



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

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريش

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi- B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية.

Département des Sciences agronomique



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Amélioration des plantes

Intitulé

**Comparaison entre la culture
hydroponique et la culture naturelle de
l'orge (*Hordeum vulgare L.*)**

Présenté par : Kahia Afaf
Boudari Ibtissem

Soutenu le : 07-07-2019

Devant le jury :

Président : Mme. BENBOUGUERRA KhalissaUNV BBA

Examineur : Mr.OULD KIAR Rheda.....UNV BBA

Encadrant: Mme. BENIDIR ChafiaUNV Sétif

Co-encadrant: Mme. KLALACHE Haizia.....UNV BBA

Année universitaire : 2018/2019

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier DIEUX, le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné le courage et la patience de mener à bien ce travail, qu'il soit béni et glorifié.

Par conséquent, nous voudrions exprimer nos sincères remerciements à notre promoteur Dr. Benider Chafia

Et Dr. Kellaleche Hizia

Pour nous aider, et nous donner des conseils précieux, et de la patience avec nous durant toute la période du travail. Dieu l'a récompensée tout le meilleur.

Nous voudrions également exprimer nos remerciements et notre gratitude à tous les travailleurs dans l'institut technique de la grande culture (ITGC) à Sétif en particulier directeur M. Lwahdi

Et M. Nadir Harkati

Et merci à la voie de l'équipage pour les services coopératifs agricoles spécialisés dans l'élevage du bétail à Ain Lahdjar « Ferme école COOPSSSEL » la place du côté pratique, en particulier,

Le M. Lounis El Aalmi

Nous nous tournons vers les éminents professeurs et les membres du jury merci beaucoup d'avoir accepté de juger ce modeste travail.

Dédicace

Merci ALLAH de m'avoir donné la capacité de réfléchir et d'écrire, la force et la patience d'aller jusqu'au bout du rêve, et de lever mes mains vers le ciel et de dire « Ya Hayo Ya kayoum »

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents :

Aucune dédicace ne saurait exprimer on respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentés pour mon instruction et mon bien-être Je vous remercie pour tous le soutien et l'amour que vous me porter depuis mon enfance, pour m'avoir toujours soutenu et encouragé. Qu'Allah vous protège et vous accorde santé, bonheur et longue vie.

A mes chers sœurs : hadjer, hayat, ghada, malek

A mes chers frères : kamel, sedik, hamza, roudouane

Dédicace spécialement : Boudari Ibrahim la miséricorde de dieu

*A mes amies : Baya, Zina, Sabrina, Randa, Yakout, Mesouda,
Amel, Radia, Nassima, Ratiba*

A mon amie et camarade ma chère : Afaf

Et toute la famille Boudari

Ibtissem

Dédicace

*Merci «ALLAH» de m'avoir donnée la capacité d'écrire
et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller
jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains
vers le ciel et de dire «YA RAHMAN»*

Je dédie ce modeste travail :

*A ma mère vertueuse source de bonheur et d'espoir et la
clé du paradis, Dieu prolonge sa vie, et Dieu m'a rendu
juste par elle*

AU mari de ma mère boumkhila Ahmed

*A tout la famille Bounabi surtout mon grand-père et
grand-mère*

A mes tantes sasia, salima

A mon oncle lahcen

A mon amie et camarade ma chère : Ibtissem

Afaf

Liste Abréviation

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Résumé

Introduction.....	01
-------------------	----

Chapitre I : Recueil Bibliographique

I.1. Définition.....	02
I.2. Différents systèmes de culture hydroponique.....	02
I.2.1. Système hydroponique actifs et passifs.....	02
I.2.1.1. Un système hydroponique passif.....	02
I.2.1.2. Un système hydroponique actif.....	03
I.2.2. Les systèmes hydroponiques avec et sans substrat	04
I.2.2.1. Systèmes sans substrat (liquide de culture).....	04
I.2.2.1.1. Aquiculture.....	04
I.2.2.1.2. Technique du film nutritif (N.F.T.).....	04
I.2.2.2. Systèmes avec substrat.....	05
I.2.2.2.1: Système de table à marées (Flux-reflux).....	05
I.2.2.2.2. Système de goutte à goutte.....	06
I.2.2.2.3: Système à flux continu.....	07
I.3. La solution nutritive.....	07
I.4. Types de culture hydroponique.....	07
I.5. Les conditions de la culture.....	08
I.5.1. Gestion de la solution nutritive.....	08
I.5.2. Le PH.....	08
I.5.3. Conductivité électrique (CE).....	09
I.5.4. Température.....	09
I.6. Les avantages et les inconvénients.....	09
I.6.1. Les avantage.....	09

I.6.2. Les inconvénients.....10

Chapitre II : Matériels et Méthodes

Objectif.....12

II.1.Matériel végétale.....12

II.2.Méthodes

II.2.1.Choix du site de culture sur champ (Institut Techniques des grandes cultures (ITGC Sétif).....12

II.2.1.1. Protocole expérimental (culture naturel de l’orge).....13

II.2.2. Choix du site de culture hydroponique (Ferme école COOPSSSEL).....13

II.2.2.1.Matériel occupant.....14

II.3.Protocole expérimental (culture hydroponique de l’orge).....16

II.3.1.Conditions de culture.....16

II.3.1.1.Traitement préalable des semences.....16

II.3.1.2.Phase de pré-germination.....17

II.3.1.3. Phase de «germination » ou de culture.....18

II.3.2. Conditions de culture (phase de germination).....19

II.3.3.Stade de récolte.....19

II.4. Mesures effectués.....20

II.4.1.Surface foliaire.....20

II.4.2.La production de la matière fraîche.....20

II.4.3. Production des matières sèche.....21

II.4. Pourcentage d’eau %.....22

II.5. Teste de chlorophylle.....23

II.5.1. Matériel utilisé.....23

II.5.2. Les étapes.....24

II.6. Analyse des données.....26

Chapitre III : Résultats et Discussion

III. Comparaison entre l’agriculture de surface et l’agriculture hydroponique27

Production de fourrage27

1. Partie des résultats.....28

1.1 .La Production de la matière fraîche.....28

1.3. Production de la matière sèche.....29

1.4. Superficie des feuilles.....30

1.5. Teneur en Chlorophylle a et b et c (chlorophylle total) des variétés.....30

1.6. Production de la Biomasse radicale.....31

2. Partie discussion.....32

Conclusion35

Référence bibliographique

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux

Tableau 01	Les résultats totaux des mesures effectuées maitre dans la partie résultats	22
Tableau 02	Mesures spectrophotométriques à deux longueurs d'onde 645 et d'ondes 663	25
Tableau 03	Mesure de chlorophylle a, b et chlorophylle totale	25

Liste des figures

Figure	page
Figure 1 : Système hydroponique passif	03
Figure 2: Système hydroponique actif	03
Figure 3: Système aquiculture	04
Figure 4 : Système Technique du film nutritif	05
Figure 5: Système de table à marées (Flux-reflux)	06
Figure 6: Système de goutte à goutte	06
Figure 7: L'institut technique des grandes cultures ITGC	13
Figure 8: Echantillonnage de la végétation	13
Figure 9: Localisation de coopérative agricole de services spécialisés en élevage <<Ferme école COOPSSSEL>>	14
Figure 10 : Chambre de production	15
Figure 11 : Un système de stérilisation	15
Figure 12 : Un tableau de commande	15
Figure 13 : Chambre noir pour fait les pré-germinations (le choc thermique)	16
Figure 14 : Produit désinfectant les moisissures	17
Figure 15 : Les étapes de pré-germination du lavage de l'orge	18
Figure 16 : Les étapes de préparation de l'orge dans les plateaux pour entrer dans la chambre de production	18
Figure 17 : Illustration de la transformation de l'orge en grains en fourrage vert hydroponique Prêt à être consommé par les animaux et après 8 jours de germination	20
Figure 18: Mesure le poids de partie aérienne et partie racinaires	21
Figure 19 : l'échantillon se mise dans une étuve	22
Figure 20: Spectrophotométriques	24
Figure 21: La solution filtrée dans tube à essais	25
Figure 22: La Production de La matière fraîche	28
Figure 23 : Pourcentage d'eau perdu	29
Figure 24 : Production de la matière sèche	29
Figure 25: Moyenne de superficie des feuilles	30
Figure 26 : Teneur en Chlorophylle a, b et c de deux variété	30
Figure 27 : Production de la biomasse radicale	31

Liste Abréviation

Symbole	Signification
CE	Conductivité électrique
Chl	Chlorophylle
Cm²	Centimètre carré
COCS	Coco Sol.
COOPSEL	Coopérative Agricole de services spécialisés en élevage
FAO	Food and Agricultural organisation
FDMS	Ferme de Démonstration et de Multiplication des Semences
FH	Fouara hydroponique
FN	Fouara naturelle
HIF	Hanna Instrument France
ITGC	Institut Technique Des Grandes Cultures
kg/m²	Kilogramme par mètre carré
MADR	Ministère de l'agriculture et du développement rural
MF	Matière fraîche
MFR	Matière fraîche des racines
NFT	Nutriment film technique
OH	Orge hydroponique
PF	Poid fraîche
PS	Poid sèche
PT	Poid Total
SF	Superficie
T/HA	Ton par hectare
TH	Tichedrett hydroponique
TN	Tichedrett naturelle

Liste Abréviation

TRE	Teneur relative en eau
TSP	Superphosphate triple

Introduction

L'Algérie souffre d'un déficit chronique en ressources fourragères qui limite le développement des productions animales. La production fourragère locale est nettement insuffisante pour combler les besoins des éleveurs. La culture des plantes fourragères arrosées est estivale, elle exige des terres riches, bien travaillées et fumées à une irrigation régulière, surtout pour les espèces destinées à la consommation en vert. **(Bouzerzour et Benmahammed, 1993)**

La réduction de production est due à nombreux facteurs : l'abandon de la culture de l'orge par les agriculteurs au profit du blé, l'insuffisance et l'irrégularité de la pluviométrie, le faible potentiel des variétés cultivées et surtout les maladies parasitaires qui provoquent chaque année des pertes considérables du rendement **(Anonyme, 2010)**.

La culture hydroponique de l'orge est une technologie innovante (cette innovation est importante dans la mesure où elle permet d'assurer la pérennité de la production laitière et d'établir des fermes intégrées) à la fois saine, rentable et respectueuse de l'environnement. Elle permet d'accélérer le processus de maturation des céréales grâce à un rythme nyctéméral plus rapide et permet plusieurs récoltes par an. Elles ne sont soumises à aucun pesticide. Les insectes, autres parasites sont bannis et ne viendront pas déranger votre culture.

