

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEGNEMENT SUPERIEURET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIES

**Mémoire de fin d'études**

Pour l'obtention du Diplôme de Master Académique

Option : Agro-ressource et Environnement

Thème :

**Étude de comportement de l'orge hydroponique sous l'effet de  
trois types de biostimulants (d'extrait d'algues, d'acide humique,  
*Bacillus subtilis*)**

**Présenté par : Lazizi Mounia Latifa**

**Devant le jury composé de :**

<b>Mme Allal Benfekih L.</b>	Pr.	USDB	Présidente du jury
<b>Mme Moumene S.</b>	M.C.B	USDB	Promotrice
<b>Mme Stella M.</b>	M.C.A	USDB	Examinatrice

**Année universitaire- 2016/2017**

## **Remerciements**

C'est grâce à l'aide de dieu tout puissant que ce travail a été achevé.

Je tiens à remercier cordialement et exprimer ici ma profonde gratitude à Mme Moumene S. pour l'aide et le soutien qu'elle m'a apportée tout le long de ce travail.

Je tiens vivement à remercier Mme Allal pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury, quelle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Mes plus sincères remerciements vont à Mme Stella d'avoir accepté de juger ce travail.

Je remercie également, Mme Benrima pour ces conseils.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

## Dédicaces

A la mémoire de ma défunte sœur « Djawida » qui m'a beaucoup soutenue et encourager à terminer mes études malgré sa maladie.

A ma Mère rabi yerhamha.

A mon Père.

A mon époux « Yassine ».

Pour mes filles « Malak », « Rahma », « Sofia ».

A ma sœur Amina et ma nièce Asma.

A ma meilleure amie « Khadidja ».

## Résumé

Cette étude vise la recherche d'intrants biologiques en vue d'améliorer la croissance, le rendement en biomasse et, inhiber ou réduire les moisissures toxigènes.

La culture hydroponique de la variété d'orge locale « Tichedrett » a été réalisée dans une chambre où les conditions abiotiques ont été contrôlées. Sa mise en place a été en présence de témoins et sous l'effet de trois types de biostimulants commerciaux appliqués selon deux modes différents par trempage des grains et par pulvérisation des jeunes plants après levée.

Les traitements sont Algor (extraits d'algues à base de *Scenedesmus* et *Nostoc*) appliqué à la dose de 10 ml / litre, Humix (extrait d'acide humique) et Biohealth WGC (suspension de *Bacillus Subtilis*), utilisés à la dose de 10g/ litre. La durée de chaque culture était de sept jours.

Les résultats ont révélé l'effet biostimulant de l'ensemble des traitements sur la germination, la hauteur des plants, la biomasse aérienne, racinaire et totale ainsi que, leur effet inhibiteur spécifique sur la croissance de certains genres de moisissures affectant l'orge en hydroponie.

L'extrait d'acide humique et la suspension de *Bacillus subtilis* s'avèrent les meilleurs biostimulants de la germination des grains d'orge et la hauteur des plants en culture hydroponique.

La suspension de *Bacillus subtilis*, et/ou l'extrait d'algues ont également induit la stimulation de la croissance et la résistance à l'attaque des moisissures des genres : *Fusarium*, et *Alternaria* et même *Penicillium* pour la suspension bactérienne avec la survie de *Rhizopus*.

**Mots clés :** *Hordeum vulgare*, hydroponie, traitements biologiques, rendement, résistance aux moisissures.

## Abstract

The purpose of this study is to research biological inputs to improve growth, biomass yield and inhibit or reduce toxicogenic moulds.

The hydroponic cultivation of the local barley variety "Tichedrett" was carried out in a chamber where abiotic conditions were controlled. Its implementation was carried out in the presence of controls and under the effect of three types of commercial biostimulants applied by dipping the seeds and/or spraying the young plants after emergence.

The treatments are Algor (algae extracts based on *Scenedesmus* and *Nostoc*) used at the dose of 10 ml/litre, Humix (humic acid extract) and Biohealth WGC (*Bacillus Subtilis* suspension), used at the dose of 10g/litre. The duration of each culture was seven days.

The results revealed the biostimulant effect of all treatments on germination, plant height, aerial, root and total biomass and their specific inhibitory effect on the growth of certain types of mold affecting barley in hydroponics.

The humic acid extract and suspension of *Bacillus subtilis* are the best biostimulants for the germination of barley grains and the height of plants in hydroponic cultivation.

The suspension of *Bacillus subtilis*, and algae extract, have promoted the growth stimulation and resistance to attack of fungi genera: *Fusarium*, and *Alternaria* and even *Penicillium* for bacterial suspension with the survival of *Rhizopus*.

Basis on these results, it is recommended to use *Bacillus subtilis* suspension according to the dipping and spraying modes in order to increase yield and to improve moulds that may attack the cultivation of barley in hydroponics.

**Keywords:** *Hordeum vulgare*, hydroponics, biological treatments, yield, resistance to molds.

## المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى البحث عن المدخلات البيولوجية لتحسين النمو وحاصل الكتلة الحيوية وتثبيط أو تقليل التعفنات السامة.

تمت الزراعة المائية لمجموعة متنوعة من الشعير المحلي "Tichedrett" في غرفة حيث تم التحكم في الظروف غير الأحيائية. وكان تأسيسها في وجود ضوابط وتحت تأثير ثلاثة أنواع من المحفزات الحيوية التجارية المطبقة في وضعين مختلفين عن طريق غمس الحبوب و / أو عن طريق رش النباتات الصغيرة بعد ظهورها.

والعلاجات هي Algor (مستخلص طحالب ذات أساس *Scenedesmus* و *Nostoc*) المطبق بمعدل 10 مل / لتر، Humix (مستخلص حمض الهيوميك) و BiohealthWGC (تعليق *Bacillus Subtilis*). تُستخدم في جرعة من 10 غ/لتر. ودامت كل زراعة سبعة أيام.

وكشفت النتائج عن التأثير التحفيزي الحيوي لجميع العلاجات على الإنبات وطول النبات والكتلة الحيوية الجوية والجذرية والإجمالية، وكذلك التأثير الكابح بشكل خاص على نمو بعض أنواع الفطريات التي تؤثر على الشعير في الزراعة المائية.

يبدو مستخلص حمض الهيوميك وتعليق *Bacillus subtilis* أفضل محفز حيوي لإنبات حبوب الشعير وارتفاع النباتات في الزراعة المائية.

تعليق *Bacillus subtilis* و/أو مستخلص الطحالب أيضا يتسبب في تحفيز النمو ومقاومة التعفنات من أمثال: الفيوزاريوم *Fusarium* و *Alternaria* و *Penicillium* بالنسبة للتعليق البكتيريا مع بقاء *Rhizopus*.

وفي ضوء هذه النتائج، يُوصى باستخدام تعليق *Bacillus subtilis* وفقا لطريقة الغمس والرش لزيادة المردود ومقاومة التعفن في الزراعة الشعير المستنبت.

الكلمات المفتاحية: *Hordeum vulgare*، الزراعة المائية، العلاجات البيولوجية، المردود، مقاومة التعفن.

<b>Introduction</b>	10
---------------------	----

## **Chapitre 1 : Données bibliographiques**

<b>1. Généralités sur l'orge</b>	13
1.1. Historique et origine	13
1.2. Caractéristiques botaniques	13
1.3. Description	14
1.4. Cycle de développement	15
1.5. Exigences physiologiques de l'orge	18
1.6. Les variétés d'orge cultivées en Algérie	19
1.7. Situation phytosanitaire	19
<b>2. Généralités sur la culture hydroponique</b>	20
2.1. Historique	20
2.2. Avantages et inconvénients	21
2.3. Les moisissures en hydroponie	23
2.4. Technique de production de l'orge hydroponique	30
2.5. Préparation et installation de la semence	31
<b>3. Généralités sur les biostimulants</b>	33
3.1. Types de Biostimulants	33
3.1.1. Microbiens de différentes origines	33
3.1.2. Extraits d'algues	34
3.1.3. Les substances humiques (Acide humique)	34
3.2. Rôles des biostimulants	34
3.3. Utilisation en hydroponie	35

## Chapitre 2 : Matériels et méthodes

<b>Introduction</b>	37
<b>1. Chambre hydroponique</b>	37
<b>2. Matériel végétal</b>	39
2.1. Caractéristiques morphologique	39
2.2. Caractéristiques culturales	39
2.3. Comportement à l'égard des maladies	39
2.4. Productivité et date de semis	40
2.5. Zones d'adaptation	40
<b>3. Biostimulants</b>	40
3.1. Biostimulants à base d'algues « Algor »	40
3.2. Biostimulants à base d'acide humique " Humix "	42
3.3. Biostimulants à base de bactérie « BioHealth »	43
<b>4. Mise en place de la culture sous l'effet des biostimulants</b>	44
4.1. Installation de la culture hydroponique	44
4.2. Application des biostimulants	45
<b>5. Évaluation des paramètres</b>	47
5.1. Pouvoir germinatif des grains	47
5.2. Levée	47
5.3. Hauteur des plants	47
5.4. Biomasse Totale	47
5.4. Biomasse Totale	47
5.5. Biomasse aérienne	47
5.6. Biomasse racinaire	48

5.7. Identification des moisissures	48
-------------------------------------	----

<b>6. Analyse statistique</b>	<b>48</b>
-------------------------------	-----------

### **Chapitre 3 : Résultats et discussion**

<b>1. Effet des biostimulants sur le pouvoir germinatif des grains d'orge</b>	<b>50</b>
<b>2. Effet des biostimulants sur la levée des plantules</b>	<b>52</b>
<b>3. Effet des biostimulants sur la hauteur des plants</b>	<b>54</b>
<b>4. Effet des biostimulants sur la biomasse des plants d'orge en hydroponie</b>	<b>56</b>
4.1. Biomasse totale	56
4.2. Biomasse aérienne	58
4.3. Biomasse racinaire	59
<b>5. Effet inhibiteur des biostimulants sur le développement des moisissures</b>	<b>61</b>
<b>Conclusion</b>	<b>71</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>72</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>77</b>
<b>Liste de tableaux</b>	<b>79</b>
<b>Liste d'abréviation</b>	<b>79</b>
<b>Annexes</b>	<b>80</b>

### **Introduction**

L'orge (*Hordeum vulgare L*), est l'une des plus importantes céréales. Dans le monde, elle occupe la quatrième position après le blé, le maïs et le riz (Khaldoun, 1995).

En Algérie, cette culture occupe avec le blé dur plus de 80% de la surface cultivée en céréales chaque année. Elle s'étend sur les plaines intérieures, les hauts plateaux, et même au Sahara. Elle est cultivée là où le blé n'arrive pas à donner des rendements acceptables (Benmahamed, 1997).

En Algérie selon le ministère de l'agriculture, la production céréalière obtenue pour la campagne 2016-2017 est constituée de 57% de blé dur avec une production de 20.03 millions quintaux et de 28% d'orge pour une production de plus de 9.68 millions de quintaux, selon la même source 32% superficies récoltées sont constituées de l'orge avec une superficie de 762 ,331 ha.

Au niveau mondial, l'orge est utilisée dans l'alimentation humaine (2 à 3 %) et animale (55 à 60 %) (Steven, 2010). Malgré sa haute teneur en protéines, et en fibres, elle reste très peu utilisée dans notre alimentation quotidienne. Elle est consommée en semoule pour la panification de pain traditionnel (galette) ou de couscous. En Algérie, elle est souvent destinée à l'alimentation du bétail au tant que grains ou en fourrage vert (Belaid, 2014).

Cependant, cette céréale a connu une régression dans la production, à cause des aléas climatiques, la mauvaise gestion des terres agricoles, et l'utilisation de variétés moins performantes et sensibles aux maladies notamment, fongiques. Ce qui a incité les agriculteurs et les éleveurs à la culture de l'orge fourrager pour subvenir aux besoins et compléter rapidement la ration nutritionnelle des animaux de bétail (bovins laitiers, chèvres et, brebis...). Il s'agit de la culture de l'orge hydroponique (Belaid, 2014).

L'avantage de cette culture est de mettre en évidence un cycle rapide pour une production continue, ce qui lui permet de compléter le programme de ration

alimentaire lorsque le fourrage est insuffisant durant toutes les périodes sèches (Chuck, 2014).

Ainsi, une quantité importante de fourrage vert et des grains mieux digestibles peuvent être offerts pour l'animal. En revanche, des moisissures toxiques, peuvent occasionner des pertes considérables et induire des conséquences graves sur la santé animale et celle du consommateur.

C'est dans ce sens que notre travail s'inscrit. Il porte sur l'étude de comportement de l'orge hydroponique sous l'effet de trois types de biostimulants, Il vise l'utilisation de trois formulations de biostimulants (Extrait d'acide humique, extrait d'algues et une bactérie « *Bacillus subtilis* »), en culture hydroponique de l'orge afin d'améliorer le rendement, et réduire le risque des moisissures.

# **Chapitre 1 : Données Bibliographiques**

## 1. Généralités sur l'orge

### 1.1. Historique et origine

L'orge a probablement été cultivée pour la première fois à l'époque préhistorique sur les hauts plateaux de l'Éthiopie et dans le sud- Est de l'Asie. On pense que ce fut la première céréale à être domestiquée. Sa culture se serait ensuite étendue à l'Égypte, à la Mésopotamie et au nord de l'Europe (Khaldoun.1995).

L'ancêtre de cette céréale est l'orge sauvage distique à deux rangs : *Hordeum spontaneum*. Ce sont les orges les plus anciennement cultivées dans les sites archéologiques (Harlan, 1987).

Des fouilles effectuées en Égypte ont établi qu'on cultivait déjà l'orge entre 8000 et 3000 ans avant Jésus Christ, un second lieu d'origine se trouve vraisemblablement au sud-est de l'Asie (Tibet, Népal, Chine) (Hopf et Zohary, 2000)

### 1.2. Caractéristiques botaniques

Les orges sont des monocotylédones qui appartiennent à l'ordre des Poales selon la dernière classification de la Botanique 2018 sa nomenclature est comme suit :

- Cladus : Plantae.

-Cladus : plasmodesmophytes

-Cladus : Embryophytes

- Cladus : stomatophytes

- Cladus : Hemitracheophytes

- Cladus : Tracheophytes

- Cladus : Euphyllophytes

- Cladus : Spermatophytes

- Cladus : Angiospermes

- Cladus : Monocotyledones
- Cladus : Commelinides
- Ordre : Poales
- Famille : Poaceae
- Genre : Hordeum

### 1.3. Description

L'orge est une plante annuelle de 50 cm à 1m glabre à racine fibreuse caractérisée par

- Les tiges assez robustes et dressées,
- les feuilles planes larges auriculaires, rudes,
- Ligule courte et tronquée,
- Glume linéaires,
- Glumelles presque égale,
- Caryopse ovale.

Son inflorescence présente en épi barbu, chaque article du rachis porte trois épillets uniflores attachés directement sur le nœud du rachis en position alternée sur deux rangées, les glumes des épillets sont raides et étroites (Boullard, 1997)

Il existe deux variétés d'orge selon que l'épi porte deux ou six rangées de grains :

- *Hordeum vulgare disticum* est l'orge à deux rangs, sur chaque article du rachis sont insérés trois épillets dont un seul est fertile et ne comporte qu'une fleur ;
- *Hordeum vulgare hexasticum* est l'orge à six rangs (escourgeon), cette espèce présente trois épillets fertiles comportant chacun un seul grain par niveau d'insertion, l'ensemble des grains constitue alors six rangées autour du rachis (Soltner, 1992).

#### 1.4. Cycle de développement

L'orge comme toutes les autres céréales présentent deux périodes de développement, la première correspond à la phase végétative et la deuxième à la phase reproduction, il existe une troisième phase qui est celle de la maturation (Gautier, 1991).

##### a. Période végétative

Cette période commence à la germination de la graine et s'achève à l'ébauche de l'épi. Elle dure 120 à 140 jours. Elle comporte deux stades :

##### - Stade de la levée

Selon Gate (1995) et de Buyser (2000), la levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse le coléoptile, gaine rigide et protectrice enveloppant la première feuille. La durée de la levée ou la phase semis-levée est le temps qui sépare la date de semis de la date de levée ; « le stade levée » englobe par conséquent trois étapes successives de nature différente :

- La germination qui correspond à l'entrée de la semence en vie active et le début de la croissance de l'embryon,

- L'élongation du coléoptile, premier organe du système aérien à émerger à la surface du sol,

- La croissance de la première feuille qui perse en son sommet le coléoptile (Gate, 1995 ; De Buyser et Henry, 2000).

##### - Stade début tallage

A ce stade la plante possède 3 à 4 feuilles, une tige apparaît sur le maître -brin à l'aisselle de la feuille la plus âgée. L'émergence de cette première talle hors de la gaine de la première feuille constitue le repère conventionnel du stade tallage, chaque talle primaire donne des talles secondaires (Henry, 2000).

