



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar TELIDJI Laghouat

Faculté des Sciences
Département d'Agronomie

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : BEN AMIRA Chouaib

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES ET BIOTECHNOLOGIE

Thème

**Etude De Comportement De Deux Variétés
D'Orge En Culture Hydroponique
(*Hordeum vulgare* L.)**

**Jury de soutenance :
Nom et Prénom**

M. SARIDI A.
Mme. OUAISSA N.
M. AIT SALAH B.
M. HADJ OMAR B.

Grade

Maitre assistant A.
Maitre assistant A.
Maitre assistant A.
Ingénieur en agronomie

Qualité

Président
Examineur
Rapporteur
Co-rapporteur

2016 – 2017

عنوان المذكرة : دراسة سلوك نوعين من الشعير المستمبت

المؤطر : ايت صالح بوبكر

الإسم : شعيب

اللقب: بن عميرة

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد الصنف الذي يتأقلم جيدا في الزراعة بدون تربة مع النظر إلى تأثير المحلول المغذي على الإنتاج و بعض المعلومات الكيميائية, اجريت هذه التجربة على مستوى شركة " اقرو فار سيستم ". يظهر التحليل الإحصائي انه هناك تأثير الصنف و المحلول على جميع المعالم المدروسة, اي على الإنتاج, المادة الجافة, المواد المعدنية, المواد العضوية و نسبة الأزوت . اظهرت النتائج المتحصل عليها أن المحلول المغذي و الشعير العربي يعطي احسن إنتاج و احسن مكونات كيميائية
كلمات مفتاحية: الزراعة بدون تربة , الشعير , الإنتاج ,

Memory title: A study of behavior of two varieties of barley in hydroponic cultivation

First name : Chouaib

Name : BEN AMIRA

Directed by : AIT SALAH. B

Abstract:

The aim of this study is to select the variety (or varieties) of barley which adopt(s) the most to the technique of the hydroponic cultivation with a specific focus on the influence of the nutrient solution on the crops and the chemical composition. The study has been realized at the society of “Agro Vert système” which is situated in the wilaya of Ghardaia. The analysis of the statistics shows, in fact, that the variety and the nutrient solution have impacts on the studies parameters. Indeed, the results have shown that the nutriment solution and the Arabic barley gives better yield with a better chemical compositions.

Key words: Barley hydroponic, varieties, nutrient solution, yield, chemical composition.

Titre du mémoire : Etude de comportement de deux variétés d'orge en culture hydroponique

Nom : BEN AMIRA

Prénom : Chouaib

Encadreur : AIT SALAH. B

Résumé :

Le but de cette étude est de sélectionner la variété qui s'exprime mieux en culture hydroponique et de voir l'effet de la solution nutritive sur le rendement et sur quelques paramètres chimiques. Cette expérimentation a été réalisée au niveau de la société « Agro Vert Système ». L'analyse statistique des résultats montre qu'il existe une influence de la variété et la solution sur l'ensemble des paramètres étudiés à savoir le rendement, la matière sèche la matière minérale, la matière organique et la teneur en azote total. Les résultats que nous avons obtenus montrent que la solution nutritive et l'orge d'Arabe donne un meilleur rendement et une meilleur composition chimique.

Mots clés : L'orge hydroponique, variété, solution nutritive, rendement, composition chimique.

Dédicace

Ce projet est dédié à:

- Mes parents, ma mère et mon père qui m'ont toujours poussé et

encouragé pour terminer ce que j'ai commencé...

Mon frère: Ilyes

Mes sœurs; Bouchra et Selma

A Toute ma famille.

Je ne pourrais finir ces remerciements sans penser à tous mes amis et collègues qui ont contribué à la réalisation de ce travail d'une dimension humaine inestimable : Bachir,

Abdnour, Amina, Zaki, Bellal, Ridha, mohamed, Amine, Abd elkarim, BARECHE

Lamia, Sahla, pour leurs encouragements et leur amitié et je suis sûre que j'en ai oublié

beaucoup !!

Chouaib

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions Dieu le tout puissant, miséricordieux et clément, pour nous avoir donné santé, patience, volonté et courage.

لله الحمد

Je voudrais remercier du fond du coeur l'enseignant Mr. AIT SALAH B. qui a encadré cette étude au quotidien. Il fut toujours présent, en particulier lorsque je me suis confrontée au doute, je lui suis reconnaissant pour : sa grande disponibilité, son ouverture d'esprit, son dynamisme et son optimisme, ainsi que pour ses multiples et précieux conseils scientifiques, professionnels ou tout simplement humains.

Je tiens à remercier les membres du jury: au président du jury, l'enseignant M. SARIDI A. et l'enseignante Mme. OUAISSA N., pour l'honneur que vous m'avez fait d'accepter d'examiner ce travail. Veuillez agréer l'expression de ma reconnaissance et de mes remerciements les plus sincères.

Et à tous les enseignants de département agronomique qui ont fait partie de mon chemin pour compléter cette étape de ma vie. Tout respect à vous. MERCI

Sommaire

Résumé	I
Dédicace	III
Remerciements	IV
Sommaire	V
Liste des tableaux	VII
Liste des figures	VIII
Liste des abréviations et des symboles	IX
Introduction	1

PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR L'ORGE	3
1. REPARTITION ET IMPORTANCE DE L'ORGE	3
1.1. Dans le monde	3
1.2. En Algérie	3
2. ORIGINE ET HISTORIQUE	3
3. CLASSIFICATION BOTANIQUE	4
4. DESCRIPTION BOTANIQUE	5
4.1. Racines.....	5
4.2. Tige	5
4.3. Les feuilles	5
4.4. Inflorescence (épi).....	6
4.5. Fleur.....	6
4.6. Graine.....	6
5. CYCLE DE DEVELOPPEMENT BIOLOGIQUE	7
5.1. Période végétative	7
5.1.1. Phase semis-levée.....	7
5.1.2. Phase levée-début tallage	7
5.1.3. Phase début tallage- début montaison	7
5.2. Période reproductrice	8
5.3. Période de maturation	8
CHAPITRE II : L'ORGE HYDROPONIQUE	10
1. NOTION DE L'HYDROPONIE.	10

2. HISTOIRE D'HYDROPONIQUE.....	10
3. L'ORGE HYDROPONIQUE	11
3.1. Historique.....	11
3.2. Principe de la technique de production de l'orge en hydroponique.....	11
3.3. Chambre de culture.....	11
3.4. L'importance de l'orge hydroponique.....	12

PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES EXPERIMENTALE	16
1. BUT DE L'ESSAI.....	16
2. LIEU DE REALISATION DE L'ESSAI.....	16
3. LIEU D'ANALYSE D'ECHANTILLONS.....	16
4. PROTOCOLE EXPERIMENTALE.....	16
4.1. Matériel Végétal	16
4.2. Démarche d'analyse et d'interprétation statistique.....	17
4.3. Conduite de la culture.....	18
4.4. Méthodes d'études.....	20
4.4.1. Détermination de rendement.	20
4.4.2. Détermination de la teneur en matière sèche (MS).....	20
4.4.3. Détermination de la teneur en matière minérale (MM).....	20
4.4.4. Détermination de la teneur en matière.....	21
4.4.5. Détermination de la teneur en matière azotée totale (MAT).....	21

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION.....	23
1. RENDEMENT.....	23
2. MATIERE SECHE.....	24
3. MATIERE MINERALE.....	25
4. MATIERE ORGANIQUE	27
5. TENEUR EN MATIERE AZOTEE TOTALE.....	28
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	31
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	33
ANNEXES.....	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01	Résultat relatifs au rendement.....	23
Tableau 02	Résultat relatifs à la teneur en matière sèche (MS %).	24
Tableau 03	Résultats relatifs à la teneur en matière minérale.....	26
Tableau 04	Résultat relatifs à la teneur en matière organique.....	27
Tableau 05	Résultat relatifs de taux d'azote.....	28

Liste des figures

Figure 01	Cycle de développement l'orge.....	9
Figure 02	Etapes de conduite de la culture de l'orge hydroponique.....	19
Figure 03	Rendement de l'orge hydroponique.....	24
Figure 04	Teneur en matière sèche.....	25
Figure 05	Teneur en matière minérale.....	26
Figure 06	Teneur en matière organique.....	28
Figure 07	Teneur en matière azotée.....	29

Liste des abréviations et des symboles

CAS :	Centre d'Affaires de Sfax
FAO :	Food and Agriculture Organisation
FVH :	Fourrage vert hydroponique
H :	Humidité
kWh :	Kilowattheur
Lux :	Luxmètre
MM :	Matière Minéral
MO :	Matière Organique
MS :	Matière Sèche
Moy	moyen
GH	Groupe homogène
Prob	Probabilité
Trait	Traitement
Cv	Coefficient de variation

INTRODUCTION

INTRODUCTION

La culture de l'orge s'insère bien dans les milieux caractérisés par une grande variabilité climatique où elle constitue avec l'élevage ovin l'essentiel de l'activité agricole (Bouzerzour *et al.*, 1998 ; Abbas et Abdelguerfi, 2008).