La plupart des producteurs hydroponiques commerciaux combinent la technologie hydroponique avec un environnement contrôlé pour obtenir les produits de la plus haute qualité. Dans une structure verte, vous pouvez contrôler la température ambiante. L'humidité et les niveaux de lumière, ce qui vous permet de croître tout au long de l'année. L'orge est trempée dans l'eau, égouttée et mise en culture, dans une chambre de culture, dans des plateaux disposés à plusieurs niveaux. La culture est arrosée régulièrement (avec ou sans apport d'éléments nutritifs) et permet au bout d'une semaine d'avoir une production importante de verdure pouvant être distribuée aux animaux. Technique qui permet de résoudre pas mal de problèmes auxquels sont confrontés les agriculteurs locaux particulièrement pour les éleveurs qui pratiquent l'élevage hors sol. **(Madani., 2000)**

Ce nouveau procédé, appelé fourrage vert d'orge hydroponique, pourra-t-il contribuer à résoudre le problème de déficit de la production d'orge semis naturelle en Algérie?

Cette étude consiste à faire une comparaison entre la culture d'orge hors sol (hydroponique) et l'orge cultivée sur champ de point de vue production de la biomasse

I.1. Définition

Le terme hydroponique est réservé à la culture dans l'eau seule ; Le mot « hydroponique » vient du grec « hydro », qui signifie eau, et « ponos », qui signifie travail. On peut l'interpréter de différentes façons : L'eau au travail, le travail avec l'eau, ou encore « le travail de l'eau » ; quelle que soit votre interprétation, le sens du mot lui-même est assez clair. Le malheur de l'hydroponie est de rassembler sous un même terme des techniques économes en eau qui donnent des produits savoureux à haute valeur nutritive, et des pratiques tout à fait désastreuses pour l'environnement, qui nécessitent beaucoup trop d'eau pour obtenir des produits totalement dépourvus d'intérêt, tant du point de vue nutritionnel que de celui de la saveur (Texier, 2013).

Les cultures hydroponiques sont définies comme cultures hors sol « des cultures de végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnement naturel, le sol » (Urban, 2010).

L'entrée «hydroponique», le Petit Robert de la langue française donne la définition suivante, Culture hydroponique : culture de plantes terrestres réalisée à l'aide de substances nutritives, sans le support d'un sol. Cette technique peut être appliquée de deux façons différentes : en immergeant les racines nues dans une solution nutritive, ou en les plantant dans un substrat autre que la terre, un substrat inerte. Certaines langues font la distinction entre ces deux méthodes (Texier, 2013).

Les principes fondamentaux de la culture hydroponique sont simples, presque enfantins : la solution nutritive doit être maintenue à bonne température, oxygénée, et les plantes doivent recevoir les nutriments dont elles ont besoin. L'oxygénation est l'élément clé. Pour réaliser un bon système hydroponique, l'eau doit être en permanence saturée en oxygène (Kodjo, 2014).

I.2. Différents systèmes de culture hydroponique

I.2.1. Système hydroponique actifs et passifs

La différence entre ces « types » de systèmes se fait selon le mode d'acheminement de l'eau (ou l'air).

I.2.1.1. Un système hydroponique passif

Utilise les propriétés du substrat (ou d'une mèche) pour acheminer l'eau et les nutriments aux racines par capillarité. Ces systèmes conviennent aux amateurs de plantes distraits (Figure 1).

En effet, le système distribue en permanence l'eau aux plantes et il suffit de compléter la réserve de solution nutritive (Texier, 2013).



Figure 1: Système hydroponique passif

I.2.1.2. Un système hydroponique actif

Utilise des pompes qui convertissent l'énergie électrique en énergie mécanique pour distribuer la solution nutritive. Les systèmes hydroponiques actifs sont les plus performantes ; irrigation est déclenché quand il faut et à la juste quantité, conformément aux besoins des plantes. La circulation de la solution nutritive dans un système actif permet d'augmenter la concentration en dioxygène (O₂) et d'homogénéiser la soupe nutritive (Figure2). Ils permettent aussi d'obtenir des cycles de saturation en eau/sécheresse du substrat, contrairement aux systèmes passifs.

Ces dernières années ont vu les unités de système hydroponique passif en net recul par rapport au système hydroponique actif. En effet, ces derniers sont plus performants. Cependant, face au contexte de « crise de l'énergie » et en attendant les systèmes actifs à énergie renouvelable nous semblait judicieux de parler de ces systèmes passifs (HIF, 2012).

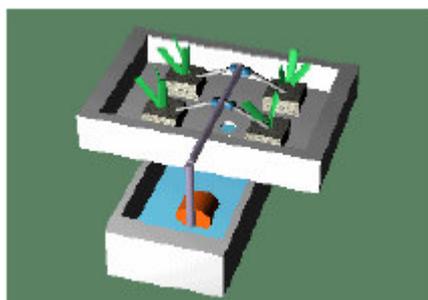


Figure 2 : Système hydroponique actif (Source : Hydrobox Team)

I.2.2. Les systèmes hydroponiques avec et sans substrat

I.2.2.1. Systèmes sans substrat (liquide de culture)

La plante est soutenue au-dessus des racines, carton, plastique, bois ou du fil de fer, les racines sont en permanence ou par intermittence immergées dans une solution nutritive. Ce système comprend la culture dans les tubes, technique du film nutritif (nutriment film technique : NFT) et les inondations hydroponiques. Dans la plupart de ces systèmes, la solution nutritive est réutilisée (Cervantes, 2012).

I.2.2.1.1. Aquiculture

Dans l'aquiculture, la solution nutritive est contenue dans un bac (Figure 3). Elle demande une oxygénation complémentaire de la solution nutritive pour éviter l'asphyxie des racines, via l'utilisation d'un procédé technique complexe. L'aquiculture reste de ce fait un système destiné à la recherche et peu développé dans la pratique (Cervantes, 2012).



Figure 3 : Système aquiculture (Source : Hydrobox Team)

I.2.2.1.2. Technique du film nutritif (N.F.T.)

La NFT utilise une vaporisation ou un ruissellement constant d'eau pour fournir l'arrosage des nutriments nécessaires aux racines. En théorie, le fait d'offrir aux racines des conditions optimales permet d'obtenir une croissance plus rapide, au maximum de ce que la plante peut se permettre (Figure4).

La technique du film nutritif a été développée au cours de la fin des années 1960 par le Dr. Allan Cooper à l'Institut de recherche des cultures sous serre à Littlehampton en Angleterre (CocoS, 2014), un certain nombre de perfectionnements ultérieurs ont été développés à la même institution.

Un avantage principal du système NFT par rapport aux autres est qu'il nécessite moins de solution nutritive. Il est donc plus facile de chauffer la solution pendant l'hiver pour obtenir les températures optimales pour la croissance des racines et de la refroidir pendant les étés chauds dans les zones arides ou tropicales (Urban, 2010).

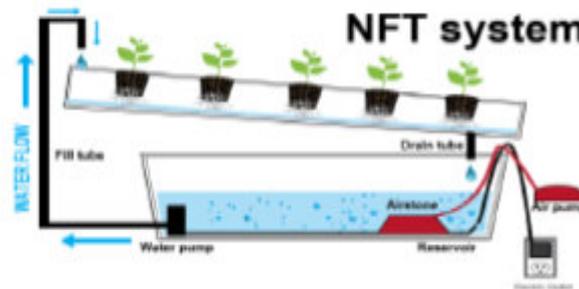


Figure 4 : Système Technique du film nutritif

I.2.2.2. Systèmes avec substrat

Cette technique se rapproche le plus de ce qui se passe dans le sol pour une culture traditionnelle par l'alternance irrigation/drainage. En outre, le substrat assure aussi une réserve d'eau et d'éléments nutritifs contrairement aux techniques sans substrat. Elle fait appel à un support solide qui contribue à l'oxygénation. Par ailleurs, elle présente de nombreux inconvénients concernant le renouvellement et le recyclage des substrats utilisés. (Alain, 2003)

I.2.2.2.1: Système de table à marées (Flux-reflux)

Parfois appelés « inondation-drainage », ils se composent d'une table étanche à rebords. La table est périodiquement inondée grâce à l'eau d'un réservoir. Dès que la table est pleine, le substrat est irrigué, la pompe s'arrête automatiquement, ce qui permet à l'eau de s'écouler (Figure 5). Les petits systèmes de ce genre sont disponibles auprès des marques spécialisées dans l'hydroponie. L'acquisition d'un système entier s'avérera peut-être plus aisée que la recherche des pièces une à une. De tous les systèmes hydroponiques d'eau vive, les tables à marées sont les moins chers à installer et ceux qui réclament le moins de maintenance. Ils génèrent peu de problèmes de plomberie. En effet, comme ils utilisent uniquement des conduites d'un diamètre relativement important, il est rare qu'ils se retrouvent bouchés (Zerkout, 2015).

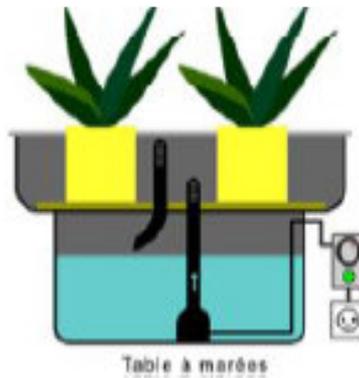


Figure 5: Système de table à marées (Flux-reflux)

I.2.2.2.2. Système de goutte à goutte

Ces systèmes utilisent une pompe qui amène l'eau au-dessus du substrat via un goutte-à-goutte. L'eau s'infiltré à travers le substrat, redescend dans le réservoir et est prête à être réinjectée. Les systèmes goutte-à-goutte sont faciles à installer. L'eau est pompée dans un réservoir, généralement situé sous l'espace planté, jusqu'aux goutte-à-goutte, un pour chaque plant (Figure 6). Les plants eux-mêmes peuvent être installés dans les pots individuels ou sur un plateau commun. L'eau circule à travers les pots et revient dans le réservoir. La capacité du réservoir doit être d'environ 40 litres au mètre carré de plantation. Les marques spécialisées dans l'hydroponie commercialisent un certain nombre de systèmes de goutte-à-goutte ingénieux. Certains d'entre eux réutilisent l'eau de chaque pot, avec un plant par pot. D'autres réutilisent l'eau d'un réservoir central. Les deux systèmes marchent bien (Zerkout, 2015).

