

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة  
كلية علوم الطبيعة والحياة

**Département : de Biologie et Ecologie Végétale**

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie**

**Filière : Sciences Biologiques**

**Spécialité : Biologie et Physiologie de la Reproduction.**

Intitulé :

---

**Etude de caractères racinaires et morpho-phénologiques de quelques variétés d'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous stress hydrique**

---

**Présenté et soutenu par : BOURRICHE DOUNIAZED**

**Le : 06.09.2020**

**GUENEZ RAYENE**

**Jury d'évaluation :**

**Président : Pr. BENLARIBI M.**

Université des Frères Mentouri - Constantine

**Encadreur : Pr. KARA Y.**

Université des Frères Mentouri - Constantine

**Examineur : Dr. CHIBANI S.**

Université des Frères Mentouri - Constantine

**Année universitaire 2019 – 2020**



# REMERCIEMENTS

*Nous remercions, tout d'abord Dieu le tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la patience pour pouvoir mener à terme ce travail de recherche.*

*Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements*

*Au Pr. Kara Youcef pour son aide, ses encouragements et ses conseils.*

*Nous tenons à remercier également le chef de département Pr. Baka Mebarak, Dr.*

*Zoghmar Merieme et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

*Finalement, nous ne pouvons pas terminer ces remerciements sans une pensée à l'ensemble de nos enseignants qui sont à l'origine de nos savoirs de la première année jusqu'à la fin de nos études.*

*Merci à vous tous.*

## ***DEDICACE***

*A mes très chers parents pour leur amour, leur affection, leur tendresse et leur encouragement.*

*A mon mari pour son aide, son encouragement et ses efforts.*

*A mes princesses Fatima zohra et Malak qui changent ma vie.*

*A ma belle-mère pour son aide.*

*A mon amie Guenez Rayene et sa famille.*

*A ceux qui me connaissent de près ou de loin.*

*Bourriche D.*

## *Dédicace*

*À cœur vaillant rien d'impossible, a conscience tranquille tout est accessible.*

*Je dédie ce travail*

*À*

*Ma très chère honorable mère, qui représente pour moi le symbole de la bonté par excellence, je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour, puisse Dieu le tout puissant, te*

*Préserver et t'accorder la santé.*

*À*

*Mon très cher père, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi.*

*Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.*

*Je souhaite de tout mon cœur que Dieu les garde près de moi.*

*À*

*Mon frère : Aymen.*

*Et à ma sœur : Aline.*

*Je dédie ce mémoire particulièrement à mes voisins :*

*Dr. Fergati Sliman et son épouse.*

*Guenez Rayene*

## Résumé

Cette étude a pour objet de comparer le comportement de trois génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) soumises à un stress hydrique 15% de la capacité au champ au stade intermédiaire (talles bien développés – phase anthèse).

L'essai a été fait dans une serre à des conditions semi contrôlées et a permis de mettre en évidence l'influence du stress hydrique sur différents paramètres morphologiques et physiologiques : hauteur de la plante, longueur de l'épi, longueur du col d'épi, longueur des barbes, surface foliaire, longueur de racine et volume racinaire. Ainsi ont pu être sélectionnées les génotypes qui tolèrent la sécheresse.

Les résultats obtenus à partir de ce travail ont mis en évidence une variabilité importante entre les génotypes étudiés qui se comportent de la même manière vis-à-vis du stress hydrique en appliquant les mêmes mécanismes mais à des degrés différents.

**Mots clé :** *Hordeum vulgare* L., génotypes, stress hydrique, tolérance, système racinaire, caractères morphologiques.

## Abstract

The purpose of this study is to compare the behavior of three genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) subjected to a water stress 15% of field capacity at intermediate stage (tillers developed and anthesis phase).

The experience was carried out in a greenhouse under semi-controlled conditions and made it possible to highlight the influence of water stress on various characteristic parameters: height of the plant, length of the ear, length of the ear neck, length of beards, leaf area, root length and root volume. Thus, the genotypes that were better tolerant to drought could be selected.

The results obtained from this work have showed significant variability between the genotypes studied, which behave in the same way with regard to water stress apply the same mechanisms but to different degrees.

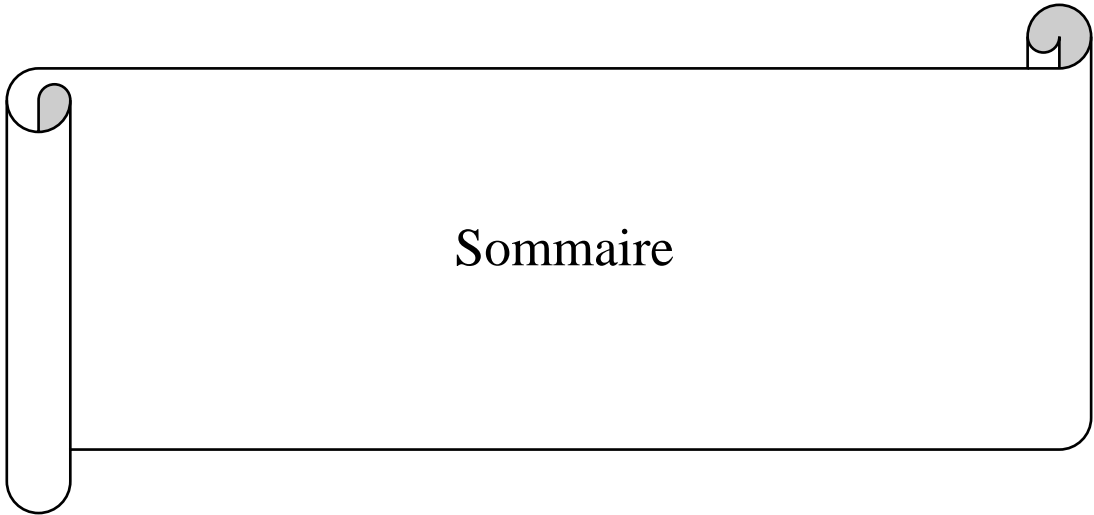
**Keywords:** *Hordeum vulgare* L., genotypes, water stress, tolerance, root system, morphological characters.

