général.24p
11. Auxbulles.,2008. L'eau et de la plongée sous-marine. <https://www.auxbulles.com;auxbulles>
12. Bado, B. V., Sedogo M. P., Cescas, M. P., Lompo, F., and Bationo, A. (1997). Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. Cahiers Agricultures, 6 (6): 571 – 575.
13. Bationo, A., and Mokwunye, A.U. (1991). Role of manures and crop residue in alleviating soil fertility constraints to crop production with special reference to the sahelian and sudanian zones of West Africa. Fert Res, 29 :125-177.
14. Battacharyya, D., Mahbobeh Zamani Babgohari, Pramod Rathor, BalakrishnanPrithiviraj ,.2015. Seaweed extracts as bio stimulants in horticulture, Edited by Giuseppe Colla, Youssef Roupheal Volume 196, Pages 1-134.
15. Battacharyya, D., Mahbobeh Zamani Babgohari, PramodRathor, BalakrishnanPrithiviraj.,.2015. Seaweed extracts as bio stimulants in horticulture, Edited by Giuseppe Colla, Youssef Roupheal Volume 196, Pages 1-134.
16. Belkhdja M., 1996.Action de la salinité sur le comportement physiologique, métabolique, minérale et recherche de marqueurs moléculaires chez la fève (*Vicia faba*L.). Thèse de Doctorat en Es-science naturelle ,255P.

## Les références bibliographiques

---

17. Berger, M., Belem P. C., Dakouo D., and Hien, V. (1987). Le maintien de la fertilité des sols dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. *Cot. etFib. Trop.*;vol.XLII Fasc, 3: 10.
18. BetitN ., Chiha N., 2019. Effet des extraits d'algues marines sur la restauration de la croissance de l'orge cultivé sous stress salin. Mémoire de Fin d'étude Master en Génie des Procédés. Bejaia, Université Abderrahmane Mira, 55p.
19. BEZZALA A., 2005. Essai d'introduction de l'arganier (*Arganiaspinosa* L. Skeels), dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Université El HadjLakhdar. Thèse de Magister 143p.
20. Bishcoff Y., 2008 -Diversité et mobilité des algues de neige dans les Alpes suisses, UNIVERSITE DE GENEVE, 132P.
21. Booth E., 1966- Some properties of seaweed manures. *Proceedings of the International Seaweed Symposium 5*, pp: 349-357.
22. Bradáčová K, W. N.-T. 2016. Micronutrients (Zn/Mn), seaweed extracts, and plant growth-promoting bacteria as cold-stress protectants in maize. *Chemical Biological Technologies in Agriculture*, 19p.
23. Brink, M., Belay, G., 2006. Ressources Végétales de l'Afrique tropicale 1 : céréales et légumes Secs, prota, pays bas, pp: 221-223.
24. Brown, P.; Saa, S. Bio stimulants in Agriculture. *Front. Plant Sci.* 2015, 6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00671>
25. Calvo, P., Nelson, L., Kloepper, J.W., (2014). Agricultural uses of plant bio stimulants. *Plant Soil* 383, 3–41.
26. Cercetari Agronomie in Moldova, 2001, 44(1) 35-42.
27. Chaux, C., Foury, C.L., 1994. Production légumière : Légumineuses potagères, Légumes fruits. Tome III, Ed : TEC. et DOC, Lavoisier, 563p.
28. Chouikhi A., 2013. Les applications potentielles des macro-algues marines et les activités pharmacologiques de leurs métabolites. *International Congress of the Populations and Animal Communities Dynamics and Biodiversity of the terrestrial and aquatic Ecosystems. Algeria*: 40p.
29. Cluzet S., Torregrosa C., Jacquet C., Lafife C., Fournier J., Mercier L., Salamagne S., Briand X., Esquerré T., Dumas B., 2004 -Gene expression profiling and protection of *Medicago truncatula* against a fungal infection in response to an elicitor from green algae *Ulva* spp. *Plant cell and environment*. V2 (7), pp: 917-928.
30. contents and polymorphic DNA in *Lupinus albus* plants grown under water
31. Couplen, A., and Marm, C. (2009). *Jardineza naturel. Le jardin plus bio facile*, 249pp.
32. Cook, J., Zhang, J., Norrie, J., Blal, B. et Cheng, Z. (2018). Seaweed extract (Stella Maris®) activates innate immune responses in *Arabidopsis thaliana* and protects host against bacterial pathogens. *Marine drugs*, 16(7), 221.
33. Csukasi F., Merchante C., Valpuesta V., 2009. Modification des niveaux d'hormones végétales et la signalisation comme outil en biotechnologie végétale. *Biotechnol J* 4, pp : 1293–1304.
34. De Beake P., Casal M.L., Puech J., 1996- Elaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. Étude en lysimètres. *Agronomie*, 16, pp :3- 23.
35. Depositphotos., 2019- Hypotonique images vectorielles, Hypotonique vecteurs.

