



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt
Faculté des sciences et de la technologie
Département des sciences de la nature et de la vie



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Agronomie
Spécialité : Production Végétale

Thème

**Contribution à l'étude de l'influence de l'apport de matière
organique sur le développement de l'orge vert
hydroponique**

Soutenu le : 11/ 06 /2023

Présenté par :

M^{elle} LAHIANI Khadidja

M^{elle} BENEDDINE Hadjer

Soutenu devant le jury :

M^r. GADOUM .A	MCB	PRESIDENT	UNIV-TISSEMSILT
M^{me}. NAIMI .S	MAA	ENCADRANTE	UNIV-TISSEMSILT
M^{me}. CHAHIH .H	DOCTORANTE	EXAMINATRICE	UNIV-

TISSEMSILT

Année universitaire 2022-2023

Remerciements

Merci avant tout au bon dieu Allah, le Clément le plus puissant, le Miséricordieux. Nous remercions vivants tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail pour leur aide précieuse. Nos remerciements en particulier : notre encadrante Mme NAJM J S., Professeur à l'Université de Tissemsilt, pour avoir acceptée de diriger cette étude . Nous tenons à remercier le Dr GADOU M A, maître de conférences à l'Université Tissemsilt, d'avoir accepté de présider notre comité de soutenance. Nous sommes très reconnaissants à Mme CHAHJH H, pour l'honneur qu'elle nous fait d'accepter d'examiner et de juger ce travail

DÉDICACE

Je dédie ce travail à ma mère et à mon père et les remercie pour tous leurs sacrifices, leur amour et leur soutien tout au long de mes études.

À mes frères, sœurs et neveux (Ahmed et Ghuofran) qui m'ont tant soutenu dans ma vie.

J'ai également dédié ce travail à deux familles (LAHJANJ et HADJR).

Tous nos remerciements et appréciation à Hamza La , Et les employés de la Bibliothèque du faculté des sciences et de la technologie, en particulier M. RAMEDAN. Et sans oublier de remercier Mr CHAHBAR M ,Mr OUABI H, Mr DJETTJ T, Mme AJMEN Dj .pour leur aide et leurs conseils

Je remercie aussi mon binôme Hadjer .

Merci à tous les collègues de près ou de loin, pour leurs encouragements et leur soutien et surtout BOUCIF Faouzi .

LAHJANJ Khadidja

DÉDICACE

Dédicace Pour que ma réussite soit complète je le partage avec toutes Les personnes que j'aime, je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi, Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands Sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice À la poursuite de mes études.

Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, Ma considération et mes profonds sentiments envers eux.

A mes frères et sœurs, vous m'avez épaulé en tout temps.

Pour ceux qui sont heureux de notre succès et regrettent notre échec (famille et amis) dans tous mes chers enseignants et département de production végétalien,

Pour mon partenaire KHADIDJA LA.

Et en dernier, un grand merci à toutes celles et tous Ceux qui m'ont aidé et soutenu.

BENEDDINE Hadjer

SOMMAIRE

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction01

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I Généralités sur la culture de l'orge

1. Présentation de l'orge	03
2. Classification.....	03
3. Aspect botanique.....	03
4. Exigences écologiques.....	04
4.1 Climat.....	04
4.2 Pluviométrie.....	04
4.3 Rayonnement.....	05
4.4 La température.....	05
4.5 Fertilisation et besoins nutritifs de l'orge.....	05
5. Description morphologique de l'orge.....	05
5.1 Appareil végétatif.....	06
5.1.1 Le système aérien.....	06
5.1.2 Le système racinaire.....	06
5.2 Appareil reproducteur	06
6. Culture de l'orge en Algérie.....	07
6.1 Superficie et production.....	07
6.2. Principales variétés d'orge cultivées en Algérie.....	08

Chapitre II : l'orge hydroponique

1. La culture hydroponique.....	09
1.1 Définition.....	09
1.2 Les exigences de la culture hydroponique	09
1.3 Différents techniques de culture hydroponique.....	10
a .les systèmes sans substrat.....	10
b.les systèmes de culture sur substrat	10
1.5 Maitrise de la solution nutritive	11
a .Niveau de pH en hydroponie	11
b .Valeur de l'électro conductivité	12
c .Température et oxygénation de l'eau.....	12
2 Production de l'orge vert hydroponique.....	13
2.1 La semence	13
2.2 La trempe.....	13
2.3 La germination	14
3. Potentiel de production	14
4. Valeur nutritive du fourrage hydroponique	14

Chapitre III : Les engrais organiques

1. Définition des engrais	17
2. Les différents types d'engrais	17
2.1 Les engrais chimiques ou minéraux.....	17
2.2 Les engrais biologiques.	17

2.3 Les engrais organiques.....	18
2.3.1 La Matière organique.....	18
2.3.2 Les différents types d'engrais organiques... ..	18
a. Engrais d'origine animal	18
* Farine d'os.....	18
* Farine de sang	18
* Déchets d'animaux	19
* Farine de poisson	19
b. Engrais d'origine végétale	19
* Farine de luzerne et de soja.	19
* Algues.....	19
* compost.....	19
2.3.3. Compostage	19
2.3.4. Importance des engrais organiques.	20
2.3.5. Avantages et inconvénients des engrais organiques... ..	20
3. Fertilisation et nutrition des plantes en hydroponie.....	21

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre I : Matériels et méthode

1. Objectif de l'expérimentation.....	23
2. Mise en place de l'expérimentation.....	23
3. Le matériel végétal.....	23
4. Substrats organiques	24
5. Analyse des substrats utilisés.....	25
a Taux de matière organique.....	25

6. Conduite de l'expérimentation en hydroponique	26
6.1 Protocole expérimental.	26
6.2 Phase de germination ou de culture	27
6.3 Dispositif expérimental.	27
7. Préparation de la solution de matière organique	28
8. Gestion de la solution de matière organique.	31
9 Paramètres étudiés	31
a. la hauteur de la tige	31
b poids vrais de la biomasse.....	31
c poids sec de biomasse.....	32
10 .Analyses des données.	32

Chapitre II : Résultats et discussion

2.1. Présentation des résultats.	33
2.2. Discussion des résultats.	42
1- Poids de la masse végétative	42
2- La hauteur de tige (la taille)	43
3- La matière sèche	43
CONCLUSION.	44

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Liste des figures

Figure 01 : Classes d'orge selon le degré de fertilité des épillets et la compacité de l'épi

04

Figure 02 : Caryopse d'orge (Leonard et Martin, 1973)

06

Figure 03 : Système de culture aéroponique

10

Figure 04 : Diagramme d'assimilation des minéraux en fonction du pH (Bugbee B., 2003)

11

Figure 05 : Les engrais organiques

18

Figure 06 : Faculté des Sciences et technologie. Université de Tissemsilt (Photo originale ,2023)

23

Figure 07 : les échantillons de semences (Photo originale , 2023)

24

Figure 08 : Substrat pour horticulture FLORAV(Photo originale,2023)

24

Figure 09 : Tourbe de mousse (Peat moss), (Photo originale ,2023)

25

Figure 10 : Lavage des graines d'Orge (Photo originale ,2023)

26

Figure 11 : Disposition des graines d'orge Sougueur et Nailia dans les boites d'Aluminium (Photo originale ,2023)

27

Figure 12 : Schéma du dispositif expérimental

28

Figure 13 : préparation de la solution de matière organique (Photo originale ,2023)

28

Figure 14 : les deux solutions nutritives obtenues à partir des engrais organiques (Photo originale ,2023)

29

Figure 15 : Mesure de pH, CE de solution de matière organique (Photo originale ,2023)

29

Figure 16 : Prise de poids frais de la biomasse du fourrage vert (variété Sougueur le 8 ^{ème} jour) (Photo originale ,2023)	32
Figure 17 : Prise de poids sec de la biomasse du fourrage vert (variété Sougueur le 15 ^{ème} jour) (Photo originale ,2023)	32
Figure 18 : L'effet de la matière organique sur le poids (g) des variétés au 8 ^{ème} jour.	33
Figure 19 : L'effet de la matière organique sur la taille (cm) des variétés au 8 ^{ème} jour	34
Figure 20 : L'effet de la matière organique sur le poids (g) des variétés au 9 ^{ème} jour	35
Figure 21 : L'effet de la matière organique sur la taille (cm) des variétés au 9 ^{ème} jour	36
Figure 22 : L'effet de la matière organique sur le poids (g) des variétés au 10 ^{ème} jour	36
Figure 23 : L'effet de la matière organique sur la taille (cm) des variétés au 10 ^{ème} Jour	37
Figure 24 : L'effet de la matière organique sur le poids (g) des variétés au 14 ^{ème} jour	38
Figure 25 : L'effet de la matière organique sur la taille (cm) des variétés au 14 ^{ème} Jour	39
Figure 26 : Taux de la matière sèche (MS)	39
Figure 27 : l'évolution des poids des 2 variétés d'Orge (g)	40
Figure 28 : l'évolution de tailles de la variété Sougueur selon les jours (cm)	41
Figure 29 : l'évolution de tailles de la variété Nailia selon les jours (cm)	42

Liste des tableaux

<i>Tableau 01 : évolution de la superficie de la production de l'orge en Algérie (Statistique Agricoles, série B ,1998-2006).</i>	<i>07</i>
<i>Tableau 02 : Variétés d'orge cultivées en Algérie (Boufenar et al. 2006).</i>	<i>08</i>
<i>Tableau 03 : Variétés d'orge cultivées en Algérie (ITGC,2017).</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 04 : Résumé de la composition chimique d'orge hydroponique</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 05 : Taux de matière organique dans 10g d'engrais organique</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 06 : Résultats mesure de PH et CE (tentative numéro 1)</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 07 : Résultats mesure de PH et CE (tentative numéro 2)</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 08 : Résultats mesure de PH et CE (tentative numéro 3)</i>	<i>30</i>

Liste des abréviations

<i>MS</i>	<i>Matière sèche</i>
<i>MM</i>	<i>Matière minérale</i>
<i>MAT</i>	<i>Matière azoté totale</i>
<i>CB</i>	<i>Cellulose brute</i>
<i>OAIC</i>	<i>Office Algérien Interprofessionnel des Céréales</i>
<i>NFT</i>	<i>Techniques de film nutritif</i>
<i>EC</i>	<i>Conductivité électrique</i>
<i>FVH</i>	<i>Fourrage vert hydroponique</i>
<i>FAO</i>	<i>Food and agriculture organization</i>
<i>PH</i>	<i>Potentiel d'hydrogène</i>
<i>N</i>	<i>Azote</i>
<i>P</i>	<i>Phosphore</i>
<i>K</i>	<i>Potassium</i>
<i>Ca</i>	<i>Calcium</i>
<i>Mg</i>	<i>Magnésium</i>
<i>S</i>	<i>Soufre</i>
<i>Na cl</i>	<i>Chlorure de sodium</i>
<i>Na</i>	<i>Sodium</i>
<i>Cu</i>	<i>Cuivre</i>
<i>Fe</i>	<i>Fer</i>
<i>Zn</i>	<i>Zinc</i>
<i>UFV</i>	<i>Unité fourragère viande</i>
<i>PDIE</i>	<i>Protéines Digestibles Dans l'intestin Grêles Limitées Par l'énergie</i>
<i>PDIN</i>	<i>Protéines Digestibles Dans l'intestin Grêles Limitées Par l'azote</i>
<i>NDF</i>	<i>Neural détergent fibre</i>
<i>P2O5</i>	<i>Phosphore assimilable</i>
<i>K2O</i>	<i>Oxyde de potassium</i>
<i>S3</i>	<i>Trioxycde de soufre</i>
<i>MO</i>	<i>Matière organique</i>



INTRODUCTION

Introduction

L'agriculture est une activité pratiquée par l'homme, depuis des milliers d'années, pour répondre à ses besoins alimentaires. En Algérie, l'agriculture et l'élevage figurent parmi les priorités nationales, alors que la superficie des terres arables ne représente que 3,6 % de la superficie totale (**Belgat , 2016**). Ce secteur a joué un rôle important dans le développement économique surtout durant les deux dernières décennies (**Bessaoud, 2019**). Néanmoins, des menaces liées au changement climatique, faible investissement, dégradation des terres et pression anthropique sont des facteurs qui limitent sa productivité.

Au fil du temps et grâce au progrès scientifique et technologique qu'a connu le secteur agricole, il est devenu possible d'utiliser d'autres substrats que le patrimoine sol, voire même sans substrat. Ce qu'on appelle les cultures hors sol ou cultures hydroponiques (**ESSADAoui, 2013**).

Les techniques hydroponiques actuellement populaires ont des contraintes environnementales liées à l'utilisation d'intrants chimiques tels que des substrats et des solutions nutritives, et une forte consommation d'énergie dans leur fonctionnement (**Dumitrescu, 2013**) des contraintes économiques dans l'accès aux engrais minéraux, en particulier dans les pays en développement (**Salas, 2012**).

Ce système de culture ne s'adapte pas à toutes les cultures mais il résout en partie un énorme problème quand à la production de fourrage vert. Il représente actuellement une mutation Technologie importante pour les fermes, rentable grâce à l'optimisation la valeur maximale de certains facteurs de production (**Sedki et Mimouni, 1995**).

Au cours des dernières décennies, l'exemple de l'orge hydroponique a donné de bons résultats en assurant les besoins en aliments verts dans les exploitations agricoles qui ont adopté ce système (**Al-Karaki, 2011**). Dans certains pays la production de l'orge vert hydroponique est devenu un système de production laitière durable (**Naik et al., 2012**), favorisé d'une part pour la production d'aliments de haute qualité tout au long de l'année et d'autre part soutenu par sa capacité à maximiser les performances individuelles des bovins (**Heins et Paulson, 2016**).

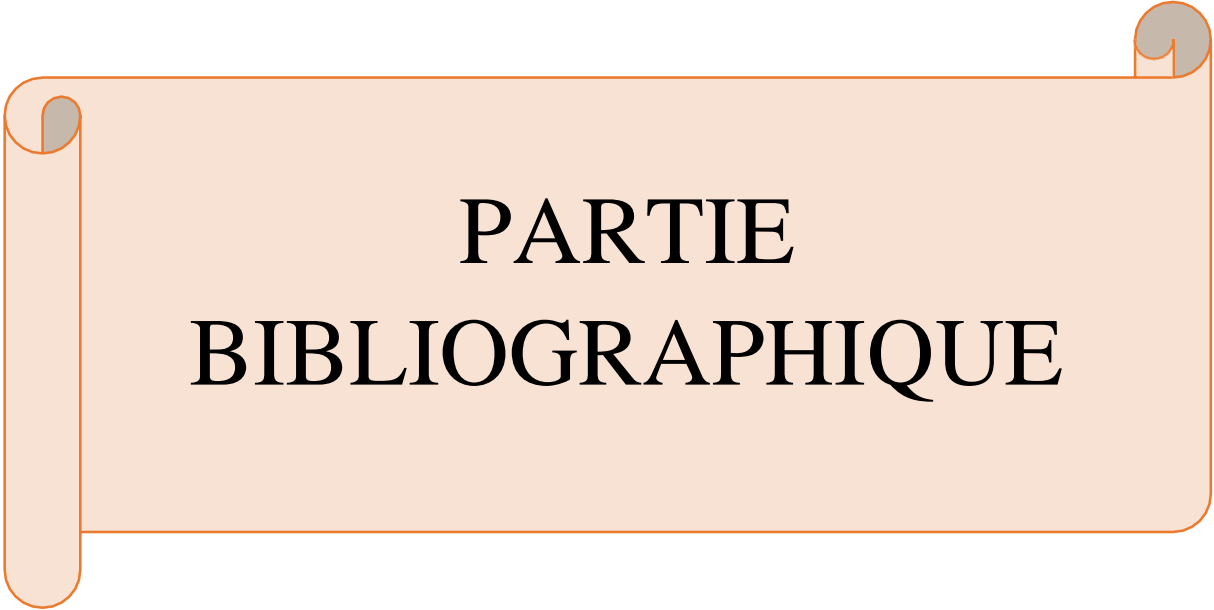
Le principe de la production de l'orge vert en hydroponie consiste en la mise en germination des graines des céréales jusqu'au développement végétatif maximal, en contrôlant les facteurs d'illumination, de température et d'humidité sans le support du milieu sol (**Anonyme, 2001**).