## ملخص

الغرض من هذه الدراسة هو مقارنة سلوك ثلاثة أنماط وراثية من الشعير (*Hordeum vulgare* L.) المعرضة لإجهاد مائي 15% من السعة الحقلية في مرحلة بينية (أشطاء مكتملة النمو ومرحلة ظهور الأسدية).

تم إجراء الاختبار في بيت زجاجي تحت ظروف نصف مراقبة مما مكننا من تسليط الضوء على تأثير الإجهاد المائي على معايير مختلفة: ارتفاع النبات، طول السنبل، طول عنق السنبل، طول السفاة، المساحة الورقية، طول الجذر وحجم الجذر. وهكذا يمكن اختيار الأنماط الوراثية الأكثر قدرة على تحمل الجفاف، حيث أظهرت النتائج المتحصل عليها من هذا العمل تبايناً بين الأنماط الوراثية المدروسة والتي تسلك نفس الآليات لمواجهة الإجهاد المائي ولكن بدرجات مختلفة.

**الكلمات المفتاحية:** الشعير، أنماط وراثية، إجهاد مائي، المقاومة، الجهاز الجذري، الصفات المورفولوجية.



# Sommaire



## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	B
<b>1. Généralités sur l'orge</b> .....	2
<b>1.1. Origine géographique</b> .....	2
<b>1.2. Utilisation</b> .....	2
<b>1.3. Situation de l'orge en Algérie</b> .....	3
<b>1.4. Aires de production</b> .....	4
<b>1.5. Production mondiale</b> .....	4
<b>1.6. Production nationale</b> .....	5
<b>1.7. Principales variétés d'orge cultivées en Algérie</b> .....	5
<b>2. Caractères taxonomiques et morphologiques</b> .....	7
<b>2.1. Taxonomie</b> .....	7
<b>2.2. Morphologie</b> .....	9
<b>2.2.1. Appareil végétatif</b> .....	10
<b>2.2.2. Appareil reproducteur</b> .....	10
<b>2.3. Cycle de développement</b> .....	10
<b>2.3.1. Germination - levée</b> .....	10
<b>2.3.2. Tallage</b> .....	11
<b>2.3.3. Montaison</b> .....	11
<b>2.3.4. Epiaison - floraison</b> .....	12
<b>2.3.5. Formation des grains - maturation</b> .....	12
<b>3. Importance de l'eau chez les végétaux</b> .....	14
<b>4. Généralités sur le stress</b> .....	15
<b>4.1. Stress hydrique</b> .....	16
<b>4.2. Influence du stress hydrique sur le développement et la productivité</b> .....	17
<b>4.3. Influence du stress hydrique sur le développement racinaire</b> .....	18
<b>4.4. Stratégies adaptatives d'orge face à un déficit hydrique</b> .....	18
<b>4.5. Précocité</b> .....	20
<b>5. Notion d'adaptation</b> .....	21
<b>6. Tolérance au stress hydrique</b> .....	21
<b>6.1. Mécanismes de tolérance</b> .....	21
<b>6.1.1. Paramètres phénologiques</b> .....	21
<b>6.1.2. Caractères morphologiques</b> .....	22
<b>6.1.2.1 Partie aérienne</b> .....	22
<b>6.1.2.2. Partie racinaire</b> .....	23

<b>6.1.3. Caractères physiologiques</b> .....	23
<b>I. Matériel végétal</b> .....	26
<b>II. Protocole expérimental</b> .....	28
<b>1. Installation et conduite de l'étude</b> .....	28
<b>2. Mesures effectuées</b> .....	30
<b>Résultats</b> .....	34
<b>1. Caractères morfo-phénologiques</b> .....	34
<b>1.1. Effet du stress hydrique sur la hauteur de la plante</b> .....	34
<b>1.2. Effet du stress hydrique sur la longueur des barbes</b> .....	36
<b>1.3. Effet du stress hydrique sur la longueur de l'épi (sans barbes)</b> .....	37
<b>1.4. Effet du stress hydrique sur la longueur du col de l'épi</b> .....	38
<b>1.5. Effet du stress hydrique sur la surface foliaire (feuille étendard ou drapeau)</b> ..	39
<b>1.6. Effet du stress hydrique sur le rapport taille/épi</b> .....	40
<b>2. Caractères racinaires</b> .....	42
<b>2.1. Effet du stress hydrique sur le volume racinaire</b> .....	42
<b>2.2. Effet du stress hydrique sur la profondeur racinaire</b> .....	43
<b>3. Paramètres physiologiques</b> .....	44
<b>3.1. La teneur relative en eau</b> .....	44
<b>3.2. Le taux de la chlorophylle totale de la feuille étendard</b> .....	45
<b>Discussion</b> .....	46
<b>Conclusion</b> .....	54
<b>Annexe</b> .....	57
<b>Références</b> .....	63