En Algérie l'orge est cultivée principalement sur les hautes plaines semi-arides. Dans cette région le régime pluviométrique est hivernal induisant le développement des stress abiotiques (sécheresse, et hautes températures). En fin de cycle de la culture qui coïncide avec le début de l'été. Sous ces conditions, la performance des cultivars est généralement très variable. (Bouzerzour et Dekhili, 1995 *in* Kadi, 2012).

L'agriculture ou l'éleveur algérien des zones arides, d'habitude très attaché à sa terre, trouve de plus en plus du mal à réaliser des chiffres d'affaires suffisants pour se développer et pérenniser leurs activités en raison des difficultés rencontrées pour couvrir les besoins alimentaires du bétail face au coût très élevé des fourrages. Une grande partie de ces produits est importée. Entreprendre dans le domaine de l'élevage ne semble plus rentable de nos jours pour atténuer ces problèmes, l'orge hydroponique peut-il sauver les éleveurs Algérien des zones arides ? La technique hydroponique pourrait être une solution pour produire les aliments pour bétail, subvenir aux besoins croissants du cheptel et par conséquent sédentariser, notamment, les éleveurs et les dissuader d'abandonner leurs activités.

Le FVH est une nouvelle technologie pour la production fourragère au moindre coût.

Le fourrage hydroponique a un avantage d'avoir une production de qualité tout au long de l'année, y compris la période sèche où la plupart des régions comme les nôtres, en Afrique, n'ont pas assez de nourriture pour les animaux. Cette tendance se développe de plus en plus chez les éleveurs. Il s'agit de l'utilisation de l'orge germée comme fourrage pour ruminants.

Les éleveurs pratiquant la germination de l'orge cherchent avant tout une amélioration de la valeur nutritive.

La valeur alimentaire de l'orge germée ne doit pas seulement être considérée sous l'angle de la valeur énergétique. Il est nécessaire de considérer d'autres facteurs nutritionnels. Parmi ceux-ci, citons l'azote et surtout les éléments minéraux.

Concernant les variétés d'orges, il s'agirait de connaître celles les plus aptes à la culture hydroponique: C'est là un moyen certain d'optimiser cette technique. Il y a là un défi à relever pour la recherche agro-vétérinaire algérienne.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail qui vise à faire une étude de deux populations d'orge en vue de sélectionner celles qui est plus admise à la culture hydroponique sur le plan quantitatif et qualitatif.

PARTIE I
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 :

Généralités sur l'orge

1. REPARTITION ET IMPORTANCE DE L'ORGE :

1.1. Dans le monde :

La production mondiale de l'orge se situe dans une fourchette de 140 à 150 millions de tonne pour une superficie d'environ 60 millions d'hectares et un rendement compris entre 20 et 25 quintaux par hectare (Soltner, D. 1998).

Le premier producteur est l'Union Européen avec une production de 50 millions de tonnes suivi de l'ex-URSS avec une production de 30 millions de tonnes, le Canada autour de 15 millions de tonnes et les Etats-Unis autour de 8 millions de tonnes (Soltner, D. 1998).

Le principal importateur est l'Arabie saoudite avec 5 millions de tonnes (Soltner, D. 1998). Les autres pays sont la Chine, le Japon les pays de moyen orient et l'Afrique de Nord avec des productions faibles entre 0.5 et 1.5 million de tonnes (Benbrika ,2012).

1.2. En Algérie

La culture de l'orge est pratiquée essentiellement sur les hautes plaines, en Algérie. Les superficies qui lui sont consacrées varient d'une année à l'autre avec une moyenne, sur plus d'un siècle (1901-2005), de 1 million d'hectares, une production moyenne variant de 3 à 16 millions quintaux et une moyenne de rendement grain de 7q ha-1. Parmi les pays du Maghreb, l'Algérie se classe en seconde position après le Maroc, qui produit plus de 16 millions de quintaux, en moyenne par rapport la production mondiale de l'orge varie de 120 à 178 millions de tonnes (Faostat, 2008).

2. ORIGINE ET HISTORIQUE

L'orge est la plus ancienne céréale connue par l'homme. Selon l'étude archéologique effectuée en Syrie et en Iraq, la présence des caryopse d'orge, qui datent environ 10.000 ans avant Jésus-Christ, indique que l'orge était la céréale la plus utilisée pour l'alimentation humaine dans les régions du croissant fertile (Boulal et al, 2007).

La plupart des recherches archéologiques confirment que les origines de l'orge se situent dans les zones du croissant fertile.

La grande diversité des orges connues à ce jour serait la conséquence de son expansion précoce dans les conditions agro-climatiques et des civilisations humaines très variées (Bonjean et Picard., 1990).

La distribution très large des orges cultivées (Europe, Afrique du Nord, Ethiopie, Asie jusqu'à la Corée et au Japon) va de paire avec une diversification morphologique et adaptation très étendue. (Zohary., 1973).

L'orge cultivée (*Hordeum vulgare* L.), de constitution génomique diploïde ($2n=14$), est une espèce dont les origines remontent à celles de l'agriculture elle-même. L'orge à 2 rangs, datant du néolithique, 10000 ans AC, a été découverte dans le croissant fertile, au Moyen Orient. Elle est considérée comme étant les restes les plus anciens de l'orge cultivée. L'orge est issue des formes sauvages de l'espèce *Hordeum spontaneum* que l'on trouve encore aujourd'hui au Moyen Orient. (Rasmusson 1992).

Les études génétiques, incluant les analyses récentes en biologie moléculaire, confirment que l'orge cultivée a évolué à partir de l'espèce *Hordeum spontaneum* L. ($2n = 14$), une orge spontanée possédant un épi à rachis cassant à deux rangs, qui est bien représentée dans différentes régions intra montagneuses ainsi que dans les plaines de l'est de l'Asie, du Croissant Fertile, des Balkans et du nord-est de l'Afrique. (Leonard et Martin, 1973).

Les formes cultivées d'orge à épis à six rangs, issues d'une mutation mendélienne simple, sont dérivées d'orges domestiquées possédant un épi à deux rangs (Leonard et Martin., 1973).

3. CLASSIFICATION BOTANIQUE

Les céréales telles que l'orge sont céréales des plantes annuelles. Elles terminent leurs cycles biologiques pendant une année. L'orge commun ou (*Hordeum vulgare* L.) appartient à la famille des graminées (*Poacées*), la sous-famille des *Festuciodées* et le genre *Hordeum* (Boulal et al., 2007).

Selon Rasmusson (1992) ; la classification de l'orge est basée sur la fertilité des épillets latéraux, la densité de l'épi et la présence ou l'absence des barbes

Les espèces du genre *Hordeum* se divisent en trois groupes (Boulal., 2007) :

- Le groupe hexaploïde à $2n = 42$
- Le groupe tétraploïde à $2n = 28$
- le groupe diploïde à $2n = 14$.

D'après (Leonard et Martin,. 1973 in Benbrika, 2012), la classification de l'orge est comme suite :

- Règne : Végétal.
- Embranchement : Spermaphytes.
- Classe : Monocotylédones .
- Ordre : Gramiealées.
- Famille : Poacées .
- Sous-famille : Festucoidées.
- Genre : *Hordeum*
- Espèce : *Hordeum vulgare*

4. DESCRIPTION BOTANIQUE

4.1. Racines

Le système racinaire assure deux fonction chez la plante de l'orge : L'ancrage dans le sol et son alimentation en eau et éléments minéraux.

Toute céréale dispose, au cours de son développement, de deux systèmes radiculaires successifs : (Boulal et *al.*, 2007).

- Le système de racines primaires ou séminales, fonctionnel de la levée au début du tallage. Ce système est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales, soit 5 racines; éventuellement se développe une sixième racine à partir de l'épiblaste.
- Le système de racines secondaires ou de tallage (ou coronales) apparaissant au moment où la plante émet ses talles. Ce système se substitue alors progressivement au précédent.

4.2. Tige

La partie aérienne de l'orge est composé d'une tige principale appelée le maitre brin et des tiges secondaires appelées les talles qui naissent à la base de la plante. Chaque tige est composé de plusieurs entre-nœuds situé entre la base et le sommet. A la maturité, les tiges sont creuses (Boulal et *al.*, 2007).

4.3. Les feuilles :

Les feuilles sont la source principale des assimilats produit par la photosynthèse et exporté vers les graines ainsi que les autres parties de la plante. Les feuilles sont disposées

de part et d'autre de la tige en position opposées. Chaque feuille prend naissance à l'aisselle d'un nœud.

La feuille de l'orge se compose de quatre parties (Boulal et *al.*, 2007) :

- Le limbe constitue la plus grande partie de la feuille et est parcouru par des nervures parallèles.
- La gaine de chaque feuille s'insère à partir du nœud d'où prend naissance la feuille.
- Les stipules se trouvent à l'intersection entre le limbe et la gaine.
- Les oreillettes de l'orge sont longues embrassent et glabres, la ligule est une mince membrane attachée à la base de limbe.

4.4. Inflorescence (épi)

Chez l'orge le type d'inflorescence se forme d'épi constitué d'un ensemble d'unité appelé les épillets. Chaque épillet est une grappe d'une à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelles (Inferieur et supérieur). La grappe est incluse entre deux bractées, ou glume (inférieur et supérieur). Les fleurs sont rattachées sur le rachillet (rameau partant de l'axe principal de l'inflorescence) et comportent en général chacune typiquement trois étamines et un ovaire à un seul carpelle. Le nombre de fleurs fertiles par épillet varie selon l'espèce. (Boulal.et *al*, 2007).

