

# République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid  
Ibn Badis- Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présentés par

**Benfadel Yamina**

**Mekouar Maroua**

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

**Spécialité :**

**Amélioration des Productions végétales**

**THÈME**

**CONTRIBUTION A L'ANALYSE DE LA VALEUR  
ALIMENTAIRE DE L'ORGE HYDROPONIQUE SAIDA R1**

Soutenu publiquement le 07 /07 / 2019

DEVANT LE JURY

**Président :** GHELAMALLAH Amine

**Examineur :** DEBBA Med Bachir

**Encadreur:** HAMZA Lahouaria

**MCA U. Mostaganem**

**PROF U. Mostaganem**

**MCB U. Mostaganem**

Année universitaire : 2018/2019

## **Remerciements :**

Avant tout, nous remercions notre Dieu tout Puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donnée durant toutes ces années d'études.

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidée lors de la rédaction de ce mémoire.

Nous voudrions dans un premier temps remercier, notre directeur de mémoire Mme. Hamza Lahouaria, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous adressons mes sincères remerciements à tous les professeurs de l'Université Abd El Hamid Ibn Badis, qui ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes études.

Nous adressons nos plus vifs remerciements au président de jury Mr. Ghelamallah Amine qui a accepté d'évaluer ce modeste travail.

Mes sincères remerciements pour monsieur Mr. Debba Med Bachir qui m'a fait l'honneur d'examiner ce travail

Nous remercions également toutes les gens de la bibliothèque et les techniciens de laboratoire pédologie et laboratoire in vitro et chimie et biochimie, de l'université et les intervenants professionnels responsables de notre formation, pour avoir assuré la partie pratique de celle-ci.

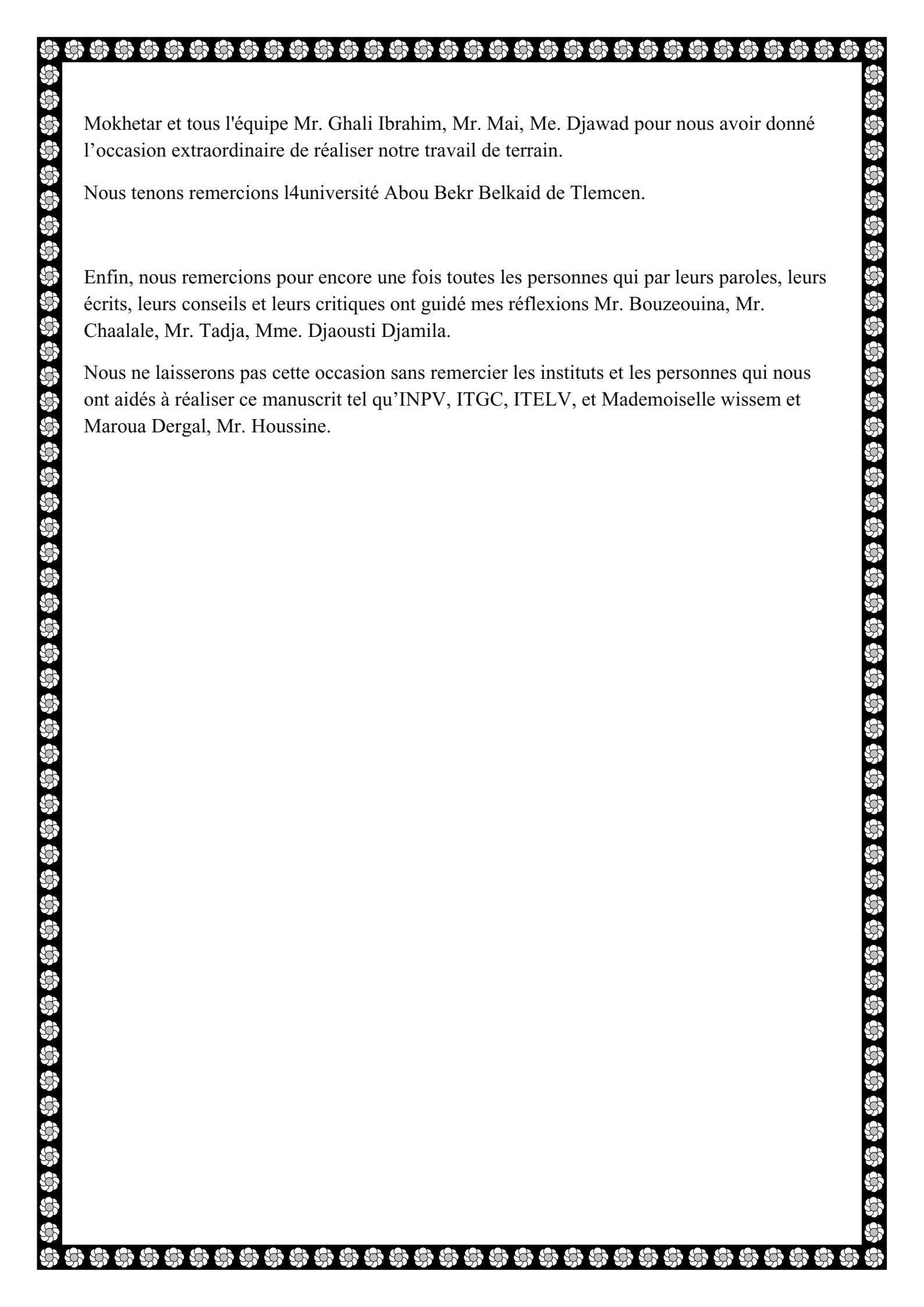
Nous tenons à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire :

Mr. Saouane Abd El Kader qui nous a beaucoup appris sur les techniques de travail dans laboratoire.

Mr. Bellebena Sidahmed qui nous a fourni les outils nécessaires à la réussite les meilleurs résultats.

Un grand merci également à Mademoiselle Rachida pour partager ses connaissances et expériences dans ce travail.

Nos remerciements vont à tous les responsables que nous avons contactés durant nos stages au sein de SPA Mosta Boustane auprès desquelles nous avons trouvé l'accueil chaleureux, l'aide et l'assistance dont nous avons besoin, en particulier Mr Mouafki Khaled et Bendjama



Mokhetar et tous l'équipe Mr. Ghali Ibrahim, Mr. Mai, Me. Djawad pour nous avoir donné l'occasion extraordinaire de réaliser notre travail de terrain.

Nous tenons remercions l'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen.

Enfin, nous remercions pour encore une fois toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions Mr. Bouzeouina, Mr. Chaalale, Mr. Tadjia, Mme. Djaousti Djamila.

Nous ne laisserons pas cette occasion sans remercier les instituts et les personnes qui nous ont aidés à réaliser ce manuscrit tel qu'INPV, ITGC, ITELV, et Mademoiselle wissem et Maroua Dergal, Mr. Houssine.

*Je dédicace cette mémoire à*

♥ *Mes très chers parents, Mehdi et Soumia, qui ont toujours été là pour moi ET pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,*

♥ *Mes chères sœurs Coquette, Nawel, Hadjer, pour leurs encouragements permanents, ET leur soutien moral,*

♥ *Mon frère et mon bras droit Mohamed Miloud pour son appui et encouragement*

♥ *Les enfants de mes sœurs qui ont fait le sourire sur mon visage*

♥ *Toute ma famille pour leur soutien tout au long de Mon parcours universitaire*

♥ *Mes voisins sur leurs soutiens*

♥ *Enfin, je remercie mes amis qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

♥♥♥ *Benfadel Yamina* ♥♥♥

*Je dédicace cette mémoire à*

♥ *Mes très chers parents, Kouider et Zoulikha, qui ont toujours été là pour moi ET  
pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long  
de mes études,*

♥ *Mes chères sœurs Amina, Houta, Karima, pour leurs encouragements permanents,  
ET leur soutien moral,*

♥ *Mon frère et mon bras droit Med Fouadi pour son appui et encouragement*

♥ *Mon neveu Abdel Samed qui a fait le sourire sur mon visage*

♥ *Toute ma famille pour leur soutien tout au long de Mon parcours universitaire*

♥ *Mes voisins sur leurs soutiens*

♥ *Enfin, je remercie mes amis qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien  
inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

♥♥♥ *Meqouar Meroua* ♥♥♥

## Résumé

Notre travail a pour objectif de vérifier si la production du fourrage vert par hydroponie peut être une parmi les alternatives qui peuvent être adoptées pour combler ce déficit.

L'Orge hydroponique présente beaucoup d'avantages vus de son excellente qualité, un fourrage frais, régulier, nutritif, riche en vitamines et enzymes en été comme en hiver, ce qui améliore la digestion, il assure aussi une réduction des coûts alimentaires et des factures vétérinaires.

Les résultats de notre travail montrent que l'utilisation des fertilisants en culture hydroponique permet l'amélioration de la croissance et la qualité alimentaire d'Orge SaidaR1.

L'étude de la croissance et une analyse chimique de la culture d'Orge hydroponique variété Saida R1a montré un bon développement de la plante feuilles et racines sous traitement de fertilisant et une bonne valeur alimentaire d'Orge hydroponique sous traitement de fertilisant liquide MAGIC 12-52-12.

L'analyse chimique d'Orge hydroponique Saida R1 montre que le traitement T1 à base de fertilisant MAGIC 12-52-12 a marquée des teneurs plus élevés en matière sèche 10,78 % et en matière minérale avec 4,3%, la teneur en cellulose brute avec 22%, la teneur en chlorophylle totale 4,93 mg/g MF, et la teneur en sucre totaux avec 24,88 µg/100mg MS.

Le traitement à base de fertilisant MAGIC 12-52-12 a donné les meilleurs résultats en ce qui concerne la plupart des éléments chimiques analysés.

Par contre le traitement T2 à base de fertilisant MAP 12-61-0 marque des teneurs élevées en matière organique avec 95,8 %, en azote total 18,76% et un tau de protéine brute de 14,66 %.

**Mots clés :** Orge- hydroponie- fourrage- fertilisant- croissance -analyse chimique

## Summary

Our work aims to verify whether the production of green fodder by hydroponics can be one of the alternatives that can be adopted to fill this gap.

The hydroponic Barley has many advantages seen from its excellent quality, a fresh, regular, nutritious, and rich in vitamins and enzymes in both summer and winter, which improves digestion; it also ensures a reduction in food costs and costs veterinary bills.

The results of our work show that the use of fertilizer in hydroponics allows the improvement of the growth and food quality of SaidaR1 Barley.

The study of the growth and chemical analysis of the hydroponic Barley cultivation variety Said R1 showed a good development of the plant leaves and roots under fertilizer treatment and a good nutritional value of the hydroponic Barley under liquid fertilizer treatment MAGIC 12-52-12.

The chemical analysis of the Said R1 hydroponic Barley shows that the MAGIC fertilizer T1 treatment 12-52-12 showed higher levels of dry matter 10.78% and mineral matter with 4.3%, the crude fiber content with 22%, the total chlorophyll content 4.93 mg / g MF, and the total sugar content with 24.88 µg / 100mg MS.

The MAGIC fertilizer treatment 12-52-12 gave the best results for most of the chemical elements analyzed.

On the other hand, the T2 fertilizer treatment MAP 12-61-0 marks high levels of organic matter with 95.8%, total nitrogen 18.76% and a crude protein content of 14.66%.

**Key words:** Barley - hydroponics - forage - fertilizer - growth - chemical analysis

## الملخص

يهدف عملنا للتحقق مما إذا كان إنتاج الأعلاف الخضراء بواسطة الزراعة المائية يمكن أن يكون أحد البدائل التي يمكن اعتمادها لسد هذه الثغرة.

يتمتع الشعير المائي بالعديد من المزايا التي تراها من جودته الممتازة، وهو طازج ومنتظم ومغذي وغني بالفيتامينات والإنزيمات في كل من الصيف والشتاء، مما يحسن عملية الهضم، كما أنه يضمن أيضاً انخفاض في أسعار الغذاء و الفواتير البيطرية.

تظهر نتائج عملنا أن استخدام الأسمدة في الزراعة المائية يسمح بتحسين نمو وجودة الشعير SaidaR1 تطوراً جيداً للأوراق والجذور Saida R1 أظهرت دراسة النمو وتحليل الكيمياء لزراعة أصناف الشعير المائية MAGIC12-52-1 النباتية تحت معالجة الأسمدة وقيمة غذائية جيدة للشعير المائي تحت معالجة الأسمدة السائلة يوضح التحليل الكيميائي للشعير المائي Saida R1 أن المعالجة T1 المستندة إلى الأسمدة -MAGIC 12-52-12 لديها مستويات أعلى من المادة الجافة 10,87 % ، والمحتوى المعدني بنسبة 4.3 % ، السليلوز الخام 22 % ، ومحتوى الكلوروفيل الكلي 4.93 مغ/غم ط ، ومحتوى السكر الكلي مع 24.88 ميكروغرام / 100 ملغ م ج. أعطت معالجة الأسمدة MAGIC 12-52-12 أفضل النتائج لمعظم العناصر الكيميائية التي تم تحليلها. من ناحية أخرى ، فإن معالجة الأسمدة T2 MAP 12-61-0 تظهر مستويات عالية من المواد العضوية بنسبة 95.8 % ، والنيتروجين الكلي 18.76 % ومحتوى البروتين الخام من 14.66 %.

**الكلمات المفتاحية:** الشعير - الزراعة المائية - الأعلاف - الأسمدة - النمو - التحليل الكيميائي

## **Liste des abréviations :**

**µg** : microgramme.

**AOAC** : Association des chimistes agricoles officiels.

**CaCl<sub>2</sub>** : chlorure de calcium.

**CB** : cellulose brute.

**Chl T** : Chlorophylle totaux.

**Cm** : Centimètre.

**CO<sub>2</sub>** : dioxyde de Carbone.

**CT** : cellulose brute.

**D.O** : densité optique.

**EE** : Extrait Ethéré

**Fig** : figure.

**F.V.H** : fourrage vert hydroponique.

**INPV** : Institut National de la Protection des Végétaux.

**ITELV** : INSTITUT TECHNIQUE DES ELVAGES.

**g** : gramme.

**H** : humidité.

**H<sub>2</sub>So<sub>4</sub>** : acide sulfurique.

**ha** : hectare.

**Hydro** : hydraulique.

**K** : potassium.

**KCl** : chlorure de potassium.

**Kg** : kilogramme.

**L** : litre.

**MAT** : matière azoté totale.

**MF** : matière fraîche.

**mg** : milligramme.

**ml** : millilitre.

**mm** : millimètre.

**MM** : matière minérale.

**MO** : matière organique.

**MS** : matière sèche.

**N**: azote.

**N°**: numero.

**Na<sub>2</sub>So<sub>4</sub>**: sulfate de sodium.

**Na Cl** : chlorure de sodium.

**Noah** : hydroxyde de sodium.

**NDF** : azote digestible fourragère.

**nm** : nanomètre.

**P** : phosphore.

**PB** : protéine brute.

**Ph** : potentiel hydrogène.

**RF** : rapport foliaire.

**ST** : sucre totaux.

**T** : température.

**Tab** : tableau.

**UF** : unité fourragère.

**W** : watt.

**Liste des figures :**

**Figure N°1** Caractéristiques de l'épi d'Orge

**Figure N°2** Taxonomie de l'Orge

**Figure N°3** Protocole expérimentale

**Figure N°4** Longueur des tiges et des racines cm chez l'Orge hydroponique Saida R1

**Figure N°5** Teneur en matière sèche (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1

**Figure N°6** Teneur en matière minérale (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1

**Figure N°7** Teneur en matière organique (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1

**Figure N°8** Teneur en cellulose brute (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1

**Figure N°9** Teneur en matière grasse (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1

**Figure N°10** Teneur en azote total (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1

**Figure N°11** Teneur en protéine brute (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1

**Figure N°12** Teneur en sucre totaux ( $\mu\text{g} / 100 \text{ mg MS}$ ) chez l'Orge hydroponique Saida R1

**Figure N°13** Teneurs en chlorophylle totaux ( $\text{mg/g MF}$ ) chez l'Orge hydroponique variété Saida R1

**Liste des photos :**

**Photo N°1** Caractéristiques de l'épi d'Orge

**Photo N°2** Fusariose (*Fusarium roseum*) des semences d'Orge

**Photo N°3** Fusariose (*Microdochium nivale*) des semences d'Orge

**Photo N°4** Charbon sur les semences d'Orge

**Photo N°5** Helminthosporiose (*Gramineum*) sur la feuille d'Orge

**Photo N°6** Rhynchosporiose des feuilles

**Photo N°7** Rouille naine des feuilles

**Photo N°8** Oïdium des feuilles

**Photo N°9** Pucerons des feuilles

**Photo N°10** Les oiseaux ravages les céréales

**Photos N°11** Jardine suspendus de Babylone

**Photo N°12** Situations locales de la zone (source Google Earth 2019)

**Photo N°13** La chambre de culture

**Photo N°14** Le poids sec d'Orge

**Photo N°15** Vidange des graines

**Photo N°16** Égouttement des graines dans le chariot

**Photo N°17** Dépôt des graines sur le plateau

**Photo N°18** L'arrosage de culture

**Photo N°19** Récolte du fourrage

**Photo N°20** Extracteur analyseur

**Photo N°21** Extracteur de l'apparait de Soxhlet

**Photo N°22** Distillateur semi automatique Kjeldahl

**Photo N°23** Spectrophotomètre

**Liste des tableaux :**

**Tableau N°1** Principaux pays producteurs de l'Orge grain dans le monde pour la campagne 2005/2006.

**Tableau N°2** Evolution et de la superficie production de l'Orge en Algérie

**Tableau N°3** Variété d'Orge cultivées en Algérie

**Tableau N°4** Résumé de la composition chimique d'Orge hydroponique

**Tableau N°5** Morphologie de feuilles d'Orge hydroponique variété Saida R1

**Tableau N°6** Analyse de la valeur alimentaire d'Orge hydroponique Saida R1

**Tableau N°7** Morphologie d'Orge hydroponique Saida R1

## **Sommaire**

Introduction.....	1
-------------------	---

### **Chapitre I recherche bibliographie**

1.1. Les fourrages .....	3
1.2. L'Orge .....	3
1.2.1. Principales variétés d'Orge cultivées en Algérie.....	6
1.2.2. Aspect botanique .....	6
1.2.3. Systématique.....	7
1.2.4. Caractères morphologiques .....	8
1.2.4.1. Appareil aérien .....	8
1.2.4.2. Appareil reproducteur .....	9
1.2.4.3. Appareil racinaire .....	10
1.2.5. Exigences écologique .....	10
1.2.6. Cycle de développement.....	11
1.2.7. Germination .....	11
1.2.8. L'intérêt de l'Orge .....	12
1.2.8.1. L'intérêt agronomique.....	12
1.2.8.2. L'intérêt fourrager.....	12
1.2.8.3. L'intérêt économique .....	13
1.2.9. Les maladies et les ravageurs d'Orge .....	13
1.3. La culture hydroponique .....	17
1.3.1. Histoire .....	18
1.3.2. Conditions de la culture .....	19
1.3.3. La fertilisation.....	20
1.3.3.1. Ferti-irrigation .....	20
1.3.4. Valeur nutritive des fourrages hydroponique .....	21
1.5. Les avantages et les inconvénients des fourrages vert hydroponiques.....	22
1.5.1 Les avantages.....	22
1.5.2. Les inconvénients .....	22