## Liste de figures

<b>Figure 1:</b> Carte géographique sur le Croissant-Fertile .....	2
<b>Figure 2:</b> Zones de production de l'orge en Algérie.....	3
<b>Figure 3:</b> Production d'orge (tonnes) en Algérie .....	5
<b>Figure 4:</b> Classes d'orge selon le degré de fertilité des épillets et la compacité de l'épi .....	8
<b>Figure 5:</b> Caryopse d'orge.....	9
<b>Figure 6:</b> Cycle de développement d'orge.....	13
<b>Figure 7:</b> Stades de développement des céréales : échelles de Feekes et Zadoks comparées à celle de Jonard.....	14
<b>Figure 8:</b> Vue d'ensemble des rôles de l'eau chez les végétaux .....	15
<b>Figure 9:</b> Carte mondiale du rapport entre la consommation et la disponibilité en eau.....	16
<b>Figure 10:</b> Serre des essais .....	25
<b>Figure 11:</b> Symptômes de la maladie sur les feuilles d'orge.....	25
<b>Figure 12:</b> Symptômes de la maladie sur les feuilles d'orge.....	26
<b>Figure 13:</b> Mélange du sol.....	28
<b>Figure 14:</b> Sachets noirs en plastique.....	29
<b>Figure 15:</b> Dispositif expérimental.....	29
<b>Figure 16:</b> Teste de germination .....	30
<b>Figure 17:</b> Variation de la hauteur de la plante (cm) chez trois génotypes d'orge sous stress hydrique.....	35
<b>Figure 18 :</b> Variation de la longueur des barbes (cm) chez trois génotypes d'orge sous stress hydrique.....	36
<b>Figure 19 :</b> Variation de la longueur de l'épi (cm) chez trois génotypes d'orge sous stress hydrique.....	37
<b>Figure 20:</b> Variation de la longueur du col de l'épi (cm) chez trois génotypes d'orge sous stress hydrique.....	38
<b>Figure 21 :</b> Variation de la surface foliaire (cm <sup>2</sup> ) chez trois génotypes d'orge sous stress hydrique.....	39
<b>Figure 22 :</b> Variation du rapport talle-épi (%) chez trois génotypes d'orge sous stress hydrique.....	40
<b>Figure 23 :</b> La relation entre le nombre des talles et le nombre des épis. ....	41
<b>Figure 24 :</b> La relation entre le tallage précoce et la phase épiaison.....	41

<b>Figure 25 :</b> Variation du volume racinaire (cm <sup>3</sup> ) chez trois géotypes d'orge sous stress hydrique.....	42
<b>Figure 26 :</b> Variation de la profondeur racinaire (cm) chez trois géotypes d'orge sous stress hydrique.....	43
<b>Figure 27 :</b> Variation de la TRE (%) chez deux géotypes d'orge sous stress hydrique.....	44
<b>Figure 28 :</b> Variation de TCT (μmol/mg.MF) chez deux géotypes d'orge sous stress hydrique.....	45

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Les principales zones de production .....	4
<b>Tableau 2.</b> Production mondiale (millions de tonnes) .....	5
<b>Tableau 3.</b> Variétés d'orge cultivées en Algérie .....	6
<b>Tableau 4.</b> Principales caractéristiques des variétés utilisées dans l'étude.....	26



## Liste des abréviations

## **Abréviations**

**ASH** : Avec stress hydrique.

**CC** : Capacité au champ.

**CE** : Longueur du col de l'épi.

**G** : Taux de germination.

**HP** : Hauteur de la plante.

**ISTA** : Institut de Sciences et des Techniques Appliquées.

**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures.

**Jrs** : Jours.

**L.** : Linné.

**LE** : Longueur de l'épi.

**LR** : Longueur de racine.

**N** : Nombre total des graines mises à germer.

**NT** : Nombre total des talles.

**PF** : Poids frais.

**PPT** : Poids en pleine turgescence.

**PS** : Poids sec des feuilles.

**SAU** : Superficie agricole utile.

**SFE** : Surface de la feuille étendard.

**S1F**: Lot stressé 1 Fouara.

**S1R**: Lot stressé 1 Raihan.

**S1S**: Lot stressé 1 Saida.

**SSH** : Sans stress hydrique.

**TCT** : Taux de la chlorophylle totale.

**T1F** : Lot témoin 1 Fouara.

**T1R** : Lot témoin 1 Raihan.

**T1S** : Lot témoin 1 Saida.

**TE** : Tallage épi.

**TH** : Tallage herbacée.

**TRE** : Teneur relative en eau.

**VR** : Volume racinaire.

**XT** : Nombre total de graines germées.

**XTE** : Nombre de talle- épi.



A horizontal scroll graphic with a white background and a black outline. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards at the left and right ends. The word "Introduction" is written in a black serif font in the center of the scroll. The scroll is positioned in the middle of the page.

Introduction

# Introduction

---

## Introduction

Les céréales, premières plantes cultivées à être domestiquées, constituent l'alimentation de base d'une grande partie de la population du globe. Elles représentent dans les pays pauvres environ 75% des calories nécessaires par personnes.

Au niveau mondial, les céréales occupent une superficie de 148.6 millions d'hectares et donnent une production de 2050,90 millions de tonnes par an (Saulnier, 2012).

En Algérie, les céréales sont cultivées dans pratiquement toutes les régions des hauts plateaux situés dans les zones semi-arides et subhumides et des grandes plaines du littoral et sub-littorales ; Plus des deux tiers des superficies agricoles se trouvent localisées sur les hautes plaines. Les rendements obtenus sont souvent faibles à cause d'un climat erratique et surtout imprévisible : caractéristique d'un climat méditerranéen typique ; précipitation annuelle comprise entre 200-600 mm ne répondant pas aux besoins de la céréale en matière d'eau. La situation est exacerbée par de fortes températures pouvant avoisiner les 35°C pendant les phases critiques des céréales. Cette situation est à l'origine de plusieurs facteurs d'ordre climatique et culturels par ailleurs la vétusté de variétés anciennes pourrait expliquer la faiblesse des rendements (Chehat, 2007).