4.5. Fleur

Les fleurs sont attachées sur le rachillet (rameau partant de l'axe principal de l'inflorescence) et comportent en général chacune typiquement trois étamines et un ovaire à un seul carpelle. (Boulal et *al.*, 2007).

Les étamines (organes reproducteurs mâles) se composent d'anthères renfermant le pollen (gamètes mâles) et les filets, les pistil (organe sexuel femelle) est composé du stigmate et de l'ovaire, le nombre de fleurs fertiles par épillet varie de 1 (cas de l'orge) à 3 ou 4 selon l'espèces (Boulal et *al.*, 2007).

4.6. Graine

La graine de l'orge est de forme allonge, comprend une enveloppe attache ou soudée. Le caryopse est constitué de trois parties : (Boulal.et *al*, 2007).

- Le tégument : il constitué la membrane du caryopse. il est composé du péricarpe et d'une couche à aleurone.

- le germe : situé à l'extérieur de la graine est composé de l'embryon et d'un cotylédon.
- l'albumen : il représente la plus grande partie du caryopse (80à90%), c'est le tissu de réserve de la graine et il est constitué de cellules remplies de grains d'amidon .

5. CYCLE DE DEVELOPPEMENT BIOLOGIQUE

L'orge (*Hordeum vulgare* L.) est une plante annuelle herbacée, effectuant son cycle évolutif en trois grandes périodes (période végétative, période reproductrice et période de maturation). La période végétative constituée de trois phases (phase semi-levé, phase levé-début tallage, phase début de tallage début de montaison), (Soltner,. 2005)

5.1. Période végétative

5.1.1. Phase semis-levée

Elle débute par le passage du grain de l'état de vie ralentie à l'état de vie active au cours de la germination qui se traduit par l'émergence de la radicule et des racines séminales et celle de la coléoptile. Dès que la première feuille a percé la coléoptile, ce dernier s'arrête de croître et se dessèche. La réalisation de cette phase est sous la dépendance de facteurs propres à la semence (faculté et énergie germinatives) et de facteurs extérieurs (température et humidité du sol). Le zéro de germination de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) est de 0°C. (Clément, 1981)

5.1.2. Phase levée-début tallage

La première feuille fonctionnelle s'allonge, puis la deuxième, jusqu'à la quatrième toutes en position alterne. Celles-ci, imbriquées les unes dans les autres, partant toutes d'une zone située auX proche de la surface du sol appelée plateau de tallage, constituée par l'empilement d'un certain nombre entre-nœuds et reliées à la semence par le rhizome. (Clément,. 1981)

5.1.3. Phase début tallage- début montaison

Elle se caractérise par l'entrée en croissance des bourgeons différenciés à l'aisselle de la première feuille, dont le bourgeon donnera le maître brin. Le nombre de talles émises par plante est fonction de l'espèce (l'orge talle beaucoup plus que le blé tendre), de la variété, du climat, de l'alimentation de la plante en azote, de la profondeur de semis (Soltner ; 1990).

5.2. Période reproductrice

Le début de cette phase est marqué par une différenciation de l'ébauche d'épillet sur l'apex (stade A), ce stade marque la transformation du bourgeon végétatif en bourgeon floral. Le stade B est repéré par l'apparition de deux renflements latéraux qui apparaissent sur l'épillet, ce sont les ébauches des glumes. Dès le début de la montaison, on assiste à une différenciation des pièces florales : glumelles (inférieure et supérieure), organes sexuels (étamines et stigmate); et en parallèle, la tige et l'inflorescence s'allongent. Les apex des talles différencient des ébauches d'épillets puis des pièces florales et montent. C'est le tallage épi. Au stade gonflement, l'inflorescence monte en grossissement dans les gaines des différentes feuilles. Ainsi, la gaine de la dernière feuille s'allonge et gonfle. Peu après, l'inflorescence (l'épi) sort de la gaine de la dernière feuille : c'est le stade épiaison. La fécondation et l'anthèse suivent de quelques jours l'épiaison. (Boufenar- Zaghouane et Zaghouane 2006).

5.3. Période de maturation

Au cours de cette dernière période, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substances de réserves. On observe une augmentation du volume et du poids des grains. La phase se termine par le stade laiteux (le grain s'écrase facilement en laissant apparaître un liquide blanchâtre). Ensuite, le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue. La phase se termine par le stade pâteux. Le grain à ce stade s'écrase en formant une pâte. Enfin, le grain devient dur et de couleur jaunâtre. C'est le stade de la maturation physiologique. (Boufenar- Zaghouane et Zaghouane, 2006)

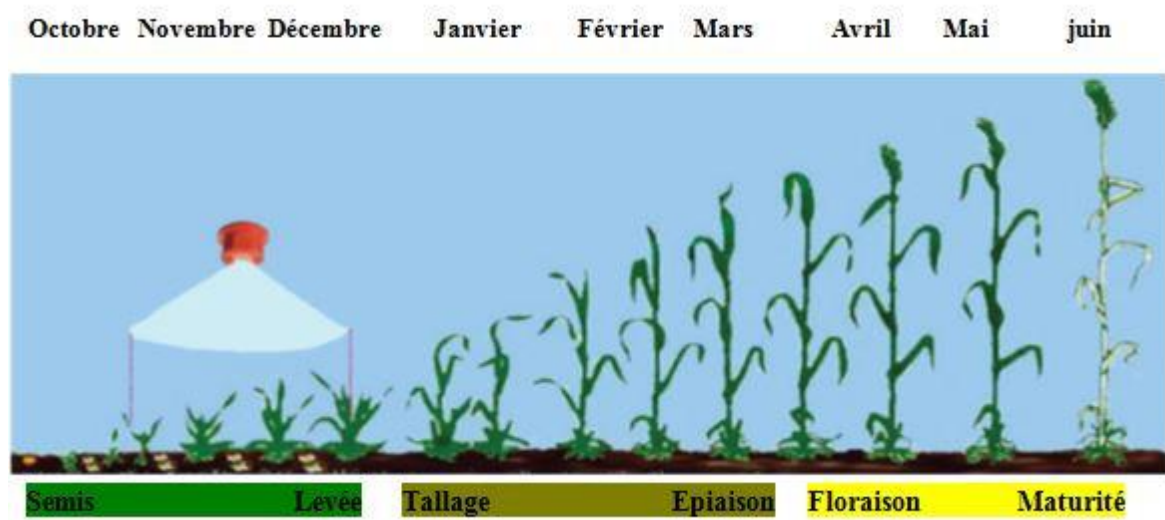


Figure 01. Cycle de développement l'orge *(Boulal et al., 2007).*

CHAPITRE II

L'ORGE HYDROPONIQUE

1. NOTION DE L'HYDROPONIE.

L'hydroponie est une méthode de culture artificielle mais qui reste naturelle, car elle est fondée sur les principes mêmes qui régissent le schéma de la vie tels qu'établis par la nature (William, 2014).

Le mot « hydroponique » vient du grec « hydro » qui signifie « eau », et « ponos » qui signifie « travail ». Le terme « hydroponique », pour résumer, désigne non pas une technologie spécifique mais un ensemble de techniques (William, 2014).

2. HISTOIRE D'HYDROPONIQUE.

Bien qu'il ne s'agisse pas réellement d'hydroponique, l'idée de culture hors-sol naturelle apparaît avec les jardins suspendus de Babylone. Les peuples vivant au bord de lacs de hautes montagnes du Pérou comme le Titicaca, cultivaient leurs potagers à la surface de l'eau. Les Aztèques quant à eux s'établirent dans les marécages proches de la future ville de Mexico et conçurent des sortes de radeaux faits de joncs et de roseaux recouverts d'une couche de limon nommés chinampa sur lesquels les agriculteurs jardinaient ; il est toujours possible de voir de nos jours. Les racines des plantes plongeaient dans l'eau des lacs : sans le savoir, ils étaient les précurseurs d'une espèce d'aquaculture primitive. Les Chinois emploient encore des techniques millénaires de culture sur gravier (CAS, 2016 in Bouaoun I, 2016).

La culture hors-sol que l'on connaît de nos jours est née au XIX siècle en Allemagne. Elle fut découverte dans le cadre de recherches réalisées afin de découvrir de quoi se nourrissaient les plantes. Ce n'est qu'en 1930 que Gericke produisit le premier système hydroponique commercial aux États-Unis. Pendant la Seconde Guerre mondiale, des Américains cultivèrent des légumes hydroponiques dans les îles volcaniques du Pacifique pour assurer l'apport en vitamine nécessaire à la bonne santé de leurs troupes qui y étaient en garnison (CAS, 2016 in Bouaoun I, 2016).

3. L'ORGE HYDROPONIQUE

3.1. Historique.

L'orge hydroponique consiste en la mise en germination de graines de céréales ou légumineuses, jusqu'à la croissance des premières feuilles, dans un milieu contrôlé (lumière, température, humidité), et en conditions hors sol (FAO, 2001).