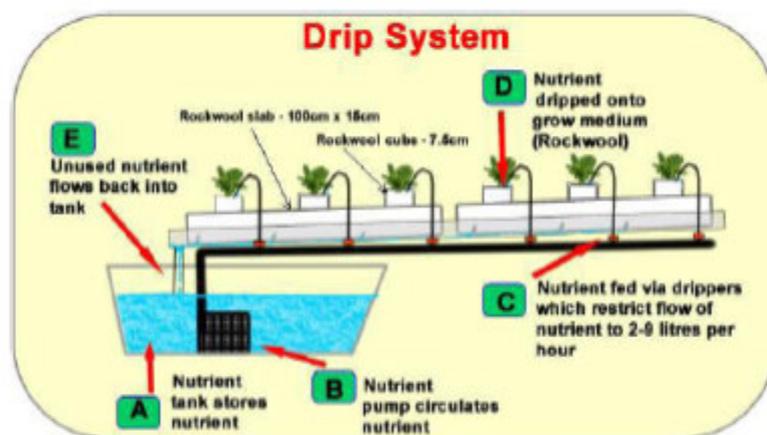


Figure 6: Système de goutte à goutte

I.2.2.2.3: Système à flux continu

Ce système est généralement de petite taille et constitué de plusieurs petites unités. Ce système a des applications multiples. Il est surtout utilisé pour la culture de plantes culinaires ou aromatiques. Les plantes poussent dans des bacs opaques remplis le plus souvent de billes d'argile, car ce substrat n'engendre pas de déchets et donc n'encrasse pas le réservoir qui est placé en-dessous. Pour éviter que les racines ne soient abîmées, une pompe à air envoie la solution dans une colonne de pompage, puis la répartit par un anneau de distribution **(Michel, 2016)**

I.3. La solution nutritive

Les avancées scientifiques des agronomes et des biologistes ont permis de concevoir une solution nutritive et un environnement favorable à une culture:

- Nutrition minérale et organique équilibrée de la plante.
- Apport en eau selon les besoins des végétaux.
- Bonne oxygénation du milieu racinaire.
- Aération permanente favorable autour du feuillage.
- Bio stimulations naturelles (à l'aide d'algues marines par exemple) **(Stöcklin, 2002)**.

Certains composés organiques tels que les chélates de fer peuvent être présents. Un élément essentiel a un rôle clairement physiologique et son absence empêche le cycle de vie de la plante complètement **(Taiz et Zeiger, 1998)**.

I.4. Types de culture hydroponique

Toutes les plantes ornementales et les fleurs exotiques, telles que les orchidées et les violettes africaines, poussent très bien dans un système hydroponique, tout comme la plupart des légumes, incluant les légumes feuillus, concombre, poivron, tomate, salade, petit pois et quelques plantes fruitières telles que la fraise. Les seules plantes qui ne sont pas recommandées sont les plantes à racine comestible, telle que la pomme de terre **(Zerkout, 2015)**.

I.5. Les conditions de la culture

La culture hors-sol exige souvent plus de soins et d'entretien que les cultures traditionnelles en terre. Lorsqu'on utilise les techniques de culture hors-sol (essentiellement pratiquée sous serre ou sous abri), il faut raisonner par rapport à tout un système et ne pas porter son attention sur un élément ou un paramètre isolé. La culture hydroponique exige une parfaite maîtrise de l'ensemble du système car en cas d'échec, davantage d'éléments peuvent dysfonctionner:

- ✓ Un éclairage adéquat (éclairage artificiel, minuterie, etc.)
- ✓ Un système de culture et d'irrigation contrôlé et entretenu (contenants, Submersibles ou des pompes à eau ordinaire, régulation, désinfection, substrats appropriés...)
- ✓ Un contrôle environnemental (température ambiante et des solutions, hygrométrie, enrichissement en dioxyde de carbone...)
- ✓ Un contrôle des niveaux de concentration des éléments nutritifs par une CE mètre
- ✓ Un contrôle du pH de l'eau et la solution nutritive par pH mètre (**Raviv et Heinrich, 2008**).

I.5.1. Gestion de la solution nutritive

Bien que la nutrition optimale soit facile à réaliser dans la culture hors-sol, la gestion incorrecte de la solution nutritive peut endommager les plantes et conduire à un échec complet. Manipuler avec précaution le niveau de pH de la solution nutritive, la température et la conductivité électrique et le remplacement de la solution à chaque fois que c'est nécessaire conduira à la réussite d'un jardin de culture hors-sol (**William, 2015**)

I.5.2. Le pH

Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité sur une échelle de 1 à 14 La gamme de pH optimale pour la solution nutritive de culture hors-sol est comprise entre 5,8 et 6,5. Plus le pH d'une solution nutritive dépasse la gamme de pH recommandée, plus on a de chances d'échouer. Les carences nutritionnelles apparaîtront ou des symptômes de toxicité se développeront si le pH est supérieur ou inférieur à la fourchette recommandée pour les différentes cultures. La valeur du pH détermine la disponibilité des nutriments pour les plantes. En conséquence, son réglage doit être fait tous les jours

I.5.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique indique la concentration de la solution nutritive, telle que mesurée par un CE mètre. L'unité de mesure de la CE est le dS/m. Une limitation de la CE n'indique que la concentration totale de la solution et non celle de chaque élément des composants nutritifs. La CE idéale est spécifique à chaque culture et dépend des conditions environnementales (**Sonneveld et Voogt, 2009**). Toutefois, les valeurs de la CE pour les systèmes hydroponiques sont de 1,5 à 2,5 ds m⁻¹. Une CE supérieure empêche l'absorption des nutriments en augmentant la pression osmotique, alors qu'une CE inférieure peut gravement affecter la santé des plantes et le rendement (**Samarakoon et al., 2006**). La diminution dans l'absorption d'eau est fortement corolaire à la CE. Lorsque les plantes absorbent les nutriments et l'eau de la solution, la concentration totale de sel, à savoir, la CE de la solution change. Si la CE est supérieure à la gamme recommandée, l'eau fraîche doit être ajoutée pour la diluer. Si elle est inférieure, il faut ajouter des éléments nutritifs pour augmenter sa concentration (**Nelson, 2003**).

I.5.4. Température

La température de la solution nutritive présente une relation directe avec la quantité d'oxygène consommée par les plantes, et une relation inverse de l'oxygène dissous en elle. La température affecte également la solubilité des engrais et de la capacité de l'absorption des racines. Il est évidemment important de contrôler cette variable en particulier dans un climat extrême. Chaque espèce végétale a une température minimale et maximale pour la croissance, ce qui nécessite l'installation des systèmes de chauffage ou de refroidissement pour équilibrer la température de la solution nutritive. Les rendements diminuent lorsque la température de la solution nutritive augmente pendant les périodes chaudes (**Jensen, 1999**). Au cours de la circulation d'eau la chaleur peut s'échanger entre la solution nutritive et l'eau stockée dans la conduite d'eau souterraine. En outre, cette circulation peut chauffer la solution nutritive qui devenue trop froide dans les nuits froides de l'hiver (**Hidaka et al., 2008**).

I.6. Les avantages et les inconvénients

I.6.1. Les avantages

Il y a beaucoup de pros, dont les plus importants sont :

- Fourniture de soixante-dix à quatre-vingt-dix pour cent (90-70%) d'eau utilisée dans l'agriculture traditionnelle

- facile de compter entièrement sur les pesticides organiques et la désintoxication chimique
- la possibilité de production dans des zones non adaptées à l'agriculture, y compris les sols affectés par la salinité avec le besoin d'eau douce
- Très utile pour les amateurs d'élevage à domicile, ils n'ont pas besoin d'un endroit dédié mais peut être placé n'importe où dans la maison comme les fenêtres, les toits, etc., peut également être cultivé à l'intérieur par l'éclairage industriel.
- Élimination des problèmes de sol tels que la salinité et les maladies fongiques
- La vitesse de croissance, l'abondance et la qualité dans le produit final (goût de l'eau cultivée par produit comme le goût du produit organique dans l'agriculture traditionnelle.
- Le produit aquatique est caractérisé par la propreté et la non-pollution par les engrais
- Le produit se distingue également par sa dureté, sa cohésion et sa longue durée de conservation.
- Pas besoin de beaucoup de travail il n'y a pas de labour et de pillage et pas d'enlèvement des mauvaises herbes.
- Il existe des systèmes automatisés qui contrôlent les solutions et le taux d'acidité et de sels et de contrôle autour de l'horloge (**Al-obailan, 2015**).
- Moins d'utilisation de produits phytosanitaires.
- Pas de perte d'intrants si la solution nutritive est recyclée en hors-sol ou sur des cultures de pleine terre.
- Potentiel de rendement élevé.
- Diminution du risque de contamination des cultures par les bios agresseurs.
- Maîtrise de l'irrigation et de la fertilisation.
- Traitements phytosanitaires réduits et ciblés.
- Faible mobilisation de surface dans un contexte de pression foncière.
- Pas de travail du sol (**Simon et Minatchy, 2009**).

I.6.2. Les inconvénients

- Les coûts différentiels à court terme de l'agriculture terrestre à court terme par rapport à l'agriculture traditionnelle (mais pas la différence de prix) sont compensés par des gains de productivité à long terme.
- Changez le pH de la solution (pH) facilement ainsi vous devriez suivre le taux exact d'acidité.
- Vous devez suivre la minute et la petite erreur peut être chère.

- La possibilité de transmission de maladies fongiques à travers le réservoir d'irrigation, en particulier dans le système fermé. **(Al-obailan, 2015)**.
- Rigueur sanitaire obligatoire.
- Réactivité immédiate au moindre problème sanitaire ou de nutrition.
- Prévoir du temps pour la préparation des solutions nutritives, la surveillance en cours de culture et toutes les opérations nécessaires à la fin du cycle cultural (manipulation des substrats et du réseau de distribution de la solution nutritive).
- Technicité requise importante.
- Investissements variables selon le mode d'élaboration des solutions nutritives et la gestion de l'irrigation.
- Investissements pour les bâtiments : exemples à La Réunion : 20 à 30 €/m² pour une serre en couverture plastique sans travaux ni équipement et 75 à 100 €/m² pour une serre chapelle « anti-cyclonique ».
- Risques élevés de problèmes survenant soit en cas d'erreur du planteur soit en cas de défaillance du matériel.
- Consommation élevée de matériaux issus de ressources non recyclables (plastiques) et production de nombreux déchets (substrats).
- Pollution par les solutions nutritives si elles ne sont pas recyclées.
- Consommation d'énergie électrique par les pompes de distribution **(Simon et Minatchy, 2009)**.