En effet, la sécheresse de l'automne, la rigueur de l'hiver, les gelées printanières tardives et les fortes chaleurs de fin de cycle font que les rendements des céréales sont irréguliers et souvent faibles (Panaud, 2009).

L'orge est l'une des céréales les plus anciennement cultivées et occupe la quatrième place après le blé, le riz et le maïs (Rosemary et *al.*, 2008).

L'insuffisance et les fluctuations des rendements de cette culture incite le gouvernement Algérien à importer chaque année des quantités non négligeables d'orge destinée à l'alimentation humaine et animale.

La variabilité des réponses d'un cultivar à la variation environnementale est la résultante des variations enregistrées au niveau des composantes de rendement. Ainsi la durée des phases de développement joue un rôle important sur la capacité d'adaptation et la réalisation des rendements élevés (Federico et *al.*, 2014).

## Introduction

---

Ce présent travail consiste à étudier le comportement de trois variétés d'orge (Saida, Fouara et Raihan) soumises à un stress hydrique (15% de CC), afin de dégager les génotypes qui répondent au mieux à la sécheresse. Ce travail permet également de faire un criblage de génotype du plus tolérant au plus sensible. Pour cela, nous avons étudié quelques paramètres morphologiques (hauteur de la plante, longueur de l'épi, longueur de racines et volume racinaire, etc.,) et physiologiques (la teneur relative en eau et le taux de la chlorophylle totale) des trois variétés.

Le présent travail est structuré en trois parties principales. Une première traite d'une synthèse portant sur l'orge et sur les différents aspects du déficit hydrique et les mécanismes de la tolérance des plantes à cette contrainte. Dans une seconde partie sont exposées les caractéristiques du matériel végétal utilisé, les différentes méthodes employées pour réaliser les mesures effectuées dans ce contexte et à la fin. La dernière partie englobe les résultats et discussion des résultats.



Revue bibliographique

# Revue bibliographique

---

## 1. Généralités sur l'orge

### 1.1. Origine géographique

L'orge est parmi les céréales les plus anciennement cultivées, ces traces ont été localisés de prime abord au Proche-Orient (Botineau, 2010) dans la région nommée croissant fertile (l'Irak et l'Iran d'aujourd'hui) (Brink et Belay, 2006), sur l'ouest de la Jordanie, le Liban, la Syrie, la Turquie, l'Irak et les montagnes Zagros dans l'ouest de l'Iran (Bothmer et *al.*, 2003). Des études récentes relatent qu'elle serait plutôt originaire des régions montagneuses d'Éthiopie et d'Asie du sud-est (Paquereau, 2013), trouvant sa trace au Proche-Orient au moins 7 000 ans et en Éthiopie il y a près de 10 000 ans (Botineau, 2010). Au Sahara elle était cultivée dans les oasis 100-300 av J. -C (Brink et Belay, 2006).



**Figure 1:** Carte géographique sur le Croissant-Fertile (Usubaliev et *al.*, 2013)

### 1.2. Utilisation

L'orge était destinée à l'autoconsommation humaine et servait de complément fourrager aux troupeaux entretenus pendant la plus grande partie de l'année dans les régions steppiques. L'orge est préparée de différentes manières, soit pour servir d'aliment, soit employer sur le plan médical sous forme de tisane en décoction (Emmanuel et *al.*, 2017). Avec l'orge germée ou malt, on prépare une tisane plus nutritive. La décoction est encore employée dans des gargarismes avec le miel rosat, le chlorate de potasse, l'alun, etc. La farine d'orge, mêlée ou

## Revue bibliographique

---

non de farine de graine de lin, sert à faire des cataplasmes. Enfin, l'orge sert à la fabrication de la bière (Marta et *al.*, 2017).

Dans l'alimentation animale les grains et la paille sont utilisés comme pâture pour l'élevage ovin et bovin, qui constitue l'essentiel de l'activité agricole (Emmanuel et *al.*, 2017).

### 1.3. Situation de l'orge en Algérie

En Algérie, les cultures céréalières sont très importantes du point de vue agronomique et socio-économique. En effet, les céréales occupent la plus grande superficie agricole cultivée et présentent le premier aliment de base de la population. (Figure 2)

Sur les 8 millions d'hectares de superficie agricole utile (SAU), les céréales occupent annuellement en moyenne près de 6,2 millions d'hectares, dont 2,6 en jachère, soit 81,58% de la SAU. Malgré l'importance des superficies, les rendements de cette culture restent faibles et fluctuants par rapport aux potentialités de cette culture. Ils varient entre 13,2 q/ha en 2003 et 15,2 q/ha en 2006 (rendement le plus élevé durant cette décennie) (Tifouri, 2019).



**Figure 2:** Zones de production de l'orge en Algérie (ITGC El-Khroub, 2015)

# Revue bibliographique

---

## 1.4. Aires de production

Les principales zones de production selon Boulal et *al.* (2007)

**Tableau 1.** Les principales zones de production

Zones	Caractères
<b>La zone semi-aride des plaines telliennes</b>	La pluviométrie est comprise entre 350 et 500 mm avec une distribution des précipitations irrégulière (Constantine, Bouira, Tlemcen, Mila, Souk Ahras, Ain Defla, Chlef, Ain Témouchent, Sidi-Bel-Abbès).
<b>La zone subaride des Hauts plateaux</b>	Une faible pluviométrie (200-350 mm), à prédominance agro-pastorale à des altitudes supérieures à 1000 m (Tissemsilt, Tiaret, Sétif, Saida, Bordj Bou Arreridj).
<b>La zone humide et subhumide</b>	Des régions littorales et sub-littorales Centre-Est du pays (Tipaza, Skikda, Guelma, Bejaïa, Annaba).