La technique de production de L'orge hydroponique repose sur une utilisation ancestrale des graines germées (Hübner et Arendt, 2013). Celles-ci sont utilisées depuis des siècles en Asie pour l'alimentation humaine et animale. La germination y est utilisée pour améliorer la composition nutritionnelle des céréales et légumineuses (Chavan *et al*, 1989). En Europe, les fermiers utilisaient les céréales germées dès le 19^e siècle pour alimenter les troupeaux de vaches en hiver. Cette technique est toujours pratiquée en agriculture biologique et en élevage équin.

L'idée de produire du fourrage à partir de graines germées en hydroponie n'est pas récente (Leitch, 1939, cité par Peer et Leeson, 1985). La technique de production de FVH, proprement dite, s'est développée à partir des années 1930, en même temps que se perfectionnaient les techniques de culture hors-sol. Les premiers systèmes commerciaux ont été développés dans les années 1940, en Angleterre, en Allemagne et en Australie. La technique se propage aux USA à partir des années 50.

3.2. Principe de la technique de production de l'orge en hydroponique.

Cette technique, via la mise en germination de céréales en conditions de culture hors-sol, permet la production de biomasse végétale en 7 à 15 jours. Le tapis végétal produit est composé de jeunes plantules et de leurs racines. Cette herbe, jeune, très appétante et nutritive, est donnée telle quelle aux animaux, associée au fourrage classique et à une complémentation adaptée (Miralles-Bruneau, 2015).

3.3. Chambre de culture.

Ce sont des chambres en polyester de fibre de verre, de 3 m de longueur, sur 1,5 m de largeur et 2,5 m de hauteur (4,5 m² d'occupation au sol). Deux parois latérales sont dotées de portes vitrées doubles. Elles sont équipées de 6 étagères de 8 plateaux chacune, soit 48 plateaux de 0,36 m² de surface. Cela correspond à une surface de culture totale de 17,28 m² (Al-Karaki et Al-Hashimi, 2012). (voir l'annexe 01)

La température, l'humidité, la circulation et le renouvellement de l'air à l'intérieur du module sont contrôlés ($18 \pm 1,5$ °C ; 60-100 % H). Le module est éclairé par la lumière

naturelle perçue à travers les portes vitrées, ainsi qu'avec un éclairage artificiel. Celui-ci est effectué à l'aide de lampes fluorescentes de 58 W. La durée d'éclairage est de 12 heures par jour, par cycles de deux heures. La luminosité perçue par les plateaux est variable selon l'heure de la journée et le positionnement du plateau au sein de l'appareil. Elle varie de 0 à 1192 lux, avec une valeur moyenne de $52,28 \pm 6,16$ lux en période d'éclairage naturel, et de $514,74 \pm 33,26$ lux en phase d'éclairage artificiel. La consommation d'électricité journalière de l'appareil est de $9,85 \pm 0,36$ kWh. Le système d'irrigation est entièrement automatisé. L'arbre va consommer en moyenne 251 ± 13 litres d'eau par jour, pour la phase de pré-trempage, l'irrigation et l'entretien de l'appareil.

Ces cabines sont conçues, pour que chaque jour une étagère soit récoltée et semée (8 plateaux, soit une surface de culture de 2,88 m²). Chaque jour, 20 kg de graines d'orge sont mis à tremper pendant une nuit (12 - 18 h) dans un bac de réhydratation, avec 26 litres d'eau. Par la suite, le bac est vidé de son eau et les graines y sont maintenues pendant 24 heures. Après une journée de germination dans le bac, les graines sont « semées » dans les plateaux, à une dose de 2,5 kg de grain sec par plateau (soit une densité de semis de 7 kg / m²). Les plateaux sont inondés une fois par jour, pendant 30 minutes. Au bout de 6 jours de pousse, soit à un stade de 7 jours de germination, les plateaux sont récoltés, et les tapis végétaux, composés des jeunes plantules, de leur graine et racines, sont donnés dans leur intégralité aux animaux. Ces modules, d'après le fabricant, ont une capacité de production de 120 kg de fourrage vert par jour, à 12 % de matière sèche. Ils ont été conçus pour compléter en fourrage 10 vaches ou 10 chevaux ou 100 moutons. Cela correspond à un apport journalier de 1,44 kg MS par vache ou cheval, ou 0,144 kg MS par mouton, soit une couverture de l'ordre de 8 à 10 % des besoins journaliers en fourrage (Al-Karaki et Al-Hashimi, 2012).

3.4. L'importance de l'orge hydroponique.

L'orge hydroponique est utilisé en élevage de petits et grands ruminants, de porcs, de volailles, de lapins et de chevaux. Il est également utilisé dans les ménageries et les zoos. Ce fourrage est donné tel quel aux animaux, associé au fourrage classique, et avec éventuellement une complémentation. Il est apporté en plus du fourrage de base, pour pallier un manque de fourrage saisonnier, pour améliorer la digestibilité et la teneur en vitamines et minéraux de la ration, à des moments stratégiques du cycle de production (mise à la reproduction, mise bas, avant la mise à l'herbe), ou pour répondre à un manque de surface. Il existe peu de documentation sur les quantités de l'orge hydroponique à

apporter quotidiennement au bétail. Les distributeurs préconisent un apport journalier de 2-3 % du poids vif. Pour les bovins, l'apport varie de 8 à 20 kg de matière brute par jour, en fonction du type d'animal et de production (Bony, 2007). Le même auteur préconise de distribuer le FVH une à deux heures après la récolte afin de conserver ses propriétés en vitamines. Les expérimentations sur le L'orge hydroponique en alimentation du bétail ont été faites en complémentarité d'un affouragement classique, souvent pauvre (Fayed, 2011 ;) ou de la pâture (Rodriguez Muela et al, 2005), ou en substitution partielle (Marsico *et al*, 2009 ; Micera *et al*, 2009) ou totale de l'aliment concentré.

L'ajout de l'orge hydroponique à la ration, de par sa qualité fourragère et sa teneur en enzymes et vitamines, améliorerait la productivité des cheptels à travers une accélération du processus d'engraissement, une augmentation de la quantité et de la qualité du lait et une amélioration des performances reproductrices.

On retrouve, dans la littérature, divers arguments, favorables ou non, au développement de cette technique. Les principaux atouts évoqués sont (Romero Valdez *et al*, 2009):

- Une herbe fraîche, de bonne valeur énergétique, à haute valeur protéique, riche en vitamines et minéraux.
- Une production continue (365 jours par an), constante (rendement, qualité), adaptable aux besoins de l'exploitation et indépendante des aléas climatiques (périodes hivernales, cycloniques, de sécheresses).
- Une culture qui consomme très peu d'eau : l'utilisation de cette ressource est optimisée (limitation des pertes par évaporation et ruissellement, apport raisonné au plus près des besoins) et peut être recyclée.
- Une utilisation réduite, voire nulle d'intrants chimiques (engrais, produits phytosanitaires) : cela réduit les coûts de production de la culture et annule les risques environnementaux liés à leur utilisation.
- Une réduction des charges de mécanisation et de la consommation de gazole liés aux travaux des champs (travail du sol, semis, fertilisation, protection phytosanitaire, fauche, fanage, andainage, pressage, transport, stockage).
- Une optimisation de l'utilisation des surfaces agricoles, avec une production qui mobilise de faibles surfaces pour un rendement important.
- Une amélioration de l'état sanitaire des animaux et des performances zootechniques (augmentation de la fécondité des géniteurs, accélération de la croissance, une augmentation de la ponte, de la production de viande et de lait).

- C'est une production qui demande une main d'œuvre et un temps de travail journalier important.
- Les coûts d'investissement et production restent flous, à priori élevés comparativement à une culture fourragère classique.
- C'est une technique qui présente peu d'intérêt dans un contexte où les surfaces fourragères sont suffisantes et dont la production peut encore être optimisée.

Cependant, cette approche alternative de production est simple et rapide. Elle se prête particulièrement bien aux périodes critiques de déficit fourrager, notamment en situation de sécheresse. Elle permet une production intensive toute l'année. Aussi, elle est particulièrement adaptée au contexte de foncier limitant. Si cette production semble peu compétitive à l'heure actuelle, face aux systèmes fourragers conventionnels, elle pourrait répondre, dans les années à venir, à des enjeux agronomiques émergents (aléas climatiques, diminution des ressources, augmentation du coût des intrants, pression foncière) (Miralles-Bruneau, 2015).

PARTIE II

MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES EXPERIMENTALES

1. BUT DE L'ESSAI

L'objectif de cette étude est de faire une comparaison de rendement de deux variétés d'orge conduites en culture hydroponique et une détermination de quelques paramètres chimiques en vue de sélectionner celle qui est plus admise à cette même culture hydroponique.

2. LIEU DE REALISATION DE L'ESSAI.

L'essai a été réalisé au niveau de SARL agro vert système, qui est une société à responsabilité limitée, spécialisé dans la domaine agricole. Elle est situé dans la wilaya de Ghardaïa, Elle est mandataire de la société AL Ghaba international situé en Tunisie.

Cette société renformie un école de formation agricole spécialise dans la domaine de développement agricole qui a comme objectif principal la formation de diplômés en hydroponique et l'aquaponie

3. LIEU D'ANALYSE D'ECHANTILLONS.

L'analyse des différents échantillons a été réalisée au niveau de laboratoire de département des sciences agronomiques de l'université de Amar thelidji de Laghouat.