Objectif: Cette étude consiste à faire une comparaison entre la culture d'orge hors sol (hydroponique) et l'orge cultivée sur champ de point de vue production de la biomasse

II.1. Matériel végétale

L'orge est l'une des céréales les plus importantes du monde. Elle est l'une des premières cultures domestiquées et a été utilisée pendant des siècles pour l'alimentation humaine (**Badr et al., 2000**). Aujourd'hui, l'orge occupe le quatrième rang dans la production céréalière mondiale. Les variétés d'orge, sélectionnées par l'ITGC, sont cultivées en Algérie. Le choix de la variété à utiliser dépend de ses caractéristiques agronomiques et de la zone de culture. Les variétés choisies dans cette étude Fouara a paille courte ou moyenne, fort tallage, bonne productivité, tolérante au froid, à la sécheresse et à la verse, adaptée aux Hauts-plateaux, et tichedrett a paille courte ou moyenne, fort tallage, bonne productivité, tolérante au froid, à la sécheresse et à la verse, adaptée aux Hauts-plateaux. Multipliée et distribuée par la Ferme de Démonstration et de Multiplication des Semences de l'Institut Technique des Grandes Cultures (FDMS, ITGC) de Sétif.

II.2. Méthodes

II.2.1. Choix du site de culture sur champ (Institut Techniques des grandes cultures (ITGC Sétif))

L'institut techniques des grandes cultures ITGC, placé sous tutelle du ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR) est une institution chargée de la promotion et du développement des grandes cultures, les activités engagées dans ce sens sont étroitement liées aux réalités du terrain et aux problèmes qui se posent à l'agriculture nationale en aux grandes cultures en particulier.

L'ITGC a pour mission d'étudier et de résoudre les problèmes liés à la production des céréales et des grandes cultures afin d'assurer leur développement l'un des objectifs essentiels de L'ITGC reste l'augmentation des rendements l'amélioration de la production du point de vue qualité et quantité en parallèle avec l'évolution économique, technique, et environnementales de l'agriculture.



Figure 7 : L'institut technique des grandes cultures ITGC (photo personnel)

II.2.1.1. Protocole expérimental (culture naturel de l'orge)

- ✓ L'essai a été réalisé en plein champ, un labour profond de la parcelle expérimentale, a été réalisé le 28 janvier 2018
- ✓ Deux passages de cover-crop ont été réalisés, le premier au mois de juin et le deuxième au mois de novembre.
- ✓ Les engrais de fond en été épanchés en mi- novembre par le TSP 46% à raison de 75 kg/ha.
- ✓ Le semis a été réalisé le 28 novembre 2018, avec un semoir expérimental la dose de semis (100kg / h) pour Fouara et de (122.50kg /h) pour tichedrett
- ✓ 18 cm d'écartement entre les lignes de semis, 2cm écartement entre les graines
- ✓ La date de coupe correspond au stade début tallage, la végétation provenant d'un caré de 1 m² est fauchée par quatre répétitions.



Figure 8 : Echantillonnage de la végétation

II.2.2. Choix du site de culture hydroponique (Ferme école COOPSSSEL)

Municipalité Ain Lahdjar située dans le cadre des hauts plateaux Sétif, loin de la capitale de l'Etat de Sétif 34 km au sud-est, et 11 km au nord de Ein Azal est le siège du département, ils

représentent un lien entre la région Talli dans le nord et la région Hothena dans la sud ville. La ville est située à l'intersection de deux routes nationales (W171 et W65)



Figure 9: Localisation de coopérative agricole de services spécialisés en élevage

<<Ferme école COOPSSSEL>> (photo personnel)

II.2.2.1. Matériel occupant

➤ Chambre de production

Notre étude a été menée au sein de cette unité en utilisant le système de production, qui est un système automatisé et développé. Ce système est caractérisé non seulement par la maîtrise de soi dans diverses normes environnementales, mais aussi par l'auto-irrigation. Nous avons 5 unités dont la taille varie en fonction de la forme de la pièce. L'unité de production est équipée de 3 climatiseurs et de deux ventilateurs, d'un éclairage monobloc longeant l'unité, de deux fenêtres d'entrée de lumière et d'un système d'irrigation automatique. Au milieu de cette pièce deux cadres sont installés dans chacun composé de 10 niveaux. Sur chaque niveau, des plateaux en plastique spéciaux sont installés sous la forme d'une barre légèrement inclinée (figure 10), et des plateaux perforés sont également exposés afin d'éviter la stagnation de l'eau d'irrigation. Le système d'irrigation est constitué de deux pompes reliées à un réservoir flottant (réservoir 1ST pour la solution nutritive et le second pour l'eau distillée en plus) pour alimenter en alternance les buses de pulvérisation installées dans les plateaux ci-dessus. Ces gicleurs ont des solutions sur un rayon de 1,5 mètre. Tout est connecté directement à un panneau de contrôle qui contrôle la température, la lumière, l'humidité et même la fréquence d'irrigation. Divers facteurs environnementaux sont contrôlés par le panneau de commande, qui ajuste automatiquement chaque paramètre indépendamment des conditions climatiques. En fait, lorsque la température interne de la pièce est inférieure à 18 ° C ou plus, le climatiseur est automatiquement activé pour l'ajuster. L'humidité relative est maintenue à 70% maximum.

L'éclairage est toujours fourni par le stabilisateur du fil dentaire. Quant à l'arrosage, il est programmé pour répéter 6 fois par jour. Les plateaux sont arrosés deux fois avec de l'eau distillée et quatre fois avec la solution nutritive.



Figure 10 : Chambre de production (photo personnel)

- **Un système de stérilisation** : c'est un système qu'il contient 2 pompes son rôle est stériliser L'eau



Figure 11 : Un système de stérilisation (photo personnel).

- **Un tableau de commande** : contrôler des différents paramètres environnementaux (humidité, température...) que ce soit manuellement ou automatiquement



Figure 12 : Un tableau de commande (photo personnel).

- **Chambre noir** : placer les graines d'orge dans cette chambre pour faire les pré-germinations (le choc thermique)



Figure 13: Chambre noire pour faire les pré-germinations (le choc thermique) (photo personnelle).

II.3. Protocole expérimental (culture hydroponique de l'orge)

II.3.1. Conditions de culture

II.3.1.1. Traitement préalable des semences

- Les graines doivent avoir été stockées dans un endroit sec, propre et aéré. Afin de préserver les semences d'un début de germination, du développement de moisissures ou de l'attaque d'insectes.
- Il est primordial d'avoir des semences non traitées, saines, débarrassées des graines cassées ou infectées, afin d'éviter la fermentation, le pourrissement des grains et le développement de moisissures (conditions à respecter lors de l'achat de la semence).
- Réaliser un test du taux de germination des graines à tout arrivage et qui doit être supérieur ou égal à la norme ($\geq 85\%$).
- Il est préférable d'utiliser des semences ayant bénéficié d'un repos de quelques mois après la récolte (2 mois minimum), afin de réduire le phénomène de dormance.
- Dans un premier temps, les graines sont nettoyées (tri des graines cassées, piquées, abimées ou infectées). Elles sont abondamment lavées à l'eau courante, jusqu'à ce que l'eau de lavage soit transparente.

- Il est préconisé d'effectuer un bain désinfectant de 10 à 30 minutes, dans une solution d'hypochlorure de sodium à 20% ou d'eau oxygénée à 10 % et de rincer juste après avec de l'eau.



Figure 14 : Produit désinfectant les moisissures (photo personnelle)

Cependant, il est recommandé de ne dépasser une heure de bain, car cela altère les semences et pénalise le taux de germination et la croissance.

II.3.1.2.Phase de pré-germination

La phase de « pré-germination » se décompose en deux étapes : une phase d'hydratation des graines et une phase d'aération

Pendant la phase d'hydratation, les semences sont mises à tremper dans de l'eau, jusqu'à saturation en eau de la graine, afin de lever la dormance et déclencher la germination. La température de l'eau va influencer le temps de trempage nécessaire et la rapidité de germination. L'utilisation d'eau tiède va permettre de réduire le temps de trempage. De même, l'utilisation d'une eau tiède (23 °C) va favoriser une germination plus importante. Un brassage prolongé au moment du trempage favorise une réhydratation uniforme des graines. Il est conseillé de renouveler l'air, en remuant régulièrement ou en installant une pompe à air dans le bac, pendant toute la durée de trempage. S'il apparaît des bulles ou de la mousse blanche en surface, c'est le signe d'un début de fermentation. Il faut vider le bac et laisser s'aérer les semences. En fin de trempage, on enlève les graines flottantes, qui sont défectueuses et ne germeront pas. L'eau de trempage est retirée et les graines sont rincées abondamment à l'eau claire. Ce rinçage est très important car il permet d'éliminer les substances qui maintenaient la dormance des graines, qui peuvent être néfastes pour la santé. On laisse les graines s'égoutter environ 12 heures avant le semis.



Figure 15: Les étapes de pré-germination du lavage de l'orge

II.3.1.3. Phase de «germination » ou de culture

Les graines sont mises dans des plateaux, à une densité de semis qui ne doit pas dépasser 7 kg/m² (poids sec, avant trempage). Afin de favoriser une bonne germination, et limiter le risque de fermentation et de moisissures, il est préférable que le tapis de graines ne dépasse pas 1,5 cm de hauteur. L'hygiène est un point essentiel de la production afin d'éviter les risques de moisissures (désinfection du matériel et des semences, contrôle des cultures)



Figure16: Les étapes de préparation de l'orge dans les plateaux pour entrer dans la chambre de production

II.3.2. Conditions de culture (phase de germination)

Différents facteurs vont influencer la germination et le développement des germes. Les principaux éléments qui vont affecter la pousse sont l'apport d'eau, la température, la composition en gaz de l'air, la lumière et l'absence de facteur d'inhibition de la germination. Il est essentiel de maintenir une température optimale, pour obtenir sur une courte période, un taux de germination élevé et des plantules vigoureuses.

* **Température** : La température optimale, pour une germination maximale et au meilleur taux pour l'orge, est située entre $18 \pm 21^{\circ}\text{C}$.

* **Humidité** : L'humidité de l'air doit être comprise entre 60 et 70 % pour permettre la germination et favoriser le développement des pousses tout en réduisant le risque de développement des moisissures.

* **Ventilation** : Il faut aussi un renouvellement et un brassage de l'air pour maîtriser le taux d'humidité et maintenir le taux de CO_2 dans l'air. Au moins deux fois par jour.

* **Eclairage** : La durée d'éclairage journalière serait de 10 à 16 heures. Le type de lampe utilisé et sa puissance vont influencer la pousse. Ainsi, on obtienne de meilleurs rendements (+ 29%) avec un éclairage par lumière fluorescente à flash de 8 W/m^2 .