## **Chapitre II matériels et méthodes**

L'objectif.....	24
2.1. Matériels.....	24
2.1.1. Le matériel végétal .....	24
2.1.2. Choix d'engrais.....	25
2.1.3. Présentation de l'unité de production .....	26
2.1.4. Protocole expérimentale .....	26
2.2. Méthodes .....	28
2.2.1. Mise en place de l'expérimentation.....	28
2.2.2. La chambre de culture .....	28
2.2.3. Description du processus de production.....	29
2.3. Pratique de l'analyse fourragère.....	33
2.3.1. Les analyses effectuées .....	33

## **Chapitre III résultats et discussion**

3. Résultats et discussion.....	39
3.1. Morphologie d'Orge hydroponique Saida R1 .....	39
3.1.1. Longueur des tiges et des racines (cm) .....	39
3.1.2. Morphologie des feuilles d'Orge hydroponique Saida R1 .....	39
3.2. Analyse des valeurs alimentaires d'Orge hydroponique Saida R1 .....	40
3.2.1. Teneur en matière sèche (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1 .....	40
3.2.2. Teneur en matière minérale (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1 .....	40
3.2.3. Teneur en matière organique (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1 .....	41
3.2.4. Teneur en cellulose brute (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1.....	42
3.2.5. Teneur en matière grasse (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1 .....	43
3.2.6. Teneurs en azote total (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1 .....	43
3.2.7. Teneurs en protéine brute (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1 .....	44
3.2.8. Teneur en sucre totaux ( $\mu\text{g} / 100 \text{ mg MS}$ ) chez l'Orge hydroponique Saida R1 .....	45
3.2.9. Teneurs en chlorophylle totaux ( $\text{mg/g MF}$ ) chez l'Orge hydroponique variété Saida R1.....	46
Discussion .....	48

Conclusion.....52

Les références

Annexe

## Introduction

L'agriculture et l'élevage sont classés parmi les priorités du pays algérien afin de diversifier son économie, la surface agricole utile ne représente que 3,6 % de la surface totale de l'Algérie (**Belgat S, 2016**). Le secteur agricole algérien souffre d'une faible productivité grâce aux plusieurs facteurs défavorables tels que (les menaces liées à la variabilité climatique, la faiblesse des investissements, des dégradations des terres et les pressions anthropiques). Cependant le secteur de l'élevage occupe une place non négligeable, plus précisément l'élevage ovin et bovin (**Bassiriki Ouattara, 2017**).

La culture hydroponique répond partiellement à cette problématique immense qui permet de faire pousser la plantule et ses racines dans l'eau dans un environnement contrôlable. Elles représentent actuellement une mutation technique importante sur les exploitations permettant de mieux s'adapter aux données économiques du marché en optimisant un maximum de facteurs (**Sedki et Mimouni, 1995**).

Dans les dernières décennies l'Orge hydroponique à encourager au profit du système d'exploitation à un niveau supérieur d'intrants qui rivalisent petite à petit avec le temps pour couvrir certains besoins en fourrage vert et sec dans ces pays (**Al-Karaki, 2011**).

L'Orge hydroponique ou bien le fourrage vert hydroponique se présente ainsi comme un système de productions laitières durable dans le temps (**Naik et al, 2012**), qui est favorisé d'une part du côté de la production d'un fourrage de qualité tout au long d'année et d'un autre côté par la capacité de maximiser les performances individuelles des vaches laitières (**Heins et Paulson, 2016**).

La culture hors-sol ou l'hydroponie 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 (**Anonyme, 2001**).

Elle d'accélérer le processus de maturation grâce à un rythme nyctéméral plus rapide (**Habbas Mahdjouba, 2018**). La germination est une technique simple pour faire germer les graines afin d'améliorer leur valeur nutritive (**Amal et al, 2007**).

La principale raison citée est la recherche d'alternatives à des problématiques de déficits fourragers ponctuels ou systémiques (**Garcia-Carrillo et al, 2013**), liés principalement à des contraintes climatiques : indisponibilité en eau (régions arides, sécheresses ponctuelles ou saisonnières) (**Rodrigues Muela et al, 2005 ; Romero Valdez et al, 2009**).

Viennent ensuite des contraintes foncières, ou des difficultés matérielles où économiques (**Micera et al, 2009**) pour s'approvisionner quotidiennement en fourrage. L'adoption de cette technique a permis la production de fourrage frais à partir d'avoine, d'Orge (**Rodriguez-Muela et al, 2004**).

Le fourrage le plus consommé chez les animaux est l'Orge. Il représente actuellement l'aliment essentiel des ovins en Algérie (**Benmahammed, 2004**). L'Orge est riche en fibres, vitamines et minéraux grâce à l'utilisation de toute la plante (**Jean-Paul charvet 2001**).

Il a été rapporté que le fourrage vert produit dans des conditions hydroponiques a une énergie métabolisable élevée, protéines brutes et digestibilité (**El-Morsy et al, 2013**).

À tout travail, pour l'amélioration de la culture hydroponique de l'Orge, la variété Saïda R1 est présente afin d'évaluer la production sur le plan qualitatif et quantitatif sur le modèle automatisé ELEUSIS. À partir de 1 kg de semences, il peut être possible de cultiver 6 à 10 kg de fourrage vert (**Buston et al, 2002 ; Shtaya, 2004 ; Al-Karaki, 2011 ; Islam et al, 2016**).

Aujourd'hui possible de faire une culture hydroponie, que ce soit avec le substrat ou l'engrais. Les doses et fréquences d'apports seront finement calculées de même que les équilibres de la solution : il faut apporter tous les éléments dont la plante a besoin (macro et oligo-éléments), dans une formulation facilement et rapidement assimilable, avec les équilibres convenant aux stades de cultures (**Alain vitre, 2003**).

L'apport d'engrais dans l'eau d'irrigation, appelé "fertilisation" ou "irrigation par enrichissement" ou "irrigation par enrichissement", est un moyen approprié de fournir l'apport d'engrais combinant irrigation et fertilisation. Tout processus combiné est utile. Cela évite des passages supplémentaires sur le terrain : cela réduit la force de travail, réduit les effets physiques (pression) de ces passages sur le sol et perturbe moins la plante (**Paul-Émile Yelle, 2006**).

L'objectif principal de notre étude est d'évaluer la valeur alimentaire de l'Orge Saida R1 en culture hydroponique et déterminer l'effet de deux types d'engrais liquide, un engrais MAGIC (12-52-12 et extraits d'algue et matière végétale) et un autre l'engrais MAP 12-61-0 (mono-Ammonique phosphate), dans ce but nous sommes orientés vers une étude sur la morphologie de l'Orge hydroponique Saida R1 et des analyses chimiques du matériel végétale afin de d'amélioration la valeur alimentaire de la variété Saida R1.

### 1.1. Les fourrages

Production herbacée utilisable dans l'alimentation des herbivores. Les fourrages sont des généralement obtenus à partir des prairies permanentes ou temporaires. Leur développement peut être spontané ou plus ou moins contrôlé par l'homme certains fourrages sont distribués aux ruminants (**Jean Michel Clément, 1981**).

Toute substance d'origine végétale, à l'exception des grains, servant à la nourriture et à l'entretien du bétail, en particulier plantes, tiges, feuilles et racines fraîches ou séchées de prairies naturelles ou artificielles (**Anonyme, 2000**).

Ces cultures fourragères laissent le sol nu en hiver, favorisant ainsi l'érosion et le lessivage des éléments fertilisants ou des résidus de pesticides. Leur importance dans le système fourrager et leur place dans la rotation, doivent être raisonnées en tenant compte de très nombreux facteurs (**Alaoui S.B, 2003**).

Compte tenu de leur cout et des risques agronomiques et environnementaux précités, ne devrait-on pas rechercher plus systématiquement la place « minimale » (et non maximale) nécessaire pour équilibrer et sécuriser les stocks fourragers en quantité et qualité (**J.D.Arnaud, 2000**), Les espèces fourragères cultivées sont :

- **Espèce principales** : l'Orge, l'Avoine, le Sorgho, la Luzerne pérenne, le Bersim et la Vesce.
- **Espèces secondaires** : le Maïs, le Pois fourrager, le Pois protéagineux, la Féverole, le Lupin, les Luzernes annuelles, le Sulla, la Fétuque, le Ray-grass, l'Agropyrum, le Triticale, le Mil, le Trèfle.

### 1.2. L'Orge

L'Orge (*Hordeum vulgare*) est une céréale annuelle des zones tempérées à croissance rapide qui peut être utilisée comme fourrage ou comme engrais vert pour améliorer la quantité des sols. Elle est probablement originaire de l'Est de la Méditerranée.

C'est la première céréale domestiquée par l'homme dans la région du croissant fertile (Syrie, Irak, Turquie) pour sa tolérance relative aux sels, l'Orge a été la culture irriguée dominante au sud de cette région du monde. (**Abdelmadjid Hamadache, 2016**) comme elle pourrait utilisée, principalement, pour l'alimentation du bétail (**Kamel Ben Mbarek, Mohsen Boubaker, 2017**).

L'Orge est aussi une culture qui s'adapte bien à des environnements différents, elle est cultivée à partir de 330 m en dessous du niveau de la mer à proximité de la mer morte et à 4200 m sur les Andes Boliviennes (**Anonyme, 2009**).

- A travers le monde, l'Orge est la quatrième céréale cultivée dans le monde après le Blé, Maïs et le Riz (**Anonyme, 2006**).

Elle occupe annuellement en moyenne une superficie de 56 millions des hectares, Les principaux pays producteurs de l'Orge sont la Russie, l'Allemagne, le Canada, l'Ukraine, la France, le Royaume-Uni, la Turquie, l'Espagne et les Etats Unis (**Cherif Hosni F, 2010**) (tab N°1).

Les principaux exportateurs du grain d'Orge dans le monde sont l'Australie, l'Ukraine, l'Union européenne, le Canada et la Roussie ; alors que les principaux importateurs sont l'Arabie Saoudite, le Japon et la Chine. L'Australie contribue avec 30% de l'offre sur la marche mondiale du grain d'Orge.

**Tableau N°1** Principaux pays producteurs de l'Orge grain dans le monde pour la campagne 2005/2006.

<b>Pays</b>	<b>Production (Mt)</b>	<b>Superficie récoltée (×1000 ha)</b>	<b>Exportation (Mt)</b>
Union européenne	54,7	13790	2587
Russie	15,8	9150	1397
Canada	11,7	3634	1876
Ukraine	9,0	4447	5231
Australie	9,5	4350	4926
Turquie	7,6	3600	550
USA	4,6	1323	357
Chine	3,4	850	3
<b>Monde</b>	<b>136,6</b>	<b>55,6</b>	<b>17 428</b>

Source :(Abdelmadjid Hamadache 2016)

- En Algérie l'Orge est la première culture fourragère en Algérie. La superficie de l'Orge (production du grain) à évolue rapidement depuis l'indépendance. Elle passe ainsi de moins de 600.000 ha en 1964 pour atteindre plus d'un million d'hectares en 2010. Elle occupe, en moyenne et annuellement, près de 1.000.000 ha, durant la dernière décennie, et produit près de 10 millions de quintaux. Elle est cultivée pour sa paille et son grain. Elle est plus pratiquée au Centre et à l'Est du pays qu'à l'Ouest et au Sud (**Khaldoun A et al, 1990**).

En Algérie, la culture d'Orge était très importante car l'Orge était destinée à l'autoconsommation humaine et servait de complément fourrager pour les troupeaux dans les régions steppiques (**Hakimi, 1993**).

Actuellement, l'Orge est utilisée dans l'alimentation humaine selon les régions sous formes de galette, de couscous et de soupe (**Rahal-Bouziane et Abdelguerfi, 2007**).

C'est une espèce fourragère importante par sa production en vert, en foin (en association avec d'autres espèces), en ensilage et par son grain et sa paille (**Belaid, 1986**). Dans toutes les régions, du nord au sud, elle reste l'une des plus importantes sinon la plus importante ressource fourragère (**Boulal et al, 2007**).

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 en grain de 7q/ha. 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 (**Bouzerzour H, 2001**).

L'Orge est une espèce très adaptée aux systèmes de cultures pratiqués en zones sèches. Cette adaptation est liée à un cycle de développement plus court et à une meilleure vitesse de croissance en début du cycle (**Benmahammed, 2005**).

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 (**Abbas et Abdelguerfi, 2008**).

**Tableau N°2** Evolution et de la superficie production de l'Orge en Algérie

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	12116000	13.2
2005	1023414	10328190	15.1
2006	1117715	12358800	15.2

Source : Statistiques agricoles, série b, 1998-2006

1.2.1. Principales variétés d'Orge cultivées en Algérie

Tableau N°3 Variété d'Orge cultivées en Algérie

Variétés Caractères	SAIDA	REMAD A	TICHEDRETT E	RIHAINE 03	BAHRI A
<b>Morphologie Epi</b>	2 ou 6 rangs lâches à barbe non pigmentée	6 rangs compacts	6 rangs, compact à barbes très longues	Effilé à 6 rangs, compacts	2 rangs à barbe très courtes, lâches à bord parallèles.
<b>Paille</b>	moyenne creuse	blanc court, creuse	moyenne	Courte	Courte, creuse.
<b>Grain</b>	blanche, long, étroit et peu ridé	gros, blanc	longue et peu ridé	Blanc, arrondi	Gros, jaune
<b>Cycle végétatif</b>	Semi-précoce moyen	Précoce fort	précoce moyen	Précoce Fort	Précoce fort
<b>Comportement à l'égard des maladies</b>	Sensible aux rouillés, rhynchosporiose Très sensible à l'helminthosporiose et à l'oïdium	Tolérante aux rouilles jaune, noire et brune.	Sensible à la rouille jaune et à la rhynchosporiose Assez tolérante a l'helminthosporiose	Tolérante à la rhynchosporiose, à la rouille brune et à l'helminthosporiose	Tolérante à l'oïdium, à la rouille brune, aux charbons
<b>Productivité</b>	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne	bonne
<b>Zone d'adaptation</b>	hauts plateaux	Plaines intérieures	Plaines intérieures, hauts plateaux	Plaines intérieures, hauts plateaux, littoral	Plaines intérieures, littoral.

Source : ITGC Tiaret, 2006

1.2.2. Aspect botanique

L'Orge cultivées *Hordeum vulgare* est une Angiosperme monocotylédone de la famille des graminées et au genre Hordeum.

La classification des Orges est basée sur la fertilité des épillets latéraux et par la forme des épis. Les Orges cultivées sont classées en une seule espèce dite *Hordeum vulgare* L.

Dans le groupe, botanique des Orges, trois espèces se distinguent par la forme d'épi (R.G.Wiggans, 1922) :



Photo N°1 Caractéristiques de l'épi d'Orge

- **Orge à deux rangs** (*Hordeum distichon* L.)

Ce type est caractérisé par un épi aplati composé de deux rangées médianes d'épillettes fertiles alternés par deux rangées d'épillettes stériles. Elle ne produit qu'un seul caryopse par groupes de trois épillettes. Les grains sont uniformes, généralement, les feuilles de l'Orge à deux rangs ont une couleur variant du vert foncé au vert pâle ou vert jaunâtre et sont plus étroites que celles de l'Orge à six rangs (Nevo, 1992).

On y trouve, surtout, des variétés précoces de printemps et quelques variétés tardives d'hiver. Généralement, les variétés cultivés d'Orge à deux rangs sont à épi lâche et appartiennent au type *nutans*, alors que quelques un esseulement sont à épi compact et du type *erectum* (Chouaki S et ah, 2006)

- **Orge à quatre rangs** (*Hordeum tetrastichus* K.)

Elle est du type pallidum et caractérisée par un épi aplati composé de 4 rangée d'épillettes fertiles. Sur chaque coté du rachis, il y a deux épillettes fertiles séparés par un épillette stérile. L'Orge à 4 rangs est rarement cultivée (Erroux J, 1956).

- **Orge à six rangs** (*Hordeum vulgare* L.)

C'est une Orge d'hiver du type parallelium dite aussi escurgeon. Elle est caractérisée par un épi de section rectangulaire et des grains de petits calibres.

Cette espèce comprend surtout des variétés tardives. Son enracinement profond et sa maturité précoce. L'ont rendu la céréale la plus tolérante au stress hydrique (Soltner, 2005).