4. PROTOCOLE EXPERIMENTALE.

4.1. Matériel Végétal :

Le matériel végétal étudié est composé de deux variétés d'orge.

La première variété est locale

La deuxième variété est un hybride qui provient de l'Amérique, elle ne produit pas l'épi au cours de leur développement.

L'essai qui a été réalisé est factoriel. Celui-ci nous a permet de mesurer l'effet propre de chaque facteur ainsi que leur influence réciproque : l'interaction.

Les facteurs introduits volontairement en vue d'en examiner les effets, sont le facteur nutrition minérale et le facteur génotype. Ces deux derniers sont qualitatifs et présentent chacun deux variantes ou niveaux. La combinaison de différentes variantes des deux facteurs étudiés nous a donné 4 traitements de base. Le nombre de répétition est de 4.

L'unité expérimentale est un plateau 32cm X 72cm contenant un kilogramme d'orge.

Le dispositif expérimental qui nous a permis d'étudier les deux facteurs est la randomisation totale.

L'élaboration de plan d'expérience a été résumée comme suit :

- Nombre de facteurs : 2 (Facteur 1 : génotype Facteur 2 : nutrition minérale).
- Nombre de variantes :

Facteur 1 = 2 (V1, V2).

Facteur 2 = 2 (NM1 et NM2).

- Le nombre de traitements de bases: $2 \times 2 = 4$ traitements. (V1/NM1, V1/NM2, V2/NM1, V2/NM2).
 - **S1** : désigne la nutrition minérale eau de robinet
 - **S2** : désigne une solution minérale composée de déchets animaux stérilisés, d'Acide citrique, de bactéries bénéfiques, d'Acide humique, de levure de bière et de mélasse.

4.2. Démarche d'analyse et d'interprétation statistique.

Les résultats d'essai ont été analysés à l'aide d'un logiciel statistique qui est le STAT BOX7.

Le premier test qui nous permet de déterminer les différences entre les moyennes des différents traitements est le test de l'analyse de la variance. Ce test global préalable est indispensable.

La démarche de l'interprétation consiste en premier lieu à examiner l'effet interaction entre les deux facteurs étudiés. S'il est significatif, on ne peut juger globalement l'effet des deux facteurs puisqu'ils ne sont pas indépendants. Il faut considérer séparément les effets simples. Si l'interaction n'est pas significative, on admet qu'elle n'existe pas et l'on étudie séparément chaque facteur comme lors d'un essai simple, en recherchant les différences significatives.

Le seuil de signification retenu est de 5%. Si la probabilité calculée est inférieure à ce seuil, on admet l'existence d'un effet global significatif. Si la probabilité est supérieure ou égale à ce seuil, l'effet est non significatif.

Si les différences qui ont été révélées sont significatives, on complète l'analyse par l'étude de la plus petite différence significative (PPDS). Ce test de PPDS nous a permis de classer les moyennes des différents traitements en groupes homogènes, ainsi ressortir les meilleurs traitements.

4.3. Conduite de la culture

a/ Préparation des cariopse :

Les graines doivent être saines, ne pas comporter de sports cryptogamiques et avoir un taux de germination supérieur à 90%.

Avant la mise en plateaux, un ensemble de traitements doivent être pris et résumés comme suit :

- Les grains sont mis à tremper dans de l'eau de robinet. Les mauvaises graines flottent à la surface de l'eau par contre les bons restent en bas. Puis égoutté dans un bac perforé.
- La désinfection se fait par un détergent, en occurrence l'eau de javel, à une concentration de 12° et à raison de 12ml/litre pendant 10 à 15 minutes pour un kilogramme de semence.
- Se débarrasser de l'eau de désinfecté à l'aide de tamis.
- A l'aide d'un appareil spécifique, faire oxygéner les grains mises dans l'eau pendant 15 heures.
- En suite vider l'eau et laisser en repos les graines pendant 01 heure.
- Traitement des grains par un fongicide bio, en prendre 50g pour chaque un kilogramme (01 kg) d'orge dans un litre d'eau (1L), puis oxygéner de nouveau
- Mettre les grains dans une corbeille à un endroit sombre pendant 48 heures pour initier la formation des racines.
- Etalement dans des plateaux.

Les étapes de la conduite de la culture sont résumées dans la figure 01

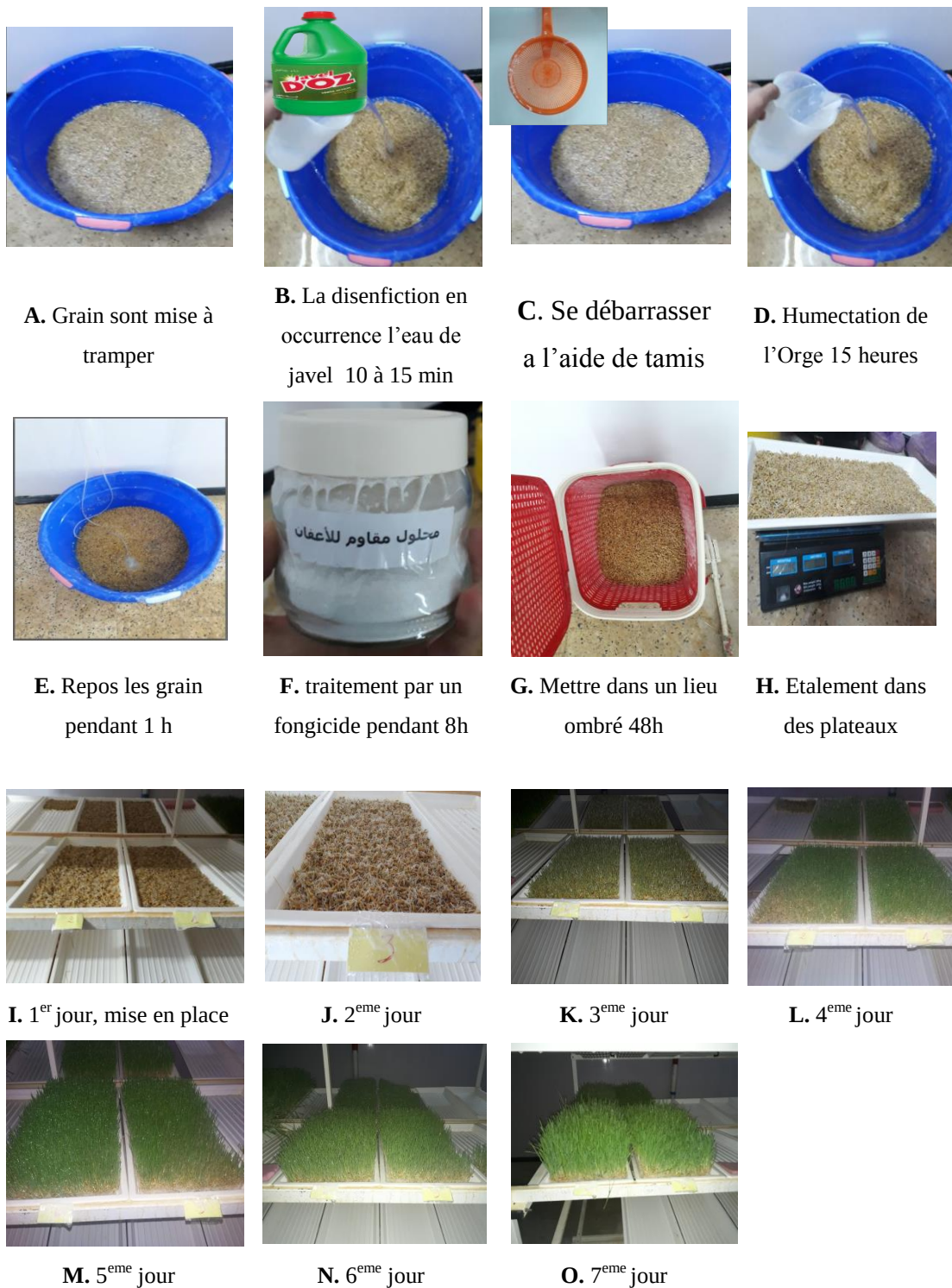


Figure 02 : Etapes de conduite de la culture de l'orge hydroponique

b/ Les conditions de mise en culture.

La mise en culture se fait dans des chambres avec un mur couvert de l'intérieur par une matière isolatrice de l'extérieur, le sol est oblique et construit en céramique

Les conditions de la chambre de culture sont comme suit :

- La température entre 18 et 22°C.
- Le taux d'humidité entre 55 et 65%.

c/ l'irrigation:

L'irrigation se fait automatiquement par une pompe d'eau. L'eau contient une solution nutritive et un fongicide naturelle.

La fréquence de l'irrigation est d'une minute (01 min) chacune 04 heures.

4.4. Méthodes d'études.

4.4.1. Détermination de rendement.

Après 7 jours en culture, le contenu de chaque plateau a été pesé ; nous aurons ainsi le rendement en kg par unité expérimentale.

En suite, nous avons prélevé, d'une façon représentative, un échantillon de 100 g de chaque plateau et mis dans des sachets hermétiques pour des analyses au laboratoire.