*L'irrigation

* **Qualité et PH de l'eau** : Il est préconisé d'utiliser de l'eau filtrée. L'eau utilisée doit être à température ambiante (17 à 20°C). Le pH doit être compris entre 5,2 et 7.

* **systèmes d'irrigation** : de préférence faire de la micro aspersion ou la brumisation.

* **Les besoins en eau** : Pour l'orge, les besoins varient de 1,3 à 1,9 litres par mètre carré. Les quatre premiers jours, on ne doit pas appliquer plus de 0,5 litre d'eau par mètre carré et par jour, jusqu'à atteindre une moyenne de 1,3 à 1,9 litres d'eau par mètre carré et par jour. Le tapis de graines doit toujours rester humide, sans pour autant être noyé. Il est préconisé de faire un apport fractionné, de quelques minutes (2-3 min), en 6 à 12 fois par jour.

II.3.3. Stade de récolte

La période optimale de récolte se situerait entre 7 et 10 jours après semis. Cependant, l'idéal est au stade 8e jour du fait qu'à ce stade tous les éléments nutritifs sont à leur optimum.



Figure 17: Illustration de la transformation de l'orge en grains en fourrage vert hydroponique Prêt à être consommé par les animaux et après 8 jours de germination

II.4. Mesures effectués

II.4.1. Surface foliaire

La surface foliaire a été calculée par la méthode planimétrique c'est-à-dire à partir des calques en papier de chaque feuille, on détermine la surface de chaque feuille constituant l'échantillon foliaire, cette méthode détermine la surface la plus précise de l'échantillon en cm^2 .

II.4.2. La production de la matière fraîche

D'accumulation et de répartition de la biomasse aérienne est déterminée par des échantillonnages qui ont été réalisés au cours du cycle de développement de la végétation. Le stade végétatif correspondant à ces échantillonnages est début tallage, Pour ce faire la végétation provenant d'une station de 1 m^2 est fauchée par répétition.

Les échantillons du champ et hydroponique sont lavés et on sépare la partie aérienne de la partie racinaire ensuite on détermine le poids frais de chaque partie avec une balance de précision (figure 18)



Figure 18 : Mesure le poids de partie aérienne et partie racinaires

II.4.3. Production des matières sèche

La végétation récoltée du champ et hydroponique sert à la détermination de la matière sèche produite par passage de la végétation à l'étuve pendant 48 h à 75°C après en détermine le poids sec de chaque échantillon (hydroponique et du champ) (figure 19)

Dans cette étape les l'échantillon des sachée de papiers (chaque échantillon en note code de chaque variété technique adopte)



Figure 19: L'échantillon se mise dans une étuve

II.4. Pourcentage d'eau (%)

C'est l'un des principaux paramètres qui indique le niveau hydrique de la plante ou encore la turgescence cellulaire. La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par **Barrs (1968)** Selon cette méthode, des boîtes pétries remplis d'eau distillée (un poids connue), sont préparés à l'avance. Les feuilles étandard sont coupées à la base du limbe par un sécateur. Ces feuilles sont mises par la suite dans les boîtes préparer (il faut les fermer très bien pour éviter l'évaporation de l'eau) et placés à l'obscurité dans un endroit frais, après 24h, les feuilles sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées à nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve réglée à 80°C et pesés pour avoir leurs poids sec (PS) (**Clark et Mac-Caig, 1982**). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante:

$$\text{TRE (\%)} = \frac{(\text{PF} - \text{PS})}{(\text{PT} - \text{PS})} \times 100$$

Tous les résultats obtenus montrent dans le tableau suivant

Tableau 01 : Les résultats totaux des mesures effectuées

Colonne1	MF (T/Ha)	MS(T/Ha)	MFR(kg/m ²)	SF(cm ²)	Eau (%)
FN1	76.43	17.03	0.11	22.95	77.70

FN2	41.7	9.29	0.091	13.65	77.69
FN3	45.23	9.93	0.055	10.5	78.03
FN4	55.85	11.78	0.082	17.6	78.90
TN1	60.61	14.57	0.086	14.35	75.95
TN2	56.80	14.00	0.036	14.00	75.35
TN3	54.77	14.58	0.055	9.60	73.36
TN4	93.75	23.17	0.066	13.65	75.27
FH1	418.12	34.00	15.538	5.80	91.88
FH2	315.84	24.7	11.746	8.25	92.17
FH3	287.52	24.72	12.170	3.30	91.40
FH4	348.46	28.96	18.600	6.80	91.59
TH1	393.54	28.78	18.600	6.50	92.68
TH2	314.2	24.72	12.547	6.75	92.13
TH3	367.76	28.92	15.794	8.40	92.13
TH4	422.02	33.66	19.340	6.50	92.02

II.5. Teste de chlorophylle

Les teneurs moyennes en chlorophylles a et b sont déterminées par la méthode de Rao et le blanc (1965) l'extraction de la chlorophylle est réalisée par broyages de 0.5g de matières fraîches de la feuilles de chaque échantillons qui est additionnée de carbonate calcium et d'acétones (20ml à80%) la solution obtenue est filtrée l'abri de la lumières pour éviter l'oxydation de la chlorophylle .on procède ensuite en mesures spectrophotométriques à deux longueurs d'onde 645 et d'ondes 663 (Bouchlaghem,2012) . le calcul de qualité de la chlorophylles est obtenus par la formule suivante:

- ❖ Ch a: $12.7(\text{DO}663) - 2.69 (\text{DO}645)$.
- ❖ Ch b: $22.9(\text{DO}645) - 4.86 (\text{DO}663)$.
- ❖ Ch a+b : $8.02 (\text{DO} 645) + 20.20 (\text{DO}663)$

II.5.1. Matériel utilisé

- ✓ **Balance de précision** : est une balance d'une bonne qualité et économiques, balance de précisions avec une sélection d'unités de pesage (g, kg, Oz, lb, Ozt, Ct, gn).

- ✓ **Mortier** : est un récipient qui permettant débroyer des matières fraîches
- ✓ **Papier filtre** : papier à fines pores utilisé pour la filtration des suspensions au laboratoire
- ✓ **Entonnoir** : est utilisé pour transférer des substances liquides ou à grains fins dans des conteneurs avec une petite ouverture sans déversements.
- ✓ **Tube à essais** : est un récipient utilisé en laboratoire composé d'un tube cylindrique étroit, ouvert dans sa partie supérieure.
- ✓ **L'éprouvette graduée** : est un récipient utilisé en laboratoire pour mesurer des volumes des liquides
- ✓ **Spectrophotométrie** : est un appareille qui permet de mesures l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée ou sur une région donnée du spectre.



Figure20: spectrophotométriques

III.5.2. Les étapes

- 1-Préparée quatre répétitions de chaque échantillon.
- 2-Pesée 0.5g de matière fraîche de feuille de chaque échantillon (chaque répétition 0.5g) par balance de précision.
- 3-Pesée chaque échantillon dans un mortier ajouté 20ml à 80% d'acétone et carbonate calcium
- 4-La solution obtenu est filtré par papier-filtre dans une tube a essais des chaque échantillon

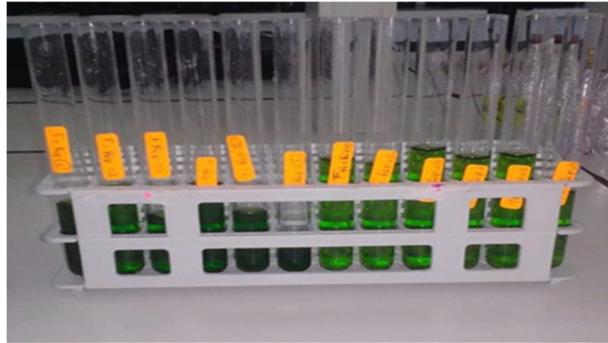


Figure 21 : La solution filtrée dans tube à essais

➤ Mesuré par spectrophotométriques à deux longueurs d'onde 645 et d'ondes 663.

Les résultats des tests de Chlorophylles montré dans les tableaux suivant :

Tableau 02 : Mesures spectrophotométriques à deux longueurs d'onde 645 et d'ondes 663 :

Onde 663	répétition 1	répétition2	répétition 3
FN	2,4736	2,235	2,3353
TN	2,3585	2,3957	2,4814
FH	1,6027	1,5351	1,4736
TH	1,5705	1,7235	1,6981
Onde 645	répétition1	répétition2	répétition3
FN	1,7594	1,116	1,3162
TN	1,4409	1,6726	1,9302
FH	0,6774	0,6547	0,6415
TH	0,729	0,7568	0,7943

Tableau 03 : Mesure de chlorophylle a, b et chlorophylle totale :

Colonne1	Chl a	Chl b	Chl total
FN1	27,682	28,7138	55,378
FN2	25,3825	15,0966	40,4679
FN3	26,1178	19,2094	45,3163
FN4	26,3941	21,0066	47,054
TN1	26,0769	21,9589	48,0212
TN2	25,9261	27,0907	53
TN3	26,3215	32,5886	58,8908
TN4	26,1081	27,2127	53,304
FH1	18,532	8,0118	26,537
FH2	17,627	8,7244	26,3444
FH3	16,9891	7,7939	38,4054
FH4	17,716	8,1767	30,4289
TH1	17,9843	9,3442	27,3212

TH2	19,8527	9,2648	29,1097
TH3	19,4292	10,2423	29,6635
TH4	19,0887	9,6171	28,6981

II.6. Analyse des données

Les données ont été traitées par l'analyse de la variance avec le logiciel Costat, version 15.2.06 (<http://www.cohort.com>). La comparaison des moyennes entre modalités étudiées est faite relativement à la plus petite différence significative au seuil de 5% (Steel et Torrie, 1982)

III. Comparaison entre l'agriculture de surface et l'agriculture hydroponique

- **L'agriculture du sol:**

La fumigation à la vapeur ou chimique, coûteuse en main-d'œuvre, nécessite un long délai d'au moins 2 à 3 mois après la plantation. La nutrition très différente, sous-alimentation sur les sites, souvent inaccessible à l'usine en raison de la mauvaise structure du sol ou du pH du sol, des conditions inappropriées Nutriments spécifiques du sol et disponibilité de l'éclairage.

L'irrigation : Les plantes sont généralement soumises à un stress hydrique dû à la relation du sol à l'eau et à la composition du sol et à sa faible capacité à retenir l'eau. L'eau de mer ne peut pas être utilisée L'efficacité de l'eau est faible, une grande partie de celle-ci est perdue à la profondeur de la zone racinaire, ainsi que l'évaporation de la surface du sol.