La présente étude met un accent particulier sur l'influence de l'apport de matière organique sur le développement de l'orge vert hydroponique. L'étude se focalise sur l'essai de solutions à base de matériaux organiques naturels d'origine végétale (compost et Peat moss) pour l'irrigation

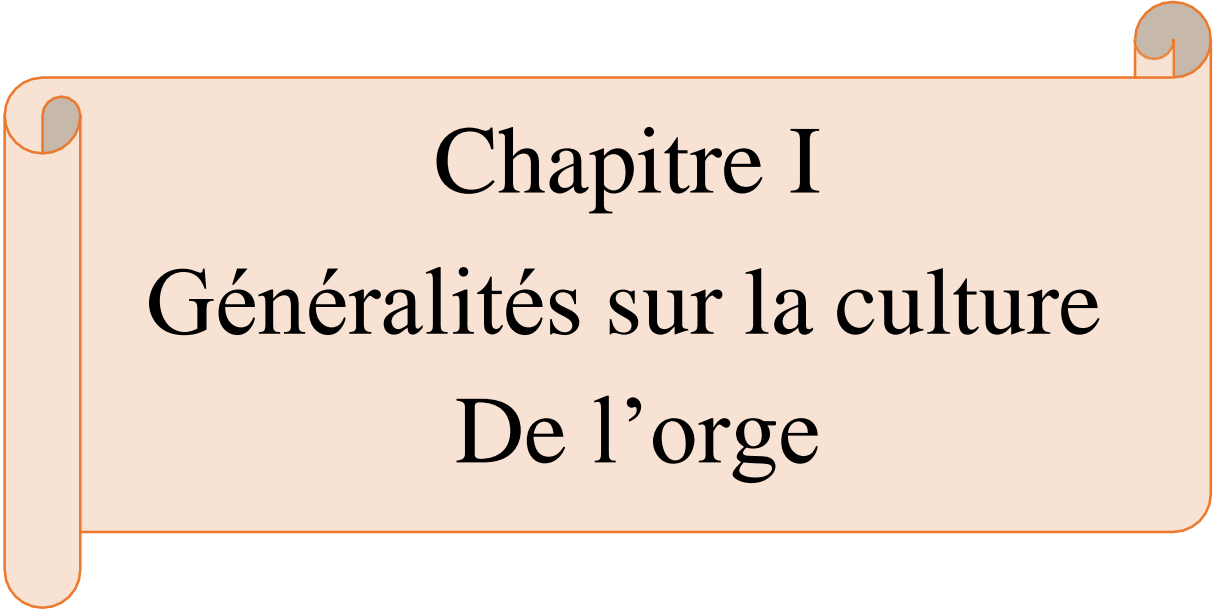
Introduction

de deux variétés d'orge dans l'objectif d'évaluer son pouvoir nutritif ou du moins stimulant de la croissance végétative en condition d'hydroponie.

Pour cela nous avons adopté le plan suivant dans la réalisation de ce mémoire : une partie bibliographique en trois chapitres, généralités sur l'orge, l'orge hydroponique et le dernier conçu pour les engrais organiques. Ensuite une partie expérimentale sur l'expérimentation, les protocoles adoptés avec les deux variétés choisis (Sougueur et Nailia), les solutions nutritives et les paramètres étudiés (taille, poids, Matière sèche) finissant par l'analyse des résultats et leurs discussions.



**PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE**



Chapitre I
Généralités sur la culture
De l'orge

1. Présentation de l'Orge

L'Orge (*Hordeum vulgare*.L) est un aliment de base de l'alimentation humaine depuis des milliers d'années. C'est une culture annuelle tempérée à croissance rapide qui peut être utilisée comme fourrage ou mélangée avec du fumier et étalée en couverture pour la préservation du sol. Il vient probablement de la Méditerranée orientale. C'est la première culture domestiquée par l'homme dans la région du Croissant Fertile (*Syrie, Irak, Turquie*). En raison de sa relative tolérance au sel, l'orge était la culture irriguée prédominante dans le sud de cette région du monde (**Hamadache, 2016**) comme elle pourrait être utilisée, principalement, pour l'alimentation du bétail (**Ben Mbarek et Boubaker, 2017**). Est également une culture qui s'adapte bien à différentes altitudes, étant cultivée à partir de 330 m sous le niveau de la mer près de la mer Morte et jusqu'à 4 200 m dans les Andes Boliviennes.

2. classification

D'après **Feillet P., 2000**, l'orge cultivée appartient à la classification suivante :

Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
S / Classe	<i>Commelinidae</i>
Ordre	<i>Poale</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
S / Famille	<i>Hordeoideae</i>
Tribu	<i>Hordeae (Hordées)</i>
S / Tribu	<i>Hordeinae</i>
Genre	<i>Hordeum</i>
Espèce	<i>Hordeum vulgare L.</i>

3. Aspect botanique

L'orge appartient à l'une des plus grandes flores du monde, les Triticaceae, une tribu de la famille des Graminées (**Ulrich, 2010**). Il existe 34 espèces d'*Hordeum* (dont une seule est cultivée pour l'alimentation), et les autres sont généralement diploïdes avec $2n = 14$ chromosomes, mais il existe également des espèces sauvages tétraploïdes ou hexaploïdes. La section Vulgare comprend trois espèces, *H. vulgare*, *H. bulbosum* et *H. murinum*. *Hordeum vulgare* est divisé en 2 sous-espèces : *H. vulgare sub sp.vulgare*, qui comprend toutes les

Orges cultivées et *H. vulgare* sub sp. Spontanéité (Doré et Varoquaux, 2006). Un parent sauvage de l'orge est *Hordeum spontaneum* ($2n=14$). Il pousse à l'état sauvage au Levant, en Turkménie et en Afghanistan (Srivastava et Gopal, 2008).

Grillot (1959), classe les orges selon le degré de fertilité des épillets et la compacité de l'épi en deux groupes

- **Le groupe des orges à six rangs** : Dont les épillets médians et latéraux sont fertiles et qui se subdivise selon le degré de compacité de l'épi.
- **Le groupe des orges à deux rangs** : Les épillets latéraux sont très rudimentaires et stériles, seul l'épillet central va se développer en grain.

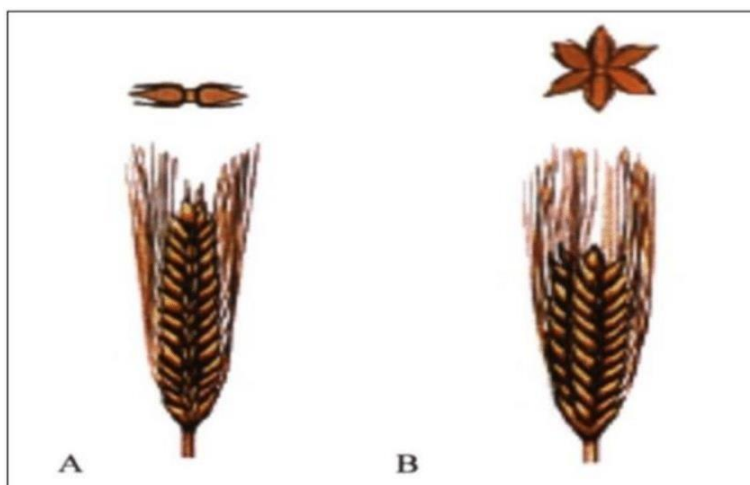


Figure N°01 : Classes d'orge selon le degré de fertilité des épillets et la compacité de l'épi

A : orges à deux rangs

B : orges à six rangs

4. Exigences écologiques

4.1 Climat

L'orge a besoin d'une photopériode de 12 à 13 heures pour émerger, et à mesure que les heures de clarté augmentent, le temps entre l'émergence et l'épiaison diminue. *L'orge* a connu les mêmes conditions de croissance que le blé auparavant. Il est plus rustique donc il peut pousser en altitude Plus haut (>1000m). En revanche il craint les milieux humides et chauds (Manad, 2008).

4.2 Pluviométrie

L'orge consomme généralement moins d'eau par gramme de matière sèche produite que les autres céréales, car la relation entre le rendement en grains d'orge et la consommation

d'eau n'est pas linéaire (Soltner, 1990). Le rendement augmentait avec la consommation d'eau jusqu'à 350 mm, mais diminuait au-delà de cette quantité (Hakim, 1993).

4.3 .Rayonnement

La croissance de la plante d'orge est en général favorisée par le rayonnement solaire .En effet, une forte énergie lumineuse ou le rayonnement améliore la photosynthèse alors que les basses températures ralentissent le développement de la plante et allonge par conséquent chacune des phases du cycle évolutif de la plante (Simon et al., 1989).

4.4 La température

La germination de la semence d'Orge dépend surtout de la température. La température optimale pour la germination est entre 12 ° C et 25 ° C mais elle peut avoir lieu entre 4 et 37 ° C en présence d'humidité dans le sol (Simon et al., 1989).La vitesse de germination dépend de la somme des températures. Ainsi, si la température moyenne, après le semis, est de 7 ° C, la semence germe après 5 jours en présence d'humidité dans le sol alors qu'elle nécessite 3 à 5 jours si la température moyenne est de 10 ° C (Hamadache, 2016).

4.5 Fertilisation et besoins nutritifs de l'orge

En général, les plants d'orge ont besoin principalement d'azote , de phosphate (P-P₂O₅) et de potassium (K-K₂O), ainsi que de soufre (S) et de cuivre (Cu), pour mieux pousser et obtenir des rendements élevés. Bien sûr, tous ces nutriments doivent être appliqués en quantité suffisante pour aider la plante à pousser. Azote - pour une croissance rapide et précoce, des feuilles bien développées et bien développées Pour l'orge cultivée en fin d'automne, une petite quantité d'engrais azoté est nécessaire jusqu'à fin janvier ou début février (Munier et al., 2006). En général, les plants d'orge reçoivent moins de 50 lb/acre ou 56 kg/ha d'eau avant d'atteindre le stade pointage (Delogu et al., 1998). Il est essentiel de fournir suffisamment d'azote pour le début de la croissance, en gardant à l'esprit qu'un excès peut entraîner des pertes par lessivage lors des pluies hivernales, risque accru de verse et de gel (Alley et al., 2009). Il est généralement recommandé d'appliquer 50 à 70 % de la quantité totale d'azote lors du semis.

5. Description morphologique de l'orge

L'Orge est une plante annuelle à cycle végétatif court, plantée en hiver ou au printemps et récoltée avant l'été. Les particules sont ovales et de couleur noire ou violette. Morphologiquement, le grain d'orge est le caryopse du cultivar, avec des glumes cohésives. Pendant le processus de battage, l'enveloppe ne se sépare pas du grain (Andrew et al., 2017).

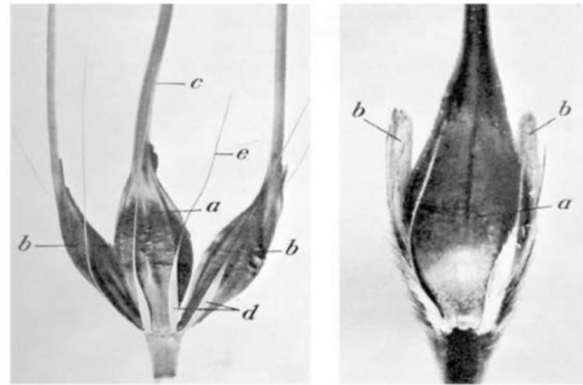


Figure N°02 : Caryopse d'orge (Leonard et Martin, 1973).

a .Caryopse central ; b. caryopse latéraux ; c. pointe d .Glumes ; e. Pointe de la glume.

5.1 Appareil végétatif

5.1.1 Le système aérien

Il est formé d'une tige cylindrique et creuse, entrecoupée de nœuds là où se forment les feuilles, sa hauteur varie de 30 à 120 cm selon la variété et les conditions de culture.

5.1.2 Le système racinaire

Se compose de deux systèmes racinaires consécutifs. Le système semencier, ou racine primaire, ne fonctionne que de la levée au tallage. Ces racines sont d'origine embryonnaire. Le système est constitué d'une racine pivotante et de deux paires de racines latérales, soit cinq racines ; éventuellement une sixième racine peut se développer ; le système en compte six, rarement sept (BENLARIBI et al., 1990 in HAZMOUNE, 2006). Les racines adventives (racines secondaires) sont des racines du collet ou des talles. Il est formé de talles et se remplace parallèlement au système semencier. Elle est fasciculaire (SOLTNER, 2005).

5.2 Appareil reproducteur

L'inflorescence est toujours en épi cylindrique de 5-10 cm de long, composée de groupes de 3 épillets disposés de façon alternée (Brink et Belay, 2006). Il est pointu ou porté à la tête du haut de la tige, avec des épillets attachés à des zigzags rachis ; chaque épillet à deux glumes se terminant par une arête (Mukund, 2015). La fécondation est autogame (Brink et Belay, 2006).

6. Culture de l'Orge en Algérie

6.1 superficie et production

En Algérie, 35 pour cent de la superficie céréalière est utilisée pour l'orge, concentrée entre 250 et 450 mm iso-pluviométrie (Menad et al., 2011). Face aux contraintes climatiques et technologiques, les rendements de l'orge en Algérie sont faibles, surtout très variables dans l'espace et dans le temps (Bouzerzour et Benmahammed, 1993). L'évolution de la production ultérieure met en évidence l'importance des fluctuations interannuelles. Le rendement a été caractérisé par une grande variation, passant de 7,5 qx/ha en 1998 à 15,6 qx/ha et 15,2 qx/ha en 2003 et 2006 (tableau 1).

Cependant, ces dernières années, la production d'orge dans le pays a progressivement augmenté grâce à la mise en place de plusieurs programmes et projets visant à accroître la production d'orge et à développer des variétés résistantes aux maladies. L'Algérie est autosuffisante en production d'orge depuis 2009, et l'OAIC a été autorisée par le Ministère de l'agriculture et du développement rural à exporter une partie de la production record d'orge de l'Algérie en 2009. C'est la première fois depuis 1970 que l'Algérie se positionne pour vendre ses produits sur le marché international (Anonyme, 2010). En revanche, la récolte céréalière de 2010 a été affectée par la replantation d'orge dans certaines zones et le manque de précipitations dans certaines zones à haut rendement, ce qui a entraîné une forte baisse de la production d'orge (voir le tableau suivant).

Tableau N°1 : évolution de la superficie de la production de l'orge en Algérie (Statistique Agricoles, série B ,1998-2006).

Année	Superficie	Production	Rendement
1998	939210	7000000	7.5
1999	468960	5100000	10.9
2000	215630	1632870	7.6
2001	515690	5746540	11.1
2002	894900	4161120	10.4
2003	833510	12219760	15.6
2004	102900	1211600	13.2
2005	1023414	10328190	15.1
2006	1117715	12358800	15.2

6.2. Principales variétés d'orge cultivées en Algérie

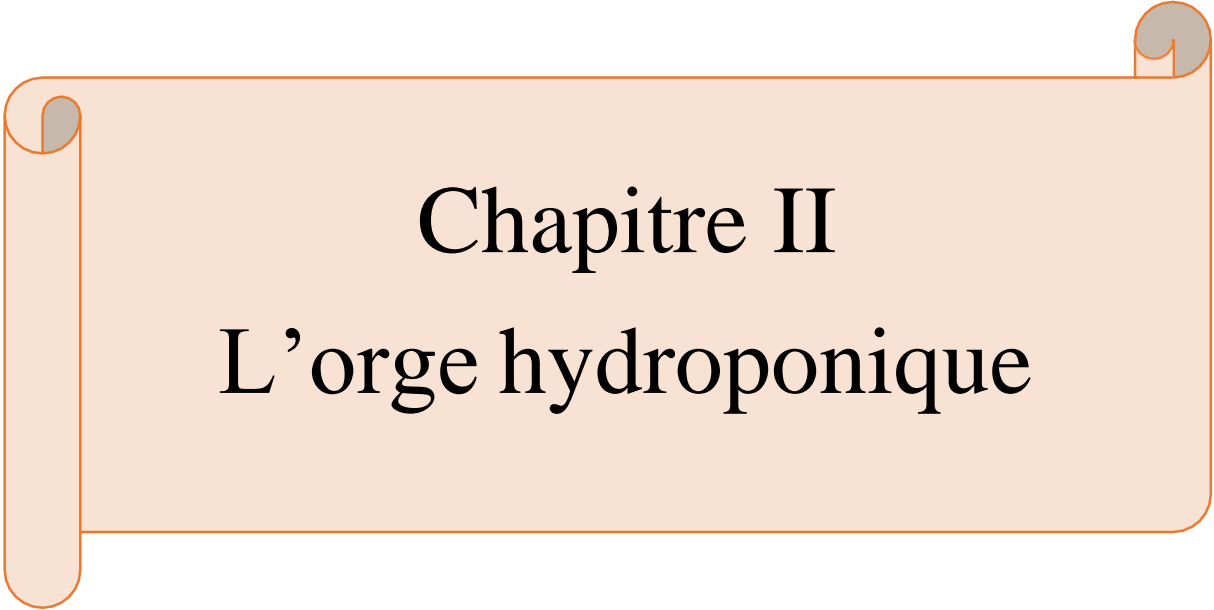
Le tableau 2 présente les principaux cultivars d'orge cultivés en Algérie.