### b. Période reproductrice

Elle s'étend du stade plein tallage à la fécondation. Elle les stades suivants :

#### - Stade plein tallage

Les plantes portent deux à trois talles. A ce stade les plantes peuvent avoir un port rampant (Gate, 1995).

#### - Stade épi à 1cm

Les plantes se redressent, c'est la fin du tallage herbacé (arrêt de l'émission des talles) et la tige principale ainsi que les talles les plus âgées commencent à s'allonger suite à l'élongation des entre-nœuds.

Le stade épi à 1cm est atteint lorsque le sommet de l'épi de la tige principale (ou maître brin) est en moyenne distant de 1 cm du plateau de tallage, durant cette phase la plante a besoin d'un apport d'engrais azotée (Gate, 1995).

La durée de ce stade est peu variable elle est de 29 à 30 jours quelque soient les circonstances précédentes de la vie de la plante (Grandcourt et Prats, 1971).

#### - Stade 1 à 2 nœuds

La talle est une tige constituée essentiellement de nœuds empilés, qui grandit par l'élongation des premiers entre nœuds, chaque entre nœud débute sa croissance après le précédent sans attendre que le dernier ait atteint sa longueur définitive.

Le stade « 2 nœuds » est atteint quand les deux premiers entre-nœuds sont visibles à la base de la tige principale (Gate, 1995).

#### - Stade méiose pollinique

Ce stade est atteint lorsque le sommet des barbes devient visible. Cela coïncide avec le moment de la transformation de la couleur de l'anthere qui passe du blanc vers le vert « stade anthères verts ». Ce stade survient 8 jours avant l'épiaison (Henry, 2000).

- Stade épiaison- fécondation

Juste après le stade méiose pollinique, la gaine de la dernière feuille s'écarte progressivement suite à l'allongement des derniers entre-nœuds de la tige.

Après l'épiaison survient la fécondation. Le nombre de fleurs fécondées au cours de cette phase dépend de la nutrition azotée et de l'évapotranspiration (Belaid, 1986 ; Gate, 1995)

### c. Période de maturation

La maturation des grains passe par les stades suivants :

- Gonflement du grain

Ce stade est marqué par une photosynthèse intense pour l'élaboration des substances de réserve, l'amidon et les protéines qui migrent dans l'albumen du grain qui grossit tandis que l'embryon se forme. Cette migration nécessite une circulation d'eau, il peut y'avoir échaudage en cas de stress hydrique (Moule, 1980 ; Belaid, 1986 ; Khaldoun, 1995).

- Maturation du grain

Pendant l'accumulation des réserves dans le grain le poids d'eau de celui-ci est constant pendant environ une quinzaine de jours « Palier hydrique » puis il décroît quand le grain commence à murir, il passe du stade pâteux (45% d'eau) au stade rayable à l'ongle (20% d'humidité dans le grain) et en fin au stade cassant (15% d'eau) il est alors mur pour la récolte (Belaid, 1986)

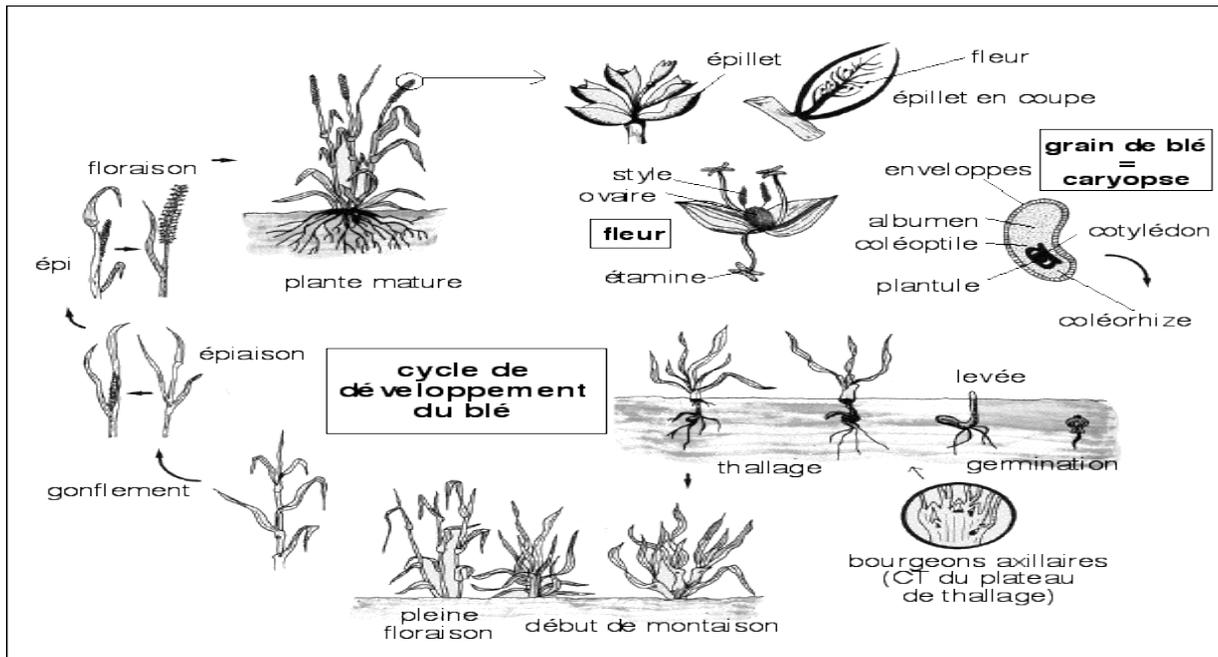


Figure 1 : Cycle de développement du blésimilaire à celui d’orge (De Buyser et Henry, 2000)

1.5. Exigences physiologiques de l’orge :

Le développement de l’orge est sous l’influence des facteurs suivants :

1.5.1. Température

Le zéro de germination de l’orge est très voisin de 0 C°. La température de mortalité est approximativement de -12 C° pour les variétés les plus sensibles au froid. Elle atteint -16 C° pour les types les plus résistants (Moule, 1971).

1.5.2. Eau

Les besoins en eau sont généralement satisfaits par la pluviométrie quand il s’agit d’une orge d’hiver. Pour l’orge de printemps, dont la végétation se réduit à 4 mois et la pluviométrie peut les satisfaire dans une certaine mesure (Moule, 1971)

On peut estimer à environ 450 à 500 mm les besoins en eau de la culture d'orge, sa demande en eau est beaucoup plus élevée au début de son cycle végétatif (Grandcourt et Prats, 1971).

### 1.5.3. Nature du sol

L'orge s'accommode mal aux sols lourds argileux nitrifiant lentement au printemps cette situation devient un facteur limitant pour le tallage.

Elle tire mieux partie des terres légères peu profondes des sous-sols calcaires, donc en particulier des types « Rendzines » qui sont des sols épais, bien structurés en grumeaux irréguliers, gris à bruns noirs, formés de complexes argile-humus-calcaire, l'activité biologique dans ces sols est très intense (Moule, 1971 ; Beauchamp, 1998).

### 1.6. Les variétés d'orge cultivées en Algérie

Les variétés d'orge cultivées en Algérie sont soit des variétés locales telles que : « Saida 183 » et « Tichedrett » qui tolèrent bien notre climat. Soient des variétés étrangères introduites dans notre pays comme Jaidor et Barberousse originaires de France ; Rihane, Acsad 176, Acsad 60, Badia, qui sont originaires de Syrie (ITGC 2003)

### 1.7. Situation phytosanitaire

La culture de l'orge peut être attaquée par de nombreux agents pathogènes tels que les virus, les bactéries et les champignons. Les maladies qui peuvent affecter l'orge sont surtout les maladies fongiques telles que, l'helminthosporiose (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*), l'oïdium, la rouille brune (*Puccinia hordei*) et la rhynchosporiose (*Rhynchosporium secalis*), suivies par les maladies virales dont la plus importante est occasionnée par le virus de BYDV, agent causal de la jaunisse naissante de l'orge (Sayoud, 1999).

## 2. Généralités sur la culture hydroponique

L'hydroponie est une technique de culture hors-sol qui utilise des solutions nutritives renouvelées et un substrat inerte (minéral ou végétal) pour se passer du sol.

Le contrôle exercé sur la solution qui irrigue les cultures hydroponiques permet d'assurer des apports optimaux d'eau.

La culture de fourrage hydroponique est une technologie pour la production de masse végétale obtenue par germination des graines viables, cette technique nous fournit des plantes à croissance rapide et à cycle de production court, le rendement élevé de la verdure fraîche à une excellente qualité nutritionnelle parce qu'il est en phase de formation initiale, contenant de grandes quantités d'acides aminés (Chavan et Kadam, 1989 ; Sneath et McIntosh, 2003) dont les animaux profitent facilement.

Elle fournit d'importantes quantités de fourrage frais hautement nutritif et 100% naturel et par méthode de germination.

La production de fourrage hydroponique consiste à fournir des grains de céréales avec une humidité et des nutriments par la germination et la production d'une longue pousse verte avec des racines entrelacées dans les 5 à 8 jours (NZ, 2011). Ces pousses sont riches en protéines et en fibres, et sont naturellement équilibrés en protéines, matières grasses et d'énergie (Panzolato, 2016)

### 2.1. Historique

La culture hydroponique est considérée actuellement comme une pratique moderne, mais la culture des plantes dans des conteneurs au-dessus du sol a été tentée à différentes époques à travers l'histoire, elle était utilisée très anciennement par différentes civilisations à travers le monde (Straumietis, 2008) :

En 1937, *William Frederick Gericka* inventé le terme de la culture hydroponique en 1937. Il a fait pousser des tomates à vingt-cinq pieds de hauteur dans des solutions nutritives minérales et non directement sur le sol.

Un des premiers succès de la culture hydroponique a eu lieu à *Wake Island* où la culture hydroponique était utilisée pour cultiver des légumes pour les voyageurs. Dans les années 1960, *Allen Cooper* en Angleterre a développé la technique du film des éléments nutritifs.

Durant les années 1960 et 1970, les fermes commerciales de la culture hydroponique ont été développées à Abu Dhabi, en Arizona, en Belgique, en Californie, au Danemark, en Allemagne, en Hollande, en Iran, en Italie, au Japon, ainsi la Fédération de Russie et de nombreux pays.

Au cours des années 1980, de nombreuses fermes hydroponiques automatisées et informatisées ont été établies dans le monde entier (Straumietis, 2008).

## 2.2. Avantages et inconvénients

Les avantages des cultures hydroponiques par rapport à un système de production classique de pleine terre sont nombreux (Gilberto, 2013)

- L'hydroponie permet de s'affranchir des contraintes chimiques, physiques ou biologiques du sol. Une surface imperméabilisée (comme une friche industrielle), des terrains caillouteux (non mécanisables), ou infestés de ravageurs (nématodes) « deviennent productifs ».
- Elles garantissent une production de fourrage vert 100% naturel quelques que soient les conditions climatiques.
- Elles sont économes en eau, permettent de réaliser 75 à 90% d'économie en eau par rapport à un arrosage traditionnel par aspersion. Elles permettent aussi de mieux contrôler la dose en sels minéraux pour les solutions nutritives

qui sont apportées directement au système racinaire réduisant ainsi les pertes par évaporation ou par projection.

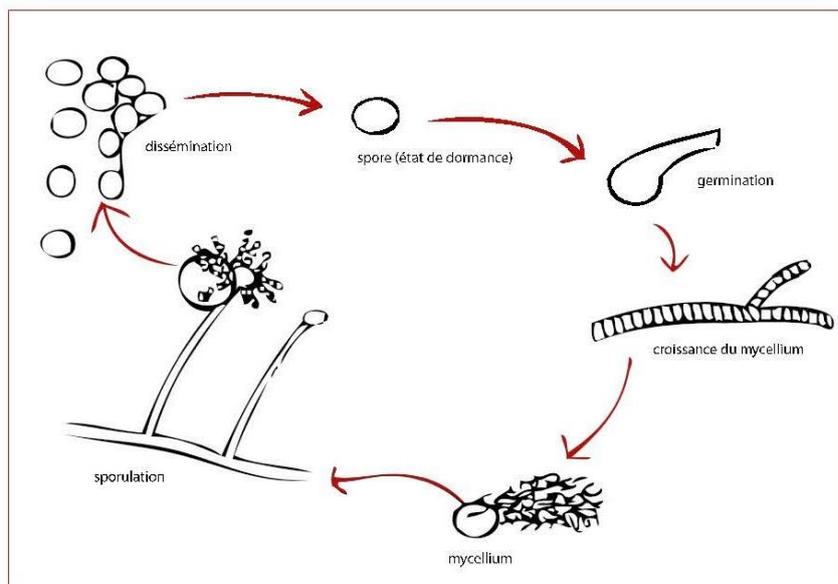
- Les rendements en culture hydroponique sont généralement supérieurs aux cultures en terre. grâce à la gestion de l'éclairage, de la température, de la fertilisation, à la diminution du stress hydrique et une meilleure utilisation de l'espace disponible, et la qualité nutritive du fourrage est nettement plus élevée tout au long de l'année.
- Augmentation de la production laitière dans les élevages hors sol où l'entièreté de la masse fourragère est consommée.
- Les germes et les maladies ont peu de chance de se développer.
- Les insectes et les parasites ne s'installent pas.
- Elles permettent le raccourcissement de la période de la culture (une semaine) avec moins de travail et d'entretien.
- La facilité de déplacement de la culture et la simplification des techniques culturales.
- La consommation électrique est faible ce qui influe sur le cout de revient du fourrage qui devient très faible comparé au cout des aliments traditionnels.
- Elles assurent une meilleure planification de l'activité d'élevage et une meilleure gestion financière de l'exploitation.

Cependant, l'hydroponie est une technique qui présente certains inconvénients économiques et techniques, le cout d'installation et d'entretien de ce type de culture est souvent élevé. L'agriculteur doit souvent faire face à un autre problème majeur qui est l'installation des moisissures au cours du cycle végétatif des plantes, ces moisissures se développent dans les mêmes conditions que le fourrage vert hydroponique, causant des ravages en affectant la qualité et le rendement fourrager (Chuck, 2014)

## 2.3. Les moisissures en hydroponie

### 2.3.1. Morphologie et développement

Les moisissures sont des champignons microscopiques formant le groupe des Hyphomycètes et regroupant des milliers d'espèces. Elles sont formées de nombreux filaments minces. La partie qui plonge dans le milieu nutritif constitue le thalle ou mycélium qui peut revêtir des formes très diverses. Ce thalle émet des organes reproducteurs ; ce sont les filaments aériens qui se termineront par un sporange (cellule mère qui produit et qui contient des spores), le mycélium donne naissance à des spores (Figure 2).



**Figure 2** : Cycle de développement des moisissures (Antoine, 2010)

### 2.3.2. Conditions de leur développement

Le développement des moisissures est sous l'influence des facteurs suivants (Antoine, 2010) :

- L'humidité est un facteur très important pour la germination des moisissures, cette phase nécessite un apport d'eau important par rapport à la phase de développement ou de croissance. Pour déclencher la germination des spores, il faut que le degré humidité soit entre 60-65%, une fois la germination déclenchée, le processus de développement peut se poursuivre à des taux d'humidité inférieur à 60%. La croissance de la moisissure ralentit aux environ de 30%.
- Une gamme de température comprise entre 4 et 40°C reste nécessaire pour le développement des moisissures. La valeur idéale pour leur développement se situe entre 24 et 30 C°. Des températures inférieures à 20 C° ralentissent de façon sensible la vitesse de croissance et à 0C° la croissance est arrêtée. Le développement de moisissures est lié directement à l'interaction entre une forte humidité et une chaleur élevée.