- **Agriculture hydroponique :**

Les produits chimiques à la vapeur ou fumigeant dans certains systèmes, et dans d'autres utilisations possibles de désinfectants ménagers simples ou d'acide chlorhydrique. La nutrition entièrement contrôlées et relativement stables de toutes les plantes, disponibles en quantités suffisantes, un bon contrôle du pH, des tests faciles. Seulement limitée par l'éclairage, les distances peuvent être rétréci et le nombre de plantes dans l'unité de surface a augmenté, de sorte que la zone est plus efficace et donne un rendement plus grand par unité de surface

L'irrigation Les plantes ne subissent pas de stress hydrique, irrigation automatique avec des machines sensibles à l'humidité et un mécanisme de contrôle rétroactif des aliments, faibles coûts de main-d'œuvre, eau relativement salée, haute efficacité d'utilisation de l'eau, pas de perte d'eau sous la racine ou évaporation superficielle équivalent à la perte de maturité .

- **Production de fourrage**

Le processus de germination, dans la conception courante, est le passage de la graine en repos à la jeune plantule. Du point de vue de la physiologie végétale, la germination stricto sensu débute avec la réhydratation de la graine et cesse dès que la racine (1er racine) a percé l'enveloppe de la graine. Les étapes ultérieures d'émergence des feuilles, sont des étapes de croissance.

La germination se fait sous l'influence de trois facteurs essentiels : l'eau, la chaleur et l'oxygène. La première étape de la germination est l'absorption d'eau et la réhydratation des

tissus de la graine par le processus d'imbibition. L'eau, pénétrant par capillarité et endosmose dans la graine, dissout les substances solubles qu'elle contient et qui nourrissent l'embryon de la future plante. La germination génère une transformation physicochimique s'accompagnant de phénomènes physiologiques très complexes, en particulier la synthèse d'enzymes, qui activent les réactions métaboliques et confèrent aux graines germées ses propriétés nutritionnelles. Les enzymes transforment l'amidon en sucres simples, assimilables, transforment les protéines en acides aminés, permettent la synthèse d'acides aminés non présents dans la graine à l'état sec, transforment les graisses et acides gras, libèrent des minéraux en substances assimilables accessibles aux sucres digestifs. (Hopkins, 2003)

La graine augmente de volume, se ramollit. La rupture des enveloppes se produit et la radicule émerge. Tant que la radicule ne s'est pas allongée, la semence peut être déshydratée sans dommage. Mais si la croissance a commencé, la déshydratation entraîne sa mort ; le début de la croissance de la radicule marque donc le passage d'un état réversible à un état irréversible. L'émergence de la radicule est suivie de l'allongement de l'axe caulinaire et le développement des premières feuilles. (Maëva, Bruneau *et al.*, 2015).

1. Partie des résultats :

1.1. La Production de la matière fraîche

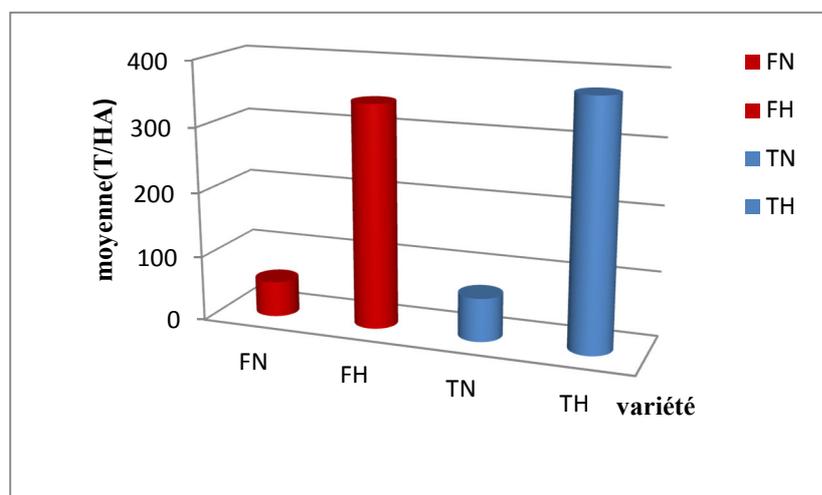


Figure 22 La Production de La matière fraîche

La figure22 présente la production de la matière fraîche de la partie aérienne des culture naturelle et hydroponique, l'analyse de la variance montre des différences très hautement significatives entre les deux techniques adopté, la culture d'orge hydroponique présentait un feuillage dense bien développé (342,48-374,38) t/ha respectivement pour fouara et

tichedrett au bout 8 jours par contre la production d'orge sur champ est de (54,80-66,48) t/ha respectivement pour fouara et tichedrett.

1.2. Pourcentage d'eau

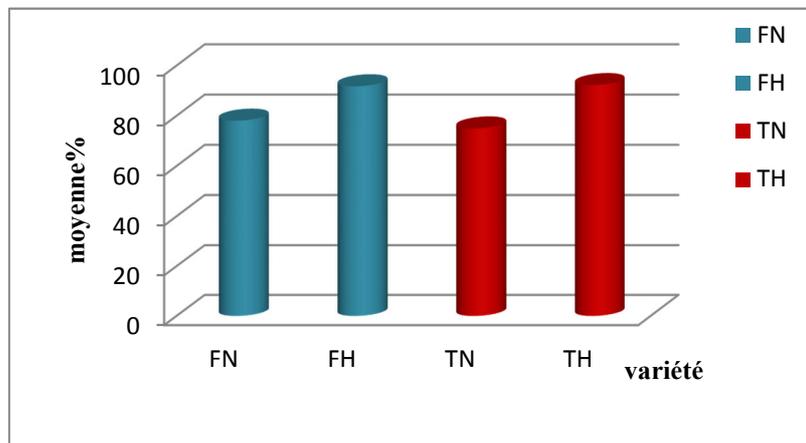


Figure 23 Pourcentage d'eau perdu

La figure 23 présente moyenne de pourcentage d'eau perdu montre que les orges de la culture hydroponique perdent plus de 90% d'eau tandis que les orges de champ 75% en moyenne ; provoque une faible teneur en MS par la culture hydroponique de 10% et de 25% en culture de champ. L'analyse de la variance montre des différences significatives entre les deux.

1.3. Production de la matière sèche

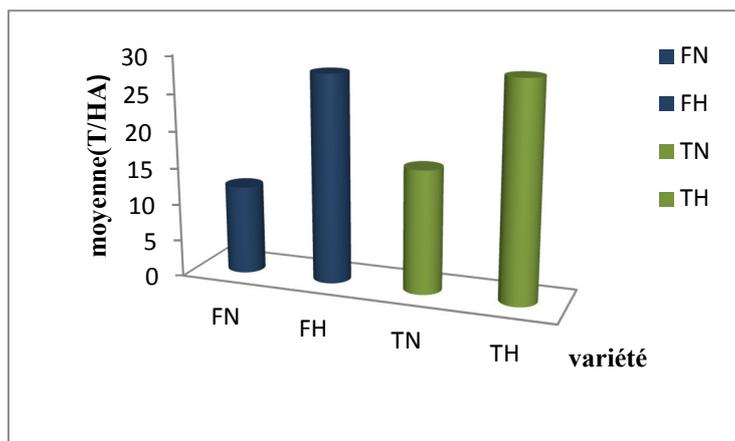


Figure 24 Production de la matière sèche

Les résultats obtenus de la production de la matière sèche figure 24 montrent une supériorité d'orge hydroponique par rapport à la culture champ, l'analyse de la variance montre des

différences significatives entre les variétés teste dont tichedrett atteint (29,02 t/ha) en culture hydroponique et (16,58 t/ha) en culture champ.

1.4. Superficie des feuilles

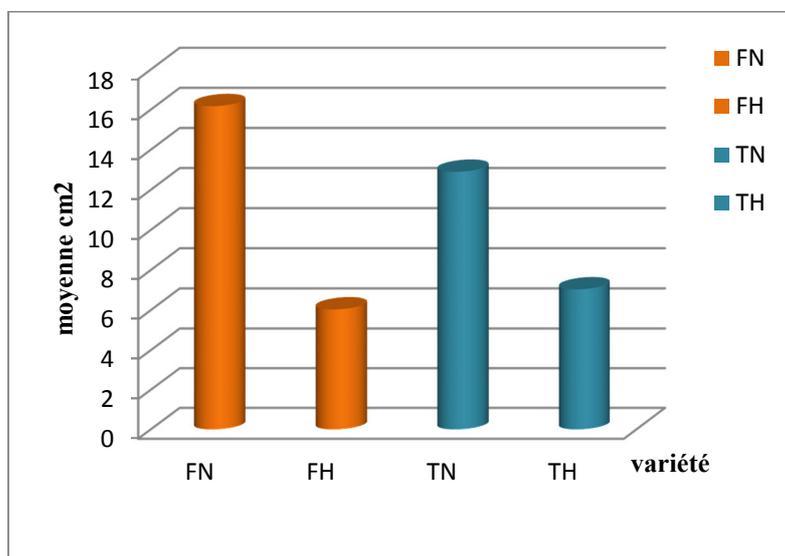
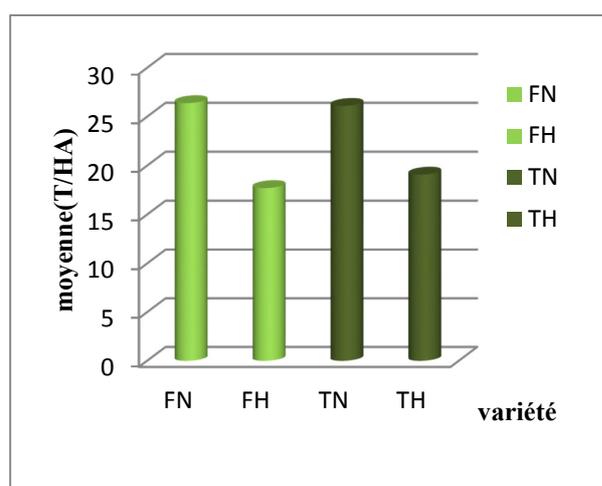


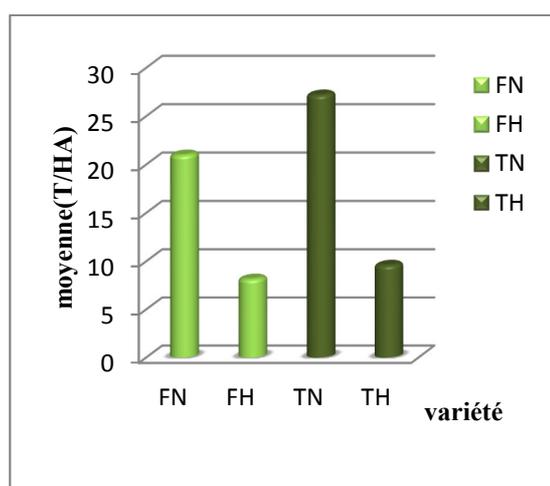
Figure 25 Moyenne de superficie des feuilles

La figure 25 présentée les superficies des feuilles l'analyse de la variance montre des différences très hautement significatives entre les deux technique de cultures adopté, les superficies des feuilles d'orge du champ atteint 14,53cm² en moyenne tandis que les feuille d'orge hydroponique et de 6,53 cm².