## Les références bibliographiques

---

36. Des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress
37. Dhargalkar V., & Pereira N. 2015. Seaweed: Promising plant of the millennium. *Science and Culture*, pp : 60-66.
38. Dridi ., 2011. Caractérisation phéno-morphologique de quelques lignées de fève (*Vicia faba L.*) sélectionnées et adaptées aux conditions de cultures dans les régions arides en Tunisie. *Africa focus*. 24 (1), pp: 71-94.
39. du Jardin, P. (2015). Plant bio stimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hort.* 196, 3-14. doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.021
40. DU JARDIN, P., 2015. Plant bio stimulants : Définition, concept, main catégories and régulation. *Sci. Hort.* 196(30) : 3-14.
41. DU JARDIN, P., 2015. Plant bio stimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Sci. Hort.* 196 (30), pp: 3-14.
42. Environnement Congrès international de biochimie. Agadir, 09-12 Mai
43. Euronext, Paris 1991 ,165-186.
44. 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.
45. FAO, 2004- The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)/World Health Organization (WHO) International Food Safety Authorities Network (INFOSAN).
46. Featonby-Smith B & Van Staden J., 1983 a-The effect of seaweed concentrate and fertilizer on the growth of *Beta vulgaris*. *Z Pflanzenphysiol* 112, pp: 155–162.
47. Galston A.W., Davies P.J., 1969. Régulation hormonale chez les plantes supérieures. *Science* 163x1288–1297
48. Garon-lardiere, S., 2004. Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Thèse de doctorat en chimie. France, Université De Bretagne Occidentale, 210 p.
49. GEST.H., 2002-History of world photosynthesis and evolution of its definition. *Photosynthesis research*. Pp:737-610.
50. Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, A.M, Quiles, J.L., Mezzetti, B., Battino, M., 2012. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition* 28(1): 9–19
51. Giove, R., and Abis, S. (2007). Place de la méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. *Les notes d'analyse du CIHEAM*. 23:1-21
52. Greene, G. H.; Dong, X., 2018. To Grow and to Defend. *Science*, 361 (6406), 976–977. <https://doi.org/10.1126/science.aau9065>
53. HAMMER O., HARPER D. A.T et RYAN P.D., 2001- PAST paleontological statistical software package for education and data analysis. *Palaeontologica Electronica* 4(1).92 p.
54. Havryliuk Kharzheveska N., 2022. Cycle de vie d'un fraisier sur un fond blanc.
55. HERVIEU.B., GUILLOU M., 2000-la brevetabilité du vivant en débat : Construire des plantes résistantes à la sécheresse. Communiqués et dossiers de presse. Presse Info - Juin/juillet. Institut National de la Recherche Agronomique.
56. Hydrique de deux variétés de blé dur, Biochimie, Substances naturelles et