### 2.3.3. Principaux genres de moisissures présents en hydroponie

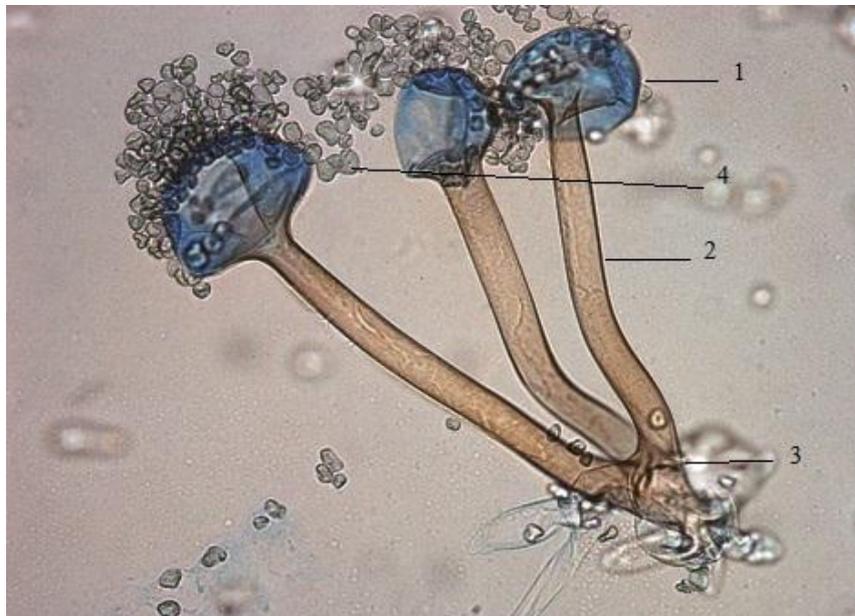
Parmi les principales moisissures rencontrées en hydroponie, nous distinguons les cinq genres suivants :

- **Genre *Rhizopus* (Figure 3)**

C'est un champignon qui se distingue par son mode de reproduction sexuée, ces moisissures ressemble à du coton, avec une couleur jaune à verte qui s'assombrit lorsque le champignon commence à produire des spores. Les spores s'enfoncent souvent sous la surface du substrat, ce qui rend le tout difficile

Le caractère taxonomique du genre *Rhizopus* est comme suit :

- Règne : Fungi
- Division : *Zygomycota*
- Sous division : *Mucoromycotina*
- Ordre : *Mucorales*
- Famille : *Rhizopodaceae*
- Genre : *Rhizopus*



**Figure 3 : Morphologie du genre *Rhizopus* (Gr X 400)**  
**1 : Columelles, 2 : Sporangiphore, 3 : stolons, 4 : spores**

- **Genre *Penicillium* (Figure 4)**

Plusieurs espèces de *Penicillium*, forment une moisissure bleue, es spores bleu vertes abondantes sont produites à la surface (*Aspergillus* est similaire). Les conditions de croissance sont quasiment identiques aux autres moisissures. Le *Penicillium* utilise des hydrates de carbone simple comme la cellulose et l'amidon disponibles dans la graine. Les spores sont aéroportées et omniprésentes.

La classification de *Penicillium* est comme suit :

- Règne : Fungi
- Division : Ascomycota
- Sous division : *Pezizomycotina*
- Classe : *Eurotiomycetes*
- Ordre : *Eurotiales*
- Famille : *Trichocomaeae*
- Genre : *Penicillium*



**Figure 4:** Morphologie du genre *Penicillium* (Gr X 200)

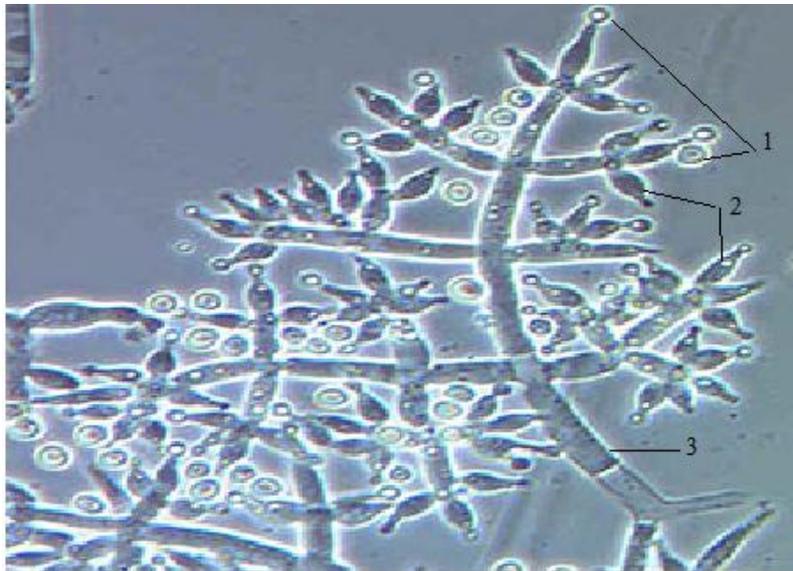
1 : Conidiophore, 2 : conidies, 3 : phialide

- Genre *Trichoderma* (Figure 5)

Cette moisissure se caractérise par un mycélium agressif blanc, qui se développe à la surface de l'enveloppe et provoque une légère décomposition. C'est lors de la sporulation qu'il prend sa couleur verte.

La classification de *Trichoderma harzianum* est comme suit :

- Règne : Fungi
- Division : *Ascomycota*
- Sous division : *Pezizomycotina*
- Ordre : *Hypocreales*.
- Famille : *Hypocreaceae*
- Genre : *Trichoderma*



**Figure 5: Morphologie du genre *Trichoderma* (Gr : X 200)**

1 : conidies, 2 : Phialides, 3: Conidiophore

- **Genre *Alternaria* (Figure 6)**

Ce genre forme des moisissures de coloration noirâtre. Il est observé sous forme de spores à la surface des graines. Ils sont généralement présents sur les semences provoquant des manques à la levée ou des fontes de semis. Les jeunes pousses atteintes constituent une source importante d'inoculum primaire pour les plantes matures où tous les organes aériens peuvent être affectés (Champion, 1997).

Les caractéristiques de classification du genre *Alternaria* sont les suivants :

- Règne : Fungi
- Division : *Ascomycota*
- Sous division : *Pezizomycotina*
- Ordre : *Pleosporales*.
- Famille : *Pleosporaceae*
- Genre : *Alternaria*



**Figure 6: Morphologie du genre *Alternaria* (Gr : X400)**

1:Conidies, 2: Conidiophore

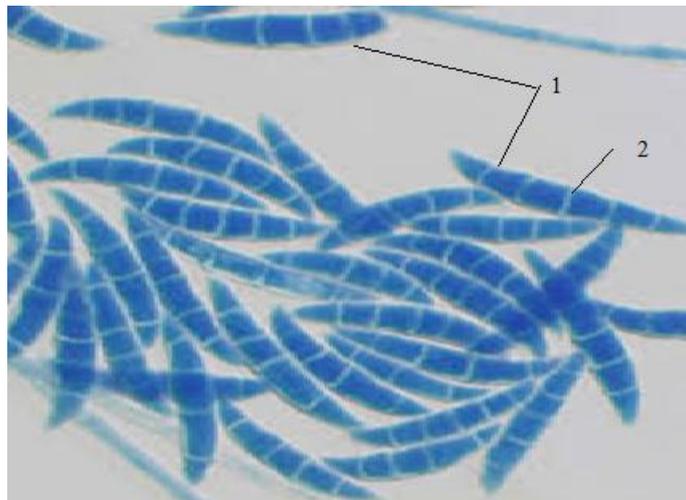
- **Genre *Fusarium* (Figure 7)**

C'est un champignon pathogène qui infecte de nombreuses céréales. Il se transmet par la semence. La majorité des espèces de *Fusarium* sont susceptibles de produire des mycotoxines et sont ainsi impliquées dans des intoxications chez les animaux d'élevage (Tabuc, 2007).

Les principales espèces de *Fusarium*, compte tenu de leur fréquence dans les différents substrats, notamment les céréales, de leur potentiel toxigène et de leur pouvoir pathogène, sont : *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. oxysporum* et *F. verticilloides* (*F. moniliforme*). (Tabuc, 2007)

Les caractéristiques de classification de genre *fusarium* sont les suivants :

- Règne : Fungi
- Division : *Ascomycota*
- Sous- division : Sordariomycetes
- Ordre : Hypocreales
- Famille : Nectriaceae
- Genre : *Fusarium*



**Figure 7: Morphologie du genre *Fusarium* (Gr : X 400)**

1 : macroconidies, 2: cloison

#### 2.4. Technique de production de l'orge hydroponique

L'orge hydroponique nécessite une chambre à température contrôlée entre 18 et 25°C, ainsi qu'un éclairage continu fourni par des lampes fluorescentes tout au long de la période de germination à intensité lumineuse moyenne, un arrosage doit être appliqué pendant 5 à 10 min avec un dosage d'irrigation de 4 fois par jour.

Un dispositif d'aspersion et de commande par minuterie est utilisé pour obtenir l'intervalle de consigne et de temps de fonctionnement, l'excès d'eau est évacué librement des plateaux de germination entre les arrosages (Dung, 2010).

Pour produire l'orge fourragère, diverses installations existent, elles sont basées sur la conservation dans une enceinte close avec un taux d'humidité et de température précise (Belaid, 2014).

La culture hydroponique est réalisée dans des hangars (Figure 8A) avec une technologie avancée pour produire du fourrage vert de haute teneur en protéines dans les petits espaces pendant 365 jours de l'année. Les graines sont mises à germer et cultivées pour former une masse épaisse de fourrage vert avec des racines bien développées et riches en éléments nutritifs et en enzymes (Chuck. 2014).

Ces modules (hangars) sont bien équipés pour répondre aux exigences de la plante .ils disposent d'un climatiseur humidificateur (18-19 c°), une citerne d'eau, un stérilisateur d'eau par ultra-violet, des bacs de cultures, une tuyauterie et asperseurs d'eau, une source de lumière et un système électrique pour alimenter le module. Les hangars fourragers sont composées de deux zones, une zone où le fourrage est cultivé et une autre pour le réservoir d'éléments nutritifs et de la pompe ou le grain est préparé pour le semis, dans un hangar de 100m<sup>2</sup> de production représente environ 70% de la superficie totale du plancher (Carruthers, 2003).



**Figure 8.** Hangar hydroponique vue de l'extérieur (A) et de l'intérieur (B) (Hacini 2016).

La zone de production du hangar se compose de piles de canaux de qualité dans lesquels le grain est semé et là où le fourrage pousse, chacun de ces supports détient 28 plateaux de mesure de 4 m de longueur et 0,4 m de largeur.

Ces plateaux sont alimentés de buses qui pulvérisent des substances nutritives, elles sont ajustées tout au long des étages de plus en plus pour fournir la quantité appropriée de solution nutritive à chaque plateau, cette solution s'écoule ensuite à travers le fond des plateaux qui sont fixés avec une pente très légère et accessible pour le grain et les racines résultantes (NZ Merino Company, 2011).

### 2.5. Préparation et installation de la semence

Les graines d'orge sont utilisées sans excroissances et libres de toute source de pathogène pour éviter sa transmission, elles ne doivent pas être exposées à des insecticides ou des fongicides (Hector et Gallegos, 2004).

La semence d'orge est nettoyée des débris et des impuretés, désinfectée par hypochlorite de sodium à 2% pendant 30 minutes pour empêcher la formation des moisissures.

Les plateaux de culture et l'armoire sont aussi nettoyés et désinfectés, les graines sont bien lavées des résidus avec de l'eau de javel ensuite, trempées dans l'eau du robinet pendant 12 heures avant de les semer (Al-Karaki 2011).

Les graines sont semées dans des bacs en polystyrène bordés de feuilles de plastiques noir et ont des trous au fond pour permettre le drainage de l'eau en excès, la dose de semis utilisé dans une expérience faite par Al-Karakiet et Al Momani (2011), en Jordanie était d'environ 450 g /plateau (équivalent à environ 4kg/ m<sup>2</sup>, les plateaux sont empilés sur des étagères du système hydroponique).

Les racines poussent en 24 heures, les feuilles en 2 à 3 jours, une récolte précoce peut être réalisée au 5<sup>ème</sup> jour (Hector et Gallegos, 2004).

A la fin du cycle germinatif, le fourrage mature est sorti des bacs, et distribué ensuite aux animaux, il est primordial que les bacs et les autres équipements soient soigneusement nettoyés afin de réduire le risque de moisissures. Une nouvelle semence qui a été préalablement trempée durant 24 heures, est semée dans les bacs pour un nouveau cycle de germination (NZ Merino Company, 2011).

## 2. Généralités sur les biostimulants

Ces dernières années, divers produits et substances naturelles visant à améliorer le fonctionnement du sol, de la plante, ou les interactions entre sol et plante à travers la stimulation de processus biologiques, ont fait leur apparition sur le marché des intrants agricoles. Ce sont les biostimulants (Sukalac K, 2016). D'après Turner (2016), ils aident les plantes à exprimer tout leur potentiel, à mieux exploiter les ressources présentes dans leur environnement, et à mieux résister aux contraintes pédoclimatiques. Ils agissent en favorisant une meilleure utilisation des nutriments par les plantes.

Selon l'EBIC et l'AFAIA, deux associations de professionnels du domaine (Faessel, L et al 2015) « *les biostimulants se définissent comme des substances et/ou des micro-organismes dont la fonction, lorsqu'appliqués aux plantes ou à la rhizosphère, est la stimulation des processus naturels qui favorisent/améliorent l'absorption ou l'utilisation des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques, la qualité ou le rendement de la culture, indépendamment de la présence de nutriments* ».

### 3.1. Types de Biostimulants

Il existe différents types de produits biostimulants. Ils se distinguent par leurs ingrédients actifs et leurs modes d'action plus que par la nature de leur constituants, qui peuvent être de natures variées et utilisés seuls ou de façon combinatoire. Ils peuvent être de différentes natures, on distingue :

#### 3.1.1. Microbiens de différentes origines

- **à base de champignons** : Ils agissent en colonisant le système racinaire et la surface des feuilles et des tiges, ils s'approprient des ressources disponibles, créent une barrière physique contre les maladies racinaires et foliaires. Ils produisent des toxines qui rendent les agents pathogènes sensibles aux attaques des microorganismes

prédateurs. Comme exemples : *Trichoderma harzianum* et *Streptomyces griseoviridis*(IQDHO, 2016).

- **à base de bactéries** : Ils colonisent généralement le système racinaire, les feuilles et les tiges, elles ont le même effet que les champignons. On peut citer *Streptomyces lydicus* et *Bacillus subtilis* agissant sur feuilles et racines (IQDHO, 2016).

### 3.1.2. Extraits d'algues

Les algues brunes sont les plus utilisées (*Ascophyllum nodosum*) car elles contiennent des hormones de croissance : auxine, cytokinine, et gibbérellines qui stimulent la croissance des plantes ainsi que leurs vigueur, conduisant à une augmentation du rendement ainsi que de la qualité et de la taille des fruits produits. Ils peuvent stimuler les systèmes de défense naturels des plantes, en réponse à un stress biotique, il s'agit majoritairement de la résistance des plantes à des attaques d'agents pathogènes de type fongiques (Rathore et al, 2009).

### 3.1.3. Les substances humiques (Acide humique)

Ce sont des substances humiques, généralement des mélanges complexes d'acides humiques, d'acides fulviques et d'humine (Conte et Piccolo, 1999 ; Smejkalova et Piccolo, 2008).

## 3.2. Rôles des biostimulants

Les biostimulants peuvent agir par différents mécanismes, en stimulant la physiologie de la plante, en modulant des activités enzymatiques ou des voies hormonales, et en induisant la production de métabolites. Certains produits limitent la transpiration des feuilles. D'autres agissent au niveau du sol, sur la dégradation de la matière organique, la régulation de la microflore ou la structure du sol. Ils agissent sur les processus naturels au bénéfice de l'absorption et /ou de l'utilisation des agents nutritifs (le Gall et Raimbault, 2016).

Ils interviennent aussi dans la stimulation de la germination des graines, à l'amélioration de la qualité de la production ou la résistance aux stress abiotiques (Faessel, 2014).

### 3.3. Utilisation en hydroponie

L'utilisation des biostimulants en hydroponie est très récente. La plupart des agriculteurs utilisent des produits chimiques pour subvenir aux besoins nutritionnels des plantes, aux pesticides pour faire face à certains agents pathogènes. L'orientation des agriculteurs vers l'agriculture biologique les a encouragés à utiliser ce type de produit

Les biostimulants stimulent la germination des grains, et favorise la nutrition et la croissance des plantes, Ils améliorent le rendement, la qualité du fourrage, et sa résistance par prévention contre l'installation des moisissures qui affectent sérieusement l'orge en hydroponie (Piccolo, 2008).

## **Chapitre 2 : Matériels et méthodes**

## Introduction

Notre expérimentation a été réalisée au mois de Mars 2016 dans un local appartenant à la société **Phytobiochem** spécialisée dans l'import et l'export des produits phytosanitaires à Dely Brahim. Elle a duré quatre semaines. L'identification des moisissures a été réalisée par Docteur Saida Moumene au laboratoire de recherche des plantes Médicinales et Aromatiques du département de Biotechnologies, Faculté SNV de l'Université de Blida 1.

L'essai consiste à l'étude de l'effet des biostimulants sur la culture de l'orge en hydroponie (sous conditions contrôlées de température, humidité et lumière). Il vise leurs impacts sur le pouvoir germinatif, la durée et la croissance végétative ainsi que, le niveau d'altération des moisissures.

Cette étude a nécessité la mise en place d'une chambre hydroponique semblable à celle utilisée par l'Institut Technique d'élevage de Baba Ali (ITELV) et l'utilisation d'un matériel végétal (**l'orge**) et trois types de phytostimulants : à base d'algues « Algor », d'acide humique« Humix » et de bactérie « Biohealth ».