4.4.2. Détermination de la teneur en matière sèche (MS).

La teneur en MS est déterminée à partir d'une prise d'essai de 100 grammes à l'étuve à 105°C pendant 24H. La teneur en matière sèche est donnée par la relation suivante:

$$MS (\%) = P_2/P_1 \times 100 \text{ Où :}$$

P₁: Poids de l'échantillon frais en gramme.

P₂ : Poids de l'échantillon après dessiccation en gramme.

4.4.3. Détermination de la teneur en matière minérale (MM).

La matière minérale (MM) représente la partie d'un produit végétal qui reste une fois que la matière organique en a été totalement extraite. Elle est déterminée par calcination de l'échantillon suivant le protocole ci-dessous :

- Placer l'échantillon sec préalablement obtenu dans un four porté à 600°C pendant 5 heures.
- Refroidir et peser l'ensemble de masse MM.

4.4.4. Détermination de la teneur en matière organique (MO).

La différence entre la matière sèche et la masse de cendres (matières minérales) correspond à la masse de matière organique.

Le taux de matière organique dans un échantillon peut donc être donné par la différence : $\% \text{ MO} = 100 - \% \text{ MM}$

4.4.5. Détermination de la teneur en matière azotée totale (MAT).

L'azote total est dosé par la méthode de KJELDAHL, à partir d'une prise d'essai de 2g de matière sèche, cette méthode détermine le contenu azoté des substances organiques et inorganiques.

Cette méthode est réalisée trois principales étapes qui sont la minéralisation, la distillation et la titration. La teneur en matière azotées totale est obtenue en multipliant la teneur en azote total par le coefficient de conversion qui est pour le fourrage 6,25

$$N \text{ (gr)} = X \cdot 0,0007 \cdot Y \cdot Z$$

X= descente de beurette

Y= poids de la prise d'essai = 2g

Z= volume versé au bécher = 50ml

$$\text{MAT} (\%) = N \text{ (gr)} \cdot 5,7$$

PARTIE III

RESULTAT ET DISCUSSION

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

1. RENDEMENT

L'analyse de la variance a révélé une différence non significative entre les moyennes des différents traitements ($\text{prob} < 0,05$: voir annexe 1). Donc l'interaction des facteurs n'est pas significative. Elle n'existe pas ou n'a pu être mise en évidence dans les conditions opératoires. L'hypothèse de son inexistence étant acceptée. Le modèle théorique proposé pourrait être simplifié en supprimant le terme interaction.

L'analyse des deux facteurs principaux séparément a révélé un effet très hautement significatif de facteur solution nutritive

et un effet non significatif de facteur variété (voir annexe 01).

On peut déduire qu'il y a un seul effet. Il est d'ordre environnemental. C'est-à-dire les deux solutions testées présentent des différences pour le rendement (tableau 1).

Tableau 1 : Résultat relatifs au rendement

Facteur 2	Moyennes (kg)	GH	Prob	CV %
S2 (solution nutritive)	5.30	A	0.0010	11.8%
S1 (eau de robinet)	4.09	B		

Le test des NEWMAN-KEULS, nous a permis de classer la solution 2 dans le groupe homogène A, qui a donné un meilleur rendement avec 5.3 kg. Alors que la solution d'eau de robinet a donné un rendement de 4.09 kg classé dans le groupe homogène B

L'allure des courbes montre que la solution nutritive 2 est plus positive sur le rendement.

Un kilogramme de graines d'orge mis à germer, va donner entre 2,31 et 4,89 kilogrammes de fourrage vert kg, au bout de 6 à 10 jours de germination. Soit une valeur moyenne de 4,05 kg (Miralles-Bruneau, 2015).

Les résultats que nous avons obtenus sont similaires et légèrement supérieurs.

Les indicateurs de rendements vont varier selon un ensemble de facteurs et de combinaisons de facteurs de l'environnement et de l'itinéraire technique. Aussi, il a été obtenu des performances différentes, selon l'espèce, la variété, le mode de conduite et le stade de récolte (Miralles-Bruneau, 2015).

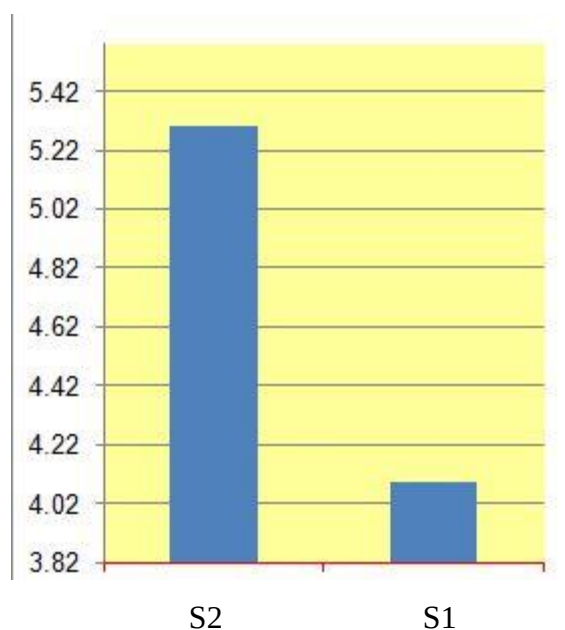


Figure 03. Rendement de l'orge hydroponique (Kg)

2. MATIERE SECHE

Sur les deux variétés d'orge testées, nous avons observé une différence entre les moyennes des différents traitements une différence hautement significative pour leur matière sèche (prob = 0.0020 : voir tableau 2) au seuil de signification de 5 %. Donc l'interaction existe entre les deux facteurs (voir annexe 02).

De même par le biais de l'analyse de la variance, nous avons constaté qu'il existe aussi l'effet des deux facteurs séparément (voir le tableau ci-dessous).

Tableau 2 : Résultat relatifs à la teneur en matière sèche (MS %).

Effet interaction				Effet facteur 1				Effet facteur 2				cv	
Trait	Moy %	GH	Prob	Trait	Moy %	GH	Prob	Trait	Moy %	GH	Prob		
v1s1	07.93	C	0.0020	v1	11.04	A	0.003	S1	07.41	B	0.000	10.11	
v1s2	14.68	A											
v2s1	07.44	C		v2	09.11	B		S2	12.73	A			
v2s2	10.79	B											

Nous avons admet qu'il existe trois effet sur l'expression de paramètre étudié.

L'analyse de l'interaction par le test des NEWMAN-KEULS, nous a permet de classer le traitement v1s2 dans le groupe homogène A avec une meilleure teneur en matière sèche. Alors que les deux traitements v1s1 et v2s1 sont classé dans le même groupe homogène C et ont enregistré une teneur en matière sèche moindre (figure 04).

L'analyse statistique des deux facteurs séparément par le bais de test de la PPDS, nous a permet de classer la variété locale v1 et la solution nutritive s2 dans le groupe homogène A avec une meilleure teneur en MS que la variété dite américaine v2 et la solution d'eau de robinet s1 (figure 04).

Durant le processus de germination, il a été observé une perte de matière sèche de 20,1 à 58,4 % par rapport à ce qui a été semé initialement, soit une valeur moyenne de 35,9 % (Miralles-Bruneau, 2015).

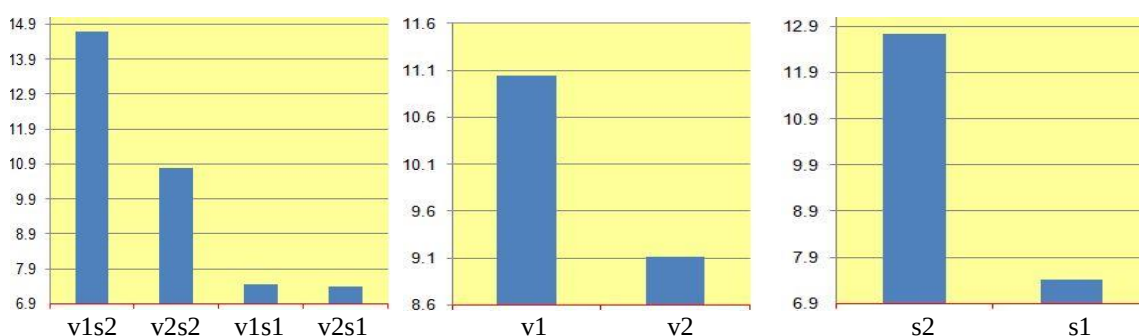


Figure 04 : Teneur en matière sèche (%)

3. MATIERE MINERALE

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative entre les moyennes des différents traitements ($\text{prob} > 0,05$: voir annexe). Donc l'interaction des facteurs est significative.

L'analyse des deux facteurs principaux séparément a révélé un effet très hautement significatif de facteur environnement et un effet non significatif de facteur variété (voir annexe 03).

Le test de NEWMAN-KEULS, nous a permet de classer le traitement v1s1 dans le groupe homogène A, qui a donné une meilleure teneur en MM avec 6.12 %, alors que le traitement v1s2 nous a donné une teneur moindre avec 4.37% classé dans le groupe homogène C (tableau 3).

Par le biais de même test, nous avons remarqué que la solution eau de robinet a donné la teneur en matière minérale la plus élevée avec 5,75 % classée dans le groupe homogène A (Tableau 3).