Tableau N°2 : Variétés d'orge cultivées en Algérie (Boufenar et al., 2006).

Variétés	Caractéristiques
Jaidor (dahbia)	A paille courte, fort tallage, bonne productivité, tolérante aux maladies et à la verse, sensible au gel.
Rihane 03	A paille courte,précoce, fort tallage, bonne productivité, à double exploitation.
Acsad 68(Remade)	Précoce, à fort tallage et bonne productivité, tolérante aux rouilles et à la verse, adaptée aux zones des plaines intérieures.
Barberousse (Hamra)	A paille moyenne,précoce, tallage moyen, bonne productivité, tolérante à la verse, à la sécheresse et au froid.
Acsad 60(Bahria)	A paille courte et creuse,précoce, fort tallage, bonne productivité, sensible à la jaunisse nanisante et résistante à la verse.
Acsad 176(Nailia)	Variété précoce, résistante à la verse et tolérante à la sécheresse, sensible aux maladies (rouille brune, oïdium helminthosporiose, rhynchosporiose).
Saida 183	Variété locale, semi - tardive, à paille moyenne et creuse, tallage moyen, bonne productivité, sensible aux maladies.
Tichedrette	Variété locale, à paille moyenne,précoce, tallage moyen, bonne productivité et rustique.
EL-Fouara	A paille courte ou moyenne, fort tallage, bonne productivité, tolérante au froid, à la sécheresse et à la verse, adaptée aux Hauts - plateaux.

Tableau N°03 : Variétés d'orge cultivées en Algérie (ITGC,2017).

Variétés	Caractéristiques
Sougueur	se caractérise par sa résistance aux conditions climatiques notamment à la sécheresse et aux maladies phytosanitaires qui affectent la plante d'orge.



Chapitre II

L'orge hydroponique

1. La culture hydroponique

1.1 définition

La culture hydroponique est définie comme la culture "hors sol". Le mot "hydroponique" vient des mots grecs "hydro" signifiant "eau" et "ponos" Signifie « travail » (**Texier, 2014**).

La culture hydroponique est une technologie de production agricole utilisant des milieux de culture artificiel au lieu du sol naturel (**Kouassi, 2009 ; Laurent et Isabelle, 2010**).

La culture des plantes est produite sur des supports neutres et inertes. Ces substrats sont régulièrement irrigués par des solutions contenant des sels minéraux et des nutriments pour les plantes (**IMIST, 2013**).

L'Asie utilise également la culture hydroponique pour produire des aliments par l'aquaculture (FVH), qui se composent de graines de céréales ou de légumineuses (FVH) germées dans un environnement contrôlé (lumière, température, humidité) jusqu'à ce que la première feuille apparaisse (**FAO, 2001**).

La technologie de production de FVH est basée sur l'utilisation ancestrale de graines germées. (**Hübner et Arendt, 2013**).

1.2 Les exigences de la culture hydroponique

Lorsqu'on utilise les techniques de culture hors sol (essentiellement pratiquée sous serre ou sous abri), il faut raisonner en système et ne pas porter son attention sur un élément ou 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 (éclairages artificiels, minuteries...).
- Un système de culture et d'irrigation contrôlé et entretenu (contenants, pompes, 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 (trousses d'analyse, conductimètre/EC-mètre...).
- Un contrôle du pH de l'eau (trousses d'analyse, pH-mètre... (**Cultures hydroponique & horticoles 2017**)).

1.3 Différents techniques de culture hydroponique

a- les systèmes sans substrat

Les systèmes sans substrat peuvent être considérés comme plus simples car ils intègrent en contact direct avec la solution nutritive (le seul transporteur responsable des aliments) racines des plantes. Trois systèmes distincts existent donc (**Philippe, 1995**).

L'aéroponie : L'aéroponie est le système le plus complexe. Les racines des plantes ne se touchent pas aucun milieu solide ou liquide n'est utilisé. Ils sont fabriqués par Brouillard nutritif obtenu par brumisation d'une solution nutritive dans une enceinte fermée. La solution nutritive en excès est récupérée et recyclée. Bien sûr, le système assure une bonne ventilation (**agro ponie ,2008**).

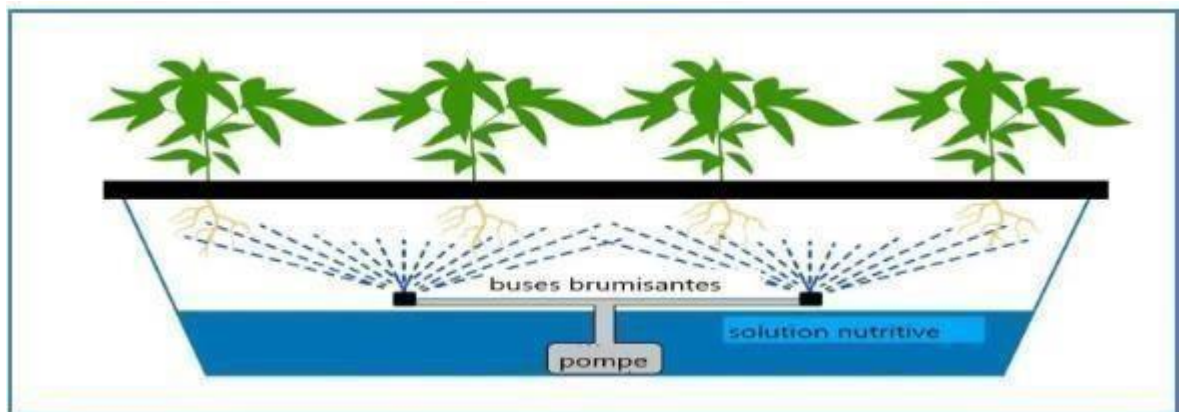


Figure N°03 : système de culture aéroponique

b- les systèmes de culture sur 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. Plusieurs systèmes de culture avec substrat sont utilisés (**Mohammed, 2013**).

Une multitude de matériaux sont disponibles afin d'élaborer un substrat de culture. Ils peuvent être de nature inorganique ou organique (**Valerie, 2015**).

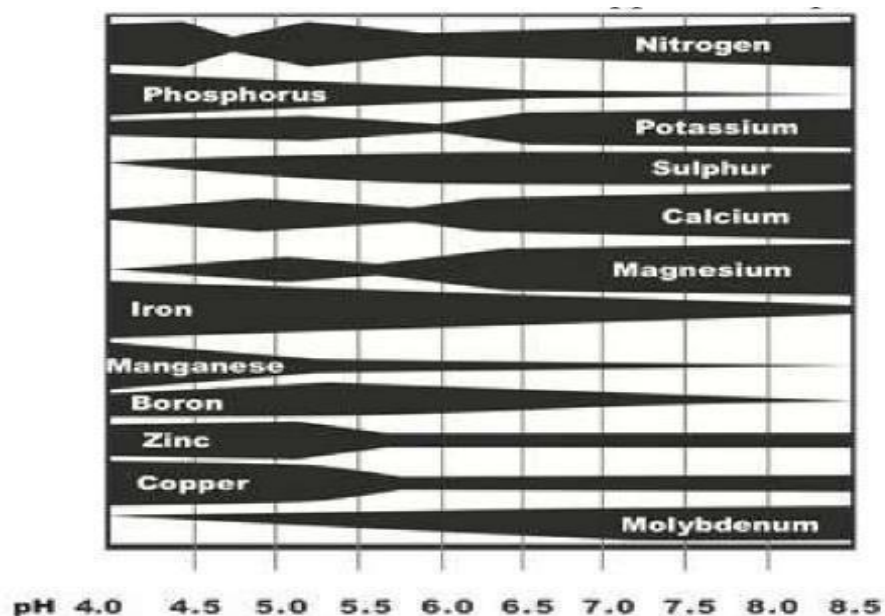
- Organique (Tourbe, Sphagne...)
- Inorganique (La vermiculite, La perlite...)

1.5 Maitrise de la solution nutritive

a- Niveau de pH en hydroponie

Le niveau de pH mesure l'acidité ou l'alcalinité sur une échelle de 1 à 14. Le pH des solutions nutritives a un impact majeur sur la disponibilité des éléments nutritifs des plantes (Hussain *et al.*, 2014).

La figure N°4. Montre les valeurs de pH optimal pour la plupart des cultures hydroponiques. Celle-ci varie entre 5,5 et 6,5, mais de nombreuses plantes peuvent également pousser en dehors de cette plage (Bugbee B., 2003). En dehors de la plage de pH recommandée pour la culture hydroponique, les plantes présenteront des symptômes de carence en nutriments ou de toxicité (Hussain *et al.*, 2014).



FigureN°04. Diagramme d'assimilation des minéraux en fonction du pH (Bugbee B., 2003)

b- Valeur de l'électro conductivité

La conductivité électrique (CE) exprime la concentration totale des nutriments présents sous forme d'ions dans une solution nutritive. La valeur EC est directement proportionnelle à la saturation en ions de la solution nutritive (**Lennard, 2012**). Cependant, selon **Carmassi et al., (2003)**, la CE ne représente pas tous les nutriments, mais seulement le calcium, le magnésium, le potassium, le sodium, etc., mais pas l'azote et le phosphore.

$$CE = 0 + 0,78 (\text{Na}) + 0,28 (\text{K}) + 0,04 (\text{Mg}) + 0,06 (\text{Ca})$$

La CE au-dessus de la plage optimale empêche l'absorption des nutriments due à la pression osmotique, et en dessous de la plage optimale conduit également à la famine des plantes par carence en éléments nutritifs (**Hussain et al., 2014**).

Au fur et à mesure que les plantes poussent, elles absorbent les nutriments et l'eau de la solution nutritive, ce qui entraîne des modifications de la conductivité électrique (CE) et du pH. La fréquence et la quantité de solution nutritive appliquée en culture hydroponique dépendent du type de substrat utilisé, du type de culture, des dimensions du réservoir, du système d'irrigation et des conditions climatiques (**Singh et Singh, 2012**).

c-Température et oxygénation de l'eau

La température et la saturation en oxygène sont négativement corrélées. Plus l'eau est chaude, moins elle contient d'oxygène. De plus, des températures élevées peuvent limiter l'absorption des nutriments essentiels. À des températures élevées, les plantes doivent augmenter leur taux de transpiration pour se refroidir et, en ce sens, elles utilisent plus d'eau que d'ions. Des températures élevées favorisent une floraison précoce et augmentent la probabilité d'agents pathogènes des racines des plantes. La température optimale de la solution nutritive est de 10 à 25 °C (**Jensen et al., 1973**).

L'oxygène est un paramètre essentiel pour une absorption efficace des nutriments par les racines. La culture hydroponique nécessite un niveau d'oxygène dissous de 7 à 10 ppm dans les racines. Plus il y a d'oxygène dissous dans l'eau, plus les plantes poussent vite et fort (**Zheng et al., 2007**). L'oxygénation de l'eau est également importante pour empêcher le développement de micro-organismes indésirables. Lors de l'utilisation de solutions organiques en hydroponie, l'oxygénation est un paramètre important pour faciliter la minéralisation des molécules organiques pour les rendre disponibles aux plantes. Il est également important de soutenir le développement de communautés bactériennes aérobies bénéfiques dans la zone racinaire (**Sarlé, 2020**).

2. Production de l'orge vert hydroponique

La technologie fonctionne en faisant germer des grains dans des conditions de culture hors-sol, on laisse la biomasse végétale se développer en 7 à 15 jours. La végétation qui en résulte est composée de semis et de leurs racines. Ceux-ci sont utilisés depuis des siècles comme aliments et aliments pour animaux domestiques. Dans ce cas, les grains germés servent à améliorer la composition nutritionnelle des céréales et légumineuses (**Chavan et al., 1989**). En Europe, Les agriculteurs utilisaient des grains germés pour nourrir leur bétail en hiver dès les années 1800. Cette technique est encore utilisée en agriculture biologique et en élevage.

2.1 La semence

a. définition : organes reproducteurs conçus pour produire de nouvelles plantes supérieures
Produit des plantes pendant la germination ; ainsi il assure la survie de l'espèce (**Marton, 1982**).

b. Qualité des semences : Pour de meilleurs résultats de culture, les lots de semences doivent être :

- **Propre :** Nous parlons de pureté spécifique (concernant la propreté au regard de matières inertes ou de graines étrangères).
- **Compatible :** avec la race sélectionnée : On parle de pureté de la race, c'est-à-dire Cohérence lot-variété, définie par un ensemble de caractéristiques morphologique et éventuellement physiologique.
- **A une bonne vigueur ou germination :** c'est le pourcentage graines germées (**chaux et foury, 1994**).

2.2 La trempe

La trempe est une étape essentielle du processus de germination, ses performances détermineront toutes les opérations ultérieures. Le but de la trempe est d'augmenter l'humidité du grain de 12 - 15% à 42 - 45% pour initier la germination et l'élimination des impuretés, des micro-organismes et des inhibiteurs d'humidité de la surface des grains au cours de la germination (**Wafa,2016**). Selon (**Miralles et al., 2015**), les paramètres importants sont : Eau, rapport orge/eau, graphique de trempe, aération, extraction de CO₂, agitation, Variétés d'orge et utilisation de différents additifs. Il est recommandé d'apporter 0,8 à 1 litre d'eau par kilogramme de grains d'orge.

Différentes variétés d'orge sont caractérisées par les niveaux d'humidité minimum ci-dessus. En dessous de cette valeur, les graines ne germeront pas. Variétés moins exigeantes de 30% d'humidité, alors que les variétés les plus exigeantes ne peuvent germer qu'à partir d'un taux 50 % d'humidité (cas extrême) (**Wafa, 2016**).

La température de l'eau de trempage agit sur la vitesse d'absorption et de dissolution, elle affecte donc la durée de la trempage. Elle joue aussi un rôle croissance microbienne à la surface des grains et dans l'eau de trempage (**Fliss, 1996**).

2.3 La germination

Dans le concept habituel, le processus de germination est le processus statique d'une graine à plantule. La germination produit des changements physiologiques très complexes, notamment la synthèse d'enzymes, qui activent les réactions métaboliques et confèrent aux bactéries leurs propriétés nutritionnelles (**Hoareau, 2012**). Les enzymes convertissent l'amidon en sucres simples absorbables pour la synthèse de nombreuses vitamines (A, B, C) convertissent les protéines en acides aminés, synthétisant les acides aminés qui ne se trouvent pas dans les graines sèches, convertissent les graisses.

3. Potentiel de production

Graines pré-germées et cultivées pendant 24 heures selon **ITELV (2014)**, laissées sur leurs plateaux pendant 7 jours. Les pousses mesurent 15 à 25 cm de haut et forment un véritable tapis. Le rendement est de 5 à 12 kg en 7 à 15 jours (**Fazaeli et al., 2012 cité par Miralles et al, 2015**), après 6 à 10 jours il y avait 2,31 et 4,89 kg d'orge verte .Il faut environ 2 à 3 litres d'eau pour produire 1 kg d'eau l'herbe fraîche, tandis que la plantation conventionnelle nécessite 80 litres par kilogramme d'herbe (**ITELV, 2014**).

4. Valeur nutritive du fourrage hydroponique

La composition chimique du fourrage hydroponique cultivé à partir de différents grains a été rapportée par différentes recherches en diverses conditions. Le grain contient généralement environ 85-87% de matière sèche et le fourrage hydroponique contient généralement entre 80 et 85% (**Weldegerima, 2015**). Les résultats de la recherche montrent une grande diversité de gains ou de pertes de matière sèche, allant de 10% de perte à 15% de gain sur 8-10 cycles de germination (**Starova, 2016**).

Tableau N°3 : Résumé de la composition chimique d'Orge hydroponique

Variable	Composition chimique (% MS)				
	MS	MM	MO	MAT	CB
Graine sèche	88.9	4.02	95.98	11.3	7.66
Graines trempées	62.0	4.2	95.8	9.2	16.7
4 jours	22.3	2.6	97.4	11.1	9.3
6 jours	7.8	2.9	97.1	11.6	10.9
8 jours	16.91	3.5	95	15.6	19.2
Feuilles	8.1	5	95	27.1	21.40
racines	8.1	4.1	95.9	12.9	24.3

Source : Adjlane et al., 2016.