## 1.5. Production mondiale

Les prévisions mondiales concernant la production d'orge de 2016 ont attendu à 145,8 millions de tonnes, soit environ 1,6% (4,6 millions de tonnes) d'augmentation par rapport à l'année 2015 (FAO, 2016).

On distingue trois producteurs majeurs : L'Australie, l'Union Européenne et l'Ukraine exportant chacun plus de 3 millions de tonnes d'orge par an et assurant les 2/3 des exportations (USDA, 2016).

Le tableau ci-dessous nous montre la production (2009-2014), l'estimation de la production (2014-2015) ainsi que les prévisions notamment celle de la campagne (2015-2016).

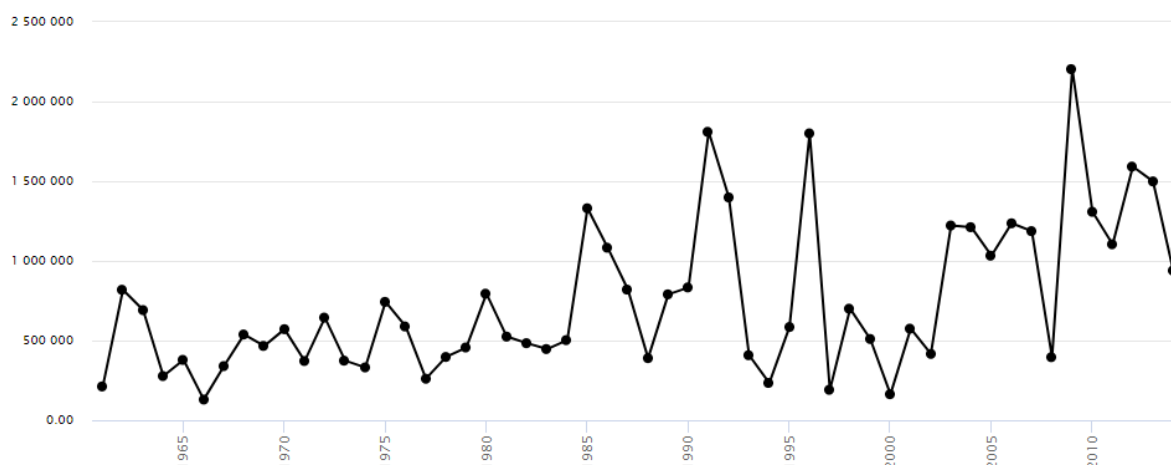
## Revue bibliographique

**Tableau 2.** Production mondiale (millions de tonnes) (FAO, 2016)

	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016
Production	150,9	122,7	134,2	129,8	144,4	141,2	145,8

### 1.6. Production nationale

De la période (1961-2014), soit 55 ans de campagne agricole la production moyenne annuelle a été estimée à quelque 746 432,89 tonnes. Soit une augmentation substantielle de 1961 à 2014 qui s'élève à 343 %. 2009 a été la campagne la plus productive (2 203 359 tonnes), en revanche la campagne 1966 accuse la plus faible production (129 770 tonnes) (FAO, 2016).



**Figure 3:** Production d'orge (tonnes) en Algérie (FAO, 2016)

### 1.7. Principales variétés d'orge cultivées en Algérie

Selon Boufenar et *al.* (2006), les variétés Saïda183, Rihane et Tichedrette sont largement distribuées en Algérie. Le recours aux autres variétés est lié à leur zone de prédilection. Certaines variétés existent mais sont peu demandées comme celles de Jaidor (Dahbia), Barberousse (Hamra), Ascad 176, (Nailia) et El-Fouara. Le choix de la variété à utiliser dépend de ses caractéristiques agronomiques et de la zone de culture.

Les principales variétés cultivées en Algérie sont regroupées dans le tableau 3.



## Revue bibliographique

---

**Tableau 3.** Variétés d'orge cultivées en Algérie (Boufenar et *al.*, 2006)

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

# Revue bibliographique

---

## 2. Caractères taxonomiques et morphologiques

### 2.1. Taxonomie

Selon, Reddy et *al.* (2004) :