### 1.2.3. Systématique

D'après Engler-Diels en (1936), cité par El Mezouedei (2001), l'Orge appartient à :

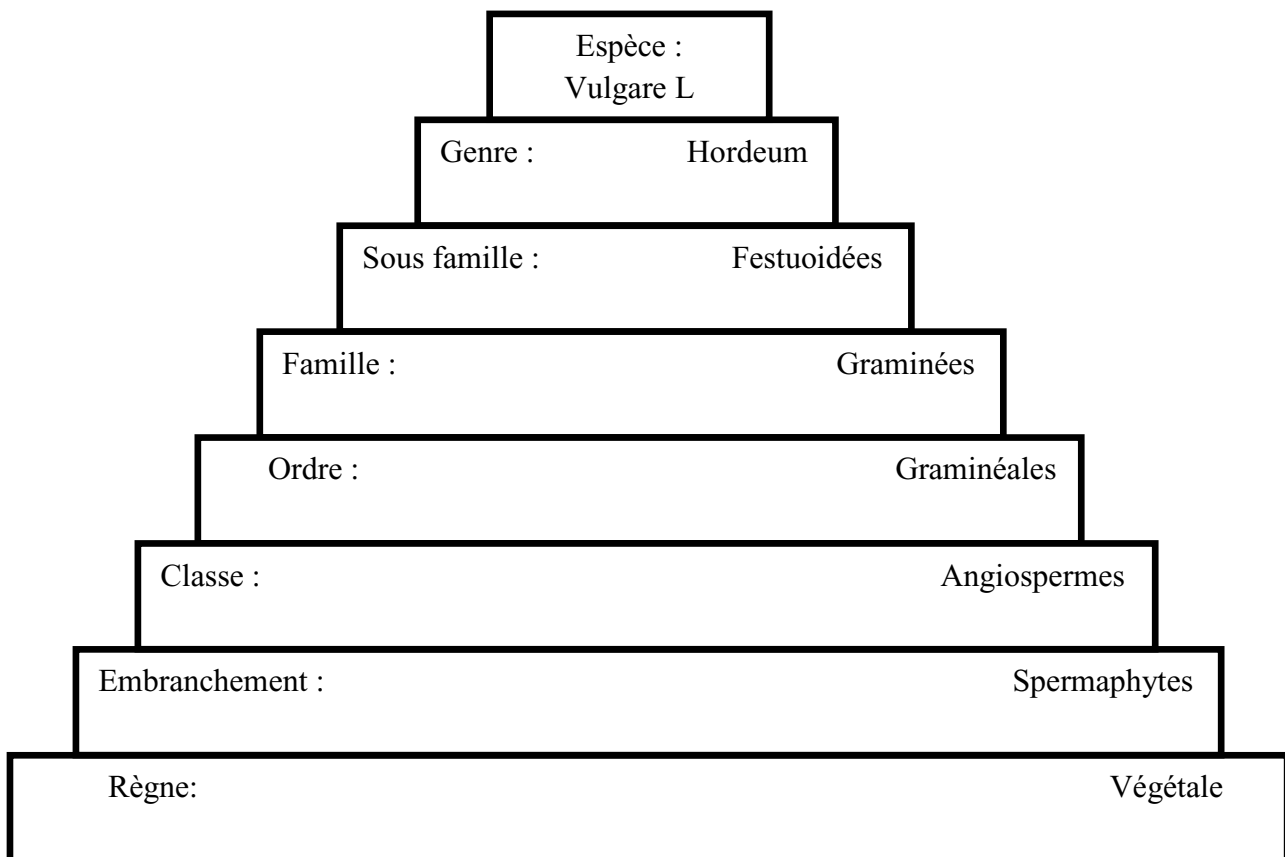


Figure N°2 Taxonomie de l'Orge

## 1.2.4. Caractères morphologiques

### 1.2.4.1. Appareil aérien

#### ➤ Tige

Sur la partie aérienne des céréales, on distingue une tige principale « *le maitre brin* » et des tiges secondaires « *les talles* » qui naissent à la base de la plante (**Gonde et Jussiaux, 1980, Boulal et al, 2007 et Kellil, 2010**).

Quant aux entre-nœuds et selon **Belaid, 1996**, ils sont creux chez les blés tendres, l'Orge et l'Avoine, et pleines chez les Blés durs.

L'Orge est caractérisée par un fort tallage supérieur à celui du blé et un chaume plus faible, susceptible à la verse par rapport que celui du blé (**Camille, 1980**).

#### ➤ Feuille

Sont à nervures parallèles et formées de deux parties : la partie inférieure entourant la jeune pousse ou la tige : c'est la *gaine*, la partie supérieure en forme de lame : c'est le *limbe* qui possède à sa base deux prolongements arqués glabre, embrassant plus ou moins complètement la tige ; les oreillettes ou stipules (**Clément, 1971**).

A la soudure du limbe et de la gaine se trouve une membrane non vasculaire entourant, en partie, le chaume : la ligule qui est bien développée (**Belaid, 1996 et Camille, 1980**).

### ➤ Le grain

Le grain d'Orge est un caryopse à glumelles adhérentes chez la plupart des variétés cultivées, il est libre dans quelque variétés (Orge nue). La présence des glumelles diminue le poids spécifique et la qualité des grains (**Simon H, 1989**).

La glumelle intérieure est prolongée par une arête ou barbe. La diminution de l'importance des barbes, paraît également une amélioration dans un avenir proche. La composition du grain varie selon la variété et les conditions de culture (**Prats J, 1971 et Khaldoun A, 1986 et Simon H, 1989**).

#### 1.2.4.2. Appareil reproducteur

- **L'inflorescence**

L'inflorescence de l'Orge s'appelle l'épi. Chaque talle fertile porte une inflorescence en épi composé d'une tige pleine ou rachis coudée à 10 articles en moyenne, de trois épillets uniflores : un médian et deux latéraux, en position alternées sur deux rangées opposées. (**Moule, 1980**).

Le rachis d'Orge ne porte pas d'épillet terminal, comme chez le blé. (**Cédric Jacquard, 2007**).

L'épillet d'Orge ne comprend qu'une fleur. Ce dernier est très petit et peu visible portant trois étamines et un pistil (**Clément 1971, Belaid, 1986**).

Après l'autofécondation, la fleur d'Orge forme un fruit unique appelé caryopse ou grain à glumelles adhérentes chez les variétés cultivées. Il est d'aspect allongé, bombé sur face dorsale et parcouru sur face ventrale par un sillon (**Moule, 1980**).

### 1.2.4.3. Appareil racinaire

Le système racinaire est du type fasciculé à développement superficiel, environ 60% du poids total des racines se trouve localisé dans les 25 premiers centimètres du sol (**Prats J, 1971 et Simon H, 1989**).

Le système racinaire est fascicule bien que moins puissant que les autres céréales (**Soltner, 2005**).

Une caractéristique essentielle de l'espèce orge est son extraordinaire adaptation à des conditions extrêmes (**Hadria, 2006**).

### 1.2.5. Exigences écologique

- **Climat**

L'Orge (*Hordeum vulgare L.*) est une céréale rustique qui peut produire du grain et de biomasse même en présences de l'Orge-grain en Algérie entre cette aptitude est liée à sa précocité et à son puissant système racinaire.

Elle exige une photopériode, de douze à treize heures, pour monter et la durée qui s'écoule entre la levée et l'épiaison s'abrège lorsque la durée du jour augmente.

L'Orge est sous les mêmes conditions de culture, plus précoce que le blé. Elle tolère plus le froid et peut donc pousser en zones d'altitude (>1000 mètres). Elle craint par contre les milieux humides et chauds (**Menad A, 2008**).

- **Pluviométrie**

L'Orge consomme souvent moins d'eau par gramme de matière sèche produit que les autres céréales mais la relation entre le rendement en grain de l'Orge et la consommation d'eau n'est pas linéaire (**Soltner, 1990**).

Le rendement augmente d'eau consommée jusqu'à 350 mm, puis le rendement chute par excès d'eau (**Hakim M, 1993**).

- **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**).

- **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 3,5 jours si la température moyenne est de 10°C (**Abdelmadjid Hamadache, 2016**).

### **1.2.6. Cycle de développement**

L'identification des phases de développement de la plante, peut servir de repère pour programmer les interventions techniques sur la culture.

Le cycle de développement des céréales est subdivisé en trois grandes phases, où chaque phase est divisée en un nombre de stades (**Gillet, 1980**).

#### ➤ **La première phase**

C'est la période végétative qui correspond aux stades levée 3 à 4 feuilles ; tallage et montaison, et D'après **Soltner, 1995**, elle s'étend de la germination à l'ébauche de l'épi.

- Phase de la germination et de levée
- Phase levée au tallage
- Phase tallage-début montaison

#### ➤ **La deuxième phase**

C'est la période de reproduction qui correspond aux stades gonflement, épiaison et floraison.

- Phase de formation des épillets (phase A-B de Jonard)
- Phase de spécialisation florale (phase B-C-D de Jonard)
- Phase épiaison et fécondation (phase E-F de Jonard)

#### ➤ **La troisième phase**

C'est la phase de formation et de maturation des grains qui correspond aux stades grain laiteux et grain mûr.

- Période de maturité (**Khaldoun, 1990**).

### **1.2.7. Germination**

Le processus de germination, dans la conception courante, est le passage de la graine au repos à la jeune plantule (**Bayard, 1991**).

Du point de vue de la physiologie végétale, la germination stricto sensu débute avec la réhydratation de la graine et cesse dès que la radicule (1<sup>er</sup> racines) a percé l'enveloppe de la graine. Les étapes ultérieures d'émergence des feuilles, sont des étapes de croissance (**Jordan et Haferkamp, 1989**).

De nombreux paramètres internes et externes sont indispensables pour la bonne germination du grain. La présence de l'eau, de la température et de la lumière redémarre les activités cellulaires et provoque de profondes transformations du grain.

L'embryon commence à se développer en une racine, une tige et des feuilles et entame sa croissance pour donner l'adulte capable de se reproduire (**Laberche, 2010**).

### **1.2.8. L'intérêt de l'Orge**

Les intérêts de l'Orge sont l'ordre agronomique, nutritionnel, zootechnique et économique.

#### **1.2.8.1. L'intérêt agronomique**

Sur le plan agronomique toujours, l'Orge est connue pour sa rusticité et sa précocité, donc sa courte période de croissance. Elle possède un potentiel d'adaptation supérieur par rapport au Blé dur par exemple. Elle est aussi plus tolérante aux conditions extrêmes de température (surtout basses) et l'humidité (surtout sécheresse) que la salinité du sol (**Anonyme, 2008**).

L'Orge peut aussi s'insérer dans tous les systèmes de culture pluviaux et produire suffisamment de grain et de paille. Ces caractéristiques agronomiques font que l'Orge présente un niveau élevé de stabilité du rendement en grain. C'est aussi la céréale préférée des petits agriculteurs des zones semi-arides aux forts risques climatiques, cas de la zone agropastorale en Algérie (**Badr et al, 2000**).

L'Orge est aussi une culture qui s'adapte bien à des environnements différents, elle est cultivée à partir de 330 m en dessous du niveau de la mer à proximité de la Mer Morte et à 4200 m sur les Andes Boliviennes (**Anonyme, 2009**).

L'Orge est également une plante modèle bien connue et utilisé pour développer des méthodologies de sélection végétale, génétique, cytogénétique (**Liliana Astrid Avila Ospina 2014**).

#### **1.2.8.2. L'intérêt fourrager**

L'Orge est une culture adaptée à plusieurs usages : pâturage précoce, ensilage, grain. Sur le plan fourrager, l'Orge offre un fourrage vert et un ensilage de bonne qualité. Elle présente une digestibilité élevée et un taux de cellulose pariétale faible comme chez les légumineuses fourragères (**Akal et al, 2004**).

Il faut enfin noter que le grain et la paille d'Orge représentent en moyenne 70% des apports alimentaires pour le bétail au niveau de l'Afrique du Nord et du Moyen Orient (**Hakimi, 1993**).

### 1.2.8.3. L'intérêt économique

Le grain d'Orge est une composante de l'industrie des aliments de bétail en Algérie alors que sa paille est très recherchée par les éleveurs à cause de sa grande ingestibilité (**Lahoual H, 2014**).

Le problème des adventices dicotylédones nuisible aux cultures dicotylédones de plein champ peut être réglé par l'introduction de l'Orge dans la rotation avec ces cultures et le contrôle de ces adventices par des herbicides appropriés sur l'Orge. Cet avantage est aussi valable pour les maladies fongiques et les nématodes des cultures dicotylédones citées (**Mossab, 2007**).

### 1.2.9. Les maladies et les ravageurs d'Orge

Les maladies affectent le rendement, mais aussi la qualité des grains :

- Fusariose (*Fusarium roseum*)



**Photo N°2** Fusariose (*Fusarium roseum*) des semences d'Orge

Le champignon peut attaquer la plante du semis à la récolte. A la levée, les plantules flétrissent puis se nécrosent.

Lorsque le parasite se développe rapidement, le blé peut ne pas parvenir à lever et la coléoptile porteuse de lésions s'enroule sur lui-même.

A la sortie de l'hiver, le système racinaire se réduit, le collet et les graines prennent une couleur brune et la plante s'affaiblit. Les plantes qui restent en vie portent la maladie (**Anonyme, 2015**).

- Fusariose (*Microdochium nivale*)



**Photo N°3** Fusariose (*Microdochium nivale*) des semences d'Orge

A la levée, les semences infectées germent mais les pousses et les racines se nécrosent et meurent. La coléoptile porteuse de lésions s'enroule sur lui-même.

A la sortie de l'hiver, le système racinaire se réduit, le collet et les graines prennent une couleur brune et la plante s'affaiblit. Les plantes qui restent en vie portent la maladie (Anonyme, 2015).

- Charbon de l'orge



**Photo N°4** Charbon sur les semences d'Orge

La maladie entraîne des pertes de rendement et une dépréciation qualitative de la récolte.

Les symptômes sont visibles à partir de l'épiaison : les épis sont recouverts d'une masse noire pulvérulente formée par les chlamydospores. Après la dispersion des spores, seul persiste le rachis de l'épi (Anonyme, 2015).

- Helminthosporiose (*Gramineum*)



**Photo N°5** Helminthosporiose (*Gramineum*) sur la feuille d'Orge

Les symptômes les plus connus sont les stries foliaires qui apparaissent en fin de montaison.

A l'épiaison, le dessèchement des feuilles conduit à une découpe longitudinale des feuilles, ce qui donne un aspect effiloché.

Les épis produits sont généralement stériles. Les orges d'hiver sont plus atteintes que les orges de printemps (**Anonyme, 2008**).

- **Rhynchosporiose**



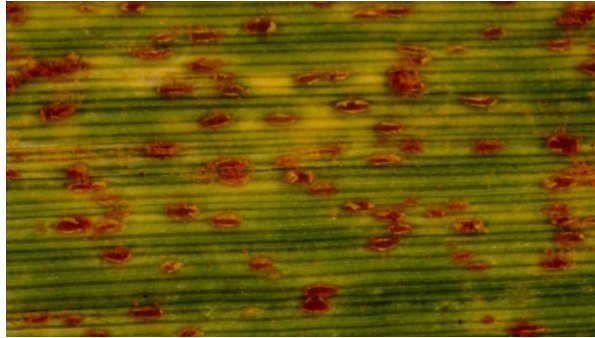
**Photo N°6** Rhynchosporiose des feuilles

Les symptômes apparaissent sur les feuilles et les gaines sous la forme de taches ovales verdâtres entourées d'un bord brun foncé.

Le centre des taches s'éclaircit, se dessèche pour devenir blanc, sec et cassant pendant que la lisière brune se renforce.

Les nécroses s'étendent en zones irrégulières sur le limbe. L'atteinte de la ligule est dangereuse puisqu'elle entraîne la mort prématurée de toute la feuille (**Anonyme, 2008**).

- **Rouille naine**



**Photo N°7** Rouille naine des feuilles

Elle est couramment appelée Rouille brune de l'orge.

Les symptômes apparaissent sur ou sous les feuilles sous forme de pustules orangées dispersées en relief, exceptionnellement sur les épis. Parfois, des halos chlorotiques apparaissent autour des pustules.

Dans les cas extrêmes, les chloroses sont très importantes et les pustules deviennent invisibles, rendant le diagnostic difficile (**Anonyme, 2008**).

- **Oïdium**



**Photo N°8** Oïdium des feuilles

Les symptômes apparaissent sur les feuilles, les tiges et les épis. Pendant l'hiver, dès les premières feuilles jusqu'au tallage, un feutrage blanc envahit la surface de la feuille.

Du début de la montaison au gonflement, ce feutrage blanc superficiel devient gris et se parseme de points noirs (périthèces).

De l'épiaison à la récolte, la maladie devient grave si elle s'installe sur les épis. Des croûtes blanchâtres à grisâtres se forment sur les glumes (**Anonyme, 2008**).

- **Pucerons des feuilles (*Rhopalosiphum padi*)**



**Photo N°9** Pucerons des feuilles

Les pucerons incluent la jaunisse nanissant de l'Orge. La contamination se fait par les pucerons ailés, à partir des repousses, des maïs (Soltner, 1990).

- **Les oiseaux**



**Photo N°10** Les oiseaux ravages les céréales

Les oiseaux prédateurs posent beaucoup de problèmes par les dégâts qu'ils occasionnent sur les différentes cultures et plus particulièrement sur les céréales (Behidj-Benyounes et Doumandji, 2007 et Kellil, 2010).

### **1.3. La culture hydroponique**

On définit la culture hydroponique comme la culture « hors sol ». Culture de plantes terrestres réalisée à l'aide de substances nutritives, sans le support d'un sol. Le mot « hydroponique » vient du grec « hydro », qui signifie « eau », et « ponos », qui signifie « Travail » (Texier, 2014).

Pour l'hydroponie, les racines des plantes sont en contact avec un milieu liquide, la solution nutritive. Si cette dernière est non circulante, on parle d'aquiculture, Cette technique consiste à nourrir les racines des plantes qui se trouvent

dans du substrat (laine de roche, par exemple) ou bien dans une solution nutritive (**Vu, 2008**).

Ceci est la croissance d'une plante sans sol. On l'appelle aussi grain / fourrage germé (**Dung DD, Godwin IR, Nolan JV, 2010**).

Il a besoin d'une courte période pour grandir et se développer en serre dans un environnement contrôlé (**Sneath R, McIntosh F, 2003**).

La serre est un support pour la croissance des plantes avec des conditions environnementales au moins partiellement contrôlées. Cependant, à des fins opérationnelles, la structure / le support devrait être suffisamment grand (**Chandra P, Gupta MJ, 2003**).

Le développement du fourrage hydroponique se fait sans terre mais avec de l'eau. En serre, il est possible d'utiliser des solutions riches en nutriments pendant une courte durée. Cependant, cette solution nutritive n'est pas indispensable et seule l'eau du robinet peut être utilisée. Le fourrage ressemble à un tapis avec probablement une hauteur de 20-30 cm composée de racines, de graines et de plantes. Il est indiqué comme très agréable au goût, digestible et nutritif pour les animaux. La production de lait augmente de 8 à 13% avec l'utilisation de fourrage hydroponique.

Il s'agit de la meilleure technologie alternative à utiliser pour les animaux laitiers utilisant des matériaux peu coûteux dans les endroits où la production conventionnelle de fourrage vert est limitée (**Prafulla KN, Bijaya K, Swain NP, Singh, 2015**).

La méthode hydroponique est un système simple, économique et efficace qui nous permet de disposer de culture quotidienne de ces céréales qui est entamé avec la légumineuse ou la semence non traitée (**ITELV, 2015**), avec un temps de repos minimal depuis sa récolte de 3 mois, et en tenant compte au mieux de la qualité de la meilleure sera la qualité (**ITGC, 2015**).

### **1.3.1. Histoire**

La culture de plantes sur l'eau était pratiquée à l'époque des Aztèques et était utilisée pour les jardins suspendus de Babylone. C'est en 1860 que deux chercheurs allemands ont réussi à faire pousser des plantes sur un milieu composé uniquement d'eau et de sels minéraux. Cette découverte a permis de mieux connaître la physiologie de la nutrition et le rôle des éléments minéraux.

La technique du hors sol a été introduite en Europe dans les années 70. La culture hors sol s'est, en effet, développée d'abord dans le nord, en Hollande, pays où

elle occupe les plus grandes surfaces, ensuite en Belgique, en Espagne, en France, en Italie et en Grèce (**Essdaoui, 2013**).