Selon l'expérience de **Miralles-Bruneau, 2015** sur l'utilisation de fourrage vert hydroponique en production de viandes ovine et bovine, reposant sur la mise en germination des grains en conditions de culture hors sol de 6 à 10jrs, la valeur alimentaire de ce fourrage était :

- **Matière sèche** : lors de ces essais, des taux de matière sèche variant de 10,49 à 32,8 %, ont été obtenus avec une valeur moyenne de $18,37 \pm 0,96$ % MS (82 échantillons analysés).
- **Protéines** : Le taux de protéines d'une orge hydroponique de 7 à 8 jours est de $13,2 \pm 0,6$ g/100g MS.
- **Amidon** : Le taux d'amidon de 7 à 8 jours est de $17,1 \pm 0,8$ g/100g MS.
- **Cellulose et NDF** : Les taux de cellulose et NDF sont respectivement de $12,4 \pm 0,5$ et $33,9 \pm 1,6$ g/100g MS.
- **Digestibilité** : La digestibilité de la matière sèche est de $76,7 \pm 1,6$ g/100g MS. La digestibilité du fourrage est plus faible que celle de la graine. Elle diminue de 12 % pendant la germination.
- **Minéraux** : Durant le processus de germination (7 à 8 jours), les teneurs en calcium, cuivre et zinc restent identiques. Les teneurs en potassium (- 18 %) et chlore (- 38 %) diminuent. Les teneurs en magnésium (+ 11%), manganèse (+ 14 %), phosphore (+ 17%), fer (+ 37 %) et sodium (+ 149 %) augmentent.
- **Les valeurs UFV** de l'orge hydroponique de 7 à 8 jours, varient de 0,82 à 0,91 UFV/kg MS, pour une valeur moyenne de $0,92 \pm 0,02$ UFV/kg MS.
- **Les valeurs PDIA, PDIE et PDIN** de l'orge hydroponique de 7 à 8 jours, sont respectivement de $38,8 \pm 1,7$, $103,1 \pm 1,1$ et $90,3 \pm 3,8$ g/kg MS.

Les fourrages conventionnels sont moins nutritifs que les fourrages hydroponiques. Une déviation des nutriments se produit pendant la germination, ce qui augmente la teneur en protéines brutes, en extrait d'éther, en extrait sans azote, mais en diminue en fibre brute, en cendres totales (**Shipard, 2005**). Cependant, les gains de qualité nutritionnelle sont constamment constatés dans le fourrage hydroponique (**Sale, 2015**).



Chapitre III

Les engrais organiques

1. Définition des engrais

Un engrais est une substance destinée à fournir aux plantes, généralement par Un ou plusieurs éléments du terrain, destinés à compléter la fourniture du sol lui-même. Engrais, y compris les engrais minéraux .Il est recommandé d'y ajouter des engrais organiques dits de synthèse (**Fausse et Lambert, 1994**).

2. Les différents types d'engrais

2. 1 Les engrais chimiques ou minéraux

Ces engrais peuvent être obtenus en synthétisant l'azote de l'air et du gaz naturel Engrais azoté ou minéraux matures (roche sédimentaire ou sol salin) Engrais phosphatés ou potassiques Les caractéristiques les plus importantes conçues pour ce type d'engrais sont : Il se dissout rapidement dans l'eau pour une meilleure absorption par les plantes. Zoomez une fois. Les engrais minéraux peuvent être naturels ou chimiques. Enfin Il est produit industriellement et contient certains nutriments. Les engrais minéraux sont des substances d'origine minérale produites par l'industrie chimique . En exploitant des gisements minéraux naturels (phosphate, potasse) (**Farre ,2004**).

2. 2 Les engrais biologiques

Les engrais biologiques, ou bio-engrais, sont des produits qui contiennent des micro-organismes vivants ou dormants tels que bactéries et champignons, qui servent d'éléments nutritifs pour renforcer la croissance des végétaux.

Bio-engrais ou biofertilisant : terme général utilisé pour désigner des produits contenant des micro-organismes vivants ou dormants tels que des bactéries, des champignons, des actinomycètes et des algues, seuls ou en combinaison avec d'autres micro-organismes ; lorsqu'ils sont appliqués, les biofertilisants aident à fixer l'azote dans l'atmosphère ou à le dissoudre ou à le mobiliser éléments nutritifs du sol (**FAO, 2018**).

2.3 Les engrais organiques

Les engrais organiques sont dérivés de diverses matières premières d'origine animale ou végétale, séchés au soleil ou moulus. Les intrants biologiques en agriculture ont un double rôle : Effet d'amélioration et effet d'engrais. Ces produits apportent à l'organisme du carbone organique et des éléments minéraux usines. Parmi ces éléments on distingue les éléments principaux (absorption de masse, ex. azote, phosphore, soufre, potassium, calcium, magnésium), oligo-éléments (nécessite de faibles doses comme le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc, le bore, le molybdène et vanadium) et des éléments utiles à certaines espèces végétales (cobalt, sodium, chlore et silice) (Mustin, 1987).



FigureN°05 : Les engrais organiques

2.3.1 La matière organique

La matière organique est le constituant normal du sol et subit une série de transformations qui le fait se décomposer, devenir humus, puis se minéraliser, sous l'action de micro-organismes et l'influence de l'environnement. L'ajout ou le retour de matière organique au sol constitue un "amendement" fournissant de la nourriture pour le sol et les plantes (Fausse et Lambert, 1994).

2.3.2 Les différents types d'engrais organiques

a. Engrais d'origine animale

* **Farine d'os** : La farine d'os est fabriquée à partir d'os d'animaux broyés. Il est riche en phosphore et en calcium et apporte un peu d'azote. Il peut favoriser les semis, aider les fleurs et augmenter la production (Dora Agri-Tech 2023).

***Farine de sang** : Une farine de sang est une forme séchée du sang d'un animal. Il peut

augmenter la teneur en azote du sol et rendre les plantes plus denses. L'azote libéré favorise rapidement la floraison et agit comme un insectifuge naturel. Cependant, son utilisation et son application doivent être faites avec modération, car une application excessive peut favoriser le brûlage des racines des plantes (**Dora Agri-Tech 2023**).

***Déchets d'animaux :** Ils peuvent provenir d'une variété d'animaux. La bouse de vache, par exemple, aide à contrôler les mauvaises herbes et augmente la capacité de rétention d'eau du sol et l'infiltration de l'air dans le sol.

Le guano d'oiseau de mer est un engrais organique pour pelouse. Il peut être utilisé comme fongicide naturel pour lutter contre les nématodes du sol (**Dora Agri-Tech 2023**).

***Farine de poisson :** La farine de poisson est un engrais à libération rapide riche en azote organique, phosphore et calcium. Il améliore la santé du sol, augmente la fertilité et permet aux plantes de prospérer (**Dora Agri-Tech 2023**).

b. Engrais d'origine végétale

*** Farine de luzerne et de soja :** Il contient de l'azote, du phosphore et un pH neutre. Le tourteau de soja est un additif fonctionnel qui procure des effets plus durables lors de l'entretien du sol (**Dora Agri-Tech 2023**).

*** Algues :** Les algues sont un engrais à action rapide et une excellente source de zinc et de fer. Cela va bien avec la plantation de potasse (**Dora Agri-tech 2023**).

*** Compost :** Le compost est riche en nutriments et agit comme un excellent amendement du sol, favorisant la matière organique et la fertilité du sol. Il fournit des nutriments de croissance riches pour les plantes et peut maintenir l'humidité dans le sol pendant une longue période (**Dora Agri-tech 2023**).

2.3.3 Compostage

Le compostage est le traitement de nombreuses matières végétales ou animales par Pour initier des fermentations aérobies dans des milieux normalement anaérobies Dans un milieu clos, l'effet sera la prolifération de micro-organismes Minéraux restructurés, dont l'acide nitrique et l'azote ammoniacal.

- De nombreux matériaux sont compostables :
 - déchets végétaux : fumier, paille, résidus de culture, foin, buissons ;
 - Déchets industriels : résidus de scierie, écorces, grignons, pulpes diverses, etc. ;
 - Ordures municipales, boues municipales, ordures ménagères triées, etc. ;
 - Résidus d'origine animale, riches en minéraux pouvant être ajoutés à la matière végétale riche en carbone... (**Fausse et Lambert, 1994**).

2.3.4 Importance des engrais organiques

1. Les produits agricoles cultivés avec des engrais organiques ont un bon goût et peuvent maintenir efficacement la nutrition et la saveur individuelle des fruits et légumes (**Dora Agri-tech 2023**).

2. L'engrais organique est essentiel pour protéger et améliorer la structure du sol (**Dora Agri-tech 2023**).

2.3.5 Avantages et inconvénients des engrais organiques

1. Avantages

➤ D'après (**dora Agri-tech2023**) :

- Améliorer les attributs de qualité des produits et les rendements .Il contient une grande quantité de nutriments nécessaires aux plantes, fournit des nutriments lisses et durables aux plantes et, il a de longs effets secondaires.
- Entièrement respectueux de l'environnement «Ils sont renouvelables, biodégradables, durables et respectueux de l'environnement. Il ne contient pas de produits chimiques nocifs qui causent la contamination.

2. Inconvénients

➤ D'après (**dora Agri-tech2023**) :

Les micro-organismes doivent décomposer les composants organiques avant que les nutriments puissent pénétrer dans le sol. Ces facteurs limitent l'efficacité des engrais organiques, car les organismes ont besoin de températures appropriées et d'eau en quantité suffisante.

En conséquence, les engrais organiques mettent plus de temps à agir que les engrais chimiques. Mais à mesure que les populations microbiennes se rétablissent, les engrais organiques deviendront plus rapides et plus efficaces.

3. Fertilisation et nutrition des plantes en hydroponie

La fertilisation augmente la production de matière sèche et la valeur nutritionnelle des FVH (**Anonyme, 2001**). Selon **El Houssine, 2006**, les éléments essentiels sont les éléments chimiques dont les plantes ont besoin au cours de leur cycle de développement, notamment le passage de l'état de graine à la production d'une autre génération de graines. Les éléments de base des plantes sont généralement divisés en :

- élément principal ou élément constant
- Oligo-éléments ou oligo-éléments (oligo-éléments)

Selon **Letard et al., 1995**, les éléments minéraux majeurs : N-P-K-Ca-Mg-S-Na-Cl et oligo-éléments sont nécessaires aux plantes pour fabriquer la matière végétale. Dans le pipeline, ces éléments sont distribués dans l'eau d'irrigation sous forme de solution, qui est la solution nutritive.

Les plantes cultivées en hydroponie ont les mêmes propriétés physiologiques que les plantes cultivées en terre. Pour se nourrir, les plantes ont besoin de minéraux, dont 16 sont définis comme essentiels à leur croissance. Éléments : Carbone, Hydrogène, Oxygène, Azote, Phosphore, Soufre, Potassium, Magnésium et Calcium sont utilisés en grande quantité par les plantes et sont définis comme des macroéléments. Parmi ces macroéléments, l'azote, le phosphore et le potassium sont considérés comme des éléments majeurs dont les plantes ont souvent besoin en grande quantité, et les autres sont appelés éléments mineurs. Les oligo-éléments absorbés par les plantes comprennent le fer, le chlore, le manganèse, le bore, le zinc, le cuivre et le molybdène. Ils sont classés comme micronutriments (**Resh, 1978**).

La nutrition des plantes peut se faire en ajoutant des engrais minéraux et des engrais organiques. Contrairement aux engrais minéraux issus de l'extraction minière et de la synthèse chimique, les engrais organiques sont entièrement fabriqués à partir de matières naturelles animales et végétales. Il doit être décomposé par des micro-organismes avant de pouvoir être absorbé par les plantes. Ce phénomène, appelé minéralisation, conduit à la libération d'ions minéraux par la décomposition continue de molécules organiques. Ces ions minéraux contribuent à la formation de sels solubles et augmentent la valeur de conductivité pour la dépolymérisation

du substrat (**Fisher et al., 2016**).

La minéralisation dépend des matières premières et de l'activité microbienne qui composent la matière organique. En fait, les microbes ont besoin de conditions favorables pour se développer, notamment beaucoup d'air, des températures assez élevées et une acidité suffisante. Ils ont également besoin de nutriments clés tels que le carbone (C) et l'azote (N) de la matière organique pour l'énergie. En utilisant C et N, ils décomposent la matière organique et libèrent les autres nutriments liant le carbone contenus à l'intérieur. Ces éléments sont donc disponibles pour les plantes, alors que les plantes ne peuvent absorber que des éléments minéraux sous forme d'ions (**Scheiner, 2005**). Le rapport C/N est l'un des indicateurs du taux de minéralisation de la matière organique. Plus le rapport C/N est élevé (>12), plus l'activité biologique est faible et plus la minéralisation est lente (**Sullivan et al., 2018**).



**PARTIE
EXPERIMENTALE**



Chapitre I

Matériels et Méthode

1. Objectif de l'expérimentation

L'objectif principal est l'étude de l'influence de l'apport de matière organique sur le développement de l'orge vert hydroponique.

2. Mise en place de l'expérimentation

L'expérience a été menée au laboratoire de la Faculté des sciences et de la technologie de l'Université de Tissemsilt en 19 Février - 06 Mars 2023.

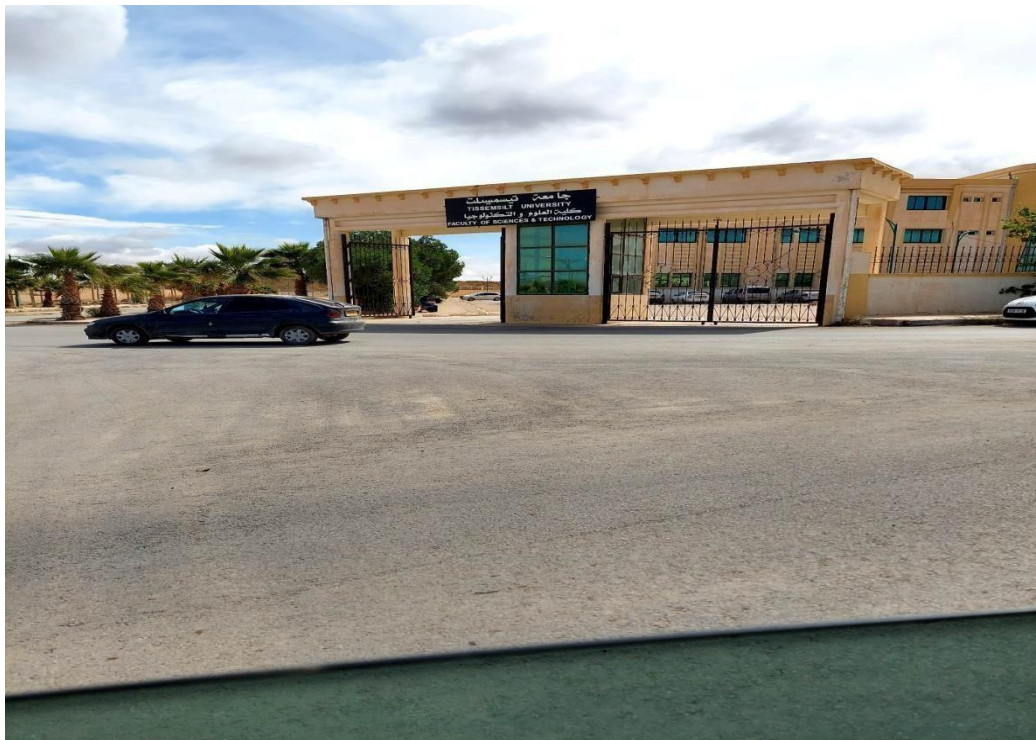


Figure N°06 : Faculté des Sciences et technologie. Université de Tissemsilt (Photo originale 2023)

3. Le matériel végétal

Le choix de la variété qui sera utilisée pour produire du fourrage vert dans la culture hydroponique, dépend de ses caractéristiques agricoles. Nous avons utilisé deux variétés de graines d'orge. Ces dernières sont des semences de multiplication provenant de la zone de Sougueur fournis par la CCLS de Tiaret :

- **Variété Nailia** : connue pour sa tolérance à la sécheresse, sa maturité précoce et sa résistance à la verse.
- **Variété Sougueur** : aménagée et améliorée pour être plus adapté à la nature du climat et à la qualité des sols dans la wilaya de Tiaret et Tissemsilt.