**Règne :** Plantae

**Division :** Magnoliophyta

**Classe :** Liliopsida

**Sous Classe :** Commelinidae

**Ordre :** Poales

**Famille :** Poaceae

**Sous famille :** Hordeoideae

**Tribu :** Hordeae

**Sous Tribu :** Hordeinae

**Genre :** *Hordeum*

**Espèce :** *Hordeum vulgare* L.

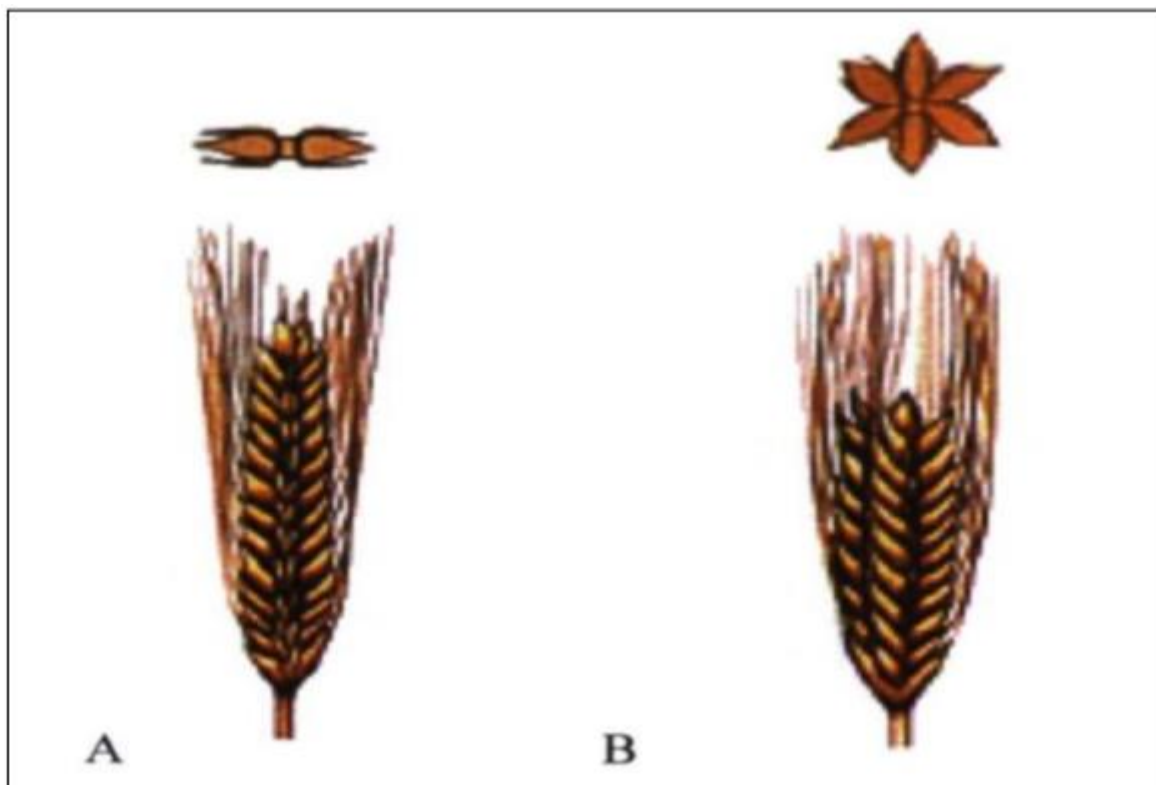
L'orge appartient à l'un des groupes des végétaux les plus importants du monde, le Triticeae, qui est une tribu dans la famille des Poaceae (Ullrich, 2010). Le genre *Hordeum* comporte 34 espèces (une seule d'entre elles est cultivée pour son grain), les variétés restantes sont généralement diploïdes à  $2n = 14$  chromosomes, mais il existe des espèces sauvages tétra ou hexaploïdes. La section *Vulgare* comprend les trois espèces *H. vulgare*, *H. bulbosum* et *H. murinum*. L'*Hordeum vulgare* se divise en 2 sous espèces : *H. vulgare* sub sp. *vulgare*, qui rassemble toutes les orges cultivées et *H. vulgare* sub sp. *spontaneum* (Doré et Varoquaux, 2006). Le parent sauvage de l'orge est *Hordeum spontaneum* ( $2n = 14$ ). Il pousse à l'état spontanée dans la région de la Méditerranée orientale, Turkménie et Afghanistan (Srivastava et Gopal, 2008).

## Revue bibliographique

---

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

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



**Figure 4:** Classes d'orge selon le degré de fertilité des épillets et la compacité de l'épi

**A :** Orge a deux rangs      **B :** Orge à six rangs

Soltner (2005) classe les orges selon leur milieu de culture en trois groupes qui sont :

- **Les orges d'hiver** : leur cycle de développement varie entre 240 à 265 jours, implantions en automne. Ces orges ont besoin pour assurer leur montaison, de température vernalisante qui manifeste un degré plus au moins élevé de résistance au froid hivernal.

## Revue bibliographique

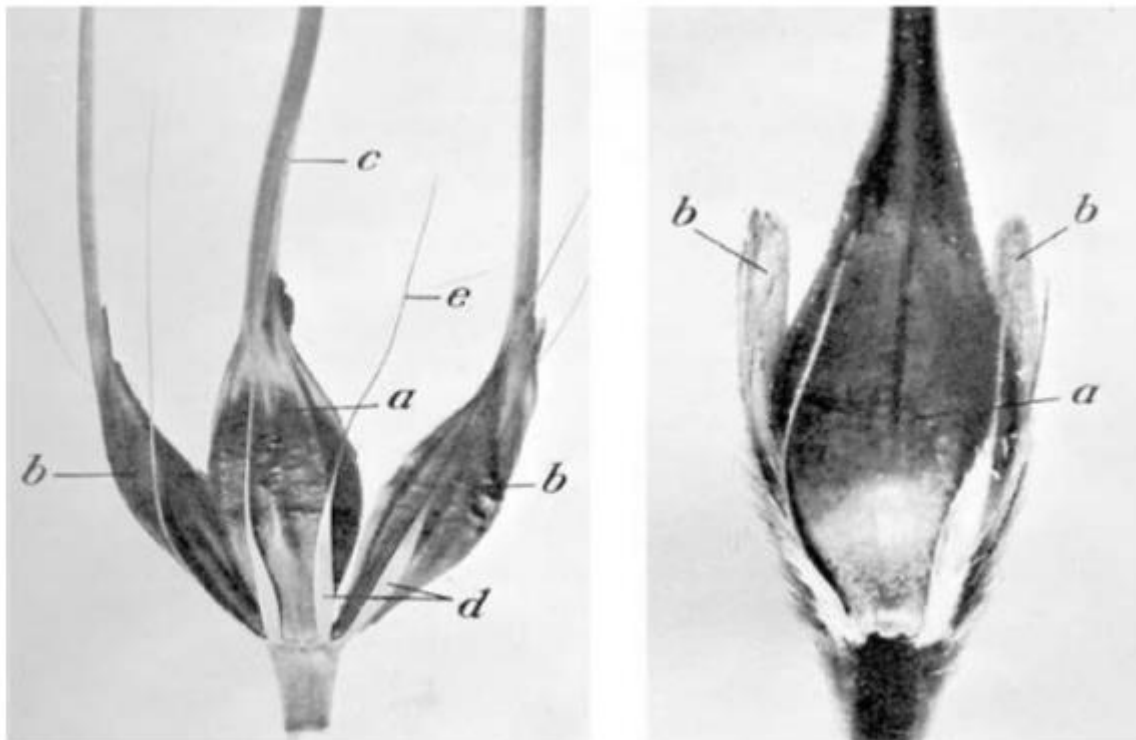
---

- **Les orges de printemps** : cycle de développement très court (environ 120 à 150 jours), s'implantent au printemps. Ces orges n'ont les mêmes exigences que les premiers et n'approuvent pas le besoin de vernalisation pour assurer leur montaison.