## Les références bibliographiques

---

57. Jeannin I, L. J.-G. 1991. The effects of aqueous seaweed spray on the growth of maize. *Botanica Marina*, pp:469-473.
58. Jubault M., Hamon C., Gravot A., Lariagon C., Delourme R., Bouchereau A. and Manzanares-Dauleux M.J., 2008- Differential Regulation of Root Arginine Catabolism and Polyamine Metabolism in Clubroot-Susceptible and Partially Resistant Arabidopsis Genotypes. *Plant Physiol.* 146, pp: 2008-2019.
59. Kameli A et Losel D.M. Contribution of carbohydrates and other solutes to
60. Kauffman, G. L., Kneivel, D. P., et Watschke, T. L. (2007). Effects of a bio stimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. *Crop Sci.* 47(1), 261-267. doi:10.2135/cropsci2006.03.0171
61. Khan W., Rayirath U. P., Subramanian S., Jithesh M. N., Rayorath P., Hodges D. M., Critchley A. T., Craigie J. S., Norrie J et Prithiviraj B., 2009- Seaweed extracts as bio stimulants of plant growth and development. *J. Plant GrowthRegul*, 28, pp: 386– 399.
62. KRAMER P.J., 1980.Drought stress and the origin of adaptation. In: Turner NC, Kramer PJ, eds *Adaptation of plants to water and hight temperature stress*. New York: Wiley-Interscience,120, pp: 45-48.
63. KRISTA.P., 2003-How and when does water stresses impact plant growth and development. The department of land resources and environnemental sciences. Water Quality and Irrigation Management. Montana State University- Bozeman.American society of agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America 2003 Annual Meetings held in Denver, Colorado.
64. Kwalekar S.J., 2013. Role of biofertilizers and biopesticides for sustainable agriculture. *J BiolInnov* 2, pp: 73-78.
65. L'amélioration des plantes pour l'adaptation ou milieux arides, John Libbey
66. Ladizinsky., 1975.On the origin of the broad bean *Vicia faba* L. *Bot.* 24, pp: 80-88.
67. Lahrer F., Lepart L., Patrivalisky M., Chappart M., 1993. Effectors for the
68. Lakhdar F., 2018. Contribution à l'étude des potentialités antiproliférative et antibactérienne des algues brunes et rouges de la côte d'El Jadida pour une valorisation médicale et environnementale. Thèse de doctorat en Sciences de la Mer et du littoral. Maroc, Université de nante, El jadida, 207p.
69. Leakey Andrew D.B., Uribelarrea M., Ainsworth E.A., Naidu S.L., Rogers A, Ort D.R. and Long S.P., 2006- Photosynthesis, Productivity, and Yield of Maize Are Not Affected by Open-Air Elevation of CO2 Concentration in the Absence of Drought. *Plant Physiol.* 140, pp: 779-790.
70. Leclerc V., Floch J., 2010. *Les secrets des algues*, Ed. Quae. France. ISBN : 978-2-7592-0347-5. 169 p.
71. Less H. and Galili G., 2008- Principal Transcriptional Programs Regulating Plant Amino Acid Metabolism in Response to Abiotic Stresses. *Plant Physiol.* 147, pp: 316-330.
72. Lexer C., 2005 - adaptations fairy-like of MF (to the environmental effort: un conducting rare or frequent of speciation *Biol 18 Of J Evol*: pp: 893-900.
73. Lionello P., Malanotte-Rizzoli P. and Boscolo R., 2006- Mediterranean climate variability. *Developments in Earth and Environmental Sciences*, 4. Edition Elsevier B.V. p 496.

## Les références bibliographiques

---

74. Malamy J.E., 2005 - Intrinsic and environmental pathway that regulate root system architecture. *Plant Cell Environ*; 28, p: 67-77.
75. MAOUGAL R. T., 2015. Cours de physiologie végétale. Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (I.N.A.T.A.A) ; 22p.
76. Mard, 2018. Statistiques agricoles : le marichage. Ministère de l'agriculture et du développement rural/ direction des systèmes d'information, des statistiques et de la prospective, 8p.
77. MAZLIAK. P., 2000-Physiologie végétale.TomeI.EditionHeremann. ISBN : 2705659439.p 521
78. McHugh, D., 2003. A guide to the seaweed industry. FAO Fisheries, Technical Paper N° 441. FAO, Rome, Italy
79. Mefti M., Abdelguerfi A. et Chebouti A., Etude de la tolérance à la Options Méditerranéennes HEAM, 2000, pp : 173-176.
80. Memory H., 2006. Biologie Module 1, Diversité des algues et des plantes, 45p.
81. Memory, T., 2011.Biologie Module 1, Diversité des algues et des plantes. Département des sciences biologiques. Zimbabwe, Université Virtuelle Africaine, 06.
82. Metting, B., W. J. Zimmerman, I. J. Crouch and J. Van Staden, 1990. Agronomic Uses of Seaweeds and Microalgae. In: I. Akatsuka (Editor), Introduction to Applied Phycology, The Hague, the Netherlands, pp. 589-627
83. Michel J, clément Mahenc J-M., et Nerdeux C., 1981.Larousse Agricole. Edition, Librairie Larousse : Canada, ISBN 2-03-514 301-2.540p.
84. Monneveux P. Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la
85. Monneveux Ph et This D., 1997- La génétique face au problème de la tolérance des plantes cultivées à la sécheresse : Espoirs et difficultés., sécheresse, 8 (1), pp :29-37.
86. Mooney P., Van Staden J., 1986- Algae and cytokinins. *J. Plant Physiol* 123, pp: 1–21.
87. Morgan J.M., 1984- Osmoregulation as a selection criterion for drought tolerance in wheat., *Aust. J.Agric. Res.*, 34, pp: 607-614.
88. Munné-Bosch S., Alegre L., Die and Let L., 2004 - leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Functional Plant Biology* 31, pp: 203–216.
89. Murphy C. J., et Pill W. G. (2010). Cultural practices to speed the growth of microgreen arugula (roquette; *Eruca vesicaria* subsp. *sativa*). *J. Hortic. Sci. and Biotechnology*. 85(3), 171-176. doi:10.1080/14620316.2010.11512650
90. Nagwa., 2022- Fiche explicative de la leçon : hormones végétales.
91. Naigai T. Y. & Kimoto T., 2003.Preparation and functional properties of beverages made from sea alga. *Food Chemistry*, 81(3), pp: 327-332.
92. Nazarli, A., Faraji, F and Zardashti, M.R. Effect of drought stress and
93. Oerke, E.-C. Crop Losses to Pests. *J. Agric. Sci.* 2006, 144 (1), pp: 31–43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
94. Oosten V., Pepe O., Pascale S., Silletti S and Maggio A., 2017-The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4:5p.
95. osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *J. plant physiol.* 1995
96. Ouchene M., Boukoucha R., 2018 - Effets d'extraits d'algues sur la stimulation de la croissance des petits pois et de l'orge. Université A. MIRA Bejaia : 79P.