Figure N°07 : les échantillons de semences (Photo originale 2023).

4. Les substrats organiques

• **Compost FLORAVA** : Une combinaison de compost et d'engrais organique de tourbe blanche, de tourbe en bloc, et contient également une certaine quantité d'azote, de phosphore et de potassium.



- PH (dans une solution de chlorure de calcium) : 5,2-6
- La quantité de sel est inférieure à 1,5 gramme par litre
- Environ 2 % d'azote, 0,5 à 1 % de phosphore et environ 2 % de potassium.

Figure N°08 : Substrat pour horticulture FLORAVA (Photo originale 2023)

- **Tourbe de mousse (Peat moss)** : Il est composé de tourbe de Sphaigne.

Il contient moins de 1% d'azote, avec moins de 0,1% de phosphore et de potassium. Il est très acide, avec un pH compris entre 5,2 et 6,0 (une valeur de pH de 7 est neutre et une valeur supérieure à 7 basique).

La quantité de sel : est inférieure à 2g/l



Figure N°09 : Tourbe de mousse (Peat moss), (Photo originale 2023)

5. Analyse des substrats

a-Taux de matière organique

1. Nous avons pesé 10g de matière séchée à l'air pour Compost FLORAVA et Tourbe de mousse (Peat moss) dans le creuset
2. Nous avons mis les échantillons précédemment prélevés dans un four à moufle à 375° degrés pendant 16h.
3. Nous avons sorti les échantillons, on les refroidit dans un dessiccateur
4. puis on pèse le creuset pour faire la mesure

➤ On obtient les valeurs suivantes

Tableau N°05 : Taux de matière organique dans 10g d’engrais organique

Les engrais organiques	Poids	le taux de matière organique
Compost FLORAVA	10g	46,24 %
Tourbe de mousse (Peat moss)	10g	88,81 %

6. Conduite de l’expérimentation en hydroponique

6.1 Protocole expérimental

Nous avons réalisé l’expérimentation au laboratoire de la faculté des Sciences et techniques, durant la période du 19 février - 06 Mars 2023.

Le poids sec des graines d’orge a été déterminé, le démarrage s’est fait par la pesée de 15 g de semence sèche. La taille des récipients utilisés pour la mise en culture qui sont des boites rectangulaire en Aluminium de 15cm de largeur et de 5cm de hauteur.

Les graines sont d’abord nettoyées (tri des graines cassées, piquées, abimées ou infectées) bien lavée et désinfecté avec l’eau de javel.

Pendant la phase d’hydratation, on enlève les graines flottantes, qui sont défectueuses et ne germeront pas, puis on passe à l’égouttage.



Figure N°10 : Lavage des graines d’Orge (Photo originale 2023)

6.2 Phase de germination ou de culture

Le premier jour où la germination a commencé et les échantillons ont été exposés à la lumière, la croissance des plantes a été rapide, surtout pour la variété Sougueur.

Lors des tests de germination effectués, les caissettes en aluminium sont maintenues à une température ambiante de laboratoire de 14 à 22°C.



Figure N° 11 : Disposition des graines d'orge Sougueur et Nailia dans les boites d'Aluminium.(Photo originale 2023)

6.3 Dispositif expérimental

Ce dispositif se compose de 3 traitements, chaque traitement à trois répétitions.

- * Le traitement (Témoin T0) consistait à arroser les graines avec de l'eau uniquement.
- * Traitement (T1), arrosage par une solution à base de compost 1.
- * Traitement (T2), arrosage est une solution de tourbe de mousse (Peat moss).

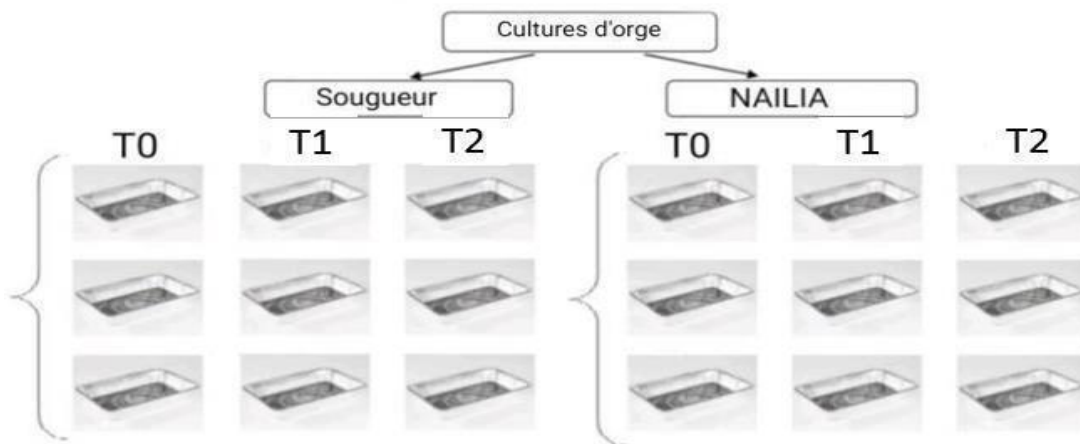


Figure N°12 : Schéma du dispositif expérimental

7Préparation de la solution de matière organique

Pour obtenir une solution à partir des substrats organiques, nous avons suivi les étapes suivantes :

.Pesée de 100g de matière organique : Compost FLORAVA ou Tourbe de mousse (Peat moss).

. Nous avons ajouté 1 litre d'eau.

. Nous avons bien mélangé pour obtenir une solution homogène, puis nous avons laissé au repos pendant 24h.



Figure N°13 : préparation de la solution de matière organique. (Photo originale 2023)

Après 24h, les deux mélanges ont été filtrés pour obtenir deux solutions T1 et T2.



Figure N°14 : les deux solutions nutritives obtenues à partir des engrais organiques (Photo originale 2023)

5. Enfin, nous avons mesuré le pH et l'CE des deux solutions



Figure N°15 : Mesure de pH, CE de solution de matière organique (Photo originale 2023)

* Nous avons répété la tentative 3 fois et les résultats ont été les suivants :

Tableau N°06 : résultats mesure de PH et CE de la solution de MO

Solution 1	Compost FLORAVA	Tourbe de mousse (Peat moss)
CE	1,62	1,58
PH	6,68	7,02

Tableau N°07 : résultats mesure de PH et CE de la solution de MO

Solution 2	Compost FLORAVA	Tourbe de mousse (Peat moss)
CE	1,65	1,63
PH	7,05	7,06

Tableau N°08 : résultats mesure de PH et CE de la solution de MO

Solution 3	Compost FLORAVA	Tourbe de mousse (Peat moss)
CE	1,57	1,65
PH	7,08	7,07

8. Gestion de la solution de matière organique

Bien qu'une nutrition optimale soit facilement obtenue en culture hors-sol, une mauvaise gestion des solutions nutritives peut endommager les plantes et conduire à un échec total.

Une manipulation soigneuse du pH de la solution nutritive, de la température et du changement de la solution si nécessaire créera un jardin sans sol réussi. Le pH de l'eau est le facteur déterminant pour une bonne dissolution des nutriments, en particulier absorption efficace de ces nutriments par les racines des plantes (**William . 2013**).

Par exemple, si le pH est supérieur à 7, tous les sels minéraux (ex : phosphore) et oligo éléments (ex : manganèse) ne seront plus absorbés. Cela peut être la cause d'une baisse importante de la productivité et d'une mauvaise santé des plantes (**William . 2013**).

Le PH joue un rôle majeur dans l'absorption des nutriments pour les plantes, car il coordonne les échanges électriques entre les plantes, les racines et l'environnement dans lequel elles poussent.

9. Paramètres étudiés

a- la hauteur de la tige

Nous avons mesuré la hauteur des tiges (parties de la plante) des deux cultures du niveau du conteneur au sommet à l'aide d'un pied à coulisse. Les mesures ont été prises quotidiennement du jour 8 au jour14.

b- Poids frais de la biomasse

A partir du 8ème jour de croissance, le poids de la biomasse du fourrage vert frais a été mesuré à l'aide d'une balance de précision.

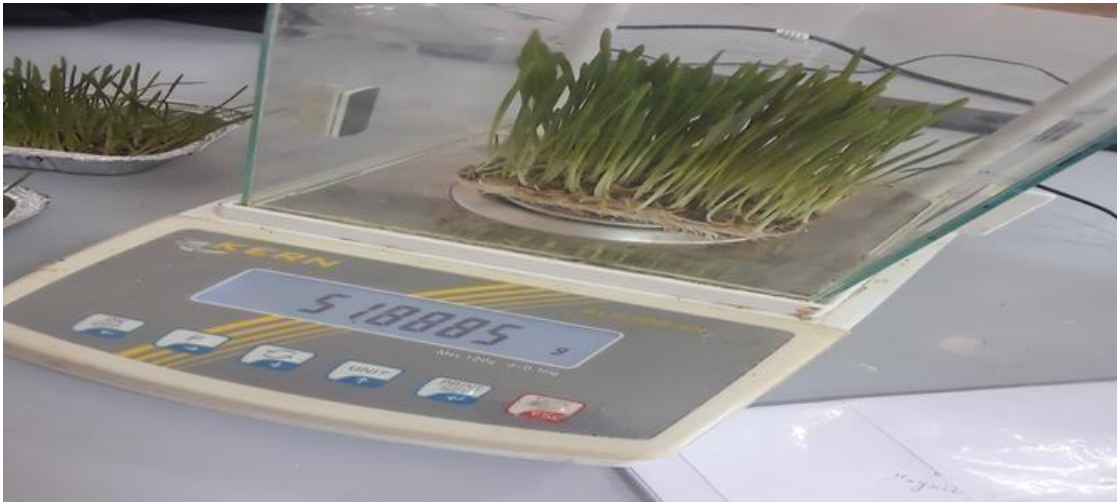


Figure N°16 : Prise de poids frais de la biomasse du fourrage vert (variété Sougueur le 8^{ème} jour)
(Photo originale 2023)

c- Poids sec de biomasse

Le poids sec a été obtenu après avoir placé les échantillons dans une étuve à 105 ° C pendant 6h, ce qui a été obtenu à la fin de l'expérience (jour 15). Les échantillons secs sont pesés avec une balance de précision pour avoir une idée du poids de l'eau. Ensuite, nous avons calculé le rapport matière sèche par traitement.



Figure N° 17 : Prise de poids sec de la biomasse du fourrage vert (variété Sougueur le 15^{ème} jour)
(Photo originale 2023)

9. Analyses des données

Les données ont été traitées par analyse de variance avec le logiciel IBM SPSS Statistique 21.



Chapitre II

Résultats et Discussion

2.1. Présentation des résultats

Après avoir effectué diverses mesures liées aux paramètres de poids (g) et de volume (taille cm).

Nous avons commencé les mesures à partir du 8ème jour de développement végétatif, qui est généralement la date où le rendement est maximal pour les fourrages aériens (Miralles-Bruneau et al., 2015).

Les résultats ont été enregistrés en utilisant $m \pm Et$ (Moyenne \pm Ecart type)

La figure N° 18 montre l'effet des solutions nutritives sur le poids des deux cultivars (Sougueur et Nailia) en hydroponie :

La différence est très hautement significative entre les deux variétés avec une valeur ($ddl=1$, $F=24,086$, $p < 0,0001$) tandis que la différence non significative entre les traitements T0, T1, T2 ($ddl=2$, $F=2,259$, $p > 0,139$)

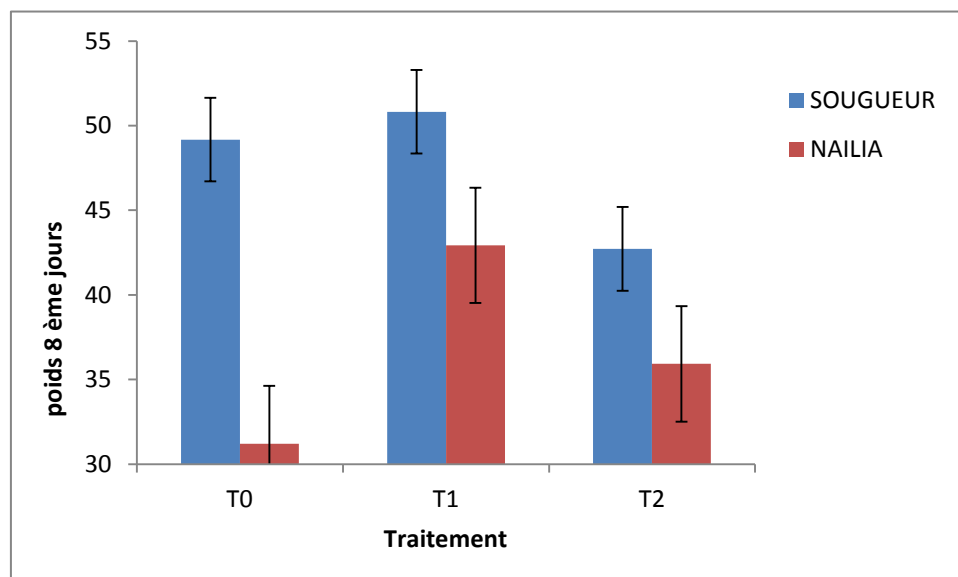


Figure N°18 : Effet de la matière organique sur le poids (g) au 8ème jour.

On voit que le poids de l'orge Sougueur irrigué avec la solution T1 est plus élevé par rapport aux T0 et T2 avec une valeur de 50.82g, alors que la valeur de T0 est 49.17g et T2=42.72g. Par contre, le poids de l'orge Nailia irrigué avec la solution T1 était supérieur au poids de l'orge irrigué avec T0 et T2 avec une valeur de 42,93g.

L'effet de la solution T1 (compost) est plus apparent pour la variété Nailia mais important pour la variété Sougueur.

La figure suivante (figure n 19) présente l'effet de la solution de MO sur la taille de la tige pour le jour 8, et l'analyse de variance montre une différence hautement significative entre variétés (ddl = 1, $F = 17,563$ $p < 0,001$) et la différence entre les traitements non significative (ddl=2, $F = 2,482$, $p > 0,117$)

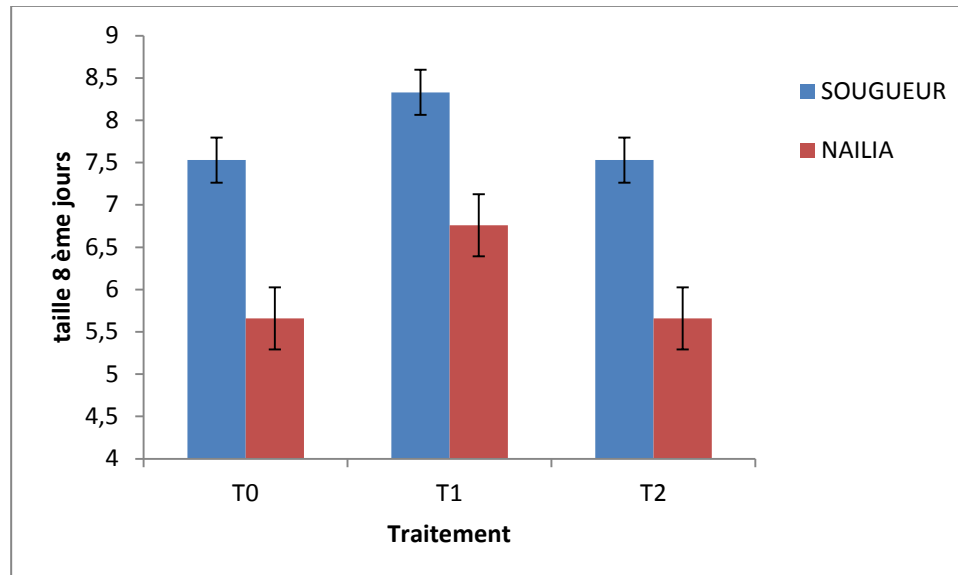


Figure N°19 : Effet de la matière organique sur la taille (cm) au 8ème jour.

On remarque que l'orge Sougueur irrigué par la solution T1 a une hauteur de 8,33 cm, donc plus grande que les T0 et T2 (7,53 cm). Le même effet du traitement T1 pour l'orge Nailia. Mais les proportions sont différentes pour les 2 variétés.