- **Les orges alternatives** : ces orges sont intermédiaires entre les orges d'hiver et celles de printemps.

### 2.2. Morphologie

L'orge est une plante annuelle au cycle végétatif court, plantée en hiver ou au printemps et récoltée avant l'été. Le grain est de forme elliptique et de couleur noir ou pourpre. D'un point de vue morphologique le grain d'orge est un caryopse à glumelles adhérentes chez les variétés cultivées. Les glumelles ou enveloppes ne se séparent pas du grain lors du battage (Andrew et *al.*, 2017).



**Figure 5:** Caryopse d'orge (Leonard et Martin 1973)

**a.** Caryopse central ; **b.** Caryopses latéraux ; **c.** Pointe ; **d.** Glumes ; **e.** Pointe de la glume.

# Revue bibliographique

---

## 2.2.1. Appareil végétatif

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

- **Le système racinaire** est composé de deux systèmes radiculaires successifs. Le système séminal ou racines primaires, seul fonctionnel de la levée au début du tallage. Ces racines sont d'origines embryonnaires. Ce système est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales, soit cinq racines ; éventuellement une sixième racine qui peut se développer ; Les racines de ce système sont au nombre de six, rarement sept (BENLARIBI et *al.*, 1990 In HAZMOUNE, 2006).

Le système adventif (racines secondaires), est un système de racines coronaires ou système de racines de tallage. Il se forme dès le tallage et se substitue parallèlement au système séminal. Il est de type fasciculé (SOLTNER, 2005).

## 2.2.2. Appareil reproducteur

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

La fécondation est autogame (Brink et Belay, 2006).

## 2.3. Cycle de développement

Après la germination la plantule passe par les étapes de développement : tallage, montaison, épiaison, floraison, remplissage du grain et maturité.

### 2.3.1. Germination - levée

Selon Sergio et *al.* (2016), la germination marque le passage d'une vie ralentie à une vie active, les semences absorbent 20-25% de leurs poids en eau. La levée est marquée par l'apparition de coléoptile et la plantule émet trois ou quatre feuilles pré formées dans

## Revue bibliographique

---

l'embryon. Sur le plan cultural la durée de cette phase dépend de la date de semis, de 8 à 10 jours pour un semis précoce, contre 15 à 20 jours pour un semis tardif.

### 2.3.2. Tallage

C'est l'émission à partir d'un plateau de tallage de plusieurs apex susceptibles de donner des tiges. Parmi les talles formées certaines s'arrêtent de croître et se dessèchent, et les autres poursuivent leur croissance, d'où la distinction entre le tallage herbacée (TH) et le tallage épi (TE) et le rapport TE /TH est variable. La formation de talles dépend en grande partie de la variété d'orge cultivée des conditions climatiques notamment la température qui agit directement sur la durée de la phase de tallage (Gabriela *et al.*, 2004).

La vitesse de croissance s'achève quand la quatrième feuille est bien développée. Cependant le tallage peut continuer tant que les bourgeons latéraux croissent et produisent des feuilles (Sabine *et al.*, 2015).

Chaque bourgeon auxiliaire donne naissance à une tige secondaire. Avec la quatrième feuille apparaît la première talle, ainsi que chaque nouvelle feuille correspond à l'apparition d'une talle. Lorsque la talle arrive au stade trois - cinq feuilles, elle acquiert une certaine indépendance vis-à-vis de la tige mère et elle est directement alimentée par ses propres racines (Steven, Ullrich, 2011).

Selon Bingham *et al.* (2012), la production des talles donnant des épis dépend du génotype, de la densité de semis, de la disponibilité en éléments minéraux du sol et de l'interception de la lumière. Ces auteurs indiquent également que le nombre de talles stériles est plus élevé lorsque la densité de semis est élevée. Aussi le pourcentage de talles fertiles par rapport au nombre total de talles produites varie en fonction de la densité de semis. L'orge a une faculté d'émission de talles plus importante que le blé en général.

### 2.3.3. Montaison

D'après Shewry et Ullrich (2014), les entre-nœuds des talles s'allongent très rapidement et sur le dernier nœud l'épi commence à se former. Cette phase s'achève au moment de la différenciation des stigmates des fleurs ; c'est le gonflement de la gaine de la dernière feuille, signe de l'émergence proche de l'épi (Jochen et Nils, 2014). La température et la photo période influencent beaucoup le déroulement de ce stade. Par ailleurs lorsque la disponibilité

## Revue bibliographique

---

en eau et d'azote est insuffisante, la croissance des jeunes talles sera interrompue (Paul et *al.*, 2009).

### 2.3.4. Epiaison - floraison

Le stade épiaison est une étape importante dans le cycle de développement de la plante, à ce stade l'architecture de la plante devient apparente et atteint son maximum (Bouerzour et *al.*, 2000).

L'épiaison débute par l'apparition de l'épi, hors de la gaine de la feuille drapeau. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison (Bahlouli et *al.*, 2005).

En effet la différenciation de l'apex en ébauche d'épi débute en même temps que la tige s'allonge quelques jours après la fin de la montaison. Le nombre d'ovules par épi est fixé depuis ce moment (Chiara et Maria, 2014).