**Chouard, 1952**, en Algérie l'intérêt de la culture permet à l'agriculteur de s'installer dans les régions les plus défavorables, là où le sol fait défaut à condition que les substrats inertes soient disponibles.

Économie d'eau et substrat disponible en grande qualité, diverses expérimentations ont été réalisées afin de se familiariser avec cette nouvelle technique de production et de mieux cerner les problèmes rencontrés en vue de son application dans les régions présentant des défauts de production.

La variété des grains, la qualité, les traitements tels que l'apport en nutriments, le pH, la qualité de l'eau, la durée de trempage, etc. sont des facteurs déterminants pour la quantité de fourrage germé et de qualité (**Sneath R, Mc Intosh F, 2003**).



**Photos N°11** Jardine suspendus de Babylone

### 1.3.2. Conditions de la culture

Différents facteurs vont influencer la germination et le développement des germes. Les principaux éléments qui vont affecter la pousse sont l'apport d'eau, la température, la composition en gaz de l'air, la lumière et l'absence de facteur d'inhibition de la germination (**Lorens, 1980**).

L'unité de culture doit avoir un volume suffisant, avec un renouvellement convenable de l'air, au moins deux fois par jour (**Rodet, 1997**).

Celui-ci permet le renouvellement en oxygène et dioxyde de carbone, qui sont essentiels aux processus de respiration et de photosynthèse de la plante.

Il est conseillé de laisser les graines dans le noir les 48 premières heures afin de déclencher la germination. Ce processus est plus ou moins long, selon l'espèce. Chez l'Orge, une fois la graine réhydratée, les racines apparaissent en 24 heures.

Au bout de 2-3 jours, les premières feuilles émergent. Au 4<sup>ème</sup> jour, le développement racinaire permet l'assimilation minérale. Au 5<sup>ème</sup> jour, la photosynthèse est activée (**Maëva Miralles Bruneau et al, 2015**).

### **1.3.3. La fertilisation**

La fertilisation augmenterait les rendements en matière sèches et la valeur nutritive du FVH (**Anonyme, 2001**).

D'après **El Houssine, 2006**, un élément essentiel est un élément chimique dont une plante a besoin durant son cycle de développement, qui consiste à passer de l'état de graine à la production d'une autre génération de graines. On divise généralement les éléments essentiels à une plante en :

- Éléments majeurs ou macroéléments
- Éléments mineurs ou oligoéléments (micro éléments)

Selon **Letard et al, 1995**, les éléments minéraux majeurs : N-P –K-Ca-Mg-S-Na-Cl et les oligo-éléments sont indispensables à la plante pour fabriquer la matière végétale. Dans les conduites ces éléments sont distribués en solution dans l'eau d'irrigation, c'est la solution nutritive.

#### **1.3.3.1. Ferti-irrigation**

Étymologie de ce terme signifie introduction de fertilisants lors de l'irrigation (**Bouhadja, 2008**).

La ferti-irrigation consiste à injecter les éléments nutritifs avec l'eau d'irrigation pour leur permettre d'être rapidement absorbés par les cultures. Sans eau, pas d'absorption possible par les racines. Le goutte à goutte permet aussi d'ajuster de façon permanente la quantité apportée (**Anonyme, 2015**).

L'irrigation fertilisante doit fournir à la plante l'eau et les éléments minéraux de façon à satisfaire au mieux ses besoins, sans gaspillage (**Letard et al, 1995**).

D'après **Anonyme, 2012**, ferti-irrigation est largement utilisé dans l'agriculture commerciale et l'horticulture pour les légumes cultivés sur le terrain et hydroponie.

D'après **Soucy, 2016**, l'apport en éléments nutritifs provient d'une solution nutritive irriguant le substrat dans le cas des techniques de culture en eau profonde et sur film nutritif. Elle est composée des éléments nécessaires à la croissance de l'espèce cultivée. Cette dernière est composée spécifiquement pour apporter les éléments nécessaires à la croissance de la plante cultivée. Les plantes vont absorber ces éléments via leurs racines qui sont immergées dans la solution.

#### 1.3.4. 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% d'eau (**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**).

**Abd Rahim et al, 2015**, ont déclaré que la germination de l'Orge entraîné une perte de MS d'environ 18 %. La perte de MS est probablement due à l'utilisation d'hydrates de carbone et d'énergie par les graines pour les activités métaboliques de la plante en croissance, sans remplacement adéquat par photosynthèse de la jeune plante.

Cette photosynthèse commence vers le cinquième jour, quand les chloroplastes sont activés (**Al-Karaki et Al Momani, 2011 et Adjlane et al, 2016**).

Dans **Dung et al, 2005**, étude, il y a eu une perte de MS de 21,9 % sur une période de germination de 7 jours. Le trempage des graines conduit à l'activation des enzymes, solubilisation et digestion de l'amidon stocké dans l'endosperme en sucres simples. Ceci fournit un substrat pour la jeune plante en développement pour activités métaboliques. Ces substrats sont respirés pour produire de l'énergie, émettant du carbone dioxyde et eau.

Cette perte de dioxyde de carbone entraîne une perte de matière sèche (**Emam, 2016**).

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 I, 2005**).

Cependant, les gains de qualité nutritionnelle sont constamment constatés dans le fourrage hydroponique (**Sale, 2015**).

Tableau N°4 Résumé de la composition chimique d'Orge hydroponique

Variable	Composition chimique (% MS)				
	MS	MM	MO	MAT	FB
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
<b>8 jours</b>	<b>16.91</b>	<b>3.5</b>	<b>95</b>	<b>15.6</b>	<b>19.2</b>
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

## 1.5. Les avantages et les inconvénients des fourrages verts hydroponiques

### 1.5.1 Les avantages

D'après ITELV 2013, la production du module du fourrage vert hydroponique présente une série d'avantages à niveau général comme :

- Economie d'eau ; les nécessités d'eau sont très réduites du au fait que nos équipements intelligents optimisent la température intérieure, l'humidité, la consommation d'eau, le tout grâce à une technologie avancée à un système de micro nébulisation qui diminue aussi la consommation.
- l'éleveur ne devra pas consacrer de grands espaces pour la situation de notre équipement puisque qu'il présente des dimensions réduites quelques 15 mètres carrés (en fonction des quantités à exploiter), suffisent à l'espace réservé pourra être utilise par l'agriculteur pour d'autres cultures plus rentables.
- l'avantage dans le temps de production est un autre des facteurs qui conditionnera l'achat de notre équipement du fait qu'il produit un fourrage vert toute l'année, indépendamment des conditions climatique et de la zone géographique.
- Il s'agit d'un fourrage aseptisé, sans insecte, sans champignon.
- couts de production, les investissements nécessaires pour produire le fourrage vert hydroponique dépendront du niveau et de l'échelle de production. L'analyse des couts de production, révèle que considérant les risques des sécheresses, autres phénomènes climatiques défavorables, les pertes d'animaux et les couts unitaires du facteur de production de base (semence) le fourrage vert hydroponique est une alternative économiquement viable qui mérite d'être considérée.

### 1.5.2. Les inconvénients

- D'après **Vincent, 2008**, la production de fruits et de légumes cultivés sur substrat nécessite des installations particulières, un suivi journalier des cultures et de bonnes connaissances techniques, notamment pour le calcul des solutions nutritives.
- Dans le même sens **Texier, 2014**, ajoute que La première et la plus importante d'entre elles, c'est que les plantes n'ont pas de protection en cas d'erreur de votre part. La terre a un pouvoir tampon. Autrement dit, elle a la capacité de maintenir une certaine stabilité autour de la masse racinaire.
- La solution nutritive a aussi un pouvoir tampon, en particulier concernant le pH, mais cela n'a rien de comparable avec la terre. Un détail aussi trivial qu'un pH-mètre mal réglé peut avoir des conséquences dramatiques. Autre désavantage, l'hydroponie ne convient pas à toutes les cultures.
- L'hydroponie fait gagner du temps, beaucoup de temps. Et, dans ce cas, le temps, c'est vraiment de l'argent.
- La production de fruits et de légumes cultivés sur substrat nécessite des installations particulières, un suivi journalier des cultures et de bonnes connaissances techniques, notamment pour le calcul des solutions nutritives (**Vincent, 2008**).

## L'objectif

La culture hydroponique est une nouvelle technique en constante évolution, très présente au fourrage vert qui est l'aliment prioritaire pour les animaux d'élevage, particulièrement les ruminants.

Alors que nous assistons à l'innovation de l'agriculture, nous avons adopté cette technique au monde réel qui contribue dans l'un des défis auxquels les agriculteurs sont confrontés aujourd'hui, et qui consistent à obtenir le meilleur fourrage possible, en maintenant la régularité et la constance de l'approvisionnement au coût le plus bas possible et à résoudre certains problèmes agricoles liés à la variabilité du climat et à la présence des terres poreuses et salines. Tout cela sans compromettre la santé et le bien-être des animaux.

Basés sur les principes de l'hydroponique, nous savons que l'embryon est capable de transformer rapidement en fourrage vert par ses capacités d'absorber l'eau et capter l'énergie (photosynthèse) à profit. Pour cela, Nous avons mis en œuvre des essais afin de tester la production d'Orge variété Saida R1 dans deux solutions nutritives : une solution à partir d'une solution liquide (L'engrais MAGIC 12-52-12 extraits d'algue et matière végétale) et un autre en forme de poudre (L'engrais MAP 12-61-0 (mono-Ammonique phosphate) un engrais fortement enrichi en phosphore).

Afin de déterminer l'effet de ces deux types d'engrais nous nous sommes orientés vers une étude sur la morphologie d'Orge hydroponique Saida R1 et une analyse chimique du matériel végétal afin de déterminer l'amélioration de la valeur alimentaire de la variété Saida R1.

## 2.1. Matériels

### 2.1.1. Le matériel végétal

L'étymologie d'Orge est du latin qui signifie "*Hordeum vulgare L*", qui est une espèce de monocotylédone, appartenant à la famille des *Poacées* (Graminées), d'un ordre des *Poales* et d'un genre d'*Hordeum*.

Le matériel végétal choisi est la variété Saida R1 (La première génération de semences certifiées) a six rangs, qui doit être récolté et stocker dans des parfaites conditions de propretés, d'humidité et d'état sanitaire, de sorte de préserver son pouvoir de germination (95 %), et d'être certifier et d'être la plus facile à retrouver au marché. On la trouve non seulement moins chère, mais aussi avec un grain, un foin et une paille qui sont consommables par les animaux avec une production optimisée.

L'intérêt d'Orge hydroponique réside dans le fait qu'il peut donner un bon fourrage. Les semences ont été exploitées grâce à la station SPA Mosta Boustane.

### 2.1.2. Choix d'engrais

- L'engrais MAGIC 12-52-12 extrait d'algue et matière végétale :

Un engrais liquide très pratique à l'emploi, qui contient de façon extrêmement bien équilibrée, les nutriments suivants :

- Azote 12 % N ; pousse la végétation
- Phosphore 52 % P ; sont assimilable par la plante favorise le développement racinaire et augmente le rendement
- Potassium 12 % K ; favorise la photosynthèse et régule l'ouverture et fermeture des stomates
- Extrait d'algue 06 %; Stimule la croissance des plantes, et améliorer la tolérance des plantes à la salinité, la chaleur et sécheresse
- Matière organique 15 %; elle permet un meilleur développement des racines.

Il est très soluble dans l'eau adapté à la ferti-irrigation et facilement assimilable ce qui permet de réaliser un apport de qualité sur les plantes. Il fournit très rapidement aux végétaux les nutriments dont ils ont besoin à un moment précis.

Cette combine Favorise au bon développement foliaire et racinaire de la plante. Apporte une capacité de résistance à la sécheresse et aux maladies fongique qui infecte les racines.

- L'engrais MAP 12-61-0 (mono-Ammonique Phosphate) :

Un engrais fortement enrichi en phosphore. Se présente sous forme de poudre qui se dissout dans l'eau et ce qui permet de réaliser un apport de qualité sur les plantes cultivées dans la culture hydroponique. C'est un produit contient les éléments suivants :

- Azote total 12 % (12 unités d'azote ammoniacal) ; qui favorise la pousse des parties vertes de la plante.
- Anhydride Phosphorique 61 % ( $P_2O_5$  dont 27% soluble) ; joue sur la formation des grains et sur le développement racinaire.

C'est un engrais de source idéale pour le développement racinaire et à la végétation. Particulièrement adapté à la ferti-irrigation, de par sa concentration, sa solubilité, son degré de pureté et son faible indice de salinité.

Donc les engrais adaptés à ce type de culture apporte une solution nutritive à la plante ce qui compense l'absence de terre. Ces solutions aqueuses contiennent des nutriments indispensables à la germination de la plante et à sa croissance.

### 2.1.3. Présentation de l'unité de production

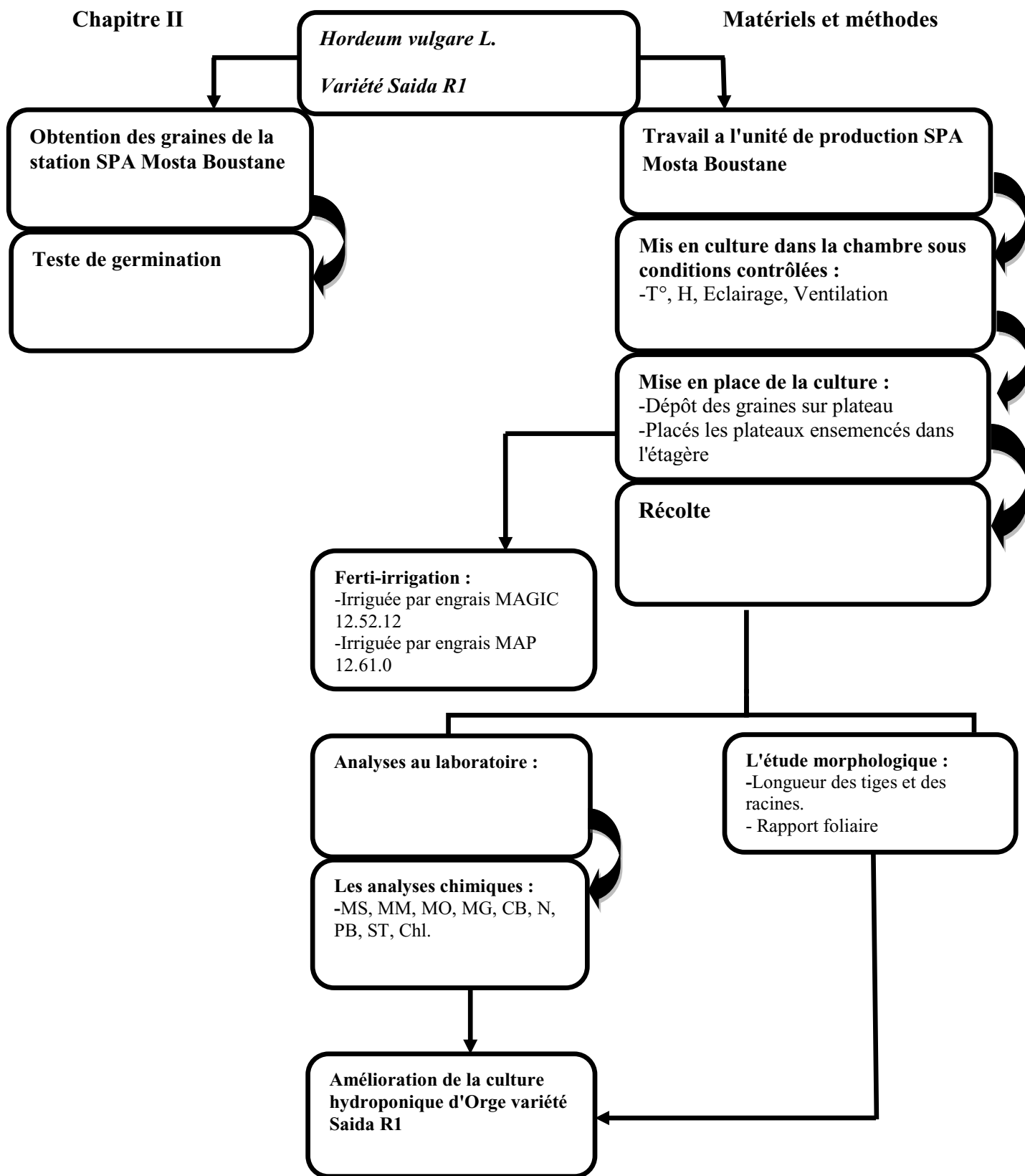


**Photo N°12** Situations locales de la zone (source Google Earth 2019)

L'unité de production d'Orge hydroponique fait partie d'une ferme pilote SPA Mosta Boustane ; situé dans la Wilaya de Mostaganem de la commune Fornaka. Qui s'étale sur environ 312 ha, son régime juridique est un partenariat entre la majorité au secteur privé et minorité du secteur d'étatique. Avec les coordonnées géographie :

**Latitude :** 35°4441' Nord      **Longitude :** 0°0007' Est      **Altitude :** 808 m

### 2.1.4. Protocole expérimentale



**Figure N°3** Protocole expérimentale

## 2.2. Méthodes

### 2.2.1. Mise en place de l'expérimentation

Notre essai a débuté le 13/01/2019 encadré par des spécialistes qui nous ont permis d'acquérir la technique de production des cultures hydroponiques.

Les modules de production de fourrage vert hydroponique existent plusieurs modèles selon la capacité du fourrage à fournir. Le mode d'emploi de la station est un module hydroponique de model E-126-TX développé par ELEUSIS.

Ce module de culture hydroponique automatique a été construit afin de faciliter le travail journalier de l'opération, il contrôle non seulement les différents facteurs environnementaux, mais aussi son arrosage automatique. Le système a été conçu de sorte à optimiser l'utilisation de l'eau, la consommation d'eau de ce système est 100 fois inférieure à celle d'une culture conventionnelle en plein champs.

Il comprend plusieurs plateaux sur lesquels les semences sont étalées chaque jour de façon à permettre la production de l'herbe fraîche et pleine de minéraux dans une quantité suffisante pour l'alimentation quotidienne des animaux.

### 2.2.2. La chambre de culture

L'installation de la chambre est composée de trois salles de culture capable de produire en moyenne 10 000 Kg de fourrage hydroponique par jour. Ces salles se communiquent avec une salle de travail qui dispose de :

Quatre trémies de germination maximale avec ses chariots d'égouttages, un tapis de transport qui sort le fourrage et une machine à laver des plateaux, et un réseau de l'eau de 3000 L, il y a un silo à l'extérieur de 18 Tonnes.