Le graphe n 20 montre l'évolution du poids des deux variétés sous l'effet des traitements T0 ; T1 ; T2 donc les résultats sont les suivants (ddl = 1 ; $F = 7,441$; $P \leq 0,15$) les résultats de p significative et la différence entre les traitements non significative (ddl= 2, $F = 0,982$, $p > 0,397$).

Selon le graphique nous notons que le poids de l'orge (Sougueur) irriguée T1 est 44,37 g plus élevé que T0 pesant 40,61 g et T2 pesant 41,28 g. Quant à la catégorie Nailia, on note que le poids de l'orge irriguée avec une solution T1 est supérieur à celui des autres T2 et T0 irrigués.

Ainsi, en ce qui concerne le poids de la plante, la solution nutritive a eu un effet positif sur l'orge du cultivar Sougueur au neuvième jour de croissance contrairement au cultivar Nailia.

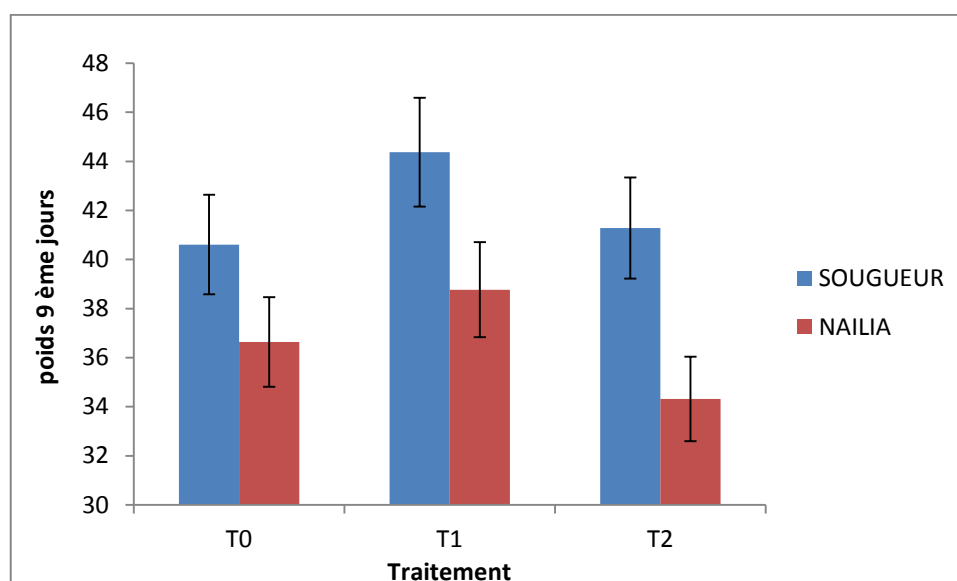


Figure N°20 : Effet de la matière organique sur le poids (g) au 9ème jour.

La figure N°21, montre l'effet de la solution nutritive sur la taille de la diversité pour le jour 9, et l'analyse de la variance montre ,une différence très hautement significative (ddl = 1, F = 82,281 p <0,0001) ,et la différence entre les traitements non significative, (ddl=2, F = 0,172, p >0,844) .D'abord, on constate que la solution nutritive T0 irriguée avec de l'orge Sougueur d'une valeur de 10,5 cm est plus longue que celle de T1 et T2 irriguée, d'une valeur de 10,33 cm ,et 10,16 cm respectivement.

Alors que l'orge irriguée avec T0 et T2 était inférieure à celle irriguée avec la solution T1 avec une valeur de 7,33 cm.

Ainsi, en ce qui concerne la hauteur ou la longueur des plantes, T0 a eu un effet positif au jour 9 pour le cultivar Sougueur et un effet positif pour la solution T1 sur Nailia.

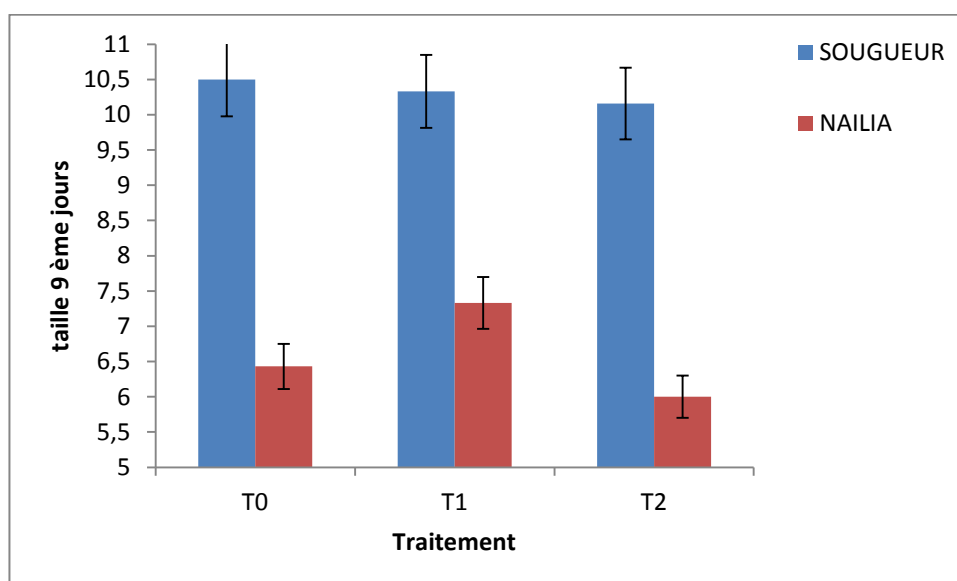


Figure N°21 : Effet de la matière organique sur la taille (cm) au 9ème jour.

Le graphique (**Figure N°22**) montre l'évolution du poids des deux cultivars sous l'influence des traitements T0 ; T1 ; T2, les résultats sont donc les suivants ($ddl = 1$; $F = 18,292$; $P < 0,0001$) résultats **p** hautement significatives et la différence entre les traitements ($ddl=2$, $F = 0,625$ $p > 0,548$) non significative. A première vue, on voit que le poids de l'orge Sougueur irrigué avec la solution nutritive T1 est plus élevé par rapport à l'orge irriguée avec T0 et T2. Avec une valeur de 47,26 grammes, tandis que la valeur de T0 est de 42,36 grammes et T2 est de 41,75 grammes. En revanche, le poids de Nailia irrigué avec des solutions T0 était supérieur au poids irrigué avec T2 et T1, avec une valeur de 34,76 grammes. Ainsi effet de l'ajout de nutriments est positif pour le poids des deux éléments le dixième jour.

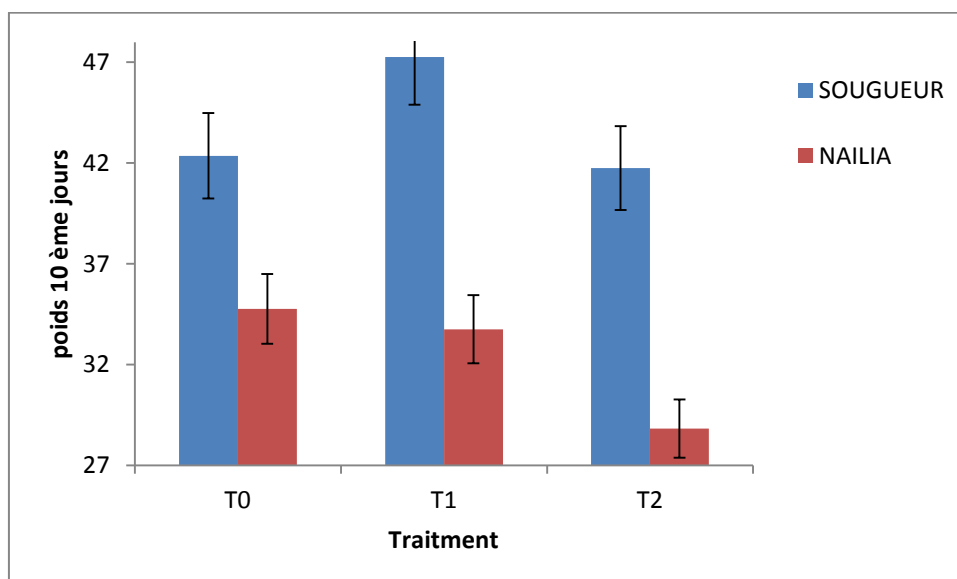


Figure N°22 : Effet de la matière organique sur le poids (g) au 10ème jour

La figure N°23 montre l'effet de la solution nutritive sur la taille de la variété pour le jour 10, et l'analyse de la variance montre une différence très hautement significative ($ddl = 1, F = 44,102, p < 0,0001$) et la différence entre le traitement ($ddl = 2, F = 0,309, p > 0,739$) non significative. À première vue, on peut voir que la solution nutritive T1 irriguée avec de l'orge (Sougueur) irriguée avec une valeur de 11 cm est plus longue que celle de T0 et T2 irriguée avec une valeur de 10,4 cm et 10,53 cm, respectivement.

Alors que l'orge irriguée avec les solutions T2 était plus longue de 9,93 cm que l'orge irriguée avec les solutions T0 et T1, atteignant 7,86 cm et 6,16 cm respectivement pour le cultivar

Nailia.

Ainsi, en ce qui concerne la hauteur ou la longueur des plantes, T1 a eu un effet positif au jour 10 pour le cultivar Sougueur tandis que la solution T2 a eu un effet positif pour le cultivar Nailia.

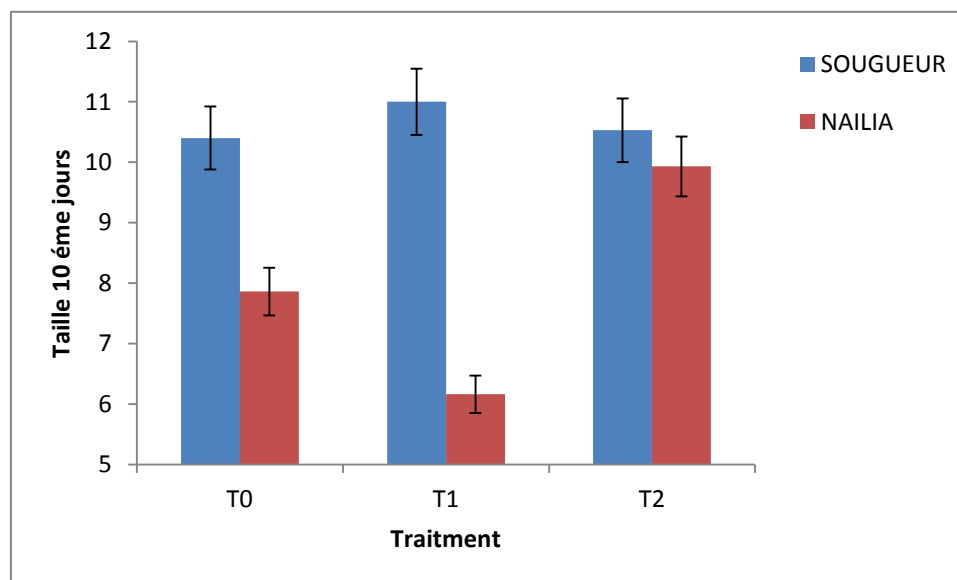


Figure N°23 : Effet de la matière organique sur la taille (cm) au 10^{ème} jour.

La figure N°24 montre l'effet de la solution nutritive sur le poids de la culture hydroponique au 14^{ème} jour de développement végétatif, montre une différence significative ($ddl = 1, F = 6,211, p \leq 0,024$) entre les deux variétés, mais la différence non significative entre les traitements, les valeurs sont ($ddl = 2, p = 0,049, F > 0,579$).

Le poids de l'orge Sougueur T2 est supérieur à T0 et T1 avec 36.16g pour T2, 35.21g pour T1 et 31.99g pour T0. Alors que le poids de l'orge Nailia T2 est inférieur à T0 et T1 avec 24.53g pour T2, 27.93g pour T1 et 29.68g pour T0.

Par conséquent, L'effet de la solution nutritive sur le poids de l'orge Sougueur est remarquable, contrairement avec l'orge Nailia.

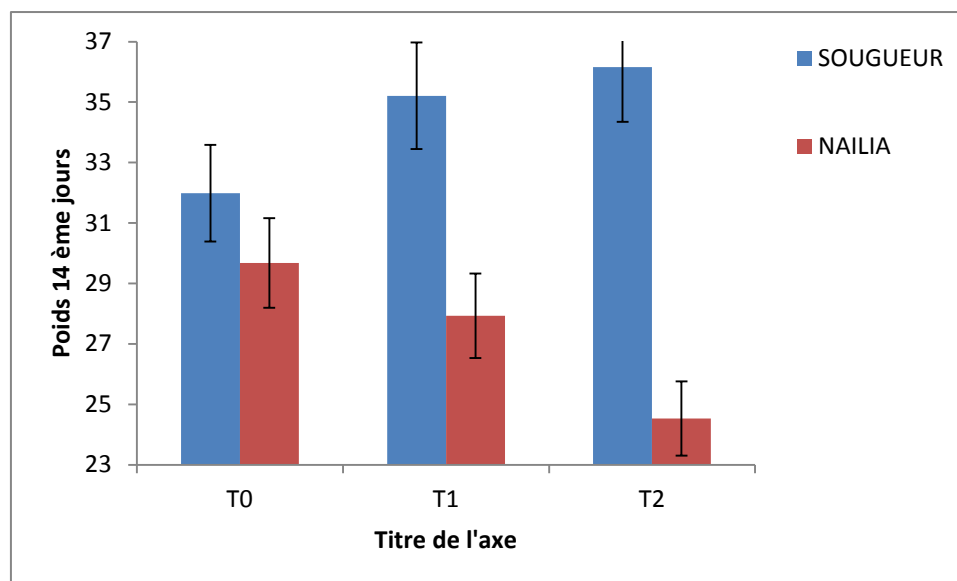


Figure N°24 : Effet de la matière organique sur le poids (g) au 14^{ème} jour.

La figure N°25 montre l'effet de la solution nutritive sur la taille des cultivars pendant 14 jours. L'analyse de variance montre une différence très hautement significative entre les deux variétés avec une valeur de (ddl = 1, F = 42,732, p < 0,0001) et la différence entre les traitements non significative (ddl=2, F=0,662, p > 0,530).

La hauteur de l'orge Sougueur irriguée T1 (12,3 cm) était proche de T0 (12,13 cm) tandis que T2 était de 11,6 cm.

La hauteur de l'orge Nailia, T0 (9,76 cm), était très proche de T1 (9,73), tandis que T2 était inférieure (8,46 cm).

Par conséquent, en ce qui concerne le paramètre de hauteur de la plante, les solutions nutritives T1 et T0 ont eu un effet positif pour les deux types d'orge au jour 14.

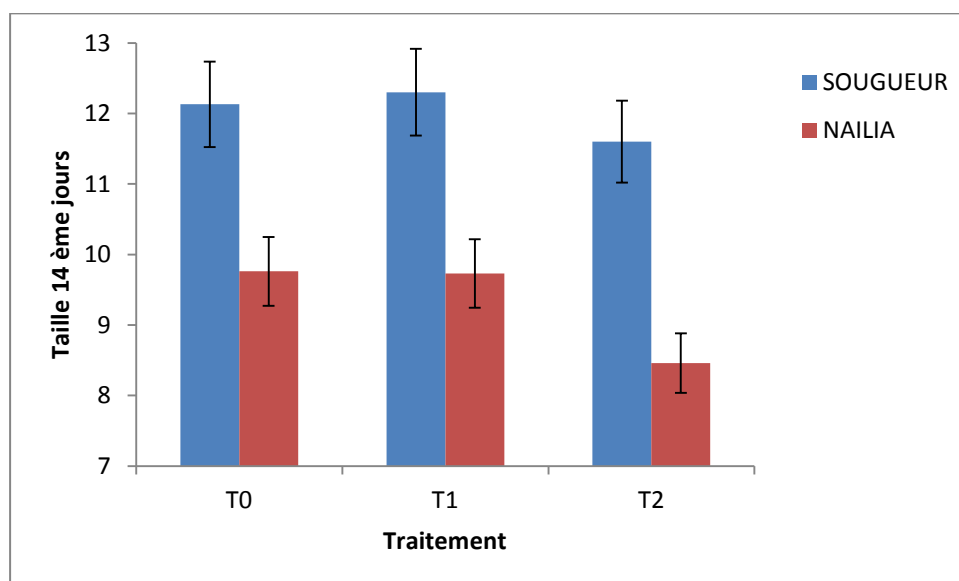


Figure N°25 : Effet de la matière organique sur la taille (cm) au 14ème jour

➤ **Le taux de matière sèche (MS%)**

La figure (26) montre les résultats obtenus pour la teneur en matière sèche, montrant une différence statistiquement significative entre les deux cultures (ddl=1, $F=120,70$, $p < 0,0001$) et la différence entre les traitements (ddl = 2, $F=0,982$, $p > 0,397$).