Tableau 3 : Résultats relatifs à la teneur en matière minérale

Effet interaction				Effet facteur 2				CV
Trait	Moy (%)	GH	Prob	Trait	Moy (%)	GH	Prob	
v1s1	6.12	A	0.000	s1	5.75	A	0.000	6.07
v1s2	4.37	C						
v2s1	5.37	B		s2	4.87	B		
v2s2	5.37	B						

L'allure des courbes montre que la solution nutritive 1 et l'interaction v1s1 est plus positivement sur la teneur en matière minérale (figure 05).

L'orge germée va contenir entre 6,0 et 7,1 % de matière cendre (Miralles-Bruneau, 2015).

Les résultats que nous avons obtenus sont similaires.

La teneur en cendres augmente durant la germination. Cette augmentation est apparente et ne correspond pas à une augmentation de la matière minérale. Elle est liée à la diminution de la matière sèche. Cette évolution va dépendre du temps de trempage et des conditions de germination (Miralles-Bruneau, 2015).

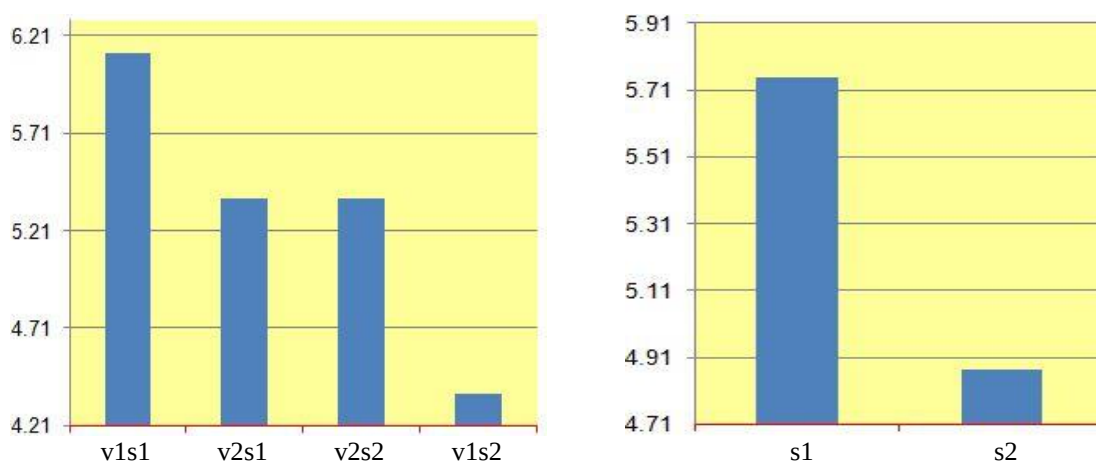


Figure 05 : Teneur en matière minérale (%)

4. MATIERE ORGANIQUE

Les résultats relatifs à la matière organique sont représentés dans le tableau 04 et illustres par l'histogramme figure 06

Tableau 04 : Résultat relatifs à la teneur en matière organique

Effet interaction				Effet facteur 2				Cv
Trait	Moy (%)	GH	Prob	Trait	Moy (%)	GH	Prob	
v1s1	93.87	C	0.0000	s1	94.25	B	0.0000	0.34
v1s2	95.62	A						
v2s1	94.62	B		s2	95.12	A		
v2s2	94.62	B						

L'analyse statistique par le biais de l'analyse de la variance a révélé la présence d'un effet très hautement significatif de interaction des deux facteurs étudiés sur l'expression de paramètre mesuré ? ainsi qu'un effet aussi très hautement significatif de facteur 2 (Voir le tableau 4 et l'annexe 04)

Le test des NEWMAN-KEULS, nous a permis de classer le traitement v1s2 dans le groupe homogène A, qui a donné une teneur élevée en MO avec 95.62 %. Alors que le v1s1 a enregistré une teneur la plus moindre avec 93.87%, classé dans le groupe homogène C.

Cependant, l'analyse statistique par le biais de test de la PPDS de l'effet simple du facteur 2 nous a permis de classer la solution 2 dans le groupe homogène A, avec une teneur en MO de 95.12%. Alors que la solution 1 (eau de robinet) a une teneur en MO de 94.25 classé dans le groupe homogène B.

L'histogramme ci-après montre clairement la performance enregistrée par le traitement v1s2 et la solution nutritive.

L'orge germée va contenir entre 92.9 et 94 % de matière organique (Miralles-Bruneau, 2015).

Les résultats que nous avons obtenu sont similaires.

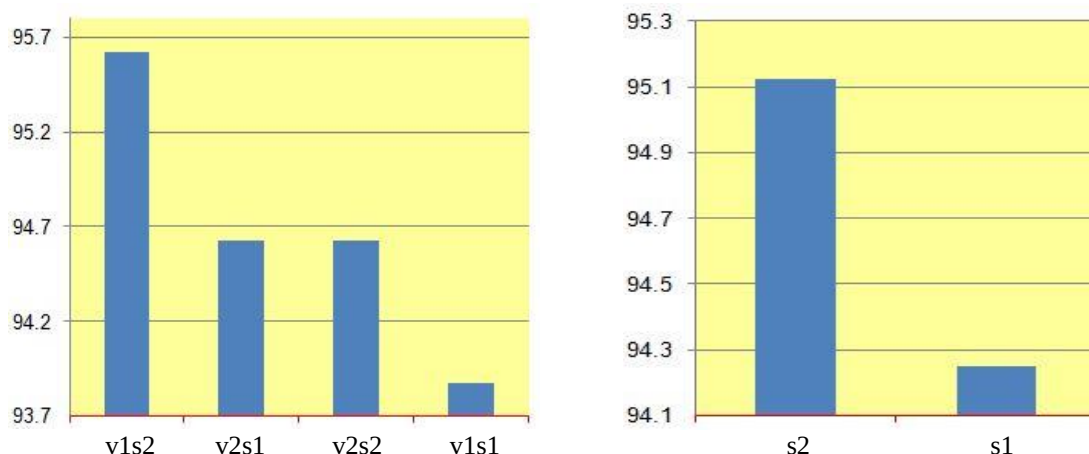


Figure 06. Teneur en matière organique (%)

5. TENEUR EN MATIERE AZOTEE TOTALE

Les résultats relatifs au taux d'azote sont représentés dans le tableau 05 et illustrés par l'histogramme figure 07.

Tableau 05 : Résultats relatifs de taux d'azote

Effet facteur 2				CV %
Trait	Moy (%)	GH	Prob	
s1	8.03	A	0.0010	26.32
s2	4.58	B		

L'analyse statistique par le biais de l'analyse de la variance nous a révélé qu'il existe un seul effet. Il s'agit de l'effet de facteur 2 (voir l'annexe 05)

Le test des NEWMAN-KEULS, nous a permis de classer la solution d'eau de robinet dans le groupe homogène A, qui a donné une teneur élevée en azote avec 8.03%. Alors que la solution nutritive 2 a enregistré une teneur de 4.58% classée dans le groupe homogène B.

L'allure de la courbe montre clairement la performance enregistrée par la solution eau de robinet (figure 07).

L'orge germée va contenir 12.71 % de matière azotée (Demarquilly, 1987).

Les résultats que nous avons obtenus sont similaires et légèrement inférieurs.

L'augmentation de la proportion d'azote soluble traduit la protéolyse des protéines de l'endosperme avec libération d'acides aminés libres dont certains (notamment l'acide

glutamique et la proline) servent de source azotée pour la synthèse des acides aminés de l'embryon (Demarquilly, 1987).

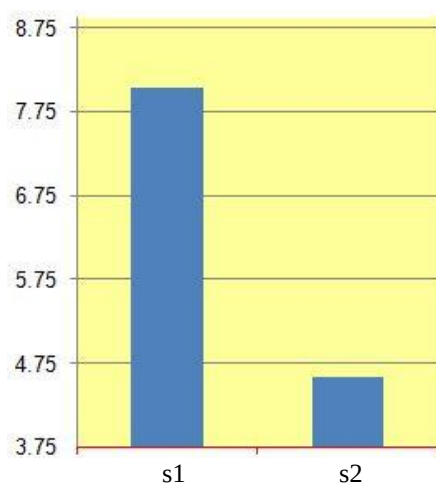


Figure 07 : Teneur en matière azotée (%)

CONCLUSION

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cette étude, nous avons étudié le rendement et quelques paramètres chimiques de deux variétés d'orge sous l'effet de deux solutions nutritives dans le but d'identifier celle qui exprime au mieux le meilleur potentiel en hydroponique.

L'étude indique l'existence d'une grande diversité de réponse aux deux solutions nutritives compliquée par les interactions des deux variétés avec le milieu nutritive.

Parmi les paramètres étudiés, nous avons pu uniquement enregistrer que deux se rapportent à l'aspect nutrition, à savoir le rendement et la teneur en azote totale. Cela s'explique par la présence de l'effet uniquement environnemental (solution nutritive) sur l'expression des deux caractères.

La teneur en matière minérale et en matière organique se rapportent à l'aspect milieu et interaction variété x milieu. C'est-à-dire qu'il y a la présence d'un effet milieu et interaction sur l'expression des deux caractères.