**Photo N°13** La chambre de culture

### 2.2.3 Description du processus de production

L'expérience, a été faite non seulement par les méthodes de notre ingénieur mais aussi par nos propres tâches. Notre travail se subdivise en trois expériences menées dans le but d'étudier comment se déroule l'effet de la fertilisation de deux solutions nutritive sur la production d'Orge hydroponique variété Saida R1 (Irrigation régulière + une fertilisation).

La variété d'Orge utilisée est celle d'Orge locale de consommation, le processus de culture du fourrage vert hydroponique de système ELEUSIS se résume dans les étapes suivantes :

#### a) Détermination du poids sec d'Orge

Dont notre expériences on a pèse 55,200 kg poids sec qui proviennent du silo.



Photo N°14 Le poids sec d'Orge

#### b) Pré-trempage

Les semences d'Orge qui proviennent du silo à grains extérieurs, sont déposées dans la trémie de trempage pour lavage et rinçage avec l'eau (1 litre d'eau par kg d'Orge), non seulement rincer juste par l'eau mais aussi avec l'eau javellisée pendant 15 minutes (100 ml de l'eau de javel dans 1 litre d'eau et prélever 100 ml de cette solution).

Ensuite on rincer avec l'eau. Ces derniers sont inondés avec l'eau (remplir d'eau jusqu'à son niveau requis), demeurant ainsi entre 17 heures à température ambiante.

Sur cette installation, on peut faire germer, chaque jour, un maximum de 1750 kg de semence d'Orge, en remplissant les quatre trémies de germination.



**Photo N°15** Vidange des graines

### **c) Egouttement**

À la fin de cette durée, on vide la trémie de trempage sur les chariots de germination, en ouvrant légèrement la valve de manière à permettre l'évacuation de l'eau mais non pas les graines, et en laissant ensuite les semences s'égoutter et s'aérer pendant 17 heures.

On a effectué une autre pesée des graines, on a trouvé que le poids a augmenté après l'égouttement, donc pour chaque plateau l'équivalent 2,9 kg de grains.



**Photo N°16** Égouttement des graines dans le chariot

Les semences d'Orge qui montrent des signes évidents de démarrage de la germination, sont semées sur les plateaux.

Chaque jour on trouve 70 plateaux qui seront ensemencés, avec la quantité de 161 kg, on sème pour chaque plateau l'équivalent de 2,3 kg de grains sèches.

Ensuite , avant de verser les graines dans les plateaux, il faudra positionner le capuchon de protection rouge, afin d'empêcher le passage des semences dans le connecteur, en déposant les graines dans le plateau et en les répartissant de manière uniforme à la main et en favorisant un tapis de fourrage homogène.

Les plateaux sont disposés sur les étagères, pour qu'ils soient reliés à leur hydro valve à travers un connecteur tout en évitant les fuites d'eau et mouvement dynamiques des plateaux.

Mettre la culture aux conditions suivantes :

- **Température** : 18 à 20 °C, Ce facteur commande en grande parti la vitesse des réactions chimiques, enzymatiques du métabolisme et le développement des plantes (Germination et la croissance végétative).
- **Humidité** : 17g/m<sup>3</sup>est un facteur qui commande l'ouverture et la fermeture des stomates. on rappelle que la plante puise dans l'atmosphère leur matière première, le CO<sub>2</sub> réaliser la photosynthèse.
- **Eclairage** : 12 heures, est un processus de photosynthèse par lequel les plantes produisent l'énergie nécessaire à leur croissance, on peut utiliser de simples lampes blanches (24 W).
- **Obscurité** : 12 heures, ce phénomène de respiration la plante absorbant d'O<sub>2</sub> et rejet de CO<sub>2</sub>.
- **La ventilation**: permet de renouveler d'air, et réduit les risques de condensation due à l'expiration des feuilles, car les gouttelettes ainsi formées, à l'allumage des lampes, provoquant des brûlures ; de plus, l'humidité entre deux feuilles en contact, si elle survient régulièrement, engendrera des moisissures.



**Photo N°17** Dépôt des graines sur le plateau

### e) Irrigation

La culture sera irriguée une fois chaque jour pendant 15 minutes, en disposant d'un réservoir d'un 3000 L pour cela ; chaque bac consomme 9 litres.

L'eau d'arrosage passe par hydro valve supérieur, au moyen des tuyauteries de distribution, en remplissant les plateaux correspondants par sous irrigation, quand le temps d'inondation s'est écoulé, les plateaux sont vidées, et l'eau est évacuée par hydro valve inférieure.

La même opération se répète avec les plateaux de cet étage de manière automatiquement. Il est important de vérifier le bon fonctionnement de l'irrigation.

Ce travail s'est basé essentiellement sur la ferti-irrigation, consiste à émerger les semences le 2<sup>ème</sup> jours après la formation des coléoptiles et des coléorhizes dans la solution nutritive, et une 2<sup>ème</sup> application le 4<sup>ème</sup> jour.

On a mis 3 litres de la solution liquide MAGIC 12-52-12 dans 300 litres d'eau ; ensuite on a mélangé jusqu'à l'obtenir une solution homogène.

La deuxième solution nutritive on a mis 60 g liquide de MAP 12-61-0 pour 300 litre d'eau et on agiter la solution pour l'obtention d'une solution homogène pour arroser les bacs.

Pour la bonne gestion de la solution nutritive on a procédé une petite quantité pour avoir en disposition des solutions d'arrosage deux applications dans cette période.

Bien que la nutrition optimale soit facile à réaliser dans la culture hydroponique, la gestion incorrecte de la solution nutritive peut endommager les plantes, manipuler avec précaution le niveau de pH de la solution nutritive.

Le pH de l'eau est un élément déterminant pour une bonne dissolution des éléments nutritifs et surtout pour une absorption efficace de ces éléments nutritifs par les racines des plantes.



**Photo N°18** L'arrosage de culture

### f) Récolte

Elle se fait six jours après le semis d'Orge dans les plateaux, il sera formé un tapis compact, maintenu par l'entrelacement des feuilles et des racines, et on a effectué une autre pesé du fourrage.

Ce tapis est facile à retirer du plateau qui est découpé en fonction du mode d'alimentation du bétail.



Photo N°19 Récolte du fourrage

## 2.3. Pratique de l'analyse fourragère

Les analyses ont été effectuées sur trois échantillons d'Orge hydroponique variété Saida R1, fournies par la station SPA Mosta Boustane. Elles sont prélevées aléatoirement et sur plusieurs plateaux de la fin d'expérience.

Tout d'abord chaque échantillon doit avoir une référence des plateaux de F.V.H (Nom botanique, nom de variété, type de fertilisant, la date de semis). Pour réaliser un échantillon représentatif et homogène, puis on recommande de prélever sur les huit plateaux de chaque traitement, soit 150g par régime.

Tout en sachant que plus le nombre d'échantillonnées augmente, plus la précision de l'analyse s'améliore. L'échantillonnage a été effectué au moment de la récolte et conservé dans des sacs en plastique noir, qui a été ramené rapidement au laboratoire, une fois l'arrivée du F.V.H, celui-ci est réceptionné doit être identifié.

### 2.3.1. Les analyses effectuées

- Teneur en matière sèche.
- Teneur en matière minérale.
- Teneur en matière organique.
- Teneur en cellulose brute.
- Teneur en matière grasse.

- Teneur en azote total.
- Teneur en protéine brute.
- Teneur en sucre totaux.
- Teneur en chlorophylle totaux.

#### a) Teneur en matière sèche

Le fourrage vert hydroponique a été déterminée dans un premier temps à l'air libre, loin du soleil et puis séché à 80°C pendant 48h à l'étuve avec ventilation forcée pour la détermination de la teneur en matière sèche et jusqu'à poids constant (AOAC, 1990).

La teneur en matière sèche de l'échantillon est calculée comme suit :

$$MS\% = \frac{P2 - P0}{P1 - P0} \times 100$$

P0 : poids du creuset vide (g)

P1 : poids du creuset avec la matière fraîche (g)

P2 : poids du creuset avec la matière sèche (g)

#### b) Teneur en matière minérale et en matière organique

La teneur en matière minérale est conventionnellement, constituée d'une première fraction renfermant tous les constituants organiques (hydrates de carbones, lipides, matière azotées et vitamines) et d'une seconde fraction inorganique renfermant les minéraux.

Cette dernière fraction représente la quantité de cendres totales (CT) que peut contenir l'échantillon analysé. La matière minérale est déterminé après incinération des échantillons au un four à moufle à 550°C, d'une prise d'essai de l'échantillon jusqu'à l'obtention de cendres blanches ou grises (AOAC, 1990).

La teneur en cendres totales de l'échantillon est ainsi calculée comme suit :

$$CT\% = \left( \frac{P2 - CV}{P1 - CV} \right) \times 100$$

P1 : Poids du creuset avant calcination (g)

P2 : Poids du creuset après calcination (g)

CV : poids du creuset vide (g)

La teneur en matière organique (MO) sera ainsi égale à :  $MO\% = 100 - CT\%$

### c) Teneur en cellulose brute

La cellulose brute est analysée par la méthode de Weende l'échantillon conditionné est hydrolysé successivement par une solution acide diluée ( $H_2SO_4$  : 0,26 N) et ensuite par une solution alcaline diluée (KOH : 0,23N) (AOAC, 1990 ; 1995).

La teneur en cellulose brute est ainsi calculée comme suit :

$$CB\% = \frac{P - P''}{PE} \times 100$$

$P^1$  : Poids après l'étuvage (g)

$P^0$  : Poids après calcination (g)

PE : prise d'essai (g)



Photo N°20 Extracteur analyseur

### d) Teneur en matière grasse

La détermination de la teneur en matière grasse est basée sur la solubilisation de ces dernières dans un solvant approprié et volatil. L'extraction peut se faire par le système de Soxhlet.

Ce dosage consiste à réaliser une extraction continue à l'aide de l'appareil Soxhlet en utilisant l'éther de pétrole comme solvant (AOAC, 1990).

Le pourcentage d'extrait étheré est ainsi obtenu comme suit :

$$EE\% = \left( \frac{P2 - P1}{PE \times MS} \right) \times 100$$

P1 : poids du flacon vide (g)

P2 : poids du flacon après séchage à 105°C (g)

PE : prise d'essai (g)



**Photo N°21** Extracteur de l'appareil de Soxhlet

#### e) Teneur en azote total

La teneur en azote totale et en protéine brute d'un échantillon sont obtenues selon la méthode de Kjeldahl. Cette technique a été mise au point pour la première fois en 1883 par Johan Kjeldahl. Elle comporte trois étapes principales et successives la minéralisation, la distillation, la titration. (AOAC, 1990, 1995, 1999).

Cette teneur est calculée de la manière suivante :

$$N\% = 7 \times 10^{-4} \times V1 \times \frac{100}{Y} \times \frac{100}{A}$$

V1 : volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ml)

Y : prise d'essai (g)

A : volume de la prise d'essai

$$PB = \% N \times 6,25$$



**Photo N°22** Distillateur semi automatique Kjeldahl

#### f) Teneur en sucre totaux

Le sucre total est dosé par la méthode de Dubois et al, (1956) permis d'utilisant le phénol et l'acide sulfurique concentré. Elle comprend une phase d'extraction et phase de coloration, en présence de deux réactifs, on obtient une coloration jaune-orangée égale dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des glucides, qui est mesuré au spectrophotomètre à 485 nm.

Les résultats obtenus sont des densités optiques (D.O). Ces D.O sont utilisées pour déduire la concentration en sucres totaux en se servant de la courbe d'étalonnage.

Cette teneur est calculée de la manière suivante :

$$\text{Sucre}(\mu\text{g} / 100\text{mgMS}) = 1.67 \times \frac{DO}{MS}$$

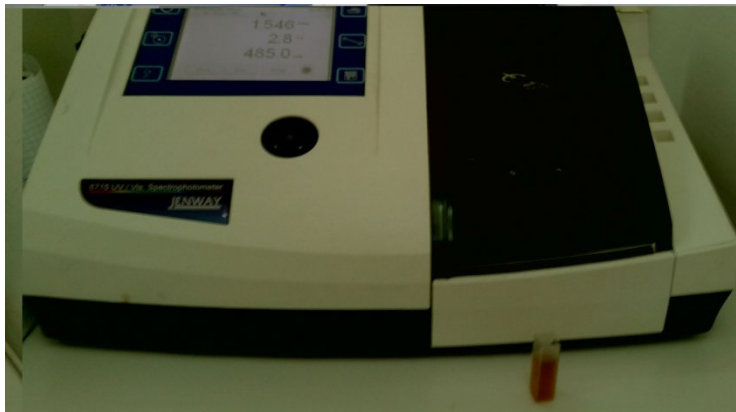


Photo N°23 Spectrophotomètre

### g) Teneur en chlorophylle totaux

La chlorophylle a et chlorophylle b fait l'objet de cette analyse. La méthode adoptée est celle de l'extraction au D.M.SO (dimethylsulfoxyde) elle a l'avantage d'être rapide nul et besoin de procédé à la macération des échantillons.

Le dosage s'effectue par la détermination de l'absorbance de la solution aux longueurs d'ondes 663 et 645 nm.

Cette méthode a été préconisée par Hicox et Israelsiam., en 1978.

La formule relative au solvant, établie par : Mc Kinney et Arnon(1949)

Chlorophylle a =  $12 \text{ D.O (663)} - 2,67 \text{ D.O (645)}$

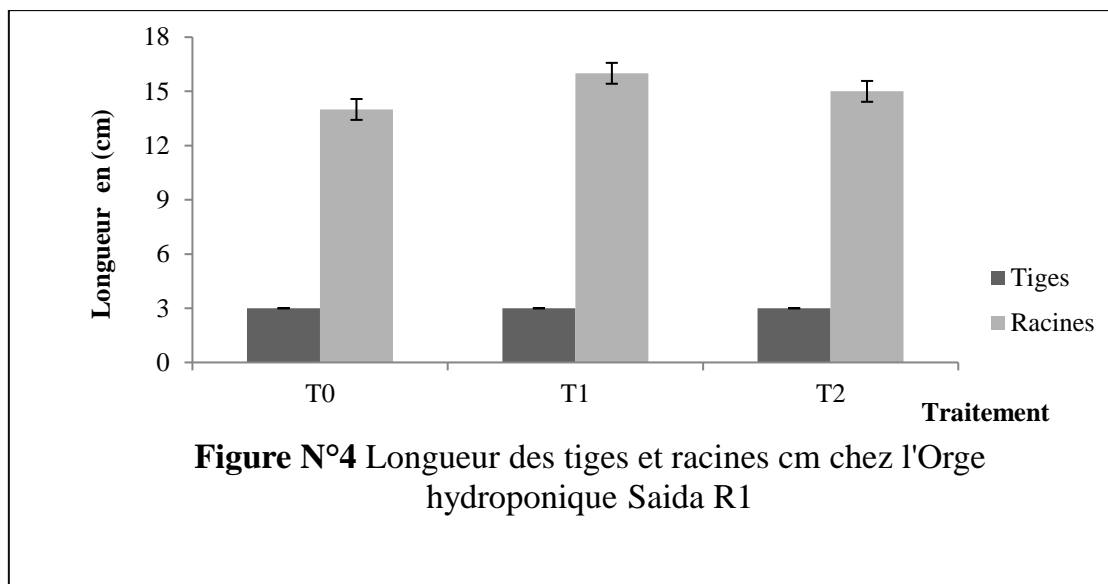
Chlorophylle b =  $22,5 \text{ D.O (645)} - 4,68 \text{ D.O (663)}$

Chlorophylle total=  $20,2 \text{ D.O (645)} - 8,02 \text{ D.O (663)}$

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Morphologie d'Orge hydroponique Saida R1

##### 3.1.1. Longueur des tiges et des racines (cm)



**T0** : Témoin.

**T1** : Engrais MAGIC 12-52-12.

**T2** : Engrais MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

D'après la figure N° on remarque que la longueur des tiges sont identique quelque soit le traitement utilisées par rapport au témoin par contre la longueur des racines se situe entre 14 et 16 cm.

Le traitement T1 présente une longueur de la racine la plus élevée 16 cm.

##### 3.1.2. Morphologie des feuilles d'Orge hydroponique Saida R1

**Tableau N°5** Morphologie de feuilles d'Orge hydroponique variété Saida R1

Traitement	Longueur (cm)	Largeur (cm)	Rapport foliaire (cm)
<b>T0</b>	12	0,30	40,00
<b>T1</b>	17	0,50	34,00
<b>T2</b>	16	0,43	37,21

**T0** : Témoin.

**T1** : Engrais MAGIC 12-52-12.

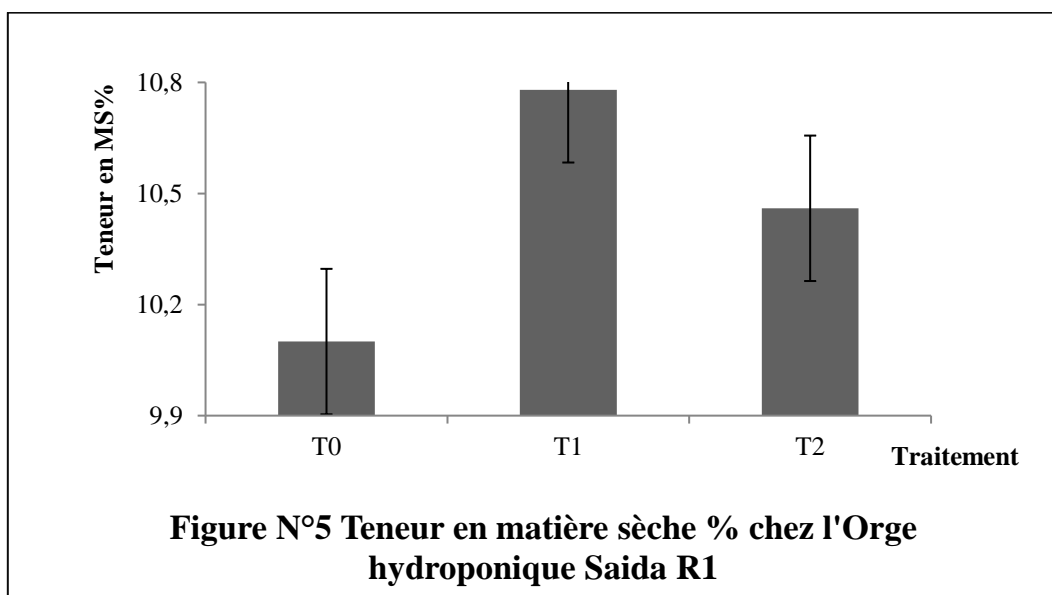
**T2** : Engrais MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

La morphologie des feuilles d'Orge hydroponique variété Saida R1 varie selon le traitement.