Les résultats montrent une supériorité du taux de production de matière sèche de l'orge Nailia par apport à l'orge Sougueur, atteignant 42,13g pour T0, 37,66g pour T2 et 31,07g pour T1, tandis que L'orge Sougueur atteint 28,88g pour T2 et 25,23g pour T0 et 23,86 g pour le T1.

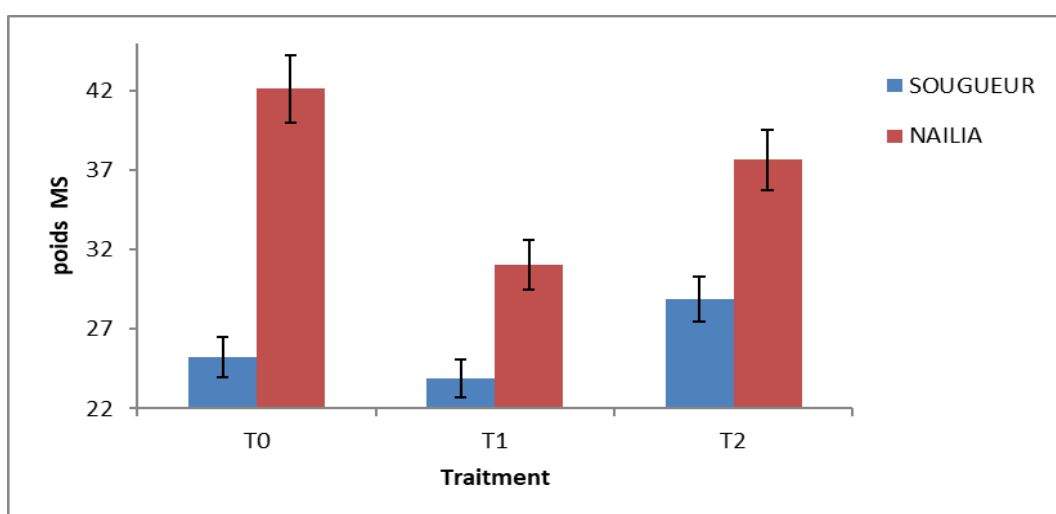


Figure N°26 : Taux de la matière sèche (MS)

➤ Evolution du poids du fourrage vert frais

A partir de 15g de semences d’Orge Sougueur, nous avons obtenu un maximum de 50,82g en T1 et 42,72g T2 de fourrage vert au 8eme j (figure n°26) donc un rendement environ de 300%. Trois fois le poids des semences. Pour le même poids de semences d’orge Nailia, un maximum de 42,93g T1n et 35,92g T2de fourrage vert. Le rendement est aussi plus ou moins de 300% par rapport le poids initial.

On remarque que le poids stagne au 10ème jour et diminue après jusqu’ale 14^{ème} jour ou on a enregistré les valeurs minimum de 35,21g T1 et 36,16g T2 variété Sougueur, et 26,93g, 24,53g pour T1et T2 variété Nailia.

On remarque une activité physiologique intéressante de variété Sougueur avec les deux solutions T1, T2et avec l’eau T0, contrairement au variété Nailia qui nous a montré des valeurs faibles pendant l’expérience et surtout à partir de dixième jour pour T1, T2 et T0.

On déduit alors que le temps idéal pour récolter est entre le huitième et le dixième jour. Et que la variété Sougueur et plus productive que la variété Nailia.

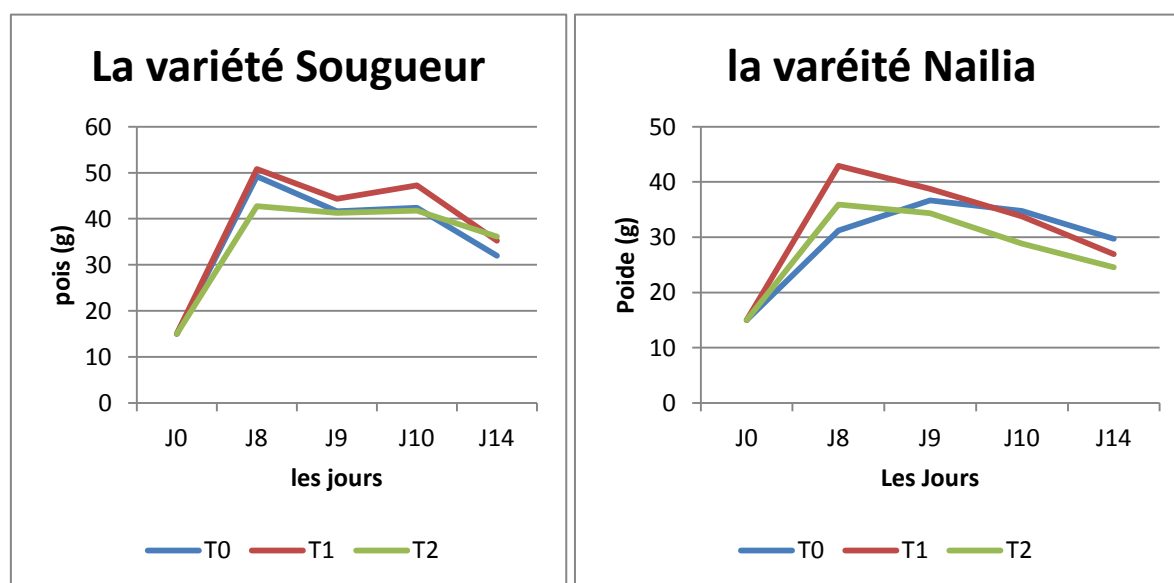


Figure N°27 : l’évolution des poids des 2 variétés d’Orge (g)

➤ **Evolution de la hauteur du fourrage vert**

Nous pouvons constater les variations de la taille des cultures depuis démarrage de l'expérimentation J0 (semence) jusqu'au 14eme j dans la figure n° pour la culture du fourrage de l'Orge Sougueur, le quatorzième jour est la date ou la taille du végétal atteint son maximum 12,3cm et 11,6cm pour T1 et T2.

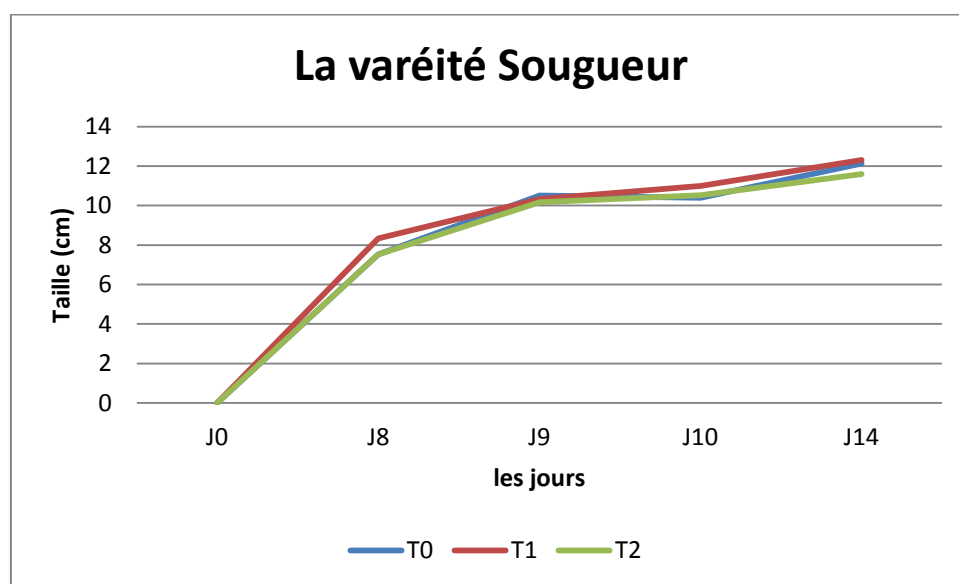


Figure N°28 : évolution de tailles de la variété Sougueur selon les jours (cm)

Pour la variété Nailia le maximum était 9,76cm pour T1 et 8,64cm pour T2. On remarque un faible développement végétatif de variété NAILIA par rapport la variété Sougueur avec les deux solutions utilisées et l'eau.

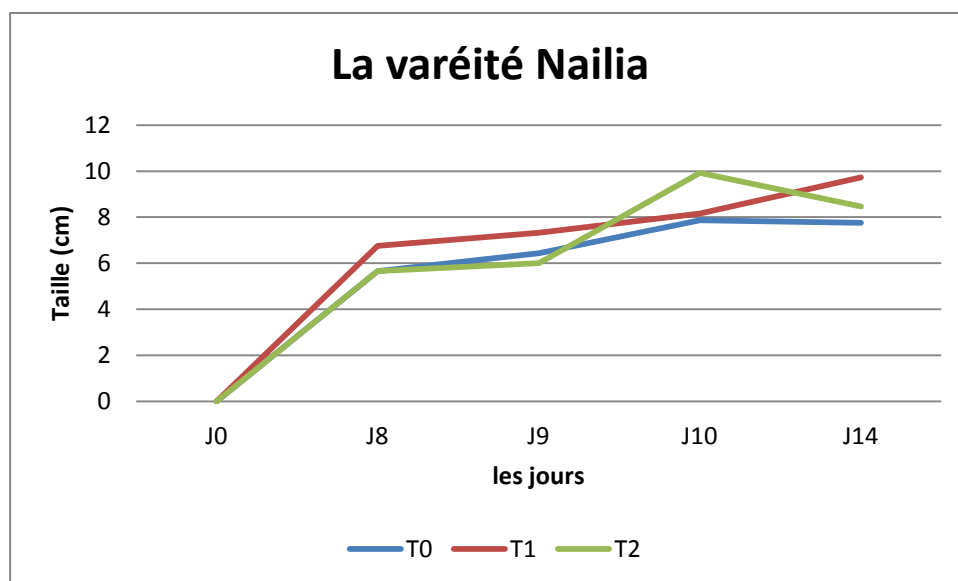


Figure N°29 : l'évolution de tailles de la variété Nailia selon les jours (cm)

L'orge Sougueur montre une croissance remarquable avec la solution T2 (compost), et atteindre une valeur maximale de 12,3cm par rapport les autres traitements.

Discussion de résultats

1- Poids de la masse végétative

La masse végétative brute de l'Orge vert obtenu pour les deux cultivars Nailia et Sougueur était entre 250 et 300%. Donc pour 1 kg de semence, dans les mêmes conditions opératoires nous aurons entre 2.5 et 3kg de FVH avec la solution nutritive. La variété Sougueur dépasse un peu ce taux avec la solution T1 dans le 8^{ème} jour qui correspond à 350% ; mais nos résultats enregistrés sont loin de résultats obtenu d'après les essais de **Fazaeli et al., 2012**, cité par **Baghdadi , 2018** avec un poids frais qui augmente jusqu'à 5,7 fois par rapport au poids de la semence d'origine après le 7^{ème} jour.

Et l'expérimentation menée par **Baghdadi , 2018** (au niveau d'ITELV Alger), qui a enregistré 5,5 Kg de fourrages par plateau pour un kilogramme de semence (sans solution nutritive), et d'après l'étude de **Ben Amira . 2017** était 5,3 kg (avec solution nutritive).

Cependant les données récoltées ont permis de constater les potentialités intéressantes de la variété Sougueur par rapport variété Nailia, et d'une autre coté la richesse de la solution T1 en

éléments nutritive et leurs disponibilité pendant la période de développement végétative notamment l'azote, contrairement à la deuxième solution T2 qui était plus ou moins pauvre.

2- hauteur de tige (la taille)

Selon **Miralles-Bruneau, 2015** entre 7 à 14 jours on pourra obtenir des valeurs de 6.9 à 12 cm. Et c'était le cas, dans notre étude ou on a enregistré hauteur de tige (variété Sougueur) qui a dépassé la moyenne de 8,5 cm à partir de 8ème jour jusqu'à 12,33 cm au 14ème jour dans le cas de l'irrigation avec la solution nutritive T1 et 11,6 cm avec la solution T2.

La variété Nailia montre des résultats moyens entre 6,76 cm le 8ème jour jusqu'à 9,73 cm le 14ème jour avec la solution T1.

Les résultats de T0 (l'arrosage avec l'eau) étaient de 7,53 cm le 8ème jour jusqu'à 12.3 cm le 14ème jour pour variété Sougueur, et de 5,66 cm le 8ème jour jusqu'à 9,76 cm le 14ème jour pour variété Nailia.

3- La matière sèche

Après séchage de deux variétés d'orge (Sougueur et Nailia) à 105°C pendant 6 heures, nous avons conclu que le taux de MS de la variété Nailia était supérieur à celui de la variété Sougueur, impliquant que cette dernière avait une teneur en humidité plus élevée qui était également due aux caractéristiques de variété Nailia et à sa tolérance à la sécheresse ; par conséquent, ces résultats montrent que NAILIA a une teneur en matière sèche plus élevée par rapport à SOUGUEUR



CONCLUSION

Conclusion

Cette étude nous a permis de voir que la culture hydroponique permet une production annuelle contrôlée et optimale sans contraintes climatiques, favorisant ainsi l'amélioration des cultures dans les régions algériennes. Au terme de cette expérience de culture de fourrage vert en culture hydroponique, nous avons trouvé que le sol n'est pas nécessaire à la croissance des plantes dans des conditions optimales contrôlées par la température et l'humidité et irriguées avec une solution nutritive et de l'eau uniquement. Ensuite, le rendement massique total dépend des caractéristiques de chaque variété ou cultivar d'un même type de culture agricole. Les engrais ne sont pas nécessaires mais ne peuvent être négligés en raison de leurs exigences. Le travail comprenait une étude de la culture expérimentale de deux types d'orge (Sougueur et Nailia) pour la production de fourrage vert en conditions hydroponiques. Pour cela, trois traitements ont été testés : ajout de deux solutions nutritives, engrais FLORAVA, tourbe de sphaigne et arrosage. Grâce à cela, les résultats de la mesure de trois variables (poids, hauteur de végétation et teneur en matière sèche) ont été extraits et analysés. Les cultivars Sougueur et Nailia ont montré des résultats intéressants avec la solution nutritive puisque le poids maximum a été enregistré le 8ème jour avec le cultivar Sougueur ainsi que la hauteur maximum le 14ème jour. Le nouveau cultivar Sougueur est plus vigoureux et adapté aux trois solutions T1, T2 et TO qu'à NAILIA, sur les deux paramètres étudiés. Enfin, il serait intéressant d'approfondir le sujet des cultures hors sol. Dans le cadre d'expérimentations futures, nous recommandons d'expérimenter différents malts et autres formulations organiques ou mixtes organiques et minérales. C'est la possibilité de contrôler la valeur maximale des paramètres en augmentant le rendement dans le bloc



Références bibliographique

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- Al Karaki, G. N., Al-Momani, N. 2011.** Evaluation of some barley cultivars for green fodder production and water use efficiency under hydroponic condition Jordan J. Agricultural Science 7 (3):448–456
- Anonyme, 2001 :** Manual technico Fourrage vert hydroponique, p56
- Alley , M.H. , Pridgen , T.H. , Brann , D.E. , Hammons , J.L. , Mulford , R.L. , 2009.** Nitrogen Fertilization of Winter Barley: Principles and Recommendations. Virginia Cooperative Extension
- ANDREW C. , KAREN P. S. , IRENE A. G. , ALEXANDER A. C. , CATHY H. , JOHN W. et PETER M. , 2017.** The agronomic performance and nutritional content of oat and barley varieties grown in a northern maritime environment depends on variety and growing conditions. Journal of Cereal Science. Volume 74. P : 1-10.
- Anonyme, 2010.** Après 40 ans, l'Algérie redevient exportatrice d'orge. econostrum.inf l'actualité économique en méditerranée.
- Agro ponie. 2008.** Application de la technique aeroponique a circuit ferme dans l'agriculture. Promotion et diffusion de la technologie aeroponique dans l'agriculture, 61p.
- Anonyme, 2021.** FERTILISANTS organiques Vigilance sur les engrais organiques qui revendiquent une origine végétale et une teneur élevée en azote.
<https://www.cultivar.fr/sinformer/vigilance-sur-les-engrais-organiques-qui-revendiquent-une-origine-vegetale-et-une-teneur>
- Ben Mbarek, K et Boubaker, M , 2017 : Manuel de grandes cultures – Les céréales p186-187**
- Belgat, S, 2016 :** L'Algérie est –il un pays agricole ou peut –il le devenir :(Esquisse d'une réflexion) date de pub 6.10.2016.
- BESSAOUD O. , PELLISSIER J - P , ROLLAND J - P , KHECHIMI W. (2019) :** << RAPPORT DE SYNTHÈSE SUR L'AGRICULTURE EN ALGERIE >> CIHEAM - IAMM . 2019, 82P.
- BENLARIBI M., 1990.** Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) études des caractères morphologiques et physiologiques. Thèse doctorat d'état. Université de Constantine. P : 164.
- Brink M., Belay G., 2006.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale vol. 1. Céréales et légumes secs. Ed. PROTA. Pays - Bas. P : 92-93-94-95-96.
- Bouzerzour H. et Benmahammed A., 1993.** Environmental factors limiting barley yield in the high plateau of Eastern Algeria. Rachis, 12 (1) : 14 - 19.
- Boufenar Z., Zaghouan O. et Zaghouan F., 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie. Ed. ITGC. ICARDA. Alger. P : 154
- Bugbee B., 2003.** Nutrient Management in Recirculating Hydroponic Culture.
- Baghdadi, M, F, 2018.** Etude de la valeur nutritive de l'orge hydroponique de la variété de SAIDA.