### 1. . Chambre hydroponique

La chambre de culture hydroponique présente des dimensions d'1m 25 de longueur et 75cm de largeur. Elle est construite de trois matières différentes : le plastique recouvrant toute la paroi interne ainsi que le plateau principal où sont placés inclinés les bacs ou les plateaux expérimentaux pour évacuer l'eau d'irrigation. L'aluminium recouvrant la paroi externe est et enfin le verre où la porte est à double vitrage étanche avec un système de verrouillage (Fig.9).Par ailleurs, cette chambre contrôlée est dotée d'un thermomètre automatique pour mesurer la température en degré Celsius, un hygromètre pour mesurer le pourcentage d'humidité, un système d'irrigation composé d'une dizaine d'asperseurs pour mieux irriguer la culture, la lumière artificielle LED installée le long de la chambre pour assurer la luminosité à la culture. Les plateaux

servant à la culture en hydroponie sont en polystyrène et de 27cm de longueur, 3cm de profondeur et d'un poids est de 100 g (Fig.10).



**Figure 9:**Partie extérieure de la chambre hydroponique



**Figure 10 :**Partie intérieure de la chambre hydroponique

## 2. Matériel végétal

Les semences d'orge utilisées sont homologuées et certifiées, elles proviennent du CNCC de Constantine. Elles sont issues de la campagne 2016, appartenant à la variété locale « Tichedrett » qui présente les mêmes caractéristiques que la variété locale Saïda. Elles ont une productivité assez élevée, un cycle de développement précoce mais une sensibilité à certaines maladies. Selon Khaldoun, 1995 les caractéristiques de cette variété sont comme suit :

### 2.1. Caractéristiques morphologique :

**Epi** : l'épi de la variété est de 6rangs, il est compact à barbe très longues.

**Paille** : la paille est moyenne

**Grain** : Le grain est long et peu ridé.

### 2.2. Caractéristiques culturales :

**Cycle végétatif** : le cycle végétatif de cette variété est précoce il est de 120 jours.

**Tallage** : cette variété présente entre 3 à 4 talles /épi.

### 2.3. Comportement à l'égard des maladies :

Tichedrett est une variété assez tolérante à la rouille noire et à l'helminthosporiose mais sensible à la rouille jaune et la Rhynchosporiose

#### 2.4. Productivité et date de semis :

- Poids de mille grains (PMG) est élevé.
- Bonne productivité
- A semer à la mi-novembre

#### 2.5. Zones d'adaptation :

La variété Tichedrett s'adapte dans les plaines intérieures et les hauts plateaux.

### **3. Biostimulants**

Trois types de biostimulants ont été retenus et utilisés dans notre expérimentation. Ils sont de différentes origines : à base d'algues, d'acide humique et de bactérie.

#### 3.1. Biostimulants à base d'algues « Algor »

C'est un produit qui est composé de deux types d'algues, des eaux douces *Scenedemussp et Nostoc sp*, il est riche en acide organique et aminé nécessaire pour la croissance des plantes. Les caractéristiques de ce produit sont représentées dans l'annexe N1.

### Annexe1 : Fiche technique d'extrait d'algue (Algor)

**Algor**  
Liquid Organic Fertilizers

**Guaranteed Content ( w/w ) %**

Total Organic Matter	20 %
Total Nitrogen	2,5 %
Organic Nitrogen	2 %
Water Soluble Potassium Oxide (K <sub>2</sub> O)	4 %
pH	5,7 - 7,7

**ALGOR** is a special product that is rich in organic acids, amino acids and many kinds of nutrients.  
Macro- Micro elements, organic and amino acids are needed for a good plant growth.  
**ALGOR** acquires the contents which meets all these mentioned requirements.

**ALGOR** supports the micro-organism function in soil. It keeps the water and nutritional matters.  
By this way, water and nutritional matters can be used by plants easily and efficiently.

**ALGOR** is used by all irrigation systems. It can be applied with sprinkling, dripping and running water.

PLANT	APPLICATION	SOIL USE	FOLIAR USE
<b>GREENHOUSE AND UNDER COVER VEGETABLES</b> Tomato, Pepper, Aubergine, Bean, Cucumber, Melon etc.	During the season after transplanting.	2-3 lt / da	300 - 400 cc / 100 lt
<b>OPEN FIELD VEGETABLES</b> Tomato, Pepper, Aubergine, Bean, Cucumber, Melon etc.	During the season after transplanting	2-3 lt / da	300 - 400 cc / 100 lt
<b>TUBEROUS PLANTS</b> Beetroot, Radish, Potato, Onion, Carrot	After germination, is applicable for the whole season.	2-3 lt / da	300 - 400 cc / da
<b>Tobacco</b>	After transplanting with initial watering At seedbeds	2-3 lt / da 0,5 - 1 lt / 100 m <sup>2</sup>	300 - 400 cc / 100 lt
<b>Corn, Sunflower, Wheat</b>	After germination, is applicable for the whole season.	2-3 lt / da	300 - 400 cc / da
<b>Strawberry</b>	During the season after transplanting	2-3 lt / da	300 - 400 cc / 100 lt
<b>Banana</b>	Starting with maintenance, is applicable for the whole season	2-3 lt / da	300 - 400 cc / 100 lt
<b>Fruits:</b> Apples, Pears and Quinces, Cherries, Apricots, Peach, Tangerine, Orange, Lemon and Olive	During the season after plant revitalization	0.5-1 lt / per tree	300 - 400 cc / 100 lt
<b>Cotton</b>	After germination, is applicable for the whole season.	2-3 lt / da	300 - 400 cc / 100 lt
<b>Grape</b>	At least 3 times among the season after plant revitalization	2-3 lt / da	300 - 400 cc / 100 lt
<b>Greengrass</b>	Before planting at soil preparation Before winter	2-3 lt / da	300 - 400 cc / 100 lt
<b>Houseplants</b>	For 1 kg soil	3 - 5 cc	300 - 400 cc / 100 lt

Above mentioned doses, may vary depending on soil and crop. Also according to the needs of plants can be applied regularly by irrigation.

3.2. Biostimulants à base d'acide humique « Humix »

Ce biostimulant est à base de Leonardite, l'acide humique favorise l'activité microbienne au niveau du sol, il facilite l'absorption des nutriments présentent dans le sol. L'annexe N 2 englobe tous les caractéristiques de ce produit

**Annexe 2 : Fiche technique de l'Acide humique (anthümix)**



**ant hümix**

**Potassium Humate (powder)**

Guaranteed Content ( w/w ) %	
Total Organic Matter	40 %
Total (Humic Acid+Fulvic Acid) Acid	75 %
Soluble Potassium Oxide (K <sub>2</sub> O)	8 %
Boron ppm	114
Maximum Moisture	20 %
pH	9.2 - 11.2

100% soluble and solves easily. **ant hümix** is left by its own by being spilled in a cup of post (cask or bucket) slowly. It does not get mixed, It gets solved by it's own.

**ant hümix** could be used in all kinds of soil, by all irrigation systems and by foliar application.

**ant hümix** provides the best conditions for plant development.

**ant hümix** is the most effective soil conditioner for the annual and perenuel plants. It is quite effective balancing soil pH levels. It helps the plant's cell membranes absorbance of nutrients and pesticides. In the soils with high calcium levels (lime) plants absorb nutrients more difficulty.

**ant hümix** eases absorbance by forming chealated complexes with nutrients.

**ant hümix** increases the activities of microorganisms therefore it eliminates the problems resulted from excessive fertilizing.

**ant hümix** application must be repeated periodically for soils in greenhouses and open fields which are fertilized constantly.

**ant hümix** must be used more frequently in soils where phosphate accumulation is severe.

**ant hümix** prevents waste of nitrogen fertilizers and eliminate problems due to excessive fertilizing.

PLANT	APPLICATION	SOIL USE	FOLIAR USE
<b>OPEN FIELD VEGETABLES</b> Tomato, Pepper, Aubergine, Bean, Cucumber, Melon etc.	Before planting at soil preparation After transplanting with initial watering 4-5 application during the season by drip irrigation	0.5 - 1 kg / da 0.5 - 1 kg / da 100 - 150 gr / da	100 - 150 gr / 100 lt
<b>GREENHOUSE AND UNDER COVER VEGETABLES</b>	Before planting at soil preparation After transplanting with initial watering 4-5 application during the season by drip irrigation	1 - 1.5 kg / da 1 - 1.5 kg / da 50 gr - 100 gr / da	100 - 150 gr / 100 lt
<b>TUBEROUS PLANTS</b> Beetroot, Radish, Potato, Onion, Carrot	At soil preparation With first irrigation	0.5 - 1 kg / da	60 - 80 gr / da
<b>Corn, Sunflower, Wheat</b>	At soil preparation With first irrigation	0.5 - 1 kg / da	60 - 80 gr / da
<b>Apple, Pear, Quince</b>	Before winter or before plant revitalization During the season by drip irrigation	100 - 200 gr per tree	100 - 150 gr / 100 lt
<b>Cherry, Apricot, Peach</b> Pistachio Hazelnut Walnut	Before winter or before plant revitalization During the season by drip irrigation	100 - 200 gr per tree	100 - 150 gr / 100 lt
<b>Citrus Trees</b>	Before winter or before plant revitalization. During the season by drip irrigation	100 - 200 gr per tree	100 - 150 gr / 100 lt
<b>Olive Trees</b>	Before winter or before plant revitalization During the season by drip irrigation	100 - 200 gr per tree	100 - 150 gr / 100 lt
<b>Strawberry</b>	Before planting at soil preparation After transplanting with initial watering 4-5 application during the season by drip irrigation	1 - 1.5 kg / da 1 - 1.5 kg / da 50 - 100 gr / da	100 - 150 gr / 100 lt
<b>Banana</b>	After transplanting with initial watering During the season by irrigation	1 - 1.5 kg / da 100 - 150 gr / da	100 - 150 gr / 100 lt
<b>Grape</b>	Before winter or before plant revitalization. During the season by drip irrigation	1 - 1.5 kg / da 1 - 2 kg / da	60 - 80 gr / 100 lt
<b>Tobacco</b>	After transplanting with initial watering	0.5 - 1 kg / da	40 - 60 gr / 100 lt
<b>Cotton</b>	At soil preparation or with first irrigation Foliar application during the season after 6-8 leaves stage	250 - 500 gr / da	40 - 60 gr / da
<b>Greengrass</b>	Before planting at soil preparation or with first irrigation Before winter	1 - 1.5 kg / da	100 - 150 gr / 100 lt
<b>Houseplants</b>	For 1 kg soil	3 - 5 gr	40 - 60 gr / 100 lt

03 Above mentioned doses, may vary depending on soil and crop. Also according to the needs of plants can be applied regularly by irrigation.

3.3. Biostimulants à base de bactérie « BioHealth »

Ce produit est à base de bactérie *Bacillus subtilis*, elle favorise la croissance racinaire et améliore le système immunitaire des plantes, les caractéristiques de ce produit sont représentées dans l'annexe N 3

Annexe 3 : Fiche technique de *Bacillus subtilis* (BioHealth)

**WATER SOLUBLE**

**DESCRIPTION**  
**BioHealth® BS WSG** is a blend of selected *Bacillus subtilis*, humic acids and seaweed extract. *Bacillus subtilis* nourishes on the root exudates in the rhizosphere. The plant is strengthened and can better overcome stress situations. In latently infected plant material **BioHealth® BS WSG** is ineffective, for the reason that the antagonist cannot follow the parasite into the interior of the plant. Therefore **BioHealth® BS WSG** has to be regarded as a soil conditioner or rather a plant intensifier, and not a fungicide against soil pathological fungi in the soil.

**ORIGIN**  
**BioHealth® BS WSG** is obtained through alkaline extraction from German Leonardite (highly oxidized lignite), high quality isolated and selected *Bacillus subtilis* strains and seaweed extract obtained from *Ascophyllum nodosum*.





**Water Soluble Blend of *Bacillus Subtilis* with HUMIC ACIDS AND SEAWEED EXTRACT**

**BENEFITS**

- Increases the resistance of the plant roots to stresses (drought, disease, high or low temperature and salt stress)
- Increases the water retention capacity of the soil
- Stimulates the growth of useful microorganisms in the root area
- Increases the soil buffering capacity and neutralizes the soil pH, thus enhancing the uptake of fertilizers
- Enhances the germination of seeds and increases their growth
- Binds salt in the soil and thus decreases salinisation
- Enhances the soil quality and increases the soil aeration

**DIRECTION FOR USE BioHealth® BS WSG**

CROP	OBJECTIVE	RECOMMENDED APPLICATION
In all crops	Inoculation of sterile soils, prophylactic mixing before the infection, soil conditioning	3-4 kg/ha divided into several doses (1-2 kg/ha)
Vegetables in greenhouses	Inoculation of sterile soils, prophylactic mixing before the infection, soil conditioning	4-5 kg/ha divided into several doses (1-2 kg/ha) during the season or submerge the seedling before the transplantation
Horticultural fruit trees	Inoculation of sterile soils, prophylactic mixing before the infection, soil conditioning	4-5 kg/ha divided into several doses (1-2 kg/ha) during the season or submerge the seedling before the transplantation
Open field vegetables	Inoculation of sterile soils, prophylactic mixing before the infection, soil conditioning	4-5 kg/ha divided into several doses (1-2 kg/ha) during the season or submerge the seedling before the transplantation
Cereals, potatoes, legumes	Inoculation of sterile soils, prophylactic mixing before the infection, soil conditioning	3-4 kg/ha divided into several doses (1-2 kg/ha) before and during the season
Ornamental plants and tree nursery, turf grass, landscaping (in general)	Inoculation of sterile soils, prophylactic mixing before the infection, soil conditioning	3-4 kg/ha or 1 kg/m <sup>2</sup> during the preparation of substrates
Foliar application (only in greenhouses with high humidity)	Prophylactic treatment to prevent infection of leaves by pathogens	300-500 g/1000 L water every two weeks during the season
Seed treatment	Protection of seeds, early inoculation, Stimulation of seed germination and root growth	1-2 kg/100 kg seeds

\* This recommendation could be varied according to the soil characteristics and farm conditions

**COMPOSITION:** (Typical analysis)

<i>Bacillus Subtilis</i>	
Approx. 10 <sup>11</sup> spores and infection particles	
Potassium humate	Approx. 80%
Seaweed Extract	Approx. 5.0%
Dry Matter	Approx. 85-90%
Product Type	Water Soluble Powder

**FORM OF DELIVERY**




Bag 1/25 kg    Carton Box 1/10 kg



**Administration & Distribution: Humintech GmbH**  
 Am Pösenberg 9-13 • D 41517 Grevenbroich / Germany  
 Tel.: +49 (0) 2181 70 676 0 • Fax: +49 (0) 2181 70 676 22  
 E-Mail: [info@humintech.com](mailto:info@humintech.com) • Internet: [www.humintech.com](http://www.humintech.com)

#### 4. Mise en place de la culture sous l'effet des biostimulants :

##### 4.1. Installation de la culture hydroponique

La culture hydroponique d'orge fourragère a été réalisée sous l'effet des trois biostimulants, en présence de témoins dont, et selon deux mode : le trempage avant le début de l'expérimentation et la pulvérisation pendant l'expérimentation. Le dispositif expérimental est résumé dans la figure 11.

Les conditions de l'expérimentation étaient contrôlées à une humidité relative de 90%, une température comprise entre 21 et 24 C° et, une dose d'irrigation de 4 fois par jour. La durée de l'essai était de 7 jours.

En effet, la culture passe par les cinq étapes successives suivantes :

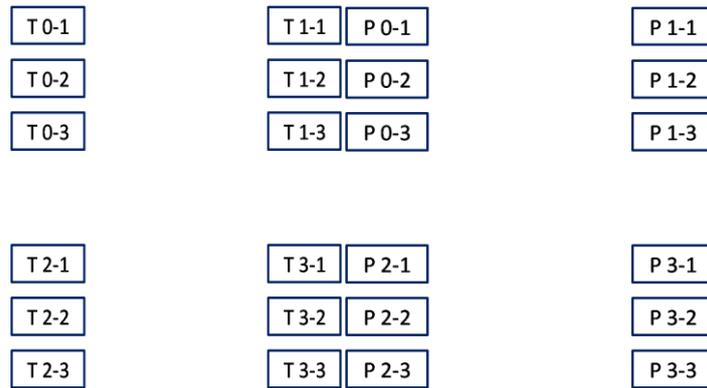
- **Tamissage** : Cette opération consiste à tamiser l'orge pour éliminer toutes les impuretés et certains débris.
- **Rinçage** : Il faut rincer l'orge plusieurs fois à l'eau de robinet afin d'éliminer le reste des débris.
- **Stérilisation** : Une solution d'hypochlorite de sodium préparée à partir d'une dilution de 12 ml d'eau de javel de 12° dans 6 litres d'eau. Les grains d'orge ont été trempés dans la solution ainsi préparée pendant 15 min.
- **Trempage dans l'eau** : Consiste à tremper l'orge dans l'eau claire pendant 6 à 12 heures.
- **Pesage** : 300 g est la masse des semences d'orge destinée à mettre en culture hydroponique dans chaque plateau et pour chaque traitement.