## Les références bibliographiques

---

97. Paniagua Michel J., Capa Robles W., Olmos Soto J., Gutierrez Milan L.E., 2009. The carotenogenesis pathway via the isoprenoid-beta-carotene interference approach in a new strain of *Dunaliella salina* isolated from Baja California Mexico. *Mar Drugs*, 7, pp:45-56.
98. Pichot, J., Sédogo, M. P., and Poulain, J. F. (1981). Évolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence des fumures minérales et organiques. *Agron Trop*, 36 : 122- 133.
99. Pieri, C. (1989). Fertilité des terres de savane. Bilan de 30 années de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Paris : Agridoc-International. Ministère de la coopération et CIRAD-IRAT, 444pp.
100. Planas-Riverola, A.; Gupta, A.; Betegón-Putze, I.; Bosch, N.; Ibañez, M.; Caño-Delgado, A. I., 2019. Brassinosteroid Signaling in Plant Development and Adaptation to Stress. *Development*, 146 (5), dev151894. <https://doi.org/10.1242/dev.151894>
101. polymer on osmotic adjustment and photosynthetic pigments of sunflower
102. Prasad M.P., M. L. 2016. A study on antioxidant properties of seaweeds by hydrogen peroxide assay. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*.
103. Rajeev K.J. & Xu Z., 2004. Biomedical compounds from marine organisms. *Marine Drug* 2, pp: 123-146.
104. Rao, N. K. S.; Laxman, R. H.; Shivashankara, K. S. Physiological and Morphological Responses of Horticultural Crops to Abiotic Stresses. In *Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops*; Rao, N. K. S., Shivashankara, K. S., Laxman, R. H., Eds.; Springer India: New Delhi, 2016; pp 3–17. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2725-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2725-0_1)
105. Règlement du parlement européen et du conseil établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants porteurs du marquage CE et modifiant les règlements (CE) no 1069/2009 et (CE) no 1107/2009. March 17, 2016
106. Rengasamy P., Tavakkoli E., McDonald G. K. (2016). Exchangeable cations and clay dispersion: net dispersive charge, a new concept for dispersive soil. *Eur. J. SoilSci.* 67, 659– 665. [10.1111/ejss.12369](https://doi.org/10.1111/ejss.12369) [CrossRef] [Google Scholar]
107. Rjeib W., Kahlaoui B., Hachicha M. 2015. Effet de l'irrigation avec des eaux salées sur une culture de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en Tunisie: Réponses du quinoa aux contraintes hydriques et salées, Editions universitaires européennes, pp.24.
108. Roger Prat., 2004. Article La photosynthèse : généralités. 24p.
109. Saglam, A., Terzi, R., Nar, H., Saruhan, N., Ayaz, A.F. and Kadioglu, A., 2010- Inorganic and Organic solutes In apoplastic and symplastic spaces contribute to osmotic Adjustment during leaf rolling in *Ctenanthesetosa*. *ActaBiologicaCracoviensia Series Botanica*, 52(1),pp:37–44.
110. Sakamoto T., 2006. Phytohormones and rice crop yield: strategies and opportunities for genetic improvement *Transgenic Res* 15, pp: 399–404.
111. Sédogo, M. P. (1981). Contribution à l'étude de la valorisation des résidus culturaux en sol ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Matière organique du sol, nutrition azotée des cultures. Thèse de Docteur Ingénieur, INPL Nancy, 135 pp.
112. Selye Hans 1956, *The stress of life*, New York, McGraw- Hill Paperbacks,
113. Sho Hang bo., Chen Xiao- Yan., Chu Li-Ye., Zhao Xi-Ning., Wu Gang., Yuan Yong-Bing., Zhao Chang-Xing., Hu Zan-Min., 2006 - Investigation on the relationship of