Références Bibliographiques

Mémoire de master, université de Blida, 71p.

Ben Amira, Ch, 2017. Etude de comportement de deux variétés d'orge en culture hydroponique. Mémoire de master, université Amar Telidji Laghouat, 65p.

Cultures hydroponique & horticoles (2017).[catalogue].France:HANNA instruments,51p.

Carmassi C., Incrocci L., Malorgio M., Tognoni F., et Pardossi A., 2003. A simple model for Salt accumulation in closed-loop hydroponics

Chavan JK. Kadam SS. 1989. Nutritional improvement of cereals by sprouting. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 28:8, 401:437p.

Chaux C. et Foury Cl., (1994). Productions légumières. Tome 3 : Légumineuses potagères, légumes fruits. Ed : Lavoisier, Paris, 477p

Dumitrescu V.A., 2013. Comparative analysis of biogas slurry and urine as sustainable nutrient sources for hydroponic vertical farming.

Doré C. et Varoquaux F., 2006. Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Ed. INRA. P : 497.

Delogu , G. , Cattivelli , L. , Pecchioni , N. , De Falcis , D. , Maggiore , T. , Stanca , A.M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy 9,11-20 :

Dora Agri, 2023. Organic Fertilizer Definition, Types, Benefits. Dora Agri-Tech. <https://doraagri.com/what-is-organic-fertilizer-for-plants/>

Essadaoui M, 2013 : Industrie Agroalimentaire, Bulletin édité par l'Institut Marocain de l'Information scientifique et technique IMIST, N° p 25. 34.

EL Houssine Z, 2006 : Complément de cours de physiologie végétale p11

Feillet P., 2000. Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308 p.

FAO, (2001) : MANUAL TECNICO FORRAJE VERDE HIDROPONICO, 56P

Fazaeli H., Golmohammedi H. A., Shoayeen A.A., Montajebi, N., et Mosharref SH., 2012

: Performance of Feedlot Calves Fed Hydroponics Fodder Barley, J, Agr, Sci, Tech, Vol 13, pp 367-375;

Fisher P., J. Huang, M. Paz ET R. Dickson, 2016. "Having Success with Organic Growing Mixes." Grower Talks, 68-72

FARRE (2004). Le guide de la référentielle agriculture raisonnée : de la théorie à la pratique

FAO, Informations actualisées sur le Partenariat mondial sur les sols, y compris le Code de conduite international sur l'utilisation et la gestion des engrais, COMITÉ DE L'AGRICULTURE, Vingt-sixième session, ROME, 1-5 octobre 2018.

Grillot. , 1959. La classification des orges cultivées. Au. Am. Plantes, 4. P : 446-486.

Guiga Wafa .2016. Identification des inhibiteurs de la germination de l'orge et mise au point d'un procédé de traitement des eaux de trempage en malterie en vue de leur recyclage. Mémoire de doctorat en procédés biotechnologiques et alimentaire. Institut national polytechnique de lorraine, 198p.

Hakimi , 1993 : Les systèmes traditionnels basés sur la culture de l'Orge . Porc . Symp . On the

Références Bibliographiques

- Agronomy of rainfed barley and durum wheat in dry areas. *J. Agri. Sci. Camb* . 108 : 599-608.
- Hamadache, A., 2016** : TOME III RESSOURCES FOURRAGERES, P115, 116, 117, 118,119.
- Hoareau Dominique. 2012.** Ecologie de la germination des espèces indigènes de la Réunion. Mémoire de stage Master 2, université de la Réunion, 64p.
- Hübner, F., Arendt, E., 2013,** Germination of Cereal Grains as a Way to Improve the Nutritional Value: A Review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:8, 853- 861, DOI: 10.1080/10408398.2011.562060
- Hussain A., Iqbal K., Aziem S.,Mahato P., Negi A.K., 2014.** A Review On The Science Of Growing Crops Without Soil (Soilless Culture) – A Novel Alternative For Growing Crops. *Inter. Jour. of Agri. and Crop Scie.* 7(11): 833-842
- Heins B., 2016:** Evaluation of fodder systems for organic dairy cattle to improve livestock efficiency.
- ITGC, 2017** institut technique des grandes in Tiaret : Une nouvelle variété de semences d'orge produite à la ferme El Barhana, REPORTERS. 23 Décembre 2017. <https://www.reporters.dz/tiaret-une-nouvelle-variete-de-semences-d-orge-produite-a-la-ferme-el-barhana/>
- IMIST (2013),** production agricole, dans Bulletin d'information technologique, industrie agro-alimentaire N°25, 3-9p
- Institut technique des élevages. 2014.** Production de fourrage hors sol. SARL.AGRICULTURE BIOPHYTO ALGERIENNE, 24p
- Jensen M.H., H.M. Lisa, et M. Fontes, 1973.** The pride of Abu Dhabi. *American Vegetable Grower* Nov. 1973, 21(11): 35, 68, and 70.
- Kouassi Simplic, (2009).** Culture hydroponique de la tomate. [Fiche Technico économique]. Abidjan: Maison de génie agricole, 13p.
- Leonard W, Et Martin 1973.** Cereal Crops. The MacMillan Company. New York. P: 478 543.
- Lennard W., 2012.** Aquaponic System Design Parameters: Basic System Water Chemistry.
- Letard et al, 1995** : maîtrise de l'irrigation fertilisante (tomate sous abris). Ed. CTIFL. p 220.
- Menad A, 2008** : Rythme de développement, utilisation de l'eau et rendement de l'Orge (*Hordeum vulgare* L.) dans l'étage bioclimatique semi – aride.
- Munier , D. , Kearney , T. , Pettygrove , G.S. , Brittan , K. , Mathews , M. , Jackson , L. , 2006.** Fertilization of small grains. In: UC ANR (Ed.). Small Grain Production Manual. ANR Publication 8208.
- Mukund J., 2015.** Textbook of field Crops. Ed. PHI Learning pvt. LTD. Dehli. P : 2 69-278.
- Menad A., Meziani N., Bouzerzour H. et Benmahammed A., 2011.** Analyse de l'interaction génotype x milieu du rendement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) : application des modèles AMMI et la régression conjointe. *Nature et Technologie*, 5: 99-106
- Miralles-Bruneau M. 2015.** Utilisation du fourrage vert hydroponique en production de viande bovine. ARP, Sicarévia, Ovicap, Sedaël, Chambre d'Agriculture de la Réunion, AD2R, ARIBEV, Cirad, Urcoopa.

Références Bibliographiques

- Mustin, M., 1987** ; Le compost : gestion de la matière organique 1987.revue . Food and Agriculture Organization of the U. N 23p.
- Naik P K, Dhuri R B, Swain B K and Singh N P. 2012.** Nutrient changes with the growth of hydroponics fodder maize. Indian Journal of Animal Nutrition 29 : 161–63
- Philippe M.1995.** Les cultures végétales hors sol. Ecole nationale supérieur agronomique de Toulouse, 304p.
- Resh H.M., 1978.** Hydroponic Food Production : A Definitive Guidebook Of Soilless Food Growing Methods, Woodbridge Press Publishing Company, Santa Barbara, 287
- Salas M. C.; Verdejo M. M.; Sánchez A.; Guzmán M.; Valenzuela J. L.; Montero J. L., 2012.** Vertical Gardening. Adaptation of Hydroponic Systems and Ornamental Species. Acta Hort. 937, 1153–1160.
- SEDKI M et MIMOUNI A, (1995):** effets de substrats locaux sur tomate en culture hors sol. inra, centre regional du souss-sahara, b.p. 124, inezgane, maroc. 15p
- Srivastava V. et Gopal L., 2008.**History of Agriculture in India, Up to C. 1200 A. D.,Ed. concept publishing company . New Delhi. P: 2-120. T/ U/
- Soltner D, 1990** : Les grandes productions végétales .Phytotechnie spéciale. 17 Emme édition .coll : sciences et techniques agricoles pp 41-67.
- Simon et al, 1989** : produire les céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui, science techniques, applications Ed°. J.B.Baillière ; P333.
- Scheiner J.D., 2005.** « Spéciation du Carbone, de l'Azote et du Phosphore de différentes boues de stations d'épuration au cours de leurs incubations contrôlées dans deux types de sol ». Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, 210p.
- Sullivan, D.M., Bary, A.I., Miller, R.O., and Brewer, L.J., 2018.** Interpreting compost analyses,Pp. 1-10. Corvallis, OR, USA: Oregon State University Extension Service.
<https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9217>
- Soltner D., 2005.** Les grandes productions végétales. 20eme édition. Collection science et techniques. P: 303-308.
- Singh S., et Singh B. S., 2012.** Hydroponics–A technique for cultivation of vegetables and medicinal plants|. In Proceedings of 4th Global conference on Horticulture for Food,Nutrition and Livelihood Options. Bhubaneshwar, Odisha, India p. 220
- Sarlé M, 2020.**Monter sa microferme en hydroponie, bioponie et aquaponie ; Guide pratique et recit illustré pour un projet d'installation durable
- Texier W, 2014** : L'Hydroponie pour tous (Tout sur l'HORTICULTURE à la maison),307-311. Editions, 7 rue Pétiou, 75011 Paris (France) p 52
- Ullrich S., 2010.** Barley:Production, Improvement and Uses,Ed. willey - Blackwell, U. S. A. P: 2-3-12-15-17-253-411. 74.
- VALERIE P. (2015).** Irrigation, substrats et fertilisation dans la culture hors-sol du fraisier, des enjeux

Références Bibliographiques

pour une production optimisée, mémoire Maître ès sciences (M. Sc.), Univ Québec canada. 67P

Zheng Y., L. Wang, et M. Dixon, 2007. An upper limit for elevated root zone dissolved oxygen concentration for tomato. *Sci. Hort.* 113:162–165



ANNEXES

ANNEXES

Annexes

ANOVA 1 facteur variété

Tableaux des données statistiques de poids et de taille traités par ANOVA selon les jours

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification	
poids au 8 ^{eme} jours	533,011	1	533,011	24,086	,000	THS
	354,073	16	22,130			
	Total 887,084	17				
taille 8 ^{eme} jours	22,001	1	22,001	17,563	,001	HS
	20,042	16	1,253			
	Total 42,043	17				
poids au 9 ^{eme} jours	142,580	1	142,580	7,441	,015	S
	306,589	16	19,162			
	Total 449,169	17				
taille 9 ^{eme} jours	63,094	1	63,094	82,281	,000	THS
	12,269	16	,767			
	Total 75,363	17				
poids au 10 ^{eme} jours	579,134	1	579,134	18,292	,001	HS
	506,578	16	31,661			
	Total 1085,712	17				
taille 10 ^{eme} jours	40,201	1	40,201	44,102	,000	THS
	14,584	16	,912			
	Total 54,785	17				
poids au 14 ^{eme} jours	225,215	1	225,215	6,211	,024	S
	580,188	16	36,262			
	Total 805,403	17				
taille au 14 ^{eme} jours	32,562	1	32,562	42,732	,000	THS
	12,192	16	,762			
	Total 44,755	17				
matière sèche au 15 ^{eme} jours	4,993	1	4,993	120,708	,000	THS
	,662	16	,041			
	Total 5,655	17				

ANNEXES

ANOVA à 1 Facteur traitement

Tableaux des données statistiques de poids et de taille traités par ANOVA selon les jours

	Somme des carrés	ddl	Moyenne des carrés	F	Signification	
poids au 8 ^{eme} jours	205,333	2	102,667	2,259	,139	Ns
Total	681,751	15	45,450			
taille 8 ^{eme} jours	10,454	2	5,227	2,482	,117	Ns
Total	31,588	15	2,106			
poids au 9 ^{eme} jours	52,019	2	26,009	,982	,397	Ns
Total	397,150	15	26,477			
taille 9 ^{eme} jours	1,688	2	,844	,172	,844	Ns
Total	73,675	15	4,912			
poids au 10 ^{eme} jours	83,553	2	41,777	,625	,548	Ns
Total	1002,159	15	66,811			
taille 10 ^{eme} jours	2,170	2	1,085	,309	,739	Ns
Total	52,615	15	3,508			
poids au 14 ^{eme} jours	4,529	2	2,265	,042	,959	Ns
Total	800,874	15	53,392			
taille au 14 ^{eme} jours	3,629	2	1,815	,662	,530	Ns
Total	41,126	15	2,742			
matière sèche au 15 ^{eme} jours	,132	2	,066	,179	,838	Ns
Total	5,523	15	,368			
Total	5,655	17				

Résumé

A travers cette étude, deux variétés d'orge Sougueur et Nailia ont été comparées dans des conditions hydroponiques, à cet effet, trois traitements ont été testés : L'ajout de deux solutions de MO, T1 (Compost Florava), T2 tourbe de mousse et T0 irrigation avec de Léau uniquement. À la fin de cette expérience, Les résultats de la mesure de trois variables ont été dérivés et analysés (poids, taille de végétation, teneur en matière sèche). Cette étude a montré que la solution T1 a un effet sur le poids et la taille de l'orge Sougueur, contrairement à l'orge Nailia, qui nous a montré des résultats moyens à faibles. La quantité de matière sèche était plus importante dans le fourrage de l'orge Nailia, et le moment idéal pour la récolte était le huitième et le dixième jour.

Mots clés : Culture hydroponique, compost, tourbe de mousse, orge Sougueur, orge Nailia

الملخص

من خلال هذه الدراسة تم المقارنة بين صنفين من الشعير سوفر والنابلية في ظل ظروف الزراعة المائية، لهذا الغرض تم اختبار ثلاثة معالجات هم: إضافة محلولين مغذيين T1 السماد العضوي (فلورافا)، T2 خث الطحالب وT0 الري بالماء فقط. في نهاية هذه التجربة تم استخالص وتحليل نتائج قياس ثالث متغيرات (الوزن، حجم الغطاء النباتي، ومحتوى المادة الجافة). أظهرت هذه الدراسة أن المحلول المغذي لسماد العضوي (فلورافا) له تأثير على وزن وارتفاع شعير السوفر علي عكس شعير النابلية الذي أظهر لنا نتائج من متوسطة إلى منخفضة. كمية المادة الجافة كانت أكبر في علف شعير النابلية، كما أن الوقت المثالي للحصاد هو اليوم الثامن والعاشر.

الكلمات المفتاحية: الزراعة المائية، الأسمدة العضوية، سماد فلورافا، خث الطحالب، شعير السوفر، شعير النابلية، المادة الجافة.

Summary

Through this study, two varieties of barley Sougueur and Nailia were compared under hydroponic conditions, for this purpose, three treatments were tested: The addition of two nutrient solutions T1 organic fertilizer (Florava), T2 peat moss and T0 irrigation with water only. At the end of this experiment, the results of the measurement of three variables were derived and analyzed (weight, size of vegetation, dry matter content). This study have shown that the nutrient solution of organic fertilizer (Florava) has an effect on the weight and height of Sougueur barley, Contrary to Nailia barley, which showed us medium to low results. The amount of dry matter was greater in the feed of Nailia barley; and the ideal time for harvesting was the eighth and tenth day.

Keywords: Hydroponics, organic fertilizers, Florava fertilizer, peat moss, Sougueur barley, Nailia Barley, dry matter