#### 4.2. Application des biostimulants :

Quatre traitements ont été effectués séparément selon deux modes d'application : trempage et pulvérisation, à raison de trois répétitions pour chacun.

- Traitement négatif (0) correspond au témoin où, aucun trempage n'a été effectué.
- Traitement à base d'extrait algues (Algor), la masse d'orge a été trempée pendant 10 min dans l'extrait préparé à base de 10 ml de produit dilué dans un litre d'eau de robinet.
- Traitement à base d'acide humique, la masse d'orge a été placée pendant 10 min dans une solution à base d'acide humique préparée par dilution de 10g d'acide humique dans 1 litre d'eau.
- Traitement par trempage des grains d'orge pendant 10 minutes dans une suspension aqueuse à base de bactéries (*Bacillus subtilis*) préparée à raison de 10g / litre.

L'application des biostimulants par pulvérisation n'a été effectuée qu'après la germination des grains juste sur la partie aérienne. Les mêmes traitements cités précédemment ont été appliqués sur la partie aérienne de la plante. Trois pulvérisations ont été suivies à raison de trois répétitions pour chaque traitement avec une fréquence d'une seule pulvérisation / jour pendant 7 jours.



T : Trempage

P : Pulvérisation

0 : témoin

1: traitement a l'extrait d'algue

2: traitement a l'acide humique

3 : traitement à base de bactérie

**Figure 11 :** Schéma du dispositif expérimental de la culture hydroponique de l'orge fourrager sous l'effet des biostimulants

## 5. Évaluation des paramètres

Plusieurs paramètres ont été relevés au cours de notre expérimentation parmi lesquels nous citons : le pouvoir germinatif des grains, la levée des plants, la hauteur des plants, la biomasse totale, la biomasse aérienne, la biomasse racinaire et l'identification des moisissures.

### 5.1. Pouvoir germinatif des grains

Cela consiste à évaluer l'aptitude des grains à germer, et connaître la durée nécessaire pour la germination. Ce paramètre a été calculé juste pour le trempage car l'essai a été effectué après la levée.

### 5.2. Levée

La levée commence quand la plantule émerge du sol, et que la première feuille pointe au grand jour son limbe (Henry et al. 2000), la levée est observée lorsque 50% des plants sortent de leurs grains pour chaque traitement appliqué par trempage.

### 5.3. Hauteur des plants

La hauteur des plants est mesurée après la levée des grains. La hauteur des plants a été mesurée en prélevant trois échantillons de feuille de façon aléatoire à partir de chaque traitement pour les deux modes d'application.

### 5.4. Biomasse Totale

Cette mesure est effectuée après la fin de l'expérimentation pour chaque essai, elle consiste de mesurer la biomasse totale (partie aérienne et partie racinaire) pour chaque traitement.

### 5.5. Biomasse aérienne

La détermination de la biomasse aérienne consiste à séparer les deux parties de la biomasse totale, la partie superficielle des plants (feuilles) et la partie racinaire, la pesée est effectuée à l'aide de la balance électronique.

### 5.6. Biomasse racinaire

La biomasse racinaire a été évaluée pour chaque traitement par une balance électronique et cela pour les modes d'application.

### 5.7. Identification des moisissures

L'identification des moisissures développées sur la culture de l'orge fourragère a été réalisée en trois étapes :

- Prélèvement des moisissures à l'aide d'une pince stérilisée, à partir de la partie infectée du plant près d'une flamme de bec benzène, sous la hotte à flux laminaire. L'inoculum récolté a été placé entre lame et lamelle en présence d'une goutte d'eau pour observation microscopique.
- Observations microscopiques des moisissures : l'observation a été effectuée à l'aide du microscope optique au grossissement X 400. L'observation a porté sur la forme, la pigmentation et l'aspect du mycélium et des conidies.
- Identification des moisissures a été réalisée selon les critères morphologiques relevés par les observations microscopiques en se basant sur la **clé de détermination de Barnett (1998)**.

## 6. Analyse statistique

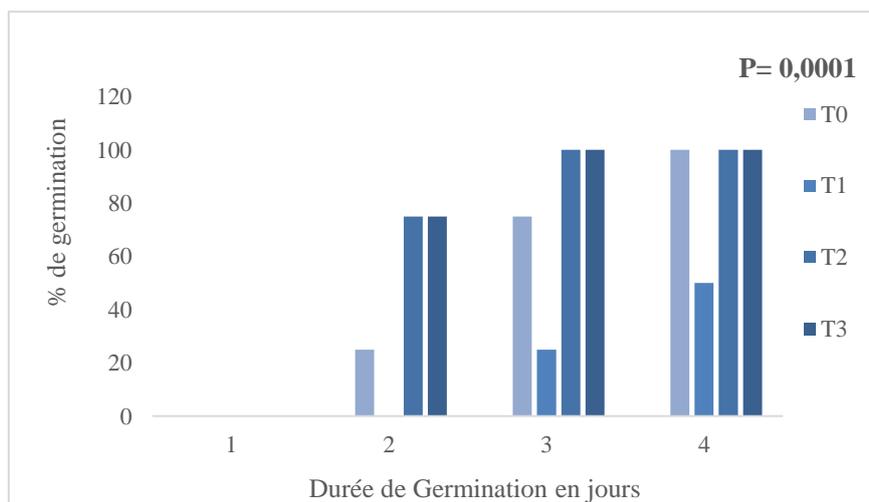
L'ensemble des paramètres étudiés tels que, le pouvoir germinatif, la levée, la hauteur des plants, les paramètres du rendement et l'apparition des moisissures, ont été analysés par l'analyse de la variance à l'aide du test ANOVA et en modèle GLM. Le test de Tukey permettra le classement des traitements en groupes homogènes. La différence est significative pour  $P \leq 0,05$  (Philippeau, 1989).

## **Chapitre 3 : Résultats et discussion**

### 1. Effet des biostimulants sur le pouvoir germinatif des grains d'orge

Les biostimulants ont prouvé leur effet sur le pouvoir germinatif des grains en hydroponie. Les taux de germination enregistrés ont mis en exergue une variabilité selon la durée et selon les traitements. La germination n'a pu être enregistrée qu'après 48 heures. Elle était présente et faible chez les témoins (25%), plus importante sous l'effet de l'extrait d'acide humique (75%) et la suspension de *Bacillus subtilis* mais, retardée sous l'effet des extraits d'algues. Elle demeure même modérée au quatrième jour quand elle a atteint les 100% pour les témoins (Figure 12).

L'analyse de la variance des taux de germination a montré une différence très hautement significative ( $P= 0,000$ ) selon les traitements et la période de germination (Annexe 4)

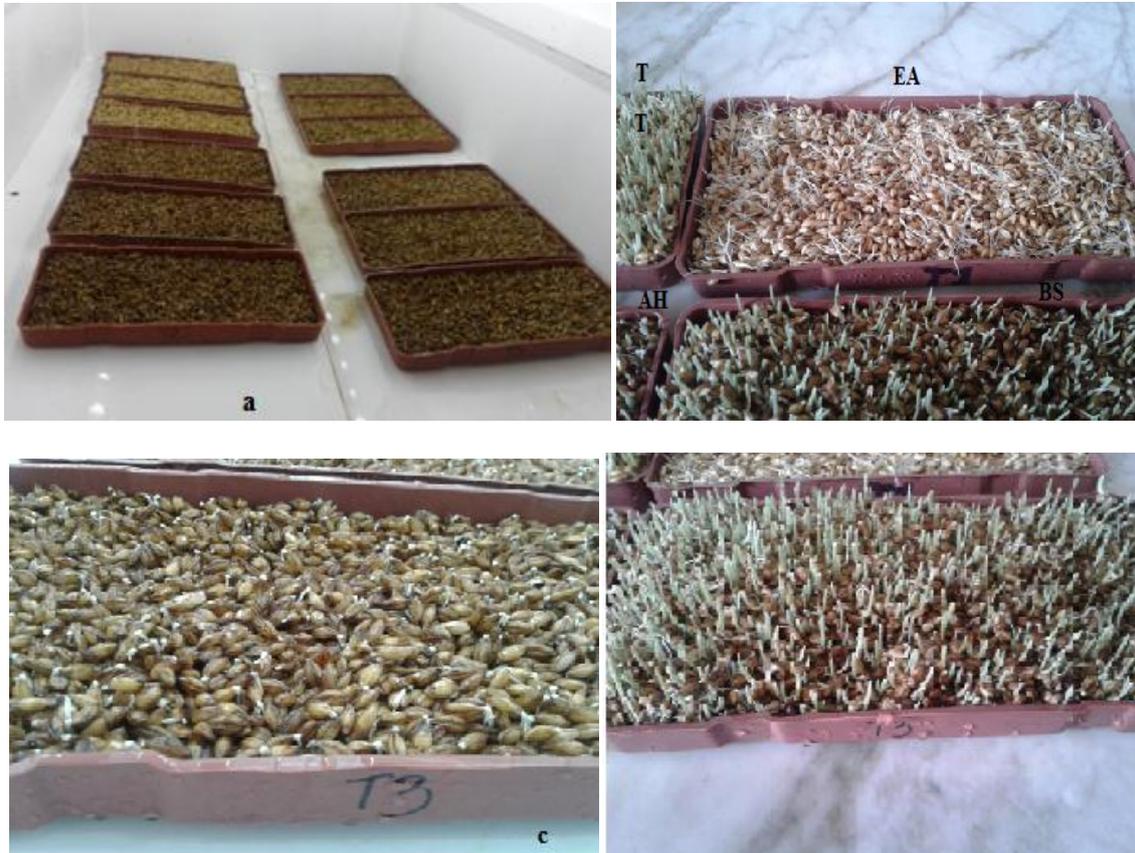


T0 : Témoins, T1 : extrait d'algues, T2 : Extrait d'acide humique, T3 : *Bacillus subtilis*

**Figure 12 : Taux de germination des grains d'orge en culture hydroponique selon la période et selon les traitements**

Ainsi, l'extrait d'acide humique et la suspension de *Bacillus subtilis* s'avèrent les meilleurs biostimulants de la germination des grains d'orge en culture hydroponique.

Ces résultats concordent avec ceux rapportés par les travaux d'Eyheraguibel et *al.* (2008) qui ont étudié l'effet stimulant d'extrait d'acide humique sur la germination du Maïs ainsi que ceux montrés par Faessel et *al.* (2014) sur l'effet des biostimulants sur la germination des graines.



A: début de germination pour tous les traitements,

EA : orge traité à l'extrait d'algue,

BS : orge traité au *Bacillus subtilis*,

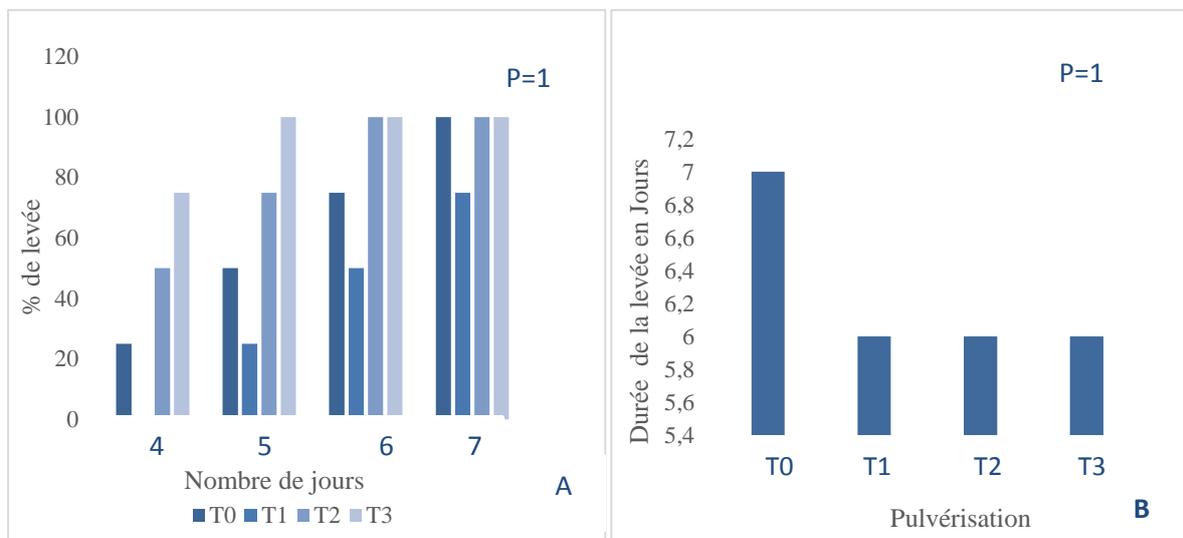
Ah : orge traité à l'acide humique

T: orge témoin

**Figure 13** : La germination de l'orge pour chaque traitement

## 2. Effet des biostimulants sur la levée des plantules

La levée des plantules était notée entre le 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> jour pour tous les traitements quel que soit leurs modes d'application (Figures : 14A et 14B). L'analyse de la variance des taux % de levée des plantules a montré une différence non significative entre les traitements selon la durée de son apparition ( $P=1$ ) (Annexe 5). Il en est de même pour la durée de son apparition selon les traitements appliqués par pulvérisation ( $P=1$ ) (Annexe 6).

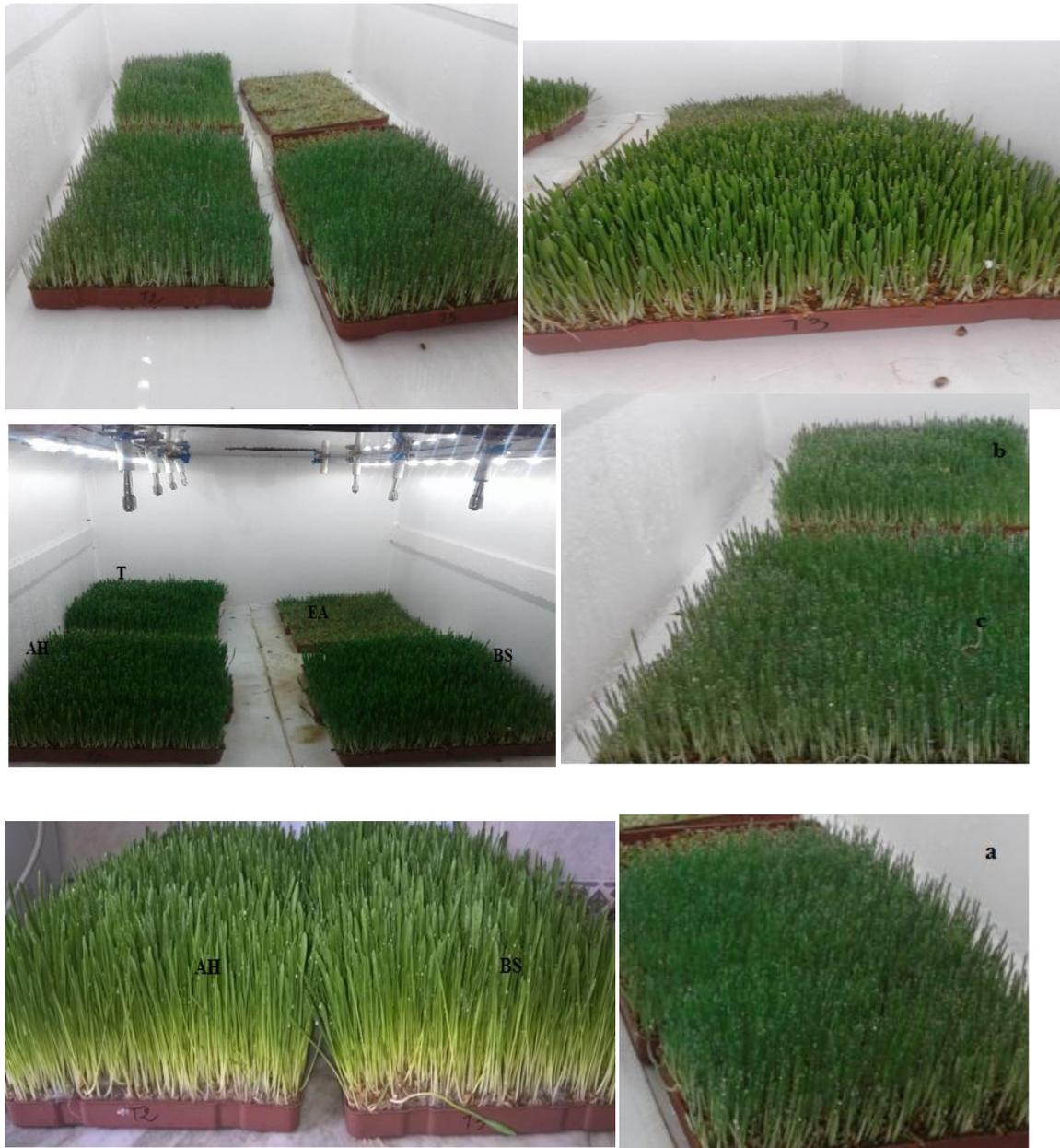


T0 : Témoins, T1 : extrait d'algues, T2 : Extrait d'acide humique, T3 : *Bacillus subtilis*