Le paramètre restant, en occurrence la teneur en matière sèche, se rapportent aux trois aspects (milieu, génotype et interaction génotype-milieu). Donc, l'expression de la teneur en matière sèche est sous l'effet de trois facteurs.

La variété locale appelé orge arabe a enregistrée des valeurs élevées à celle de l'autre variété dite orge américain pour l'ensemble des paramètres étudiés.

La solution eau de robinet semble défavorable pour un bon rendement des deux variétés testées.

D'un point de vue Agronomique, la technique de production de fourrage hydroponique est viable. Elle permet d'intensifier la production et de produire un fourrage en quantité et qualité définies, connues et constantes. Cela peut représenter un levier éventuel pour sécuriser la production de biomasse et améliorer la qualité du fourrage proposé aux animaux. Il reste cependant à approfondir la connaissance technique de cette production, afin de pouvoir améliorer et optimiser les rendements, la qualité du produit, le travail journalier et le coût de production associé. Pour cela, il est nécessaire de mettre en œuvre un programme expérimental approfondi pour évaluer les systèmes de production existants, les espèces et mélanges pouvant être utilisés et les itinéraires techniques les plus adaptés. Ce sont les prés requis nécessaires pour pouvoir proposer un conseil et un suivi adapté des élevages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Abbas K., Abdelguerfi A. 2008.** Evaluation of a regenerated natural meadow in a semi - arid area of Algeria. *Option méditerranéennes A.* 79 : 179-185p.
- **Al-Karaki G.N., Al-Hashimi M. 2012.** Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. *ISRN Agronomy*, Volume 2012:1-5p.
- **Benbrika F. 2012** la culture de l'orge *Hordeum vulgare* et son exploitation dans la wilaya de Laghouat, université de Laghouat 14p, 15p.
- **Bonjean A., et Picard E. 1990.** Les céréales à paille : Origine, histoire, économie et sélection. *Ed. Soft Word groupe ITM.* 310p.
- **Bony L. 2007.** Teneurs en ions forts des fourrages tropicaux à la Réunion et calcul de leur bilan alimentaire «cations anions» et de leur bilan électrolytique alimentaire. Rapport Cirad-KAPPA n° 2007-003.
- **Bouaoun I. 2016.** Etude de la contribution des paramètres de milieu, physico-chimique, et agro-morphologiques dans la réponse productive chez l'orge germé au niveau de la coopérative des céréales et de Légumes Secs. Du diplôme de Brevet De Technicien Supérieur (BTS). Institut national specialise de la formation professionnelle " chahid el hadi omrani"
- **Boufenar-Zaghouane F., Zaghouane O. 2006.** les grandes céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). *ITGC d'Alger*, (17eme édition. 152p.
- **Boulal H. Zagouane O., El murd Mohamed R. 2007.** guide pratique de la condition des cereales d'automne (blé et o'rge) (alger , Tunisie Maroc) 39p, 38p, 36p et 19 p jusqu'à 280p.
- **Bouzerzour H., Dekhili M. 1995.** Heritability, gain from selection and genetic correlation for yield of barley grown in two contrasting environments. *Field Crops Res.*, 41:173-178p.
- **Bouzerzour H., Djekoun A., Benmahammed A., Hassous KL. 1998.** Contribution de la biomasse aérienne, de l'indice de récolte et de la précocité à l'épiaison au rendement grain de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zone d'altitude. *Cahiers de l'Agriculture*, 8:133-137p.
- **Chavan J.K., Kadam S.S. 1989.** Nutritiobal improvement of cereals by sprouting. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28:8, 401:437p.

- **Clement G. M., Prats J. 1981.** Les céréales. Collection d'enseignement agricole. Ed. Bailliagère et Cob. Paris, France. 351p.
- **Demarquilly C. 1987.** Valeur nutritive de l'orge germée. Bull. techn. CNRZ, Theix, INRA, 68 : 19-23p.
- **FAO. 2001,** Manual technico Forraje verde hidroponico, 56p.
- **Faostat. 2008.** Statistical database of the food and agriculture organization of the United Nations.
- **Fayed A.M. 2011.** Comparative Study and Feed Evaluation of Sprouted Barley Grains on Rice Straw Versus *Tamarix mannifera* on Performance of Growing Barki Lambs in Sinai. Journal of American Science, 7: 954-961p.
- **Garcia Carrillo M., Salas Perez L., Esparza Rivera J. R., Preciado Rangek P., Romero Paredes J. 2013.** Produccion y calidad fisicoquimica de leche de cabras suplementadas con forraje verde hidroponico de mais, Agronomia mesoamericana, 24 :1, 169-176p.
<http://www.cas.tn/fr/actualites/131-national/3089-centre-daffaires-de-sfax.html>
- **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, 853-861p.
- **Kadi Z. 2012.** Sélection de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) pour la tolérance aux stress abiotiques. Doctorat en Sciences. Université Ferhat Abbas Sétif Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
- **Leitch I. 1939.** Sprouted fodder germinated grain in stock feeding. Technical communication, 11: 3-63p.
- **Leonard, W. H.; Martin, J. H. 1973.** Cereal Crops. The MacMillan Company, New York. Orge: pp. 478-543; Avoine, pp. 544-603.
- **Martin M., Busconi L. 2000.** Membrane localization of a rice calcium-dependent protein kinase (CDPK) is mediated by myristoylation and palmitoylation. *Plant J.*, **24**: 429–435p.
- **Micera E., Ragni M., Minuti F., Rubino G., Marsio G., Zarrilli A. 2009.** Improvement of sheep welfare and milk production fed on diet containing hydroponically germinating seeds, Proc. 18th Nat. Congr. ASPA , Palermo, Italy, Ital. J. Anim. Sci., 8:2, 634-636p.

- **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 - Sicarévia. 84p
- **Peer D.J., Leeson S. 1985.** Feeding value of hydroponically sprouted barley for poultry and pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 13: 183-190p.
- **Peer J. Leeson S. 1985.** Nutrient content of hydroponically sprouted barley, *Animal Feed Science and Technology*, 13, 191-202p.
- **Rasmusson DC. 1992.** Barley breeding at present and in the future. *In Munck L (ed.): Barley Genetics VI, vol. II., Munksgaard Int. Publ. Ltd., Copenhagen.* 865-877p.
- **Rodriguez Muela C., Rodriguez H.E., Ruiz O., Flores A., Grado J.A., Arzola C. 2005.** Use of green fodder produced in hydroponics systems as supplement for salsers lactating cows during the dry season, *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, 56, 271-274p.
- **Romero Valdez M.E. Cordova Duarte G. Hernandez Gallardo E. O. 2009,** Produccion de Forraje Verde Hidroponico y su Aceptacion en Ganado Lechero, *Acta Universitaria, Universidad de Guanajuato*, 19 : 2. 11 :19
- **Soltner D. (1998).** Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles. 19^{ème} édition 464p
- **Soltner D. 1990.** Les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées, prairies. Sciences et Technique Agricoles. France, 464p.
- **Soltner D. 2005.** Les grandes productions végétales. 20^{ème} Edition. Collection science et techniques agricoles
- **William F. 2014.** L'hydroponique pour tous, tout sur l'horticulture à la maison – HydroScope, 357p
- **Zohary D. 1973.** Geobotanical foundations of the Middle East: Vol.1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Germany 32.

ANNEXE

ANNEXES

ANNEXE 01. Tableau d'analyse de la variance du paramètre de rendement.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	9.594	15	0.640		
Var.FACTEUR 1	0.002	1	0.002	0.006	0.935
Var.FACTEUR 2	5.806	1	5.806	18.832	0.001
Var.INTER F1*2	0.087	1	0.087	0.281	0.611
VAR.RESIDUELLE 1	3.699	12	0.308		

ANNEXE 02. Tableau d'analyse de la variance du paramètre de la matière sèche.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	155.988	15	10.399		
Var.FACTEUR 1	14.823	1	14.823	14.262	0.003
Var.FACTEUR 2	113.210	1	113.210	108.928	0.000
Var.INTER F1*2	15.484	1	15.484	14.899	0.002
VAR.RESIDUELLE 1	12.472	12	1.039		

ANNEXE 03. Tableau d'analyse de la variance du paramètre de la matière minéral.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	7.438	15	0.496		
Var.FACTEUR 1	0.062	1	0.062	0.600	0.459
Var.FACTEUR 2	3.063	1	3.063	29.400	0.000
Var.INTER F1*2	3.063	1	3.063	29.400	0.000
VAR.RESIDUELLE 1	1.250	12	0.104		

ANNEXE 04. Tableau d'analyse de la variance du paramètre de la matière organique

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	7.438	15	0.496		
Var.FACTEUR 1	0.062	1	0.062	0.600	0.459
Var.FACTEUR 2	3.063	1	3.063	29.400	0.000
Var.INTER F1*2	3.063	1	3.063	29.400	0.000
VAR.RESIDUELLE 1	1.250	12	0.104		

ANNEXE 05. Tableau d'analyse de la variance du paramètre de taux d'azote.

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	82.870	15	5.525		
Var.FACTEUR 1	0.008	1	0.008	0.003	0.958
Var.FACTEUR 2	47.576	1	47.576	17.253	0.001
Var.INTER F1*2	2.198	1	2.198	0.797	0.393
VAR.RESIDUELLE 1	33.089	12	2.757		