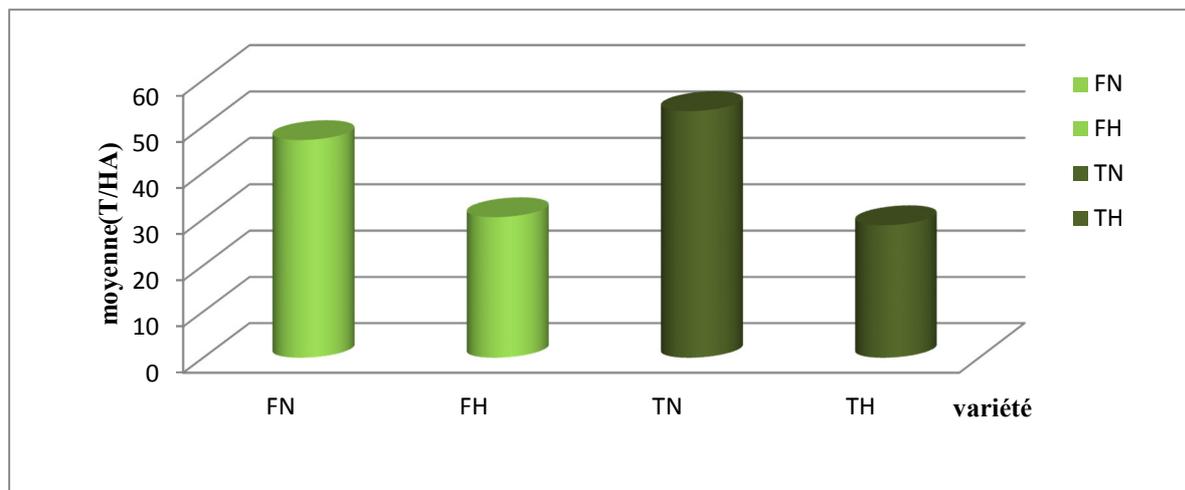
1.5. Teneur en Chlorophylle a et b et c (chlorophylle total) des variétés



Chlorophylle a



Chlorophylle b



Chlorophylle c (chlorophylle totale)

Figure 26 Teneur en Chlorophylle a, b et c de deux variété

La figure 26 présentée la moyenne de chlorophylle a et b et c de culture hydroponique et naturelle de deux variété (fouara et tichedrett) qui obtenue des résultats très hautement significatives, la culture naturelle est plus important que la culture hydroponique

La moyenne de Chlorophylle a de la culture naturelle atteint 26. Tandis que la chlorophylle de la culture hydroponique (17.71 et 19.08) respectivement chez fouara et tichedrett.

La moyenne de la Chlorophylle b de la culture naturelle atteint (21 et 27.21) et dans la culture hydroponique atteint (8.17 et 9.61) respectivement chez fouara et tichedrett.

1.6. Production de la Biomasse radicale

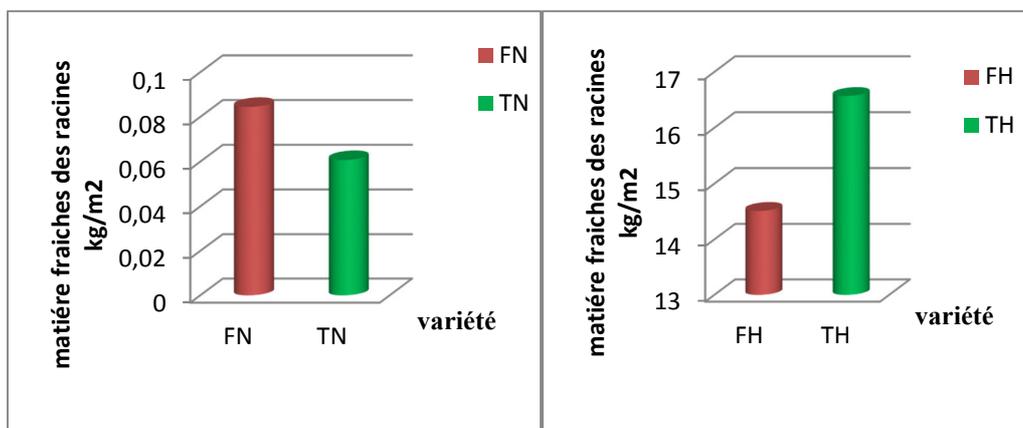


Figure 27 Production de la biomasse radicale

La figure 27 présente les productions de la biomasse radicale, le poids des ramifications d'orge hydroponique sont très élevée par rapport aux orges du champ, tichedrett atteint 16,57Kg/m² L'analyse de la variance montre des différences très hautement significatives entre les deux technique de culture adopte dont les valeurs enregistre (0,06-0,08) Kg/ m² respectivement chez tichedrett et fouara.

2. Partie discussion

La production des matières fraîches des deux cultures hydroponiques et naturelle, les résultats obtenus c'est la culture hydroponique plus importante que la culture naturelle.

La variété tichedrett et plus productive que fouara nos résultats confirme les résultats faite par **Habbas, 2018**, qui montre le poids de la laitue la variété hybride ABONDANCE et la VARIETE LOCALE en culture hydroponique varie entre 120g à 180g avec un poids moyen de 141g pour la variété locale et entre 160g et 270g avec un poids moyen de 198g. D'après les résultats, la laitue de variété locale présent une hauteur varie entre 43 cm et 50 cm avec une hauteur moyen de 46.3 cm, alors que la variété abondance présent une hauteur varie entre 15cm et 20 cm avec une hauteur moyen de 17.9 cm

Pourcentage d'eau perdu montre que les orges de la culture hydroponique perdre plus que l'orge de champ en moyenne.

la variété tichedrett qui perd moins d'eau que fouara, nos résultats confirme les résultats faite par **Abidi et Benyoussef (2016)** et **Scott Shelton (2005)** qui ont fait une étude sur la composition chimique des aliments montre que l'orge hydroponique présente une faible teneur en MS (11.5 %).

Moyenne matière sèche montre une supériorité d'orge hydroponique par rapport à la culture champ.

La variété tichedrett plus important que fouara Nos résultats confirment les résultats faits par **(Belbachir 2017)** Au cours de la germination de l'orge, le taux de matière sèche a connu une diminution très remarquable qui à montre le grain sec vers le fourrage vert hydroponique, ce taux diminue suivant un rythme qui dépend du système de production. Ce taux passe de 90% à 58% après 24h de contact avec l'humidité et puis à 19% durant le jour J7. D'après **De Ruiter (2001)**. Les différences de matière sèche produite s'expliquent plus par des différences d'efficacité d'utilisation des disponibilités du milieu.

La moyenne de superficies des feuilles de culture hydroponique et naturelle pour la culture naturelle la variété fouara c'est plus important que tichedrett par contre pour la culture hydroponique variété tichedrett c'est la meilleurs.

D'après **Texier, 2013** Grâce à l'hydroponie, c'est possible. Le niveau élevé de nitrate dans la solution nutritive suscite une croissance végétative phénoménale. C'est un avantage si l'on a besoin d'une grande quantité de feuillage. Une plante cultivée par procédé hydroponique avec une nutrition riche en azote développe un feuillage très fourni.

Nos résultats confirment les résultats faits par **Habbas, 2018**, qui étudie la hauteur moyenne des plantes d'haricot sont obtenues par la mesure de la hauteur des plantes de chaque stade phonologique les résultats montrent que chez l'ensemble des plantes du haricot passe du stade de 1 feuilles trifoliées au stade de floraison au 10 jours, le début de sortie des boutons vert se déroule 15 jours après la transplantation, à ce moment, la hauteur moyen de le haricot dépasse les 40cm. Une semaine après les plantes de le haricot entrent aux stades de pleine floraison, où elles se présentent une hauteur moyenne de 80cm.tre pour la culture hydroponique la variété tichedrett c'est la meilleurs.

La moyenne de chlorophylle a et b et c de culture hydroponique et naturelle de deux variété (fouara et tichedrett)

La variété tichedret c'est le meilleur que fouara. Si on compare nos résultats de la teneur de chlorophylles **Nabila 20,76 Souillah (2009)** ; on constate que la variété de l'orge (Saïda 183) est de 33 en teneur chlorophyllienne pour l'orge en sol on a trouvé que l'OH du test 48h qui est arrosé seulement avec de l'eau est de teneur 25, donc notre culture hydroponique n'a pas besoin de solution nutritive pour activer les stomates des feuilles. On a trouvé aussi que dans les tests de 24h et de 72h que les graines arroser avec du NPK a 20% concentration ont donné une teneur en chlorophylle plus intense, C'est-à-dire :

L'azote est un élément de base des cellules. Le but de la nutrition azotée est de fournir l'azote nécessaire pour assurer la multiplication des cellules végétales et donc des tissus végétaux. Il favorise également la multiplication des chloroplastes (ce sont les organites dans lesquels est contenue la chlorophylle). L'azote a indirectement une action sur la fabrication des glucides, par l'augmentation du nombre de chloroplastes dans les cellules.

Enfin, l'azote se trouve dans les graines sous forme de réserves protéiniques. Ce sont ces nutriments que consomment les plantules lors de la germination. **(Anonyme)**

La moyenne de la production de la biomasse radicale de l'orge hydroponique et naturelle.

Variété tichedrett c'est la meilleurs que fouara ; D'après les résultats de **Texier, 2013** ; On peut récolter une grande quantité de racines quasiment en permanence sans détruire les plantes. Les racines ainsi récoltées restent propres et ne nécessitent ni lavage, ni autre manipulation avant l'extraction. En outre, elles présentent une haute teneur en principes actifs. Cette concentration peut encore être augmentée en adaptant la nutrition de la plante au type de molécule que l'on veut produire.