**Figure 14 : Durée de levée des grains d'orge en culture hydroponique**

Selon les traitements et les modes d'application par trempage (A)

et par pulvérisation (B)



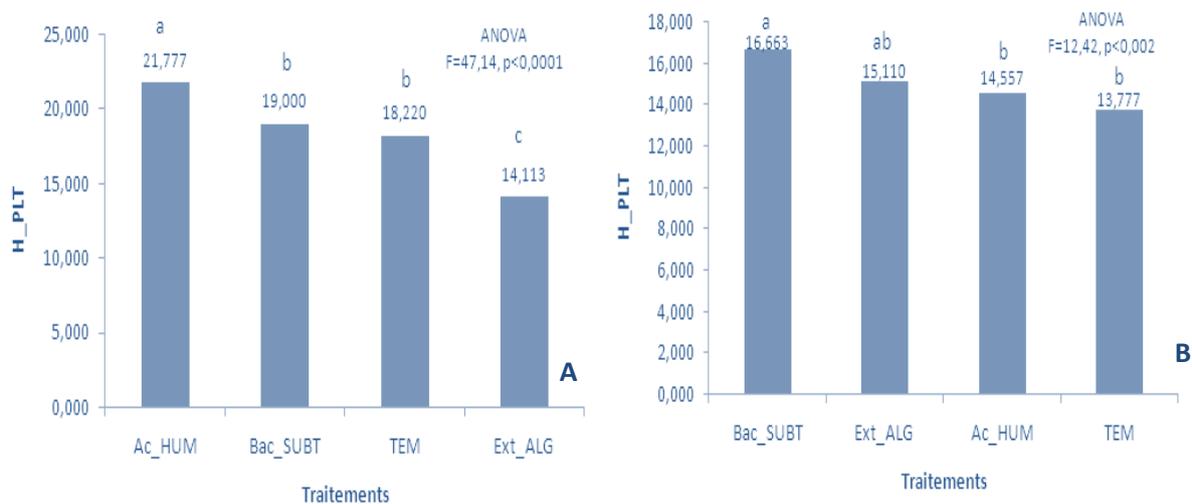
EA : orge traité à l'extrait d'algue, BS : orge traité au *Bacillus subtilis*, AH : orge traité à l'acide humique, T: orge témoin

**Figure 15:** la levée chez les différents traitements de l'orge

### 3. Effet des biostimulants sur la hauteur des plants

La hauteur des plants a montré une variabilité selon les traitements et leurs modes d'application. Elle était plus importante selon le mode par trempage que celui par pulvérisation. L'analyse de la variance des hauteurs des plants a montré une différence hautement significative entre les traitements selon le mode d'application par trempage ( $P=0,000$ ) et significative selon le mode par pulvérisation ( $P=0,002$ ). Le test Tukey a permis leurs classements en 3 et en 2 groupes homogènes respectivement selon les modes par trempage et par pulvérisation (Annexes 7 et 8).

L'acide humique (21.77cm) et la suspension bactérienne à base de *B. subtilis* (19 cm) ont montré les plus importantes hauteurs des plants respectivement selon la méthode par trempage ; alors que des hauteurs relativement moins importantes ont été enregistrées pour la suspension bactérienne (16.66 cm), les extraits d'algues (15.11 cm), et l'extrait d'acide humique (14.55cm) respectivement selon la méthode par pulvérisation (Figure 16A et 16B).



A : orge trempée, B : orge pulvérisée, H\_plt : hauteur des plants, Ac\_hum : acide humique, Bac\_Subst : *Bacillus Subtilis*, TEM : témoin, Ext\_ALG : extrait d'algues

**Figure 16 : Hauteur des plants d'orge en culture hydroponique selon les Traitements et les modes d'application par trempage (A) et par pulvérisation (B)**

Il est donc important de rappeler que, la hauteur des plants était élevée chez les grains d'orge trempés dans la solution d'acide humique et, chez les plants pulvérisés par la suspension de *Bacillus subtilis*. Le traitement à base d'acide humique s'avère donc le plus performant concernant ce paramètre.

Ces résultats coïncident avec ceux obtenus par Bafdel et Serir (2014), qui ont montré dans leur étude sur l'approche technico-économique sur les cultures fourragères hydroponiques et leur utilisation pour l'alimentation du cheptel bovin laitier, où la hauteur des plants de la variété locale Saida de l'orge était comprise entre 15 à 20 cm.

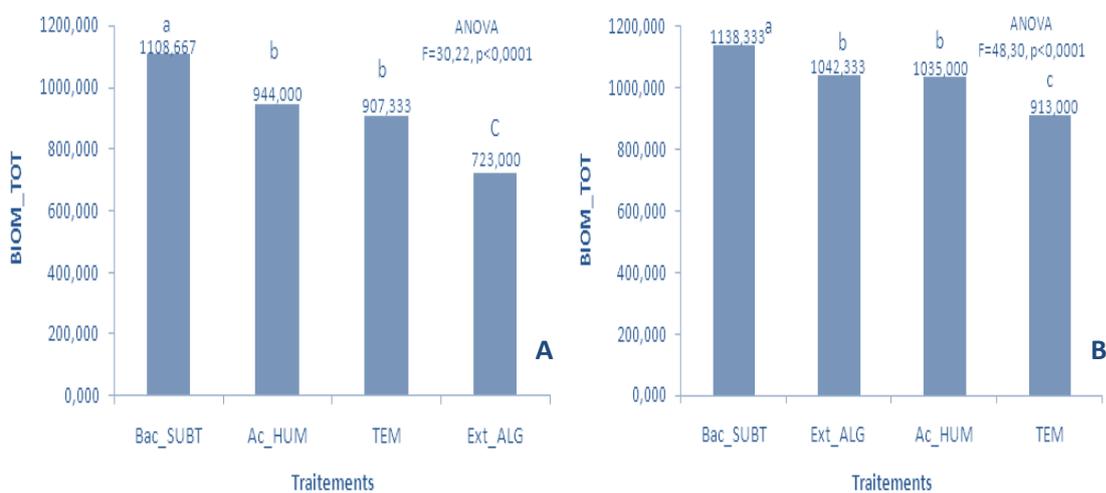
#### **4. Effet des biostimulants sur la biomasse des plants d'orge en hydroponie**

##### **4.1. Biomasse totale**

La biomasse des plants d'orge en culture hydroponique a connu également une variabilité selon les traitements et leurs modes d'application. L'analyse de la variance de la masse totale de la touffe des plants a mis en évidence une différence très hautement significative, entre les traitements selon les modes par trempage ( $P=0,000$ ) et par pulvérisation ( $P=0,000$ ). Le test de Tukey a permis de classer les traitements en 3 groupes homogènes selon chacun des deux modes d'application (Annexes 8 et 9).

En effet, la biomasse totale la plus élevée a été enregistrée pour les grains d'orge trempés dans la suspension de *Bacillus subtilis* (1108,66 g) et par degré moindre ; ceux trempés dans l'extrait d'acide humique (944 g), contrairement à ceux des témoins et ceux trempés dans l'extrait à base d'algues (Figure 17A). Ceci rappelle le rendement élevé obtenu par Janin (2012) en biomasse des plants chez *Brassicanaapus* l'effet des extraits d'algues et d'acide humique.

Par ailleurs, une biomasse plus élevée a été enregistrée pour les plants d'orge pulvérisés par la suspension de *Bacillus subtilis* (1138,33 g) et, les extraits d'algues (1043,33 g). Les plants d'orge traités par l'acide humique viennent en troisième position (1035 g) suivis par ceux des témoins présentant une plus faible biomasse (913 g).



A : orge trempée, B : orge pulvérisée, Biom\_Tot : Biomasse totale, Ac\_hum : acide humique,

Bac\_Subt : *Bacillus Subtilis*, TEM : témoin, Ext\_ALG : extrait d'algues

**Figure 17 : Biomasse totale des plants d'orge en culture hydroponique selon les traitements et les modes d'application par trempage (A) et par pulvérisation (B)**

Ces résultats confirment l'effet stimulant remarquable de la suspension de *Bacillus subtilis* notamment par pulvérisation sur le rendement en biomasse totale des plants d'orge en hydroponie. Ceci a été confirmé par les travaux de Feassel et *al.* (2014) qui ont souligné que, certaines bactéries secrètent des substances stimulatrices de croissance des plantes, comme les phytohormones (Auxines, gibbérelline, cytokinine, éthylène) ou les molécules volatiles telle que, l'acétone responsables de la stimulation de la croissance racinaire ou végétative des plantes

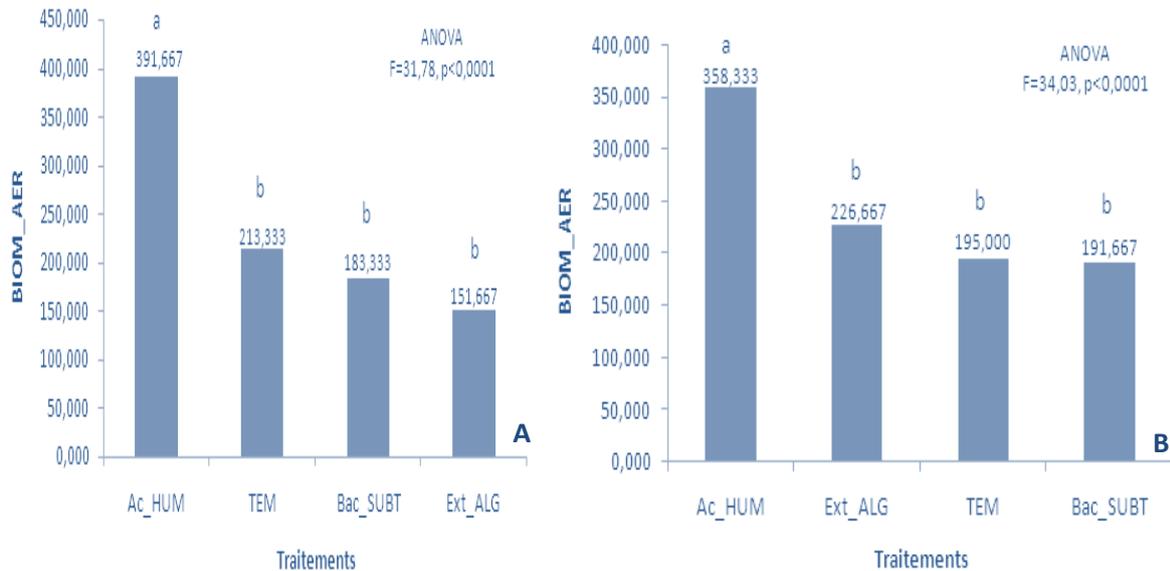
#### 4.2. Biomasse aérienne

La culture de l'orge en hydroponie a également révélé une variabilité de la biomasse aérienne selon l'effet des traitements et selon leurs modes d'application.

L'analyse de la variance de la biomasse aérienne a mis en évidence une différence hautement significative entre les traitements selon le mode par trempage et par pulvérisation ( $P=0,000$ ). Le test de Tukey a classé les traitements en deux groupes homogènes selon le mode par trempage et par pulvérisation (Annexes 10 et 11).

En effet, les grains d'orge trempés dans l'extrait d'acide humique ont montré la plus importante biomasse aérienne (391,66g) suivie par les témoins (213 ,33g) et par degré moindre ceux trempés dans la suspension à base de *B. subtilis* (183 ,33 g) et dans l'extrait à base d'algues (151,66g) (Figure 18A).

Par ailleurs, les plants d'orge traités par pulvérisation à l'aide d'extrait d'acide humique ont montré la biomasse aérienne la plus élevée (358,33 g), suivie par ceux traités par l'extrait d'algues (226 ,66 g) et par degré moindre des témoins (195 g) et ceux pulvérisés par la suspension de *Bacillus Subtilis* (191,66 g) (Figure18B).



A : orge trempée, B : orge pulvérisée, Biom\_Aer : Biomasse aérienne, Ac\_hum : acide humique, Bac\_Subt : *Bacillus Subtilis*, TEM : témoin, Ext\_ALG : extrait d'algues

**Figure 18 : Biomasse aérienne des plants d'orge en culture hydroponique selon les traitements et les modes d'application par trempage (A) et par pulvérisation (B)**

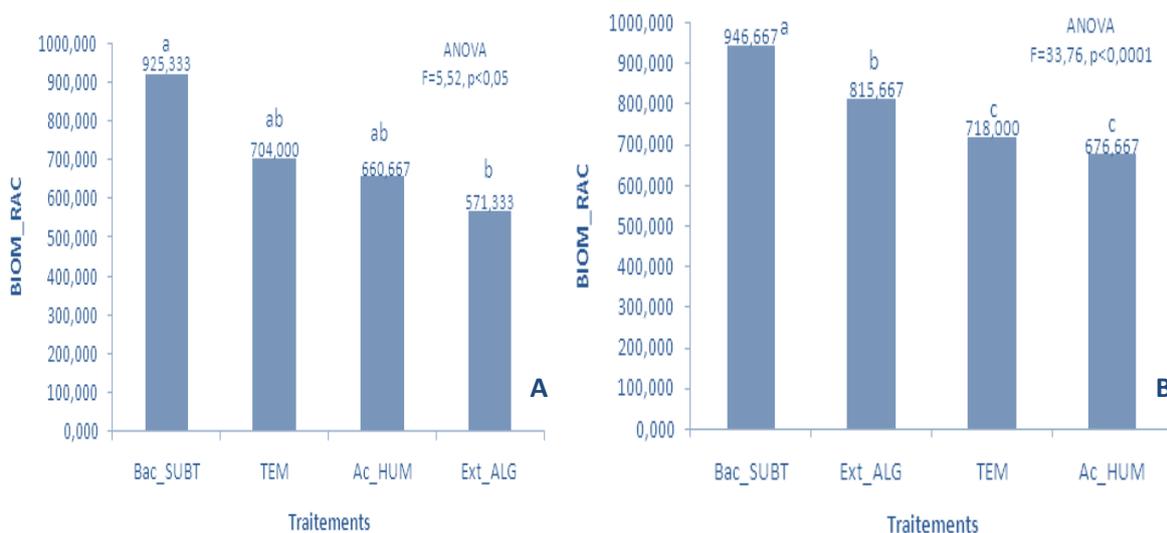
Ainsi, les résultats obtenus corroborent avec ceux de Piccolo et *al.* (1997) qui ont montré que l'application de l'acide humique permet à la plante d'avoir un meilleur développement et une meilleure croissance végétative.

#### 4.3. Biomasse racinaire

Les plants d'orge issus de la culture hydroponique ont montré une variabilité de la biomasse racinaire selon l'effet des traitements et selon leurs modes d'applications. L'analyse de la variance de la masse racinaire a montré une différence significative selon les traitements appliqués par trempage ( $P=0,05$ ) par pulvérisation et hautement significative selon le mode d'application par pulvérisation ( $P=0,000$ ). Le test de *Tukey* classé les traitements en deux et trois groupes homogènes respectivement selon les modes par trempage (Annexe 12) et par pulvérisation (Annexe 13).

En effet, la plus importante masse racinaire a été obtenue par les plants d'orge issus des grains trempés dans la suspension de *Bacillus subtilis* (925,33 g) et par degré moindre ceux trempés dans l'extrait d'algues (571,33 g) (Figure 19A).

Par ailleurs, la masse racinaire la plus élevée a été obtenue chez les plants d'orge traités par pulvérisation par la suspension de *Bacillus subtilis* (946 g), par l'extrait à base d'algues (815g), suivi des témoins (718 g) et ceux pulvérisés par l'acide humique (466 g) (Figure 19B).



A : orge trempée, B : orge pulvérisée, Biom\_rac : Biomasse racinaire, Ac\_hum : acide humique, Bac\_Subt : *Bacillus Subtilis*, TEM : témoin, Ext\_ALG : extrait d'algues

**Figure19: Biomasse racinaire des plants d'orge en culture hydroponique selon les traitements et les modes d'application par trempage (A)**

**et par pulvérisation (B)**

Dans ce sens, la suspension à base de *Bacillus subtilis* et l'extrait à base d'algues s'avère les meilleurs stimulants de la croissance racinaire des plants d'orge en hydroponie.