La longueur des feuilles varie entre 12 et 17 cm et la largeur entre 0.30 et 0.50 cm. Le rapport foliaire le plus élevé a été remarqué pour le témoin T0 40.00, cela veut dire que les feuilles sont très bien développées suivi par le traitement T2 (avec un rapport de 37,21).

### 3.2. Analyse des valeurs alimentaires d'Orge hydroponique Saida R1

#### 3.2.1. Teneur en matière sèche (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1



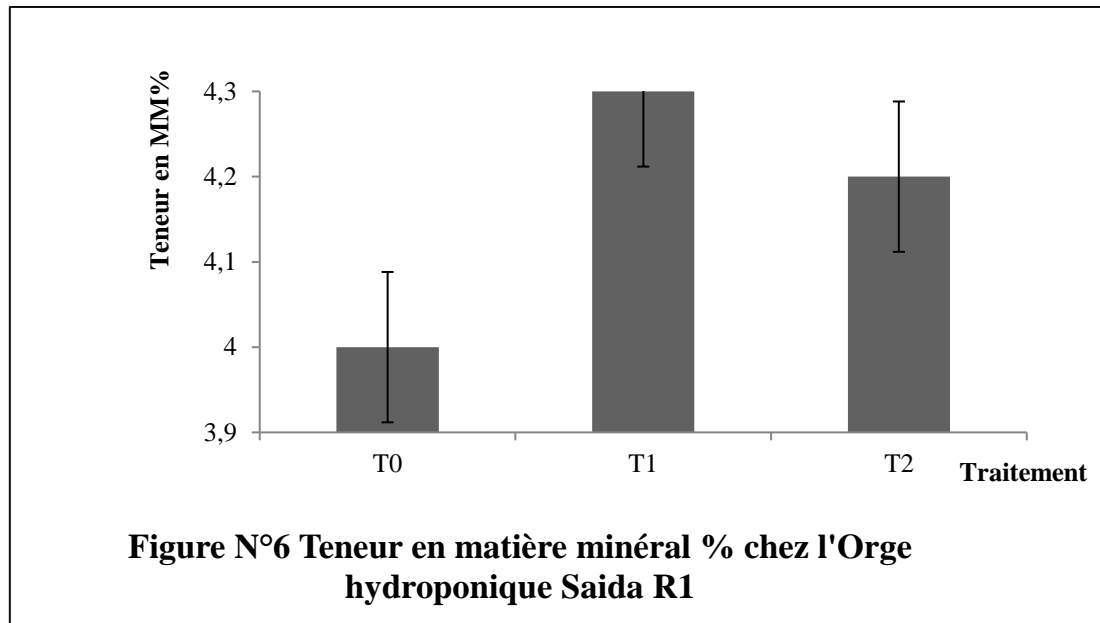
**T0** : Témoin.

**T1** : Engrais MAGIC 12-52-12.

**T2** : Engrais MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

D'après la figure N° on enregistre que le traitement T1 présente un taux de 10,78 % en matière sèche suivi par le traitement T2 avec un taux de 10,46 % .Le témoin marque un taux de 10,10 %.

### 3.2.2. Teneur en matière minéral (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1



**T0** : Témoin.

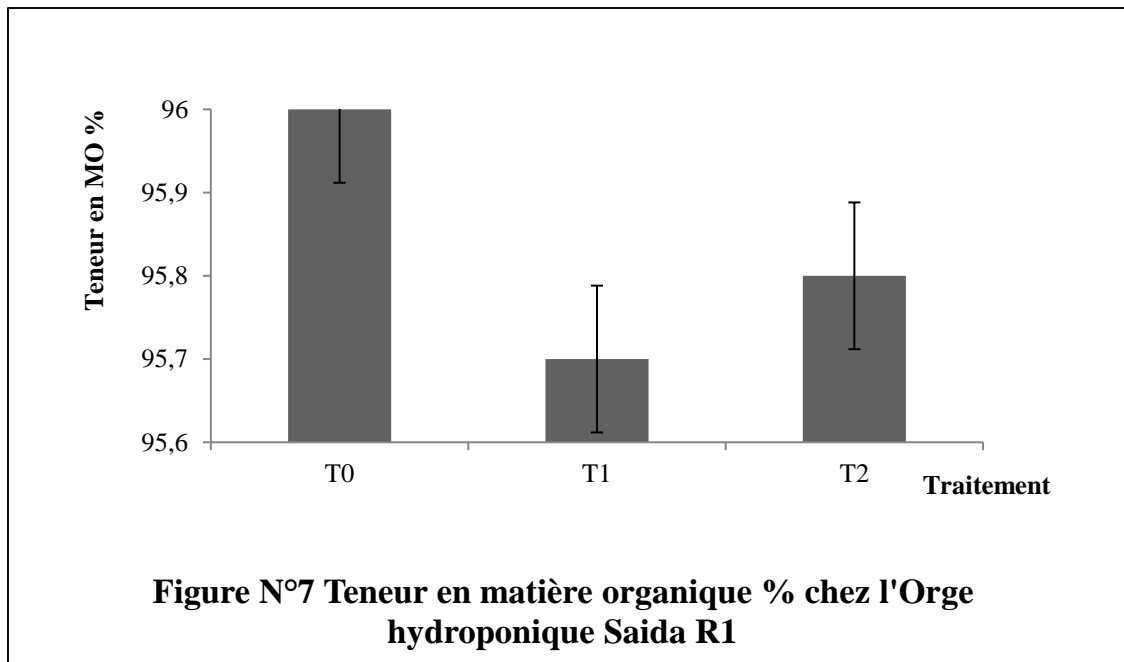
**T1** : Engrais MAGIC 12-52-12.

**T2** : Engrais MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

D'après la figure N° on enregistre que le traitement T1 marque le taux le plus élevé de matière minérale 4,3 %.

Le traitement T2 présente un taux de 4,2 % par contre le témoin T0 est moins riche en matière minérale 4,0 %.

### 3.2.3. Teneur en matière organique (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1



**T0** : Témoin.

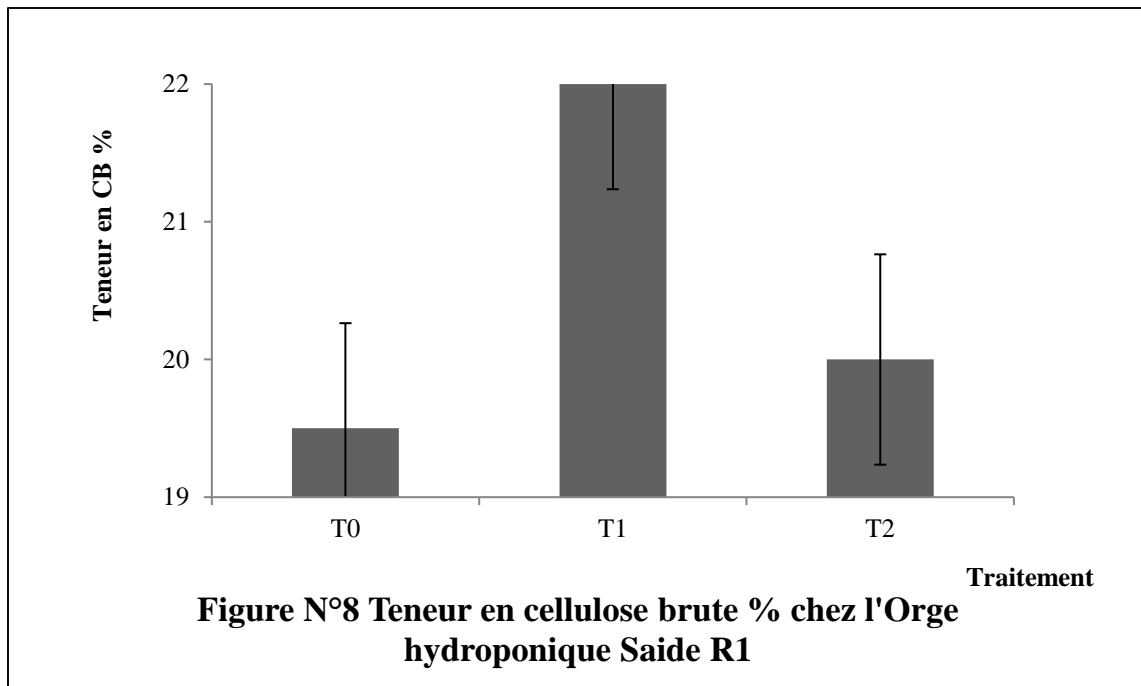
**T1** : Engrais MAGIC 12-52-12.

**T2** : Engrais MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

La figure N° nous montre que la teneur à la matière organique varie entre 95,7 et 96 %.

On remarque que le témoin est plus riche en matière organique avec un taux de 96 % suivi par le traitement de T2 avec un taux de 95,8 % par contre le traitement T1 est moins riche en matière organique 95,7 %.

### 3.2.4. Teneur en cellulose brute (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1



**T0** : Témoin.

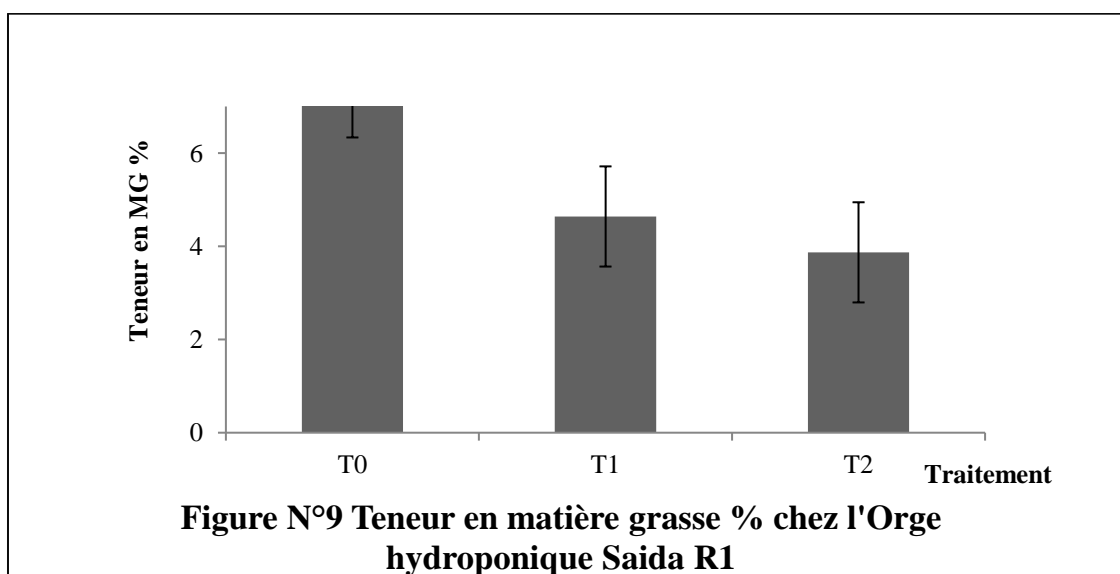
**T1** : Engrais MAGIC 12-52-12.

**T2** : Engrais MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

D'après la figure N° on remarque que la teneur en cellulose brute varie entre 19,5 et 22 % pour la totalité des traitements.

Le traitement T1 présente un taux de 22 % suivi du traitement T2 20 % par rapport du témoin T0 19,5 %.

### 3.2.5. Teneur en matière grasse (%) chez l'Orge hydroponique Saïda R1



**T0** : Témoin.

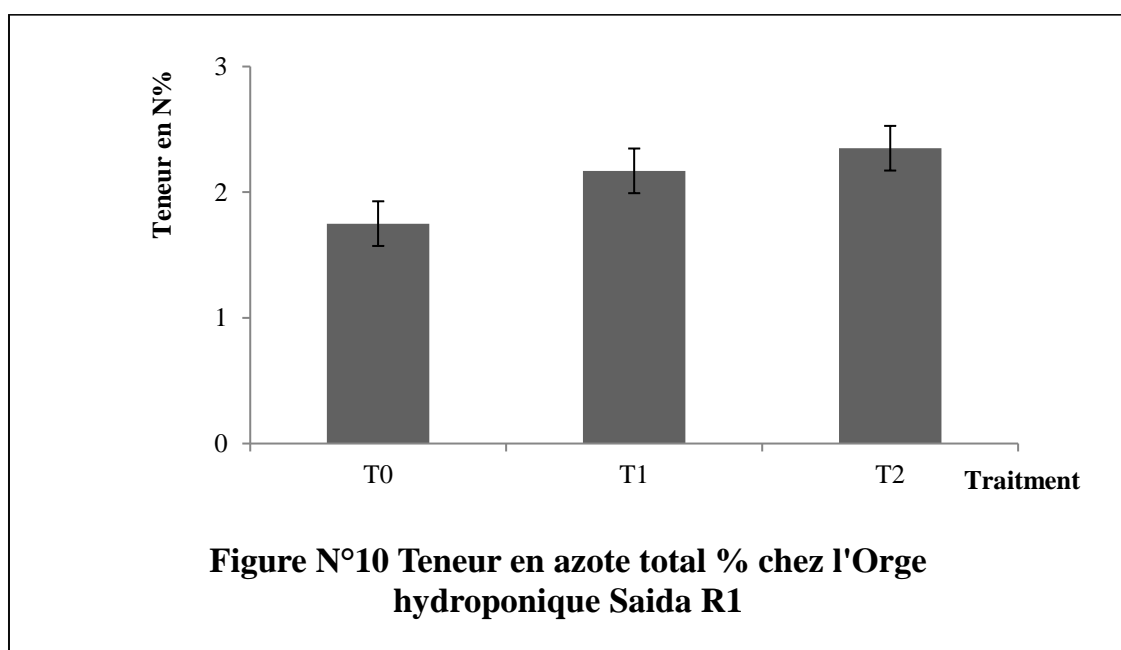
**T1** : Engrais MAGIC 12-52-12.

**T2** : Engrais MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

D'après la figure N° le témoin présente un taux de 7,41 % en matière grasse, il se distingue du T1 4,64 %.

Le traitement T2 présente un taux de 3,87 %.

### 3.2.6. Teneurs en azote total (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1



**T0** : Témoin.

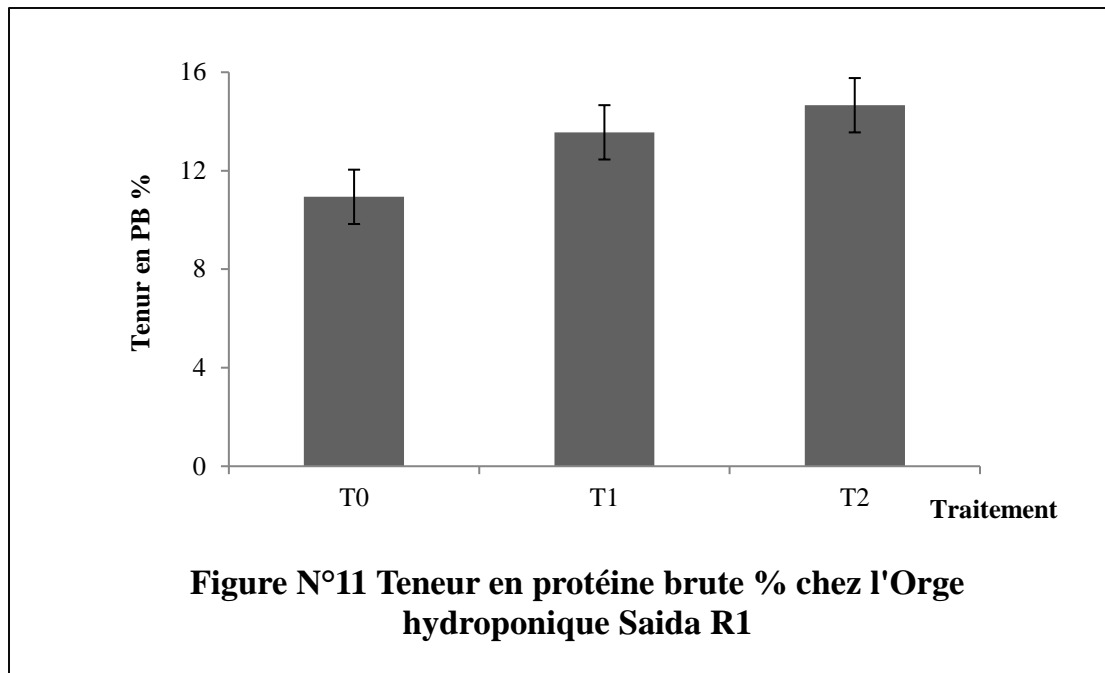
**T1** : Engrais MAGIC 12-52-12.

**T2** : Engrais MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

D'après la figure N° on remarque que le traitement T2 présente un taux élevé en matière azotée 2,35 % par rapport au témoin 1,75 %.

Le traitement T1 présente un taux de 2,17 %.

### 3.2.7. Teneurs en protéine brute (%) chez l'Orge hydroponique Saida R1



**T0** : Témoin.

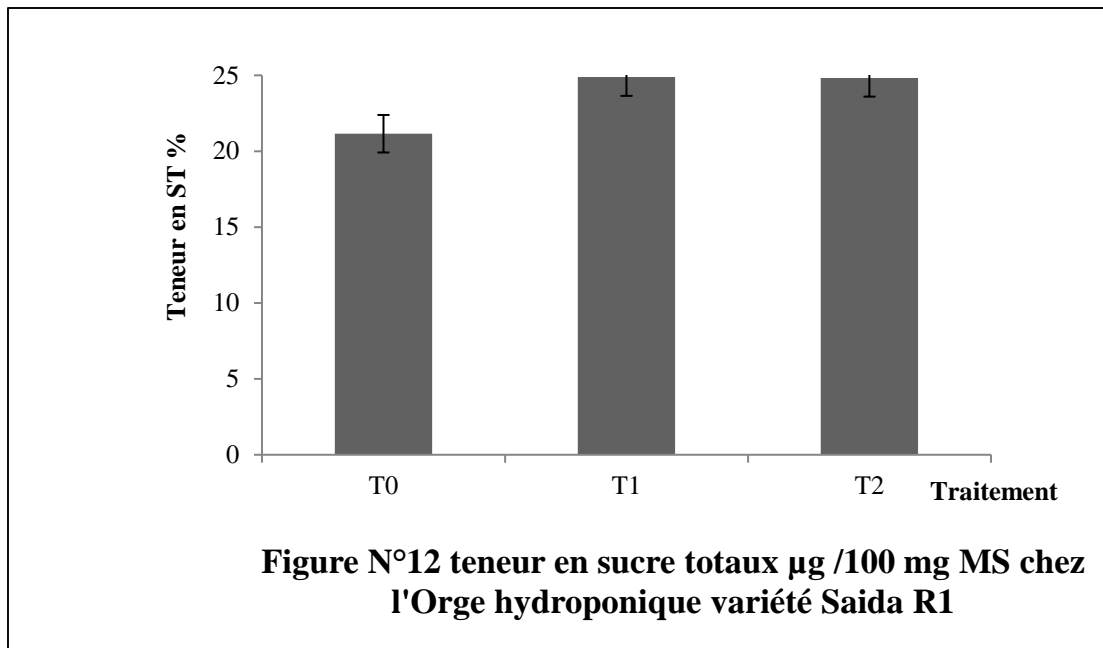
**T1** : Engrais MAGIC 12-52-12.