Conclusion

Cette étude nous a permis une comparaison entre la culture hydroponique et naturelle de l'orge (Fourrage vert), de deux variétés, fouara et tichedrett à travers des plusieurs paramètres comme les mesure de matière sèche et matière fraîches, la superficie des feuille et la teneur de chlorophylle...

Les résultats montrent des différences significatives pour la production de la matière sèche entre les variétés teste dont tichedrett atteint (29,02 t/ha) en culture hydroponique et (16,58 t/ha) en culture champ et des différences très hautement significatives pour le poids des racines favorisant l'orge hydroponique (tichedrett atteint 16,57Kg/m²) par contre des différences très hautement significative pour les paramètres la surface foliaire (feuilles), le pourcentage d'eau et les teneurs en chlorophylle, favorisant l'orge de surface. Et entre les deux variétés tichedrett c'est la plus importante que fouara.

Cette expérience de l'hydroponie prouve que le sol n'est pas nécessaire pour la croissance des plantes, avec une solution nutritive ou juste de l'eau. La variété tichedrett peut germer facilement en donnant des jeunes feuilles de bonne qualité au bout de 7 à 10 jours, les résultats obtenus montrent des rendements meilleur que culture sur champ et peut être amélioré par des ajustements en concentration de la solution nutritive d'autres travaux à suggérer.

Le fourrage vert hydroponique dépend à des conditions contrôlées (éclairage, température humidité.....), pouvant être disponible tout au long de l'année, pourra être une solution pour combler une partie du déficit en ressources fourragères.

Références bibliographiques

1. Al-Obailan., 2015, Chairman of GCCAAO and Vernon Soare, Micro-irrigation that delivers water directly to plant roots could.
2. Alain V., 2003 : Fondements & principes du hors-sol : Doc V 3.1 HRS 12 Ind. 10P Anne et François, 2013, la composition chimique des fibres (teneur en lignine, hémicellulose, cellulose). 21 janv. 2014.
3. Anonyme, 2010. Après 40 ans, l'Algérie redevient exportatrice d'orge. econostrum.inf l'actualité économique en méditerranée.
4. Badr A, Muller k. Schäfer R., El Rabey H., Effgen S., Ibrahim HH., Pozzi C., Rohde W and Salamini F., (2000).On the origin and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*).Mol. Biol.Evol.17 :499-510.
5. Barrs., 1968, La teneur relative en eau de la feuille.
6. Belbachir M., (2017). Production de fourrage par techniques hydroponiques. Cas de l'orge à Sidi mdjahed, commune de beni bousaid. Thèse de Master, Agronomie : Amélioration végétale, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université abou bekr belkaid-tlemcen, 5-68 p.
7. Benyoussef.S et ABIDI. S, 2006, Inscription d'un triticale(X triticosecale, Wittmack) à vocation mixte sous la dénomination commerciale "khir".
8. Bouchlaghem, S. 2012.Contribution à l'étude de l'impact d'un engrais couramment utilisé en algerie (NPK) sur la croissance le métabolisme et le développement racinaire d'un modèle végétale blé dur. Thesis. Univ .Constantine.
9. Bouzerzour H. et Benmahammed A., 1993. Environmental factors limiting barley yield in the high plateau of Eastern Algeria. *Rachis*, 12 (1) :14 – 19p
10. Cervantes J., (2012). Culture en intérieur. Mama Edition, 1 rue Pétiou 75011 (France). P : 199-203.
11. Clark JM, Mac-Caig TN (1982). Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of Triticum genotypes. *Canadian Journal of Plant ...*
12. CocoS., (2014). Coco Sol. L'Agriculture hors sol : pour une agriculture saine, rentable et respectueuse de l'environnement, 1-3 p.
13. FAO, 2009 .Food and Agricultural organisation.
14. Hidaka, T. Ohnishi, H. Wakamatsu, Additive effects of les produits de combustion (gaz brûlés) en dégagent de la chaleur1999.
15. HIF, (2012). Hanna Instrument France. Culture hydroponiques et horticoles. 2-3p. (<http://www.Hanna.france.com>).
16. Hopkins J., 2003, *American Journal of Agricultural Economics*, 2003, vol. 85, issue 3, 762-769. Date: 2003.
17. Itgc (2018)., institue techniques des grande cultures.
18. Jensen. MH, (1999). Hydroponics Worldwide - A Technical Overview. *Acta horticulturae* (481): 719 – 130p.
19. Kodjo A., (2014). la culture hors sol ou l'hydroponie : une technologie à vulgariser.1 p
20. Michael R, Johann Heinrich. Elsevier Science, 2008 - Science - 587 pages. 1 Review. Plant production in hydroponics and soilless culture is rapidly ...
21. Michel B., (2016). - La culture indoor: Hydroponie, éclairage, ventilation, engrais –Master édition Broché.
22. Miralles-bruneau M. (2015). Utilisation du fourrage vert hydroponique en production de viande bovine et ovine à la Réunion: une alternative pour pallier aux déficits fourragers futurs liés aux changements climatiques et au manque de foncier agricole? *Sica revia*, Union Européenne. 6-14 p.

23. Nabila Souillah., 2009. Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de 13 génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : Etude des caractères de production et d'adaptation. Univ Constantine.
24. Nelson, (2003) Behavioral Evidence on the Effects of Principles- and Rules-Based Standards. Accounting Horizons: March 2003.
25. Samarakoon UC, Weerasinghe PA, Weerakkody AP. (2006). Effect of Electrical Conductivity [EC] of the Nutrient Solution on Nutrient Uptake, Growth and Yield of Leaf Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Stationary Culture. Tropical Agricultural Research 18(1): 13-21p
26. Simon S., Minatchy J., 2009. Montpellier : CIRAD, 186 p.. Le Guide de la tomate hors sol à La Réunion
27. Sonneveld C, Voogt W. (2009). Plant Nutrition of Greenhouse Crops. New York, USA: Springer.
28. Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. (1980). Principles and Procedures of Statistics. A biometrical approach. 2nd edition. McGraw-Hill, New York, USA, 20-90 p
29. Stocklin E., (2002). Dossier de presse Newfarm : saveurs à cueillir. 2-4 p.
30. Taiz, L. and Zeiger, E. (1998) Plant Physiology. 2nd Edition, Sinauer Associates Publishers, Sunderland, Massachusetts.
31. Texier W., (2013). L'hydroponie pour tous : tout sur l'horticulture à la maison. France : Mama édition, 15-33 p.
32. Urban L et Urban I., (2010). La production sous serre : L'irrigation fertilisante en culture hors sol. 2e ed, 11 rue lavoisier, Paris. 1-19 p.
33. William Texier., (2015).- L'Hydroponie pour tous - Les dix clés de l'horticulture à la maison - Mini édition Broché
34. Zerkout M., (2015). Essai de valorisation des eaux usées traitées en cultures hydroponiques. Thèse de Master, Production Végétal et Système Expert en Agro pédologie, Faculté des sciences : Filières sciences agronomiques, Université 20 aout 1955- Skikda, 1-38 p.

Webographie :

<http://www.techniquesdelevage.fr>.

<http://www.hydroponie.fr>.

<http://www.google/image.fr>.

<http://www.culturehydroponique.fr>.

<https://www.culturehors-sol.fr>.

<http://www.productionsousserre.com>.

<http://www.fourragevert.com>.

<http://www.l'orgehydroponique.fr>.

<http://www.techniqueshydroponique.com>.

Résumé: Comparaison entre la culture hydroponiques et la culture naturelle De l'orge (Hordeum Vulgare L)

A travers cette étude, la culture hydroponique a été comparée à la culture naturelle par *Hordeum vulgare* des deux cultivars de Fouara et de Tichedrett, où la culture hydroponique a été installée au niveau de la ferme en formation d'Ain Lahdjar (COOPSSSEL) au sud de Sétif. Sétif. L'analyse ANOVA a montré de très grandes différences ($p < 0,05$ pour le poids de la racine en faveur de l'orge d'eau et nous avons trouvé de très grandes différences dans le critère: surface des feuilles, teneur en eau et teneur en chlorophylle en faveur de l'orge naturelle, statistiquement significative ($0,05 p$) dans la production de masse d'air en surface Les terres où Tichedrett a produit (16,58-29,08) tonnes / ha de plus que les effervescents (22,59-12,00) tonnes / ha dans les deux cultures cycliques, la culture hydroponique respectivement.

Mots clés : *Hordeum Vulgare L*, Agriculture hydroponique, Masse, Contenu des cultures.

ملخص : المقارنة بين الزراعة المائية و الزراعة الطبيعية للشعير (Hordeum vulgare)

من خلال هذه الدراسة تم المقارنة بين الزراعة المائية و الزراعة الطبيعية للشعير (*Hordeum vulgare*) للصنفين فوارة و تشدرت , حيث تم تثبيت الزراعة المائية على مستوى المزرعة التكوينية في عين لاجر (COOPSSSEL) جنوب سطيف , و تم تنفيذ الزراعة الطبيعية في المعهد التقني للمحاصيل الواسعة (ITGC) سطيف. أظهر تحليل ANOVA تباين اختلافات كبيرة للغاية ($P < 0.05$) لوزن الجذر لصالح الشعير المائي و نجد اختلافات كبيرة للغاية في معيار : مساحة الورقة , نسبة الماء و محتوى كلوروفيل لصالح الشعير الطبيعي. فروق ذات دلالة احصائية ($p < 0.05$) في انتاج الكتلة الهوائية الموجودة فوق سطح الأرض حيث انتجت تشدرت (16.58-29.08) طن/ هكتار أكثر من فوارة (12.00-22.59) طن /هكتار في كل من المحاصيل الحقلية, الزراعة المائية على التوالي.

الكلمات المفتاحية : *Hordeum Vulgare L*, الزراعة المائية, الزراعة الحقلية, الكتلة, محتوى الكروفييل.

Summary: Hydroponics was compared to the natural Hordeum vulgare cultivation

Through this study, hydroponics was compared to the natural hordeum vulgare cultivation of the two cultivars of Fouara and Tichedrett, where hydroponics was grown at the Ain Lahdjar (COOPSSSEL) farm in the south. of Setif. Setif. The ANOVA analysis showed very large differences ($p < 0.05$ for the weight of the root in favor of water barley and we found very large differences in the criterion: leaf area, water content and chlorophyll content in favor of natural barley, statistically significant ($0.05 p$) in surface air mass production Land where Tichedrett produced (16.58-29.08) tones / ha more as effervescent (22.59-12.00) tons / ha in both cyclic crops, hydroponics respectively.

Key words: *Hordeum Vulgare L*, Hydroponic, Cyclonic agriculture, Mass, Content of crops.