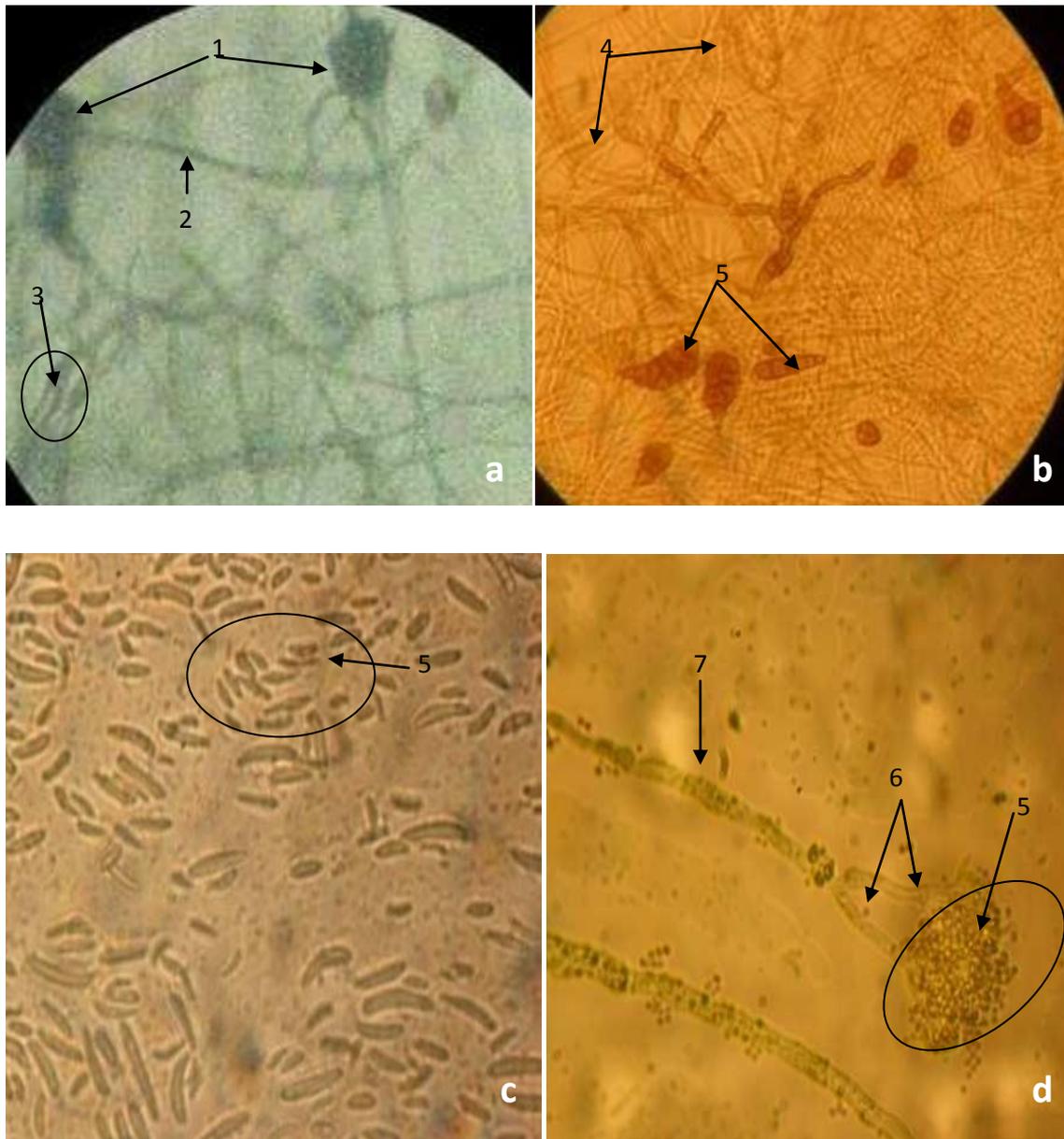
En effet, l'application de l'extrait d'acide humique selon les deux modes ont favorisé le développement végétatif. Celui à base d'algues n'a montré son effet phytostimulants que par trempage. En conclusion, les plants d'orge traités par *Bacillus subtilis* par trempage et/ou par pulvérisation ont révélé une meilleure biomasse totale, aérienne et racinaire comparés aux témoins et aux autres traitements.

### 5. Effet inhibiteur des biostimulants sur le développement des moisissures

Différents genres de moisissures ont été développés sur les cultures d'orge hydroponiques témoins et ceux cultivés sous l'effet des trois autres traitements (Tableau 1 et 2).

Le prélèvement et les observations microscopiques de ces contaminants fongiques nous ont permis leurs identifications selon les critères morphologiques portant sur leurs mycelia et, leurs conidies, en se basant sur les clés de détermination des fungi.

En effet, quatre genres de moisissures : *Rhizopus*, *Penicillium*, *Alternaria* et *Fusarium* (Figures 20: a, d, b et c) ont été prélevés et identifiés à partir de plants témoins. Leur apparition a eu lieu au 3<sup>ième</sup> jour du développement de la culture.



a. *Rhizopus* (Gr : X 125), b. *Alternaria* sp. (Gr : X 500), c. *Fusarium* sp. (Gr : X400),

d. *Penicillium* sp. (Gr : X 125)

1. Columelles, 2. Sporocystophore, 3. Stolons, 4. Mycelium, 5. Conidies, 6. Phialides,

7. Conidiophore

**Figure 20: Morphologie des isolats de moisissures inféodés à la culture de l’orge hydroponique selon les traitements**

Selon le mode d'application par trempage, l'ensemble des traitements ont permis l'inhibition de la croissance et de la sporulation des moisissures, et ont montré une variabilité dans leur date d'apparition et le type de moisissures développé (Tableaux 3). L'inhibition a affecté le genre *Alternaria* pour les traitements à base d'extrait d'algues et d'acide humique avec une apparition tardive des deux autres genres, au 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> jour respectivement. La suspension à base de *Bacillus subtilis* a montré l'inhibition du développement des trois genres de moisissures : *Penicillium*, *Fusarium* et *Alternaria*. L'apparition du genre *Rhizopus* n'a eu lieu qu'au 7<sup>ème</sup> jour (Tableau 1).

Selon le mode d'application par pulvérisation, les mêmes genres de moisissures que le premier essai ont été identifiées sauf que leur durées d'appariations étaient la même, à partir du troisième jour du développement végétatif de l'orge pour l'ensemble des traitements (Tableau 2).

Ces derniers ont permis l'inhibition de la croissance et de la sporulation des moisissures selon les deux modes d'application (Tableaux 1 et 2).

L'inhibition a affecté le genre *Alternaria* pour les traitements à base d'extrait d'algues et d'acide humique avec une apparition tardive des deux autres genres, au 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> jour respectivement) selon le mode par trempage. La suspension à base de *Bacillus subtilis* a montré l'inhibition du développement des trois genres de moisissures : *Penicillium*, *Fusarium* et *Alternaria* avec l'apparition du genre *Rhizopus* au 7<sup>ème</sup> jour (Tableau 1).

Par ailleurs, l'inhibition a porté également sur les genres *Alternaria* et *Fusarium* pour l'application de l'ensemble des biostimulants par pulvérisation mais, elle a concerné également *Penicillium* pour les extraits d'algues et celle de la suspension de *B. subtilis*. Il est important de signaler la sensibilité de cette variété d'orge même sous l'effet de l'ensemble de traitements vis à vis de *Rhizopus* (Tableau 2).

Dans ce sens, l'extrait d'algues appliqué par trempage et la suspension de *B. subtilis* appliquée par trempage et/ou par pulvérisation s'avèrent plus intéressants dans la réduction de la contamination des grains d'orge par les moisissures en hydroponie.

**Tableau 1 : Types de moisissures développées sur la culture de l'orge hydroponique selon la date de leurs apparitions et selon les traitements par trempage**

Traitements	Genres de moisissures développées sur la partie racinaire	Période de Leurs apparitions pendant le cycle de développement des plants
T0	<i>Fusarium</i>	3ème jour
	<i>Rhizopus</i>	
	<i>Penicillium</i>	
	<i>Alternaria</i>	
T1	<i>Penicillium</i>	5ème jour
	<i>Rhizopus</i>	
T2	<i>Rhizopus</i>	6ème jour
	<i>Penicillium</i>	
T3	<i>Rhizopus</i>	7ème jour

**Tableau2: Types de moisissures développées sur la culture de l'orge hydroponique selon la date de leurs apparitions et selon les traitements par pulvérisation**

Traitements	Type de moisissure	Le jour de leurs apparitions
T0	<i>Fusarium</i>	Troisième jour
	<i>Rhizopus</i>	
	<i>Penicillium</i>	
	<i>Alternaria</i>	
T1	<i>Rhizopus</i>	Troisième jour
T2	<i>Rhizopus</i>	Troisième jour
	<i>Penicillium</i>	
T3	<i>Rhizopus</i>	Troisième jour

En conclusion, l'orge en culture hydroponique soumise à l'effet de la suspension de *Bacillus subtilis* selon les deux modes d'application, et/ou l'extrait d'algues selon le mode d'application par pulvérisation ont induit la stimulation de la croissance et la résistance à l'attaque des moisissures des genres : *Fusarium*, *Alternaria* et *Penicillium*.

Ces résultats corroborent avec ceux rapportés par certains travaux de recherche qui ont affirmé que certaines espèces de bactéries du genre *Bacillus* agissent par divers mécanismes sur la stimulation de la croissance. Elles protègent également les plantes

contre certains agresseurs, en favorisant la compétition avec eux pour les nutriments et l'espace, ou en produisant des antibiotiques. Comme, elles stimulent la production de molécules à activités antimicrobiennes (Lambert, 2014).

Jannin (2012) a révélé que les extraits d'algues et d'acide humique engendrent une amélioration de la croissance et/ou la stimulation des systèmes de défense naturels.

Jayaraj et al. (2008) ont montré aussi qu'une pulvérisation foliaire d'un extrait d'algue limite les nécroses engendrées par *Alternaria* et *Botrytis* sur les plants de carotte et que les extraits d'algues induisent une résistance des plantes au stress abiotique.

Dans le même sens, Subramanian et al. (2011) ont prouvé à leur tour que l'utilisation des extraits d'algues par pulvérisation foliaire induit une augmentation de la croissance et la tolérance aux stress biotique ou abiotique chez les plantes (Mancuso et al, 2006)



**Figure 21** : installation des moisissures sur le témoin



A : orge trempé dans l'extrait d'algue

B : orge pulvérisé à l'extrait d'algue

**Figure 22** : Les moisissures sur l'orge trempée et pulvérisée par Extrait d'algues



A : orge trempée dans l'acide humique    B : orge pulvérisée à l'acide humique

**Figure 23** : Les moisissures installées sur l'orge trempée et pulvérisée par extrait d'acide humique



A : orge trempée dans *Bacillus*                      B : orge pulvérisée a *Bacillus subtilis*

**Figure 24** : Les moisissures de genre *Rhizopus* sur l'orge trempée et pulvérisée par *Bacillus subtilis*

Ce présent travail a fait objet d'étude de l'effet biostimulant de trois produits biologiques : un extrait d'algues (Algor), extrait d'acide humique (Humix) et une suspension de *Bacillus subtilis* (Biohealth WSG) homologués et commercialisés sur la variété « Tichedrett » de l'orge en hydroponie dans les conditions contrôlées (température, humidité et lumière). L'essai vise l'impact de leur utilisation sur le pouvoir germinatif des grains, la durée et la croissance végétative ainsi que, leur effet inhibiteur sur l'altération de la culture par les moisissures.

En effet, l'ensemble des traitements biologiques ont montré leur effet biostimulant sur la germination des grains d'orge de la variété « Tichedrett » mais, l'extrait d'acide humique (3 jour) et la suspension de *Bacillus subtilis* appliqués par trempage (3 jour) ont montré les meilleurs taux de germination. Cependant, aucun effet de ces traitements n'a affecté la levée de plantules comparées aux témoins.

Par ailleurs, la hauteur des plants a montré une variabilité selon les traitements et leurs modes d'application. L'acide humique (21,77 cm) et la suspension bactérienne à base de *B. subtilis* (16,66 cm) ont montré les plus importantes hauteurs des plants selon les modes par trempage et par pulvérisation respectivement.

Les plants d'orge en culture hydroponique ont également connu une variabilité dans leur biomasse selon les traitements et leurs modes d'application.

La plus importante biomasse totale a été enregistrée par la suspension de *Bacillus subtilis* selon les modes par pulvérisation (1138 ,33 g) et par trempage (1108 ,66 g).

La biomasse de la partie aérienne a été stimulée par l'extrait d'acide humique appliqué par trempage (391,66g) et par pulvérisation (358 ,33 g) alors que, celle de la partie racinaire a été relevée par la suspension de *Bacillus subtilis* appliquée par pulvérisation (946 g) et par trempage (925 ,33 g).

Dans ce sens, l'application de l'extrait d'acide humique selon les deux modes a favorisé le développement végétatif alors que l'extrait à base d'algues n'a montré son effet phytostimulant que par pulvérisation.

Ainsi, la suspension de *Bacillus subtilis* appliquée par trempage et/ou par pulvérisation s'avère le meilleur biostimulant de la biomasse totale, aérienne et racinaire comparés aux témoins et aux autres traitements.

Par ailleurs, différents genres de moisissures ont été développés sur les cultures d'orge hydroponiques témoins et celles cultivées sous l'effet des trois autres traitements.

En effet, quatre genres de moisissures : *Rhizopus*, *Penicillium*, *Alternaria* et *Fusarium* ont été prélevés et identifiés selon les critères morphologiques à partir des plants témoins. Leur apparition a eu lieu au 3<sup>ème</sup> jour de leur développement.

Cependant, l'ensemble des traitements biologiques ont montré leur pouvoir inhibiteur spécifique sur la croissance et la sporulation des moisissures inféodées à la culture hydroponique de cette variété d'orge. Ils ont montré une variabilité dans le genre de moisissures développé et leur date d'apparition. L'inhibition a affecté les genres *Alternaria* et *Fusarium* pour les traitements à base d'extrait d'algues et d'acide humique avec l'apparition des genres *Rhizopus* et *Penicillium* au 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> jour respectivement. Quant à la suspension à base de *Bacillus subtilis*, l'inhibition a concerné ces trois genres de moisissures : *Fusarium*, *Penicillium*, et *Alternaria* avec, la survie du genre *Rhizopus* au 7<sup>-ème</sup> jour.

L'utilisation de l'extrait d'algues en pulvérisation a donné le même résultat que *Bacillus subtilis* à l'égard de *Fusarium*, *Penicillium* et *Alternaria*.

### Conclusion

L'extrait d'acide humique (Humix) et la suspension de *Bacillus subtilis* s'avèrent les meilleurs biostimulants de la germination des grains d'orge et la hauteur des plants en culture hydroponique dans les deux modes.

La suspension de *Bacillus subtilis*, et l'extrait d'algues (Algor) ont également induit la stimulation de la croissance et la résistance à l'attaque des moisissures des genres : *Fusarium*, et *Alternaria* et même *Penicillium* avec la survie de *Rhizopus*.

A la lumière de ces résultats, on recommande l'utilisation de la suspension de *Bacillus subtilis* (Biohealth) selon les modes par trempage et pulvérisation pour augmenter le rendement et la tolérance aux moisissures pouvant inféoder la culture hydroponique de l'orge.

Pour le développement végétatif l'acide Humique (Humix) nous a fournis le meilleur résultat pour le mode trempage ainsi que par pulvérisation

A la lumière de ces résultats, on recommande l'utilisation de la suspension de *Bacillus subtilis* selon les deux modes d'application par trempage ou par pulvérisation en vue d'augmenter la croissance, le rendement et la tolérance à certaines moisissures pouvant inféoder la culture hydroponique de l'orge.