## Les références bibliographiques

---

- prolinewith wheat anti drought under soil water deficits. *Colloida and surfaces B: Biointerfaces*, 53, pp: 113-119.
114. Siddhanata S.K., Ramavat K. M. & Chauhan V.D., 1991. Biomedical potential of marine algae. *Journal Seaweed*.15, pp: 149-157.
115. Simonneau, D., Crosson, Ph., Taupin, P., Bouttet, D, Chaillet, I., 2012. Bulletin Vigicultures: mode opératoire observations féveroles parcelles fixes. n°5, 14p.
116. stress. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2011, 2(2), 207-
117. Tardieu F., Zivy M., 2006. Amélioration génétique de la tolérance des cultures à la sécheresse. In : Sécheresse et agriculture réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Ed. Expertise scientifique collective, INRA, Paris, pp: 242- 257.
118. Taylor C.R., 1996 – Proline and water deficit: Ups, Downs and Outs. *The Plant Cell*, 8, pp: 1221 – 1224
119. THEBAULT.L., 2001- La nutrition végétale : La plante et l'eau, la photosynthèse, Interactions de la plante avec son milieu : les adaptations. Du BigBang à l'Homme. ThinkDifferent : Site créé sur Apple Macintosh
120. Thivy F. 1964. Seaweeds manure for perfect soil and smiling fields. *Salt Res. Indust.*, pp: 1-4.
121. Thivy F., 1964 - Seaweeds manure for perfect soil and smiling fields. *Salt Res. Indust*, pp: 1-4.
122. tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver ? In: AUPELF-UREF ed.
123. Van Oosten M.J., Pepe O., De Pascale S., Silletti S., Maggio A., 2017. The role of bio stimulants and bio effectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and biological Technologies in Agriculture* pp: 4-5.
124. Van Oosten, M. J.; Pepe, O.; De Pascale, S.; Silletti, S.; Maggio, A, 2017. The Role of Bio stimulants and Bio effectors as Alleviators of Abiotic Stress in Crop Plants. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 4 (1), 5. <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>
125. Waiciechowski M. F., Lavin M., Sanderson M. I., 2004. Phylogeny of legumes leguminous based on analysis of the plastid mat K gene resolves many well supported subclades with the family. *Am I*, pp: 1846 - 1862.
126. Wang W.X., Brak T., Vinocur B., Shoseyov O. et Altman A., 2003. Abiotic resistance and chaperones: possible physiological role of SP1, a stable and stabilising protein from *Populus*. In: Vasil IK (ed), *Plant biotechnology 2000 and beyond*. Kluwer, Dordrecht: pp: 439-443.
127. Wang W.X., Brak.T., Vinocm B., Shoseryov et Altman A., 2003- Abiotic resistance and Chaptomes possible physiologique role of SPI, a stable and stabilizing protein from *Papulus Lu*: Vasil. IK (ed) *plant biotechnology and beyoudkluwerDordercht* , pp: 439-443.
128. Wu Y., Jenkins T., Blunden G., Mende N and Hankins S., 1998- Suppression of fecundity of the root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, in monoxenic cultures of *Arabidopsis thaliana* treated with an alkaline extract of *Ascophyllum nodosum*. *Journal of Applied Phycology* (1), pp:91 -94.

## Les références bibliographiques

---

129. Yakhin O.I., Lubyaynov A.A., Yakhin I.A., Brown P.H., 2017. Biostimulants in Plant Science: A global Perspective. *Frontiers in Plant Science* 7, p.1-32.
130. Zerrad W, Hillali S, Mataoui B, El Antri S, Hmyene A. Etude comparative
131. Zhang X., 1997. Influence of plant Growth Regulators on Turf Grass Growth, Antioxidant Status, and Drought Tolerance PhD thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, pp: 1-144.
132. Zhang, X., 1997. Influence of Plant Growth Regulators on Turf Grass Growth, Antioxidant Status, and Drought Tolerance PhD thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, pp. 1–144.
133. ZRYD J-P., 2004- L'eau et les végétaux. La biologie du stress. UNIL : Université de Lausanne. Biophore - CH-1015 Lausanne - Suisse.
- 134.
- 135.
- 136.
- 137.
- 138.