**T2** : Engrais MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

D'après la figure N° on enregistre le traitement T2 présente un taux de protéines brutes de 14,66 % suivi du traitement T1 ou on remarque une légère diminution dans la teneur en protéines 13,56 %.

Le témoin marque un taux le moins élevé de 10,94 %.

### **3.2.8. Teneur en sucre totaux ( $\mu\text{g}/100\text{ mg MS}$ ) chez l'Orge hydroponique Saida R1**



**T0** : Témoin.

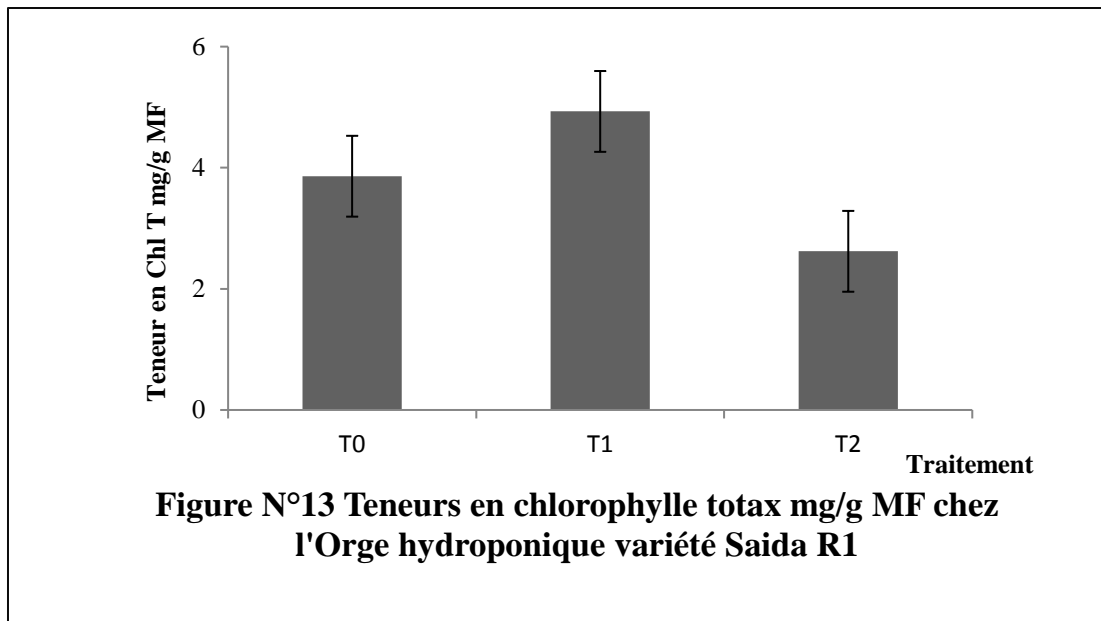
**T1** : Engrais MAGIC 12-52-12.

**T2** : Engrais MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

D'après la figure N° on constate que les teneurs en sucre totaux varient entre 21,15 et 24,88  $\mu\text{g} / 100 \text{ mg MS}$ .

Les teneurs restent relativement proches entre le traitement T1 et le traitement T2 avec un maximum de 24,88  $\mu\text{g} / 100 \text{ mg MS}$  enregistré chez le traitement T1 et un minimum 21,15  $\mu\text{g} / 100 \text{ mg MS}$  noté chez le témoin.

### **3.2.9. Teneurs en chlorophylle totaux (mg/g MF) chez l'Orge hydroponique variété Saida R1**



**T0** : Témoin.

**T1** : Engrais MAGIC 12-52-12.

**T2** : Engrais MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

D'après la figure N° on note que la teneur la plus élevée en chlorophylle totale est remarquée chez le traitement T1 avec une teneur de 4,93 mg/g MF, suivi du témoin avec un taux de 3,86 mg/g MF.

Le traitement T2 marque un taux de seulement 2,62 mg/g MF.

### Discussion

La propriété pour les éleveurs est d'avoir toujours un fourrage grossier à distribuer aux animaux. C'est l'autonomie en matière sèche à l'échelle qui est recherchée.

Les agriculteurs paraissent pencher sur les semences d'Orge locales (exp : Saida), malgré l'introduction de variété améliorée. Il fait l'objet de plusieurs études par les chercheurs qui ont tenté d'évaluer sa valeur fourragère par l'estimation de ces compositions chimiques (MS, MM, MO, CB, MG, MAT, PB, ST, Chl T) de sa phytomasse consommable, en comparant avec les autres espèces introduites (**Khaldoun A et al, 1990**).

L'Orge est également une plante modèle bien connue et utilisé pour développer des méthodologies de sélection végétale, génétique, cytogénétique (**Liliana Astrid Avila Ospina, 2014**).

L'extension de cette espèce sur plusieurs centres secondaires de diversification a contribué à sa large adaptation à la variation des milieux de production. En Algérie, le grain d'Orge sert essentiellement à l'alimentation animale et en second lieu seulement en tant que nourriture humaine (**Boulechfar B, 2018**). Ce processus est plus ou moins long, selon l'espèce.

Chez l'Orge, une fois la graine réhydratée, les racines apparaissent en 24 heures. Au bout de 2-3 jours, les premières feuilles émergent. Au 4e jour, le développement racinaire permet l'assimilation minérale. Au 5e jour, la photosynthèse est activée (**Maëva Miralles Bruneau et al, 2015**).

En contraste, les systèmes hydroponiques n'utilisent pas du tout de terre, mais bien de l'eau comme le nom l'indique. Les racines de la plante sont suspendues dans une solution liquide contenant un mélange équilibré des nutriments nécessaires à sa bonne pousse d'Orge est très appréciée par les éleveurs et constitue la principale source d'alimentation du cheptel, particulièrement sur les Hauts plateaux où l'association céréales-élevage ovin prédomine (**Bouzerzour H et Benmahammed A, 1993**).

La culture hydroponique est une technologie innovante à la fois saine, rentable et respectueuse de l'environnement.

Elle permet d'accélérer le processus de maturation des fruits grâce à un rythme nyctéméral plus rapide et permet plusieurs récoltes. Il va falloir que le cultivateur régule lui-même la composition des solutions nutritives.

La terre est alors remplacée par un substrat inerte et stérile. Cette technique de culture s'est développée pour aboutir aujourd'hui à l'aéroponie et depuis très récemment l'ultraconion.

Le fertilisant est indispensable pour la culture hydroponique (hors sol, il stimule la plante ; et contribue à réduire le risque des maladies des végétaux. il améliore le rendement et la qualité de fourrage vert. En grain plus que tout autre élément la fertilisation et l'alimentation azotée importante favorisent le tallage herbacé mais pas le tallage épi (**Simou H et al, 1989**).

Dissoudre l'engrais dans l'eau adapté à la ferti-irrigation met à disposition directement des plantes les éléments nutritifs absorbés par les racines pour assurer la nutrition de la plante, les engrais sont fournis soit sous forme solide cristallisée où pulvérulente, soit sous forme liquide prête au mélange (**Abdelmadjid Hamadache, 2016**).

Ces engrais doivent être d'une qualité entièrement soluble et leur mélange doit être compatible, le système de ferti-irrigation fournit à la culture l'eau et les nutriments dont elle a besoin pour grandir. Le phosphore comme élément minéral est apporté durant le stade germination provoque le développement rapide des racines et la vigueur des plantules (**Abdelmadjid Hamadache, 2016**).

Une étude faite par **Abidi S; Benyoussef S, 2016** sur la composition chimique des aliments montre que l'Orge hydroponique présente une faible teneur en MS par comparaison à celle des grains (11,5 % contre 88,6 %), cependant, la germination de l'Orge a augmenté les teneurs en MAT (14,4% MS) et en NDF (58,3%), sans modifier la teneur en MO.

Selon la littérature **Morgan et al 1992, Sneath et Mc Intosh, 2003**, l'Orge hydroponique est un aliment particulièrement nutritif pour les ruminants. Cela corrobore nos résultats qui montrent que ce fourrage est riche en matières azotées totales.

La germination de l'Orge sans utilisation d'une solution nutritive prouve que l'accumulation de la teneur en MAT est uniquement induite par le processus de germination, contrairement à **Morgan et al, 1992**, qui lie cette augmentation de la teneur en protéines à l'absorption de l'azote contenu dans la solution nutritive appliquée avec l'eau d'irrigation.

Notre étude a été menée sur l'Orge hydroponique de genre *Hordeum* variété Saida R1, ainsi, nous soulignerons l'impact de la culture hydroponique sur la croissance et développement sur deux traitements des fertilisants et la réponse de ces dernières vis-à-vis le système de culture hydroponique installé.

Les résultats montrent que la longueur des tiges sont identiques quelque soit le traitement utilisées par rapport au témoin par contre la longueur des racines se situe entre 14 et 16 cm. Le traitement T1 à base de fertilisant liquide MAGIC 12-52-12 présente une longueur de la racine la plus élevée 16 cm (Fig N°4).

Le traitement fertilisant soluble MAP 12-61-0 a stimulé un bon développement de la feuille on a enregistré un rapport foliaire de 37,21 par rapport au témoin.

Analyses chimiques d'Orge hydroponique Saida R1 montre que le traitement T1 à base de fertilisant MAGIC 12-52-12 a marqué des teneurs plus élevés en matière sèche 10,78 % et en matière minérale avec 4,3 %, la teneur en cellulose brute avec 22 %, la teneur en chlorophylle totaux 4,93 mg/g MF, et la teneur en sucre totaux avec 24,88 µg/100mg/MS (Fig N°12).

Le traitement T1 à base de fertilisant MAGIC 12-52-12 a donné les meilleurs résultats en ce qui concerne la plupart des éléments chimiques analysés.

Par contre le traitement T2 à base de fertilisant soluble MAP 12-61-0 marque des teneurs élevées en matière organique avec 95,8 %, en azote total 18,76% et un taux de protéine brute de 14,66 % (Fig N°11).

Nos résultats sur l'analyse de la chlorophylle concordent avec les résultats de **Nabila Souillah, 2009**, ceux de l'analyse du sucre avec les résultats de **Dermaquilly, 1987** et corrobore avec ceux de **Hinton, 2007** sur la teneur de la matière sèche et protéine.

**Dermaquilly 1987 et Peer et Leeson, 1985**, on signalés que la teneur en matière sèche est entre 9,4 à 18 %.

Au cours de la germination, de la matière sèche est faible, c'est-à-dire l'activité métabolique accrue des graines en germination. L'énergie nécessaire à cette activité métabolique est obtenue par dégradation et oxydation de l'amidon donc la plantule a utilisé les réserves du grain pour ses propres synthèses.

Les valeurs moyennes des teneurs en cellulose brute différent selon le type d'Orge à 6 rangs et 2 rangs (**Seroux et al, 1989**).

La valeur de la teneur en cellulose brute est liée à la teneur en parois végétales du fourrage. Plus cette teneur est importante, plus le fourrage est mûr (**Laurent Fichet, Stéphane Migné, 2018**).

**Morgan et al, 1992** prouve que cette augmentation de la teneur en protéines est à l'absorption de la solution nutritive.

Les résultats des recherches sur l'analyse chimique concorde avec nos résultats à savoir que on obtient un bon rendement et bonne alimentation du fourrage vert dans les conditions optimales et on fertilisants.

### Conclusion

Dans les pays qui manquent les ressources fourragères, l'alimentation des bétails représente la charge la plus importante pour la production animale. Ces pays et régions sont directement dépendants d'autres pays producteurs et fournisseurs de matières premières fourragères.

L'Algérie accuse un déficit fourrager important des besoins totaux du cheptel, le pédo-climat constitue le problème essentiel dans le cadre de la conduite des fourrages. La superficie en fourrage vert ne couvre partiellement que les besoins du cheptel, particulièrement que les bovins laitières, il est nécessaire que la mise en place des ressources fourragères nouvelles en irriguées à haut rendement en matière sèche et en valeur nutritive pour permettre aux animaux d'extérioriser leurs potentiels de production.

La culture hydroponique convient très bien à l'élevage bovin. Elle peut couvrir Jusqu'à 70 % de l'alimentation journalière et ce tout au long de l'année. Elle permet surtout d'augmenter la production laitière qui reste très faible en Algérie.

Cette culture offre plusieurs avantages : une solution innovante et économique en eau à 80 %, en argent, et en surface, elle permet également le contrôle de la technique et ses paramètres.

Sachant que le fourrage en vert est l'aliment prioritaire pour la majorité des animaux d'élevage et particulièrement les ruminants, son déficit limite toute augmentation du rendement des animaux.

Les graines d'Orge Saida R1, peuvent germer facilement et d'obtenir un fourrage vert de qualité, plus nutritif que l'Orge cultivé dans le sol.

Notre travail a visé un but bien précis et de garantir une bonne valeur alimentaire en utilisant des fertilisants afin d'obtenir un fourrage plus riche en valeurs nutritives et énergétiques avec une augmentation des productions laitières, en jugeant l'efficacité du fertilisant MAGIC 12-52-12 extrait d'algue et matière végétale par rapport au fertilisant MAP (mono-Ammonique Phosphate) 12-61-0.

L'étude de la croissance et les analyses chimiques de la culture d'Orge hydroponique variété Saida R1a montré un bon développement des feuilles et des racines sous traitement de fertilisant et une bonne valeur alimentaire de l'Orge hydroponique sous le traitement de fertilisant MAGIC 12-52-12.

Le traitement fertilisant MAP 12-61-0 a stimulé un bon développement de la feuille on a enregistré un rapport foliaire de 37,21 par rapport au témoin.

Les analyses chimiques d'Orge hydroponique Saida R1 montrent que le traitement T1 à base de fertilisant MAGIC 12-52-12 a marqué des teneurs plus élevées en matière sèche 10,78 % et en matière minérale avec 4,3%, la teneur en cellulose brute avec 22%, la teneur en chlorophylle totale 4,93 mg/g MF, et la teneur en sucre totaux avec 24,88 µg /100 mg MS (Tab annexe N°6).

Le traitement à base de fertilisant MAGIC 12-52-12 a donné les meilleurs résultats en ce qui concerne la plupart des éléments chimiques analysés.

Par contre le traitement T2 à base de fertilisant MAP 12-61-0 marque des teneurs élevées en matière organique avec 95,8 %, en azote total 18,76 % et un taux de protéine brute de 14,66 % (Tab annexe N°6).

Nos résultats d'analyse des éléments nutritifs sont généralement conformes ou parfois légèrement différents à ceux saisis par d'autres chercheurs ayant fait des expériences sur le fourrage en conclusion cette étude nous a permis de constater que la culture hydroponique en serre offre une production annuelle contrôlée et optimale, indemne des contraintes climatiques, des attaques de pathogène, et des maladies, favorisant ainsi l'amélioration des récoltes dans les régions Algériennes.

Cette expérience de l'hydroponie prouve que le sol n'est pas nécessaire pour la croissance des plantes, avec une solution nutritive ou juste de l'eau, les graines d'Orge Saida R1, peuvent germer facilement en donnant des jeunes feuilles de bonne qualité au bout de quelque jour.

On a l'intérêt d'approfondir cette étude, surtout, en réalisant des essais sur l'introduction de la verdure sur les vaches laitières et sur les taurillons d'engraissement. Pour la production des fourrages vert hydroponiques, l'avenir s'annonce prometteur.

## Les références

- ❖ **Abbas et Abdelguerfi, 2008** : En agriculture des zones arides et sahariennes Options Méditerranéennes; 79; 179-186
- ❖ **Abdelguerfi A et Ramdane S.A, 2003**: La bio-innovation, la population et l'érosion génétique. Bilans des Expertises sur « Menaces pesant sur la diversité biologique» MATEGEF/ PNUD Projet ALG97/G3 1.262p.
- ❖ **Abdelmadjid Hamadache, 2016** : TOME III RESSOURCES FOURRAGERES, P115,116,117,118,119.
- ❖ **Akal T., Avci M. and Dusunceli F., 2004** : Barley: Post-harvest operations.
- ❖ **Al Karaki, G. N., Al-Momani, N. 2011**. Evaluation of some barley cultivars for green fodder production and water use efficiency under hydroponic conditions. Jordan J. Agricultural Science 7 (3):448–456.
- ❖ **ALAIN V, 2003** : Fondements & principes du hors-sol : Doc V 3.1 HRS 12 Ind Alain Vitre 11/11/2003 page 10 /10
- ❖ **Alaoui S.B, 2003** : conduite technique de l'Orge. Production de fourrage à partir de céréales cultivées seules ou mélangées avec les légumineuses. Technique de production des principales cultures fourragères et en irrigué. pp.40-42.
- ❖ **Al-Karaki, G. N., Al-Momani, N. 2011** : Évaluation de certains cultivars d'orge pour la production de fourrage vert et d'eau efficacité d'utilisation en conditions hydroponiques. Jordan J. Agricultural Science 7 (3): 448–456
- ❖ **Amal B.K. et Aurang, Z.et Nizakat, B et Shahid, A.K. et Mohammad, S.K. 2007**: Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. Food Chem. 104: 1074-1079
- ❖ **Anonyme 2008** : IMPV, Institut national de la protection des végétaux « Mostaganem ».
- ❖ **Anonyme 2015** : IMPV, Institut national de la protection des végétaux « Oran ».
- ❖ **Anonyme, 2001**: Manual technico Fourrage vert hydroponique, p56.
- ❖ **Anonyme, 2005** : Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols, Manuel de formation, Projet Intrants/FAO. p24
- ❖ **Anonyme, 2000** : Dictionnaire de l'académie française, 8<sup>ème</sup> édition 2000.
- ❖ **Anonyme, 2006** : Institue techniques de grande culture. « ITGC » Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie ,2006.p121, 123,129.
- ❖ **Anonyme, 2008** : Editeur technique : DANILO MEJIA FAOSTAT.
- ❖ **Anonyme, 2012** : Hydroponics manual, Abu Dhabi Farmers' Services Centre. Technical Développement Section, Protected Agriculture Unit p55