Plusieurs portes s'ouvrent à la recherche :

- Il serait préférable de tester ces biostimulants sur une large gamme de variétés d'orge pour connaître leur résistance vis-à-vis des moisissures notamment toxigènes et, sélectionner une meilleure solution biologique contre ces redoutables contaminants,
- Il serait important de connaître leur impact sur la valeur nutritive et la valeur fourragère de l'orge,
- Il serait important aussi de connaître la toxicité de la suspension de *Bacillus subtilis* sur la santé des animaux et celle de l'homme,
- Il serait important de rechercher et tester d'autres biostimulants à base de plantes, de microorganismes, d'algues et de nature inorganique,
- Il serait intéressant de développer cette problématique par la recherche d'une solution biologique contre les moisissures de l'orge en hydroponie,

## Références bibliographiques

1. **Ahmed Serir M. et Bafdel M.**, (2014). Approche technico-économique sur les cultures fourragères hydroponiques utilisation pour alimentation du cheptel Bovin laitier. Mémoire Ing. U.S.D.B, 87p.
2. **Al Karaki G.N.**, (2011). « Utilization in a of treated sewage wastewater for green forage production in a hydroponic system ». *Food agric.*, 23 (1):80-94.
3. **Al Karaki G.N. et Al Momani N.**, (2011). « Evaluation of some barley cultivars for green fodder production and water use efficiency under hydroponic conditions ». *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 7(3): 448-457.
4. **Antoine F.** (2010). « Moisissures prévention et lutte ». Brochures de recommandations et de conseil. Edition ???, Bruxelles, 12 p.
5. **Barnett H. et Barry B.**, (1998). « Illustrated genera of imperfect fungi ». Ouvrage. Edition: saint Paul, Australia 218 p.
6. **Beauchamp F.**, (1998). Les principaux types de sols. [www.typesdesols.htm](http://www.typesdesols.htm).consulté le 12-03-2017.
7. **Belaid D.**, (2014). Algérie, orge en hydroponie. ([www.djamelbelaid.fr/fourrages et aliment de bétail/](http://www.djamelbelaid.fr/fourrages-et-aliment-de-betail/) orge en hydroponie) .consulté le 20-11-2016.
8. **Belaid D.**, (1986). Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ouvrage. Ed. office des publications universitaires .205 p.
9. **Benmohammed A., Bouzerzour H., Karbouche S. et Hassous K.**, (1997). Variabilité et corrélation entre les caractères mesurés sur l'orge en milieu semi-aride. *Céréaliculture*, 30 :11-14.
10. **Biddinger E, Raghothama K.G.**, (1998). Physiological and molecular responses of aeroponically grown tomato plants to phosphorus deficiency. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123:330-333
11. **Boullard B.**, (1997). Dictionnaire plantes et champignons. Ed. ESTEM. Paris. 875p

12. **Carruthers S.**, (2003). "Green Feed-Livestock Fodder Shed", N70. <http://www.hydroponics.com.au/issue-70-green-feed-livestock-fodder-shed/>. Consulté le 20-11-2016 .
13. **Champion R.**, (1997). Identifier les champignons transmis par les semences. Edition INRA , 400p
14. **Le Gall C. et, Raimbault J.** (2016). Soja biologique : deux biostimulants à l'épreuve du terrain. Perspectives agricoles , 3 p.
15. **Chevan J et Kadam S.** (1989): "Nutritional improvement of cereals by sprouting." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28(5): 401-437. In Nutritional benefits of hydroponically sprouted grains for animal feeding. Section 1
16. **Chuck Dj.**, (2014). Les risques sanitaires dans la production de fourrage. <https://fourragealgerie.blogspot.com>. consulté le 04-02-2017
17. **ContePet Piccolo A.**, (1999). Conformational Arrangement of Dissolved Humic Substances. Influence of Solution Composition on Association of Humic Molecules. *Environ. Sci. Technol.*, 33 (10) : 1682–1690.
18. **De Buyser J. et Henry Y.**, (2000). L'origine des blés. *Pour la science, Hors série*, 26 :60-62.
19. **Dung D.D., Godwin I.R. et Nolan J.V.** (2010). « Nutrient content and in sacco degradation of hydroponic barley sprouts grown using nutrient solution or tap water". *Journal of Animal and Veterinary Advanced*, 9(18):2432-2436.
20. **Eyheraguibel B., Silvestre J., et Morard P.** (2008) Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology* 99: 4206-4212.
21. **Faessel L., Gomy C., Nassr N., Tostivint C., Hipper C. et Dechanteloup A.**, (2014). Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes. Étude des connaissances disponibles et recommandations stratégiques, rapport d'étude réalisé par Bio by Deloitte et RITTMO Agroenvironnement pour le ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et du forêt, 148 p.

22. **Gate P.**, (1995). Ecophysiologie du blé. Ed. Lavoisier, Paris, 429p.
23. **Gautier J.**, (1991). Notion d'agriculture. Ed. Gautier, Paris, 575 p.
24. **Gilberto P** (2013). Culture hydroponique: Avantages et inconvients.<http://hydroponie.fr/culture-hydroponique-avantages-et-inconvient> consulté le 04-02-2017.
25. **Grandcourt C. et Prats J.** (1971). Les céréales. Ed. Baillière, Paris, 351p.
26. **Graves, C.J.**, (1983). The Nutrient Film Technique. *Horticultural Reviews*, 5(1): 1-44, ISSN978-0-470-38642-2.
27. **Hacini M.**, (2016). Maghreb hydroponic.<http://maghreb-hydroponic.blogspot.com>: consulté le 04-02-2017
28. **Harlan J.R.**, (1987). Les plantes cultivées. Ed. ACCT., Paris, 414p.
29. **Hector M. et Gallegos L.**, (2004). « Hydroponic Green Forage ». <http://jordankmportal.com/system/resources/attachements/original/hydroponic-green-forage-summary-2004> . consulté le 04-11-2016
30. **Hopf M. et Zohry D.**, (2000). « Domestication of plants in the old world». *Annals of Botany*, 88. 666 p.
31. **IQDHO (2016)**, Les biostimulants, Centre d'expertise en horticulture du Québec. [www.agrireseau.net](http://www.agrireseau.net): consulté le 20-04-2017
32. **Jannin L.**, (2012). caractérisation des modifications physiologiques et métaboliques induites chez *Brassic napus* L. par rapport d'extraits algaux ou acides humiques. Thèse doctorat. Université Caen. Belgique, 205p.
33. **Jayaraj J, Wan A, Rahman M, Punnya ZK (2008)** Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. *Crop Protection* 27:1360-1366.
34. **Jensen M.H. ET Collins W.L.**, (1985). Hydroponic Vegetable Production. *Horticultural Reviews*, 7: 483- 559p.
35. **Kahi K et Miyumo S.**, (2011): "Hydroponic fodder production". The potential and the challenges. *Resilience* 3:46-49.
36. **Kang J.G. et Van Iersel, M.W.**, (2004). Nutrient Solution Concentration Affects Shoot: Root Ratio, Leaf Area Ratio, and Growth of Subirrigated *Salvia (Salvia splendens)*. *Hort. Science*, 39 (2) : 49-54.

37. **Khaldoun A.**, (1995). Étude du comportement de l'orge (*Hordeumvulgare* L.) exploitée en double fin. Céréaliculture, 82: 2-7.
38. **Kim Y.C., Glick B., Bashan Y. andRyuC.M.(2012)**. Enhancement of plant drought tolerance by microbes. In: Aroca R (Ed) Plant responses to drought stress. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 383–413p.
39. **Lambert L.**,(2014). Les biostimulants. [www.mapaq.gouv.qc.ca/](http://www.mapaq.gouv.qc.ca/) consulté le 20-04-2017
40. **Le Gall C. et, Raimbault J.**, (2016). Soja Biologique : Deux Biostimulants à l'épreuve du terrain. Perspectives Agricoles, 437:34-36.
41. **Mancuso S., Azzarello E., Mugnai S. et Briand X.**,(2006). Marine bioactive substance (IPA extract) improve foliar ion uptake and water stress tolerance in potted *Vitisviniferaplants*..*Advances in Horticultural Science*, 20: 156-161.
42. **Mcintosh F. et SneathR** .(2003). 'Review of hydroponic fodder production for beef cattle'. Meat and livestock Australia limited. Locked Bag 991.North Sydney, NSW 2059. ABN 39 081 678 364. ISBN 1 74036 503 8.
43. **Moule C.**, (1980). Les céréales. Ed. La maison rustique. Paris, 318 p.
44. **Panzolato T.**, (2016).Les principaux avantages de la culture en hydroponie et aquaponie. [www.lautrecampagne.com](http://www.lautrecampagne.com) consulté le 20-04-2017
45. **Philippe A.** (2008). La culture hydroponique passive.[www.aaofr/post/04/30/la-culture-hydroponique-passive](http://www.aaofr/post/04/30/la-culture-hydroponique-passive): consulté le 10-03-2017.
46. **Rathore S.S., Chaudhary D.R., Boricha G.N., Ghosh A., Bhatt B.P.,Zodape S.T., Patolia J.S.** (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean.South African Journal of Botany. Volume 75: 351-355 p.
47. **Ritter E., Angulo P., Riga P., Herrán C., Reloso J. et, San Jose M.**, (2001). Comparison of hydroponic and aeroponic systems for the production of potato minitubers. *Potato Research*, 44: 127–135.

48. **Sayoud R., Ezzahiri R. et Bouznad Z., (1999).** Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb. Guide pratique. Ouvrage. Ed. ITGC. 64p.
49. **Smejkalova D. et Piccolo A., (2008).** Aggregation and disaggregation of humic supramolecular assemblies by NMR diffusion ordered spectroscopy (DOSY-NMR). *Environ. Sci. Technol.*, 42:699–706.
50. **Solner D., (1992).** Les grandes productions végétales. Ed. Collection. Science et techniques agricoles,. 454 p.
51. **Steven E. (2010).** Barley: Production, improvement, and uses. Ed. Wiley Blackwell, 640 p.
52. **Straumietis M. (2008).** Hydroponics through the ages” in article base. <http://www.articlebase.com/gardening-articles/the-history-of-hydroponics-through-the-ages-405950.htm>. consulté le 20-04-2017.
53. **Subramanian S, Sangha JS, Gray BA, Singh RP, Hiltz D, Critchley AT, Prithiviraj B (2011)** Extracts of the marine brown macroalga, *Ascophyllum nodosum*, induce jasmonic acid dependent systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* against *Pseudomonas Syringae* DC3000 and *Sclerotinia sclerotiorum*. *European Journal of plant Pathology* DOI 10.1007/s10658-011-9802-6.
54. **Sukalac K., (2016)** .Les biostimulants parmi les produits de stimulation agricoles <http://www.biostimulants.eu/2016/09/biostimulants-produits-stimulation/Technology> 99: 4206-4212.
55. **Tabuc C., (2007).** Flore fongique de différents substrats et condition optimales de production des mycotoxines. Thèse du Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse. 190p.
56. **Turner M., (2016).** Les Biostimulants: contexte réglementaire. [Blog.vegnov.com/2016/09/les-biostimulants-contexte-réglementaire/more-2832](http://Blog.vegnov.com/2016/09/les-biostimulants-contexte-réglementaire/more-2832) : consulté le 20-04-2017

## Liste des figures

**Figure 1** : Cycle de développement des céréales

**Figure 2** : Cycle de développement des moisissures.

**Figure 3** : Morphologie du genre *Rhizopus*

**Figure 4** : Morphologie du genre *Penicillium*

**Figure 5** : Morphologie du genre *Trichoderma*.

**Figure 6** : Morphologie du genre *Alternaria*.

**Figure 7** : Morphologie du genre *Fusarium*.

**Figure 8** : Hangar Hydroponique vue de l'extérieur et de l'intérieur.

**Figure 9** : Partie extérieur de la chambre hydroponique

**Figure 10** : Partie intérieur de la chambre hydroponique

**Figure 11** : Schéma du dispositif expérimental de la culture hydroponique de l'orge fourrager sous l'effet des biostimulants.

**Figure 12** : Taux de germination des grains d'orge en culture hydroponique selon la période et selon les traitements

**Figure 13** : Début de germination de l'orge trempée.

**Figure 14** : Durée de levée des grains d'orge en culture hydroponique selon les traitements

**Figure 15** : la levée chez les différents traitements de l'orge

**Figure 16** : Hauteur des plants d'orge en culture hydroponique selon les traitements et les modes d'application

**Figure 17 :** Biomasse totale des plants d'orge en culture hydroponiques selon les traitements et les modes d'application.

**Figure 18 :** Biomasse aérienne des plants d'orge en culture hydroponique selon les traitements et les modes d'application

**Figure 19 :** Biomasse racinaire des plants d'orge en culture hydroponique selon les traitements et les modes d'application.

**Figure 20 :** Morphologie des isolats de moisissure inféodés à la culture de l'orge hydroponique selon les traitements.

**Figure 21 :** Installation des moisissures sur le témoin

**Figure 22 :** Les moisissures sur l'orge trempée et pulvérisée par l'extrait d'algues

**Figure 23 :** Moisissures sur l'orge trempée et pulvérisée par l'extrait d'acide humique.

**Figure 24 :** Moisissures de genre *Rhizopus* sur l'orge trempée et pulvérisée par *Bacillus Subtilis*.

## Liste des tableaux

**Tableau 1** : Types de moisissures développées sur la culture de l'orge hydroponique selon la date de leurs apparitions et selon les traitements par trempage.

**Tableau 2**: Types de moisissures développées sur la culture de l'orge hydroponique selon la date de leurs apparitions et selon les traitements par pulvérisation.

0556488924

## Liste des abréviations

**Ac\_Hum, AH, T2** : Extrait acide humique

**Bac\_Subt, BS, T3** : Traitement par *Bacillus Subtilis*

**BIOM- AER** : Biomasse Aérienne.

**BIOM-RAC** : Biomasse racinaire

**BIOM-TOT** : Biomasse totale

**CNCC** : Centre national de contrôle et de certification des semences.

**EA, EX\_ALG, T1** : Extrait algues.

**GH** : Groupe homogène.

**Gr** : Grossissement.

**Ha** : Hectare.

**H-PLT** : Hauteur des plants.

**HS** : Hautement significatif.

**ITELV** : institut technique de l'élevage.

**NS** : Non significatif.

**Obs** : Observé.

**P** : Pulvérisation.

**PMG** : poids de mille grains.

**Prob** : Probabilité.

**T** : Trempage.

**TEM, T0, Té**: Témoin.

**S** : Significatif.

**Sign** : Signification.

## Annexes

### Annexe 4 : Analyse de la variance de la durée de germination selon les différents

#### Traitements par trempage

Traitements	Durée moyenne de germination (jours)	F observée	Probabilité	Signification
T0	4	12,7033	0 ,000	Différence Hautement significative
T1	5			
T2	3			
T3	3			

-T0 : Témoin,

-T1 : Extrait d'algue,

-T2 : Acide humique,

-T3 : Bacillus subtilis

**Annexe 5 : Analyse de la variance de la durée de levée selon les différents**

**traitements par trempage**

Traitements	Durée moyenne de la levée (Jours)	Fobservée	Probabilité	Signification
T0	7	2,5490	1	Différence Non significative
T1	8			
T2	6			
T3	5			

**Annexe 6 : Analyse de la variance de la durée de levée selon les différents**

**traitements par pulvérisation**

Traitements	Durée moyenne de la levée (Jours)	F observée	Probabilité	Signification
T0	7	6 ,004 <sup>E</sup> 16	1	Différence Non Significative
T1	6			
T2	6			
T3	6			

**Annexe 7 : Analyse de la variance de la hauteur des plants selon les différents**

**traitements par trempage**

Traitements	hauteur moyenne des plants (cm)	Groupes Homogènes	F observé	Probabilité	Signification
T0	18.22	b	47 ,14	0 ,0001	Différence Hautement significative
T1	14.11	c			
T2	21.77	a			
T3	19	b			

**Annexe 7 : Analyse de la variance de la hauteur des plants selon les différents**

**traitements par pulvérisation**

Traitements	hauteur moyenne des plants (cm)	Groupes homogènes	Fobservé	Probabilité	Signification
P0	13.77	b	12,42	0 ,000	Différence Hautement significative
P1	15.11	ab			
P2	14.55	b			
P3	16 .66	a			

**Annexe 8 : Analyse de la variance de la masse globale de la touffe des plants selon les différents traitements par trempage**

Traitements	Masse globale moyenne de la touffe des plants (g)	Groupes homogènes	F observé	Probabilité	Signification
T0	907,33	b	30 ,22	0 ,000	Différence Hautement significative
T1	723	c			
T2	944	b			
T3	1108,66	a			

**Annexe 9 : Analyse de la variance de la masse globale de la touffe des plants selon les différents traitements par pulvérisation**

Traitements	Masse globale moyenne de la touffe des plants	GH	F observé	Probabilité	Signification
T0	913	c	48 ,30	0 ,000	Différence Hautement significative
T1	1043 ,33	b			
T2	1035	b			
T3	1138,33	a			

**Annexe 10 : Analyse de la variance de la masse aérienne la touffe des plants selon les différents traitements par trempage**

Traitements	Masse aérienne moyenne	Groupe homogènes	F observé	Probabilité	Signification
T0	213 ,33	b	31,78	0 ,000	Différence Hautement significative
T1	151 ,66	b			
T2	391 ,66	b			
T3	183,33	a			

**Annexe 11 : Analyse de la variance de la masse aérienne la touffe des plants selon les différents traitements par pulvérisation**

Traitements	Masse aérienne moyenne	Groupes homogènes	F observé	Probabilité	Signification
T0	195	b	34,03	0 ,000	Différence hautement significative
T1	226 ,66	b			
T2	358 ,33	a			
T3	191,66	b			

**Annexe 12 : Analyse de la variance de la masse racinaire de la touffe des plants  
selon les différents traitements par trempage**

Traitements	Masse racinaire moyenne	Groupes homogènes	F observé	Probabilité	Signification
T0	704	ab	5,52	0 ,000	Différence Hautement Significative
T1	571 ,33	b			
T2	660 ,67	ab			
T3	925 ,33	a			

**Annexe 13 : Analyse de la variance de la masse racinaire de la touffe des plants  
selon les différents traitements par pulvérisation**

Traitements	moyenne de la biomasse racinaire	Groupes homogènes	F observé	Probabilité	Signification
T0	718	c	33,76	0 ,000	Différence hautement significative
T1	815	b			
T2	466	c			
T3	946	a			