- ❖ **Al Karaki, G. N., Al-Momani, N. 2011.** Evaluation of some barley cultivars for green fodder production and water use efficiency under hydroponic conditions. *Jordan J. Agricultural Science* 7 (3):448–456.
- ❖ **ALAIN V, 2003 :** Fondements & principes du hors-sol : Doc V 3.1 HRS 12 Ind Alain Vitre 11/11/2003 page 10 /10
- ❖ **Alaoui S.B, 2003 :** conduite technique de l'Orge. Production de fourrage à partir de céréales cultivées seules ou mélangées avec les légumineuses. Technique de production des principales cultures fourragères et en irrigué. pp.40-42.
- ❖ **Al-Karaki, G. N., Al-Momani, N. 2011 :** Évaluation de certains cultivars d'orge pour la production de fourrage vert et d'eau efficacité d'utilisation en conditions hydroponiques. *Jordan J. Agricultural Science* 7 (3): 448–456
- ❖ **Amal B.K. et Aurang, Z.et Nizakat, B et Shahid, A.K. et Mohammad, S.K. 2007:** Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chem.* 104: 1074-1079
- ❖ **Anonyme 2008 :** IMPV, Institut national de la protection des végétaux « Mostaganem ».
- ❖ **Anonyme 2015 :** IMPV, Institut national de la protection des végétaux « Oran ».
- ❖ **Anonyme, 2001:** Manual technico Fourrage vert hydroponique, p56.
- ❖ **Anonyme, 2005 :** Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols, Manuel de formation, Projet Intrants/FAO. p24
- ❖ **Anonyme, 2000 :** Dictionnaire de l'académie française, 8<sup>ème</sup> édition 2000.
- ❖ **Anonyme, 2006 :** Institue techniques de grande culture. « ITGC » Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie ,2006.p121, 123,129.
- ❖ **Anonyme, 2008 :** Editeur technique : DANILO MEJIA FAOSTAT.
- ❖ **Anonyme, 2012 :** Hydroponics manual, Abu Dhabi Farmers' Services Centre. Technical Développement Section, Protected Agriculture Unit p55
- ❖ **Anonyme, 2014 :** L'agriculture hors sol. Pour une agriculture saine, rentable et respectueuse de l'environnement. Coco sol P 64.
- ❖ **Anonyme, 2015 :** Unifa : Ferti-pratiques, Ferti-irrigation, vers une agriculture de précision n° p 34. 4 : [www.unifa.fr](http://www.unifa.fr)
- ❖ **Badr et al, 2000 :** On the origine and domestication history of barley (*Hordeum vulgare*). *Mol biol Evol* 17 :499-510.
- ❖ **Bassiriki Ouattara, 2017 :** Options pour une intensification durable de la production agricole univ européenne date de pub p15.
- ❖ **Belaid, 1996 :** aspect de la céréaliculture Algérien, Offices de publications universitaires p203.
- ❖ **Belaid. D, 1986 :** Aspect de la céréaliculture Algérienne. OPU. Alger. 126-217 p

- ❖ **Belgat Saci, 2016** : L'Algérie est –il un pays agricole ou peut –il le devenir : (Esquisse d'une réflexion) date de pub 6.10.2016.
- ❖ **benmahmed, 2005 et Bouzerzour H et Benmahammed A, 1993**:  
Environmental factor limiting barley yield in the high plateau of Eastern Algeria. *Rachis*, 12 (1) :14 – 19.
- ❖ **Blanc L, 1987** : Les cultures hors sol. Ouvrage collectif dirigé par Denise Blanc, les a.t.p. de l'INRA, 2eme Ed. Paris, France, p361.
- ❖ **Bothmer R et Jacobsen N, 1985**: Origin, taxonomy and related species. In: D.
- ❖ **Bouhadj H, 2008** : Amélioration et stimulation de la croissance végétative par le procédé fert-irrigation en arido- culture. Thèse de magistère INA (El-Harrach), ALGER. p40
- ❖ **Boulal et al, 2007** : Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie).Ed. TIGC,INRA, ICARDA, Algérie, 176 p
- ❖ **Bouzerzour H, 2001** : Sélection pour le rendement en grain, la précocité, la biomasse aérienne et l'indice de récolte chez l'Orge (*Hordeum vulgare* L.) en zone semi- aride. Thèse de doctorat en sciences naturelles, Univ Constantine, 165p.
- ❖ **Buston, C.D.E., Gonzalez, E.L. Aguilera B.A. and Esptnoz, G.J.A., 2002**.  
Fourrage hydroponique alternative par a la suplement a cióncaprinaen el semidesier to Queretano pp: 383. XXXVIII Reunión Nacional de InvestigaciónPecuaria.
- ❖ **Camille M, 1980** : Céréales. Phytotechnie spéciale bases scientifiques et techniques de la production des principales espèces de grande culture en France. Maison rustique, PARIS ,1980. 318p
- ❖ **Chandra P, Gupta MJ, 2003** : Culture dans des serres de haute technologie pour améliorer la productivité des ressources naturelles et atteindre l'objectif de l'agriculture de précision. *Agriculture de précision en horticulture*, 2003; 64-74.
- ❖ **Cherif Hosni F ,2010** : Etude de l'effet de la date et de la densité de semis sur l'élaboration du rendement chez l'Orge (*Hordeum vulgare*) dans la zone de Zmalet El Amir Abdelkader.
- ❖ **Chouaki S et ah, 2006** : Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques. INRA Algérie/ juin 2006, p74-75
- ❖ **Chouard P, 1952** : Les cultures sans sol. Ed maison rustique. Paris p200
- ❖ **Demarquilly C, 1987** : Valeur nutritive de l'Orge germée. *Bull. Techn. CNRZ*, Theix, INRA, 68: 19-23.
- ❖ **Drouineau G, 1961** : La culture sans sol et la sélection, in : *Advances in Horticultural Science and Their Applications*, vol. 1, Oxford, Pergamon Press, pp. 140-143.

- ❖ **Dung DD, Godwin IR, Nolan JV , 2010** : Nutrient content and in sacco degradation of hydroponic Barley sprouts Grown Using Nutrient solution or tap Water. Journal of animal and veterinary advances, p243-246.
- ❖ **Dung DD, Godwin IR, Nolan JV.** Teneur en éléments nutritifs et digestibilité du tabac de l'orge et de l'orge germée. Journal of Animal, Veterinary Advances, 2010b; 9 (19): 2485-2492.
- ❖ **EL Houssine Z, 2006** : Complément de cours de physiologie végétale p11
- ❖ **El Morsy A.T., M. Abul-Soud and M.S.A. Emam, 2013:** Localized hydroponic green forage technology as a climate change adaptation under Egyptian conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 9(6): 341-350
- ❖ **Elabilain F, 2010:** Hydroponics for Beginners. LIZWAN. Abu Dhabi. p122
- ❖ **El-Morsy A.T., M. Abul-Soud and M.S.A. Emam, 2013:** Localized hydroponic green forage technology as a climate change adaptation under Egyptian conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 9(6): 341-350
- ❖ **Engler Diels, 1936** : Programme de la famille des plantes ; onzième édition
- ❖ **Erroux J., 1956** : Les céréales de l'Ouadi E! Ajal. Bu]. Soc. Hist. Nat. Afric. Nord, 43:172-183.
- ❖ **Essadaoui M, 2013** : Industrie Agroalimentaire, Bulletin édité par l'Institut Marocain de l'Information scientifique et technique IMIST, N° p 25. 34
- ❖ **Garcia, R. A et Li, Y et Rosolem, C. A, 2013:** Soil organic matter and physical attributes affected by crop rotation under no-till. Soil Sci. Soc. Am. J., 77 (5): 1724-1731
- ❖ **Gillet, 1980 et Gillet M, 1980** : Les graminées fourragères. Ed INRA, Paris, P306 ;
- ❖ **Gonde et Jussiaux, 1980 et Boulalet al , 2007 et Kellil, 2010** : Contribution à l'étude du complexe entomologique des céréales dans la région des hautes plaines de l'est Algérien. Thèse magister, université Batna, p40-43
- ❖ **Habbas Mahdjouba, 2018** : Essaie de quelques cultures sous un système hydroponique dans la région de Biskra universitaire de Biskra date de pub 25.06.2018
- ❖ **Hadria, R, 2006** : Adaptation et spatialisation des modèles stricts pour la gestion d'un périmètre céréalier irriguée en milieu semi-aride. Thèse de doctorat. Univ Cadi AYYAD Samlalia- Marrakech.
- ❖ **Hakimi, 1993** : Les systèmes traditionnels basés sur la culture de l'Orge. Porc. Symp. On the Agrnometeorology of rainfed barley and durum wheat in dry areas. J. Agri. Sci. Camb. 108 : 599-608.

- ❖ **Heins B., 2016:** Evaluation of fodder systems for organic dairy cattle to improve livestock efficiency.
- ❖ **ITELV, 2013 :** Les cultures hydroponiques pour une production permanente en fourrage vert « Résultats préliminaires sur l'Orge ».
- ❖ **ITGC Tiaret, 2006** Institute Technique de Grande Culture, les principales variétés de cereals cultivées en Algérie; p69 -89
- ❖ **J.D.Arnaud, 2000 :** diversité et évolutions quantitatives des fourrages annuels en France p 346.
- ❖ **Jean Michel Clément ,1981 :** Larousse agricole.
- ❖ **Jean-Paul charvet 2001 :** Encyclopaedia univ de Paris-ouest-Nantene: La Défense, correspondant national de l'agriculture de France.
- ❖ **Jean-Paul charvet, 2001 :** Encyclopaedia univ de Paris-ouest-Nantene: La Défense, correspondant national de l'agriculture de France.
- ❖ **Joncs M., Marthys G., Rijks D 1989 :** traditionnel et les données agro météorologiques modernes. In the agro meteorology of rainfed barley-based farming systems. Proceeding of an International symposium (6-10 , Tunis). Ed. ppls'7 - 166.
- ❖ **Jordan et Haferkamp, 1989 :** Jordan G.L & Haferkamps M.R., 1989. Temperature responses and calculate heat units for germination of several range grasses and shrubs. J. Range Manage., **42**, 41-45.
- ❖ **Kaeffer C., 2013 :** Céréales et des fourrages hydroponiques : utilisation en alimentation animale.
- ❖ **Kamel Ben Mbarek et Mohsen Boubaker, 2017 :** Manuel de grandes cultures-Les céréales p186-187.
- ❖ **KHALDOUN A et al, 1990 :** Etude du complément agronomique et physiologique des cultivas d'Orge (*Hordeum Vulgare*) vis-à-vis du déficit hydrique, Thèse unique Montpellier-France.
- ❖ **KN Prafulla, K Bijaya, PN Swain, Singh 2015 :** Production et utilisation de fourrage hydroponique Indien. Journal of Animal Nutrition, 2015; 32 (1): 1-9.
- ❖ **Laberche, 2010 :** la nutrition de la plante in biologie végétale. Dunod 2<sup>ème</sup> (éd). Paris p154-163
- ❖ **Lahouel H, 2014 :** Contribution à l'étude de l'influence de la salinité de rendement des céréales (cas de l'Orge) dans la région de Hemadna à Relizane.
  
- ❖ **Letard et al, 1995 :** maîtrise de l'irrigation fertilisante (tomate sous abris).Ed.CTIFL.p 220.
- ❖ **Letard M, Erard P et Jeannequin B, 1995 :** maîtrise de l'irrigation fertilisante (tomate sous abris).Ed.CTIFL. p220.
- ❖ **Liliana Astrid avila Ospina, 2014 :** Autophagie, sénescence et remobilisation de l'azote chez l'Orge.

- ❖ **Lomagno M et Gauthier F et Aprel S et Terrentroy A et Hallouin I, 2013** : Tomate cerise et melon. Essai variétale sous serre photovoltaïque. Fiche APREL p 13-089. 7
- ❖ **M'sadak Y, Ben M'barek A, 2014** : Caractérisation physico-hydrigue des substrats de culture à base de méthacompost avicole pour une meilleure valorisation.
- ❖ **Menad A, 2008** : Rythme de développement, utilisation de l'eau et rendement de l'Orge (*Hordeum vulgare* L.) dans l'étage bioclimatique semi-aride.
- ❖ **Micera, E, M. Ragni, F. Minuti, G. Rubino., G. Marsico., A. Zarrilli, 2009** : Improvement of sheep welfare and milk production fed on diet containing hydroponically germinating seeds. *Italian Journal of Animal Sciences*, 8 (2): 634-636.
- ❖ **Morgan HM, Thomas H, Meredith MR, Humphreys MW, 1994** : Identification of parental and recombined chromosomes of *Lolium multiflorum* X *Festuca pratensis* by genome in situ hybridation. *Theor.App.Genet.*88 :909-913.
- ❖ morphologiques d'Orges oasiennes (*Hordeum vulgare* L.) de la région d'Adrar (Algérie) INRAA - Laboratoire des Ressources Phylogénétiques.
- ❖ **Mossab, 2007** : Contribution à l'étude de l'exploitation à double fin de l'Orge *Hordeum vulgare* L. en zones semi-arides d'altitude. Mém. Magister, Inst. Nat. Agro., El-Harrach, Alger, 126 p
- ❖ **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.
- ❖ **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.
- ❖ **Nevo, 1992** : Origine, evolution, population genetics and resources for breeding of wild barley, *Hordeum spontaneum*, in the fertile crescent. Chapter 2. In PR shewry, ed *Barley Genetics, Biochemistry, Molecular Biology and biotechnology*. C.A.B. International, wallingford, Owon. P 19-43.
- ❖ **Paul-Émile YELLE., 2006, COLLOQUE SUR L'IRRIGATION L'EAU, SOURCE DE QUALITÉ ET DE RENDEMENT, Hôtel Mortagne, Boucherville** Essais et pratiques de fertigation au Québec..
- ❖ **Prats J, 1971** Les céréales 2ème éd. Coli d'enseignement Agricole.288 p.
- ❖ **R.G.Wiggans, 1922** : Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée.
- ❖ **Rahal H, Bouziane et Abdelguerfi A, 2007:** Caractéristiques agronomiques et
- ❖ **Rodrigues Muela et al, 2005; Romero Valdez et al, 2009** : 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 date de pub  
31.04.2015

- ❖ **Rodriguez-Muela, C., Rodriguez, H.E., Ruiz, O., Flores, A., Grado, J.A. and Arzola, C, 2004:** Use of green fodder produced in hydroponic system as supplement for lactating cows during the dry season. Proceedings of the American Society of Animal Science, 56, 271-274.
- ❖ **Sedki M et Mimouni A, 1995 :** Effets de substrats locaux sur tomate en culture hors sol. INRA, Centre régional du Souss-sahara, B.P. 124, Inezgane, Maroc. 15P
- ❖ **Simon et al, 1989 :** produire les céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui, science, techniques, applications Ed°. J.B.Baillière ; P333
- ❖ **Sneath R, Mc Intosh F, 2003 :** Sneath, R. and McIntosh, F., 2003. Review of hydroponic fodder production for beef cattle. Meat & Livestock Australia Limited.
- ❖ **Sneath R, McIntosh F, 2003 :** Sneath, R. and McIntosh, F. (2003) Review of Hydroponic Fodder Production for Beef Cattle. Department of Primary Industries: Queensland Australia 84. McKeehen, p. 54.
- ❖ **Soltner D, 1990 :** Les grandes productions végétales .Phytotechniespéciale. 17 Emme édition .coll : sciences et techniques agricoles pp 41-67.
- ❖ **Soltner D, 2005:** Les grandes productions végétales. Céréales. Collection sciences et techniques agricoles. 20è édition. Paris. France, pp 21-55.
- ❖ **Soltner D, 2007:** Les bases de la production végétale. Tome 2 : Le climat. Collection science et techniques agricoles. 9è édition, pp 255-270.
- ❖ **Soltner, 1990:** Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed .1 7ème édition .Paris. France., 464p.
- ❖ **Soucy A, 2016 :** Système de surveillance du statut nutritionnel des plants de tomates utilisant la vision numérique proche infrarouge. Thèse d'ingénierie ; Univ Québec, Chicoutimi. p104
- ❖ **Souilah N, 2009 :** Diversité de 13 génotypes d'Orge (*Hordeum vulgare* L.) et de 13 génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.): Etude des caractères de production et d'adaptation .Mme de Magister .Univ de MENTOURI de CONSTANTINE.p146
- ❖ techniques agricoles. 20è édition. Paris. France, pp 21-55.
- ❖ **Texier W, 2014 :** L'Hydroponie pour tous (Tout sur l'HOR TICULTURE à la maison), 307-311. Editions, 7 rue Pétion, 75011 Paris (France) p 52.
- ❖ **Titouna D, 2011 :** Etude numérique de la solution nutritive dans un milieu poreux : cas de la laine de roche floriculture et expert. Thèse doctorat ès Sci ; Univ EL HADJ LAKHDAR BATNA p 106.

- ❖ **Valerie P, 2015** : Irrigation, substrats et fertilisation dans la culture hors-sol du fraisier, des enjeux pour une production optimisée, mémoire Maître ès sciences (M. Sc.), Univ Québec, canada p 67
- ❖ **Vincent G, 2008** : Adaptation des techniques hors-sol pour la production de fruits et légumes sur substrat en Valais. Office maraîcher valaisan-Châteauneuf p 16.
- ❖ **Vu Th. D, 2008** : Effets de l'environnement sur la croissance et l'accumulation de métabolites secondaires chez DATURA INNOXIA MILL. Cultivé en condition hors sol ; impact des facteurs biotiques et abiotique. Thèse doctorat de l'INPL, science agronomie. Univ lorraine p237.

Annexe 1

**Tableau N° 6 : Analyses de la valeur alimentaire d'Orge hydroponique Saida R1**

Traitement	MS%	MM%	MO%	CB%	MG%	N%	PB%	ST	Chl T
<b>T0</b>	<b>10,1</b>	<b>4</b>	<b>96</b>	<b>19,5</b>	<b>7,41</b>	<b>1,75</b>	<b>10,94</b>	<b>21,15</b>	<b>3,86</b>
<b>T1</b>	<b>10,78</b>	<b>4,3</b>	<b>95,7</b>	<b>22</b>	<b>4,64</b>	<b>2,17</b>	<b>13,56</b>	<b>24,88</b>	<b>4,93</b>
<b>T2</b>	<b>10,46</b>	<b>4,2</b>	<b>95,8</b>	<b>20</b>	<b>3,87</b>	<b>2,35</b>	<b>37,21</b>	<b>24,83</b>	<b>2,62</b>

Annexe 2

**Tableau N° 7 : Morphologie d'Orge hydroponique Saida R1**

Traitement	Longueur des tiges (cm)	Longueur des racines (cm)	Largeur des feuilles	Longueur des feuilles	Rapport foliaire
<b>T0</b>	<b>3</b>	<b>14</b>	<b>0,3</b>	<b>12</b>	<b>40</b>
<b>T1</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>0,5</b>	<b>17</b>	<b>34</b>
<b>T2</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>0,43</b>	<b>16</b>	<b>37,21</b>