La floraison correspond à la sortie des anthères. Le nombre d'épillets dépend essentiellement de la variété, des paramètres climatiques et éléments nutritifs, le nombre de grain définitif peut être observé une quinzaine de jours après la floraison (Antonio et *al.*, 2014).

### 2.3.5. Formation des grains - maturation

Lorsque le grain commence à grossir, la croissance des talles s'arrête et les réserves synthétisées dans les feuilles migrent vers le grain. La maturation correspond à l'accumulation des réserves (amidon et matière protéique) dans les grains et à la perte de leur humidité (Flaten et *al.*, 2015).

La tige en plus des feuilles et des enveloppes de l'épi concoure au remplissage temporaire du grain pour corriger le déséquilibre qui peut apparaître lorsque la phase rapide de remplissage du grain n'a pas encore débuté alors que la croissance végétative continue pendant ce laps de temps (Savin et *al.*, 2015).

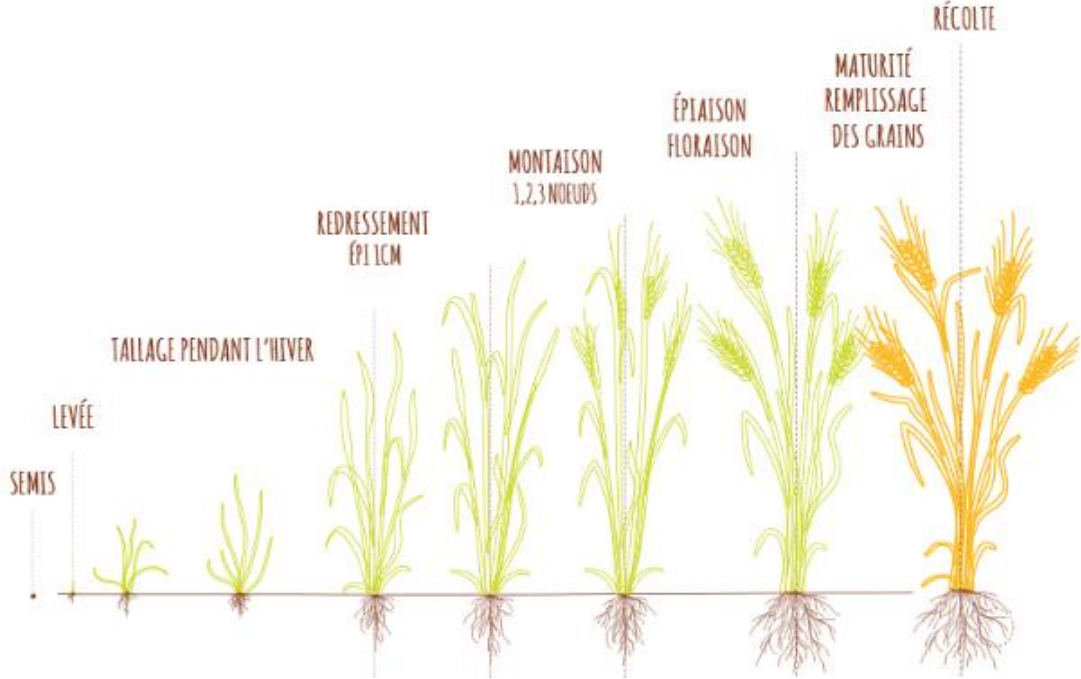


Figure 6: Cycle de développement d'orge (Soltner, 1998).



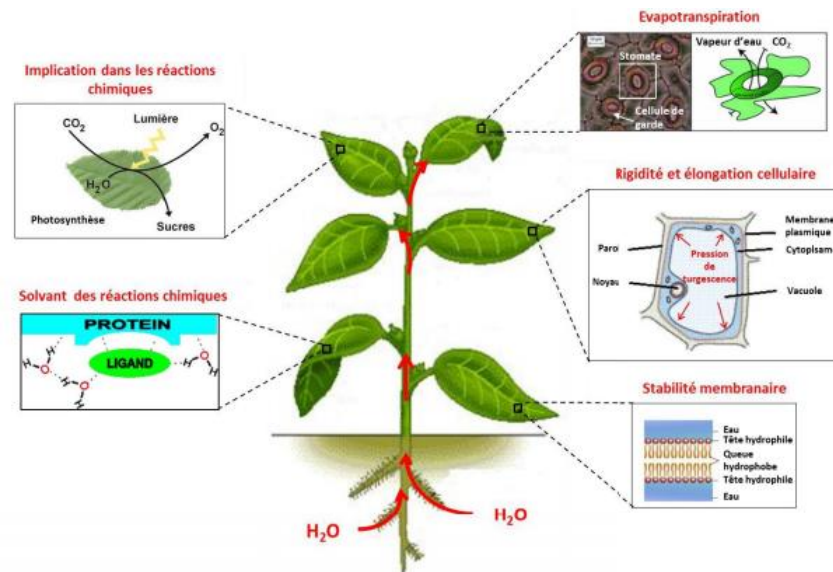
## Revue bibliographique

	STADE	JONARD	FEEKES	ZADOKS	CARACTÉRISTIQUES (brin maître)	
Levée	Levée			7	Sortie du coléoptile	
	1 feuille		1	10	1ère feuille traversant le coléoptile	
	2 feuilles			11	1ère feuille étalée	
	3 feuilles			12	2ème feuille étalée	
Tallage	Début tallage		2	21	Formation de la 1ère talle	
	Plein tallage	A	3	22	2 à 3 talles	
	Fin tallage		4	23		
Montaison	Début Montaison Épi à 1 cm	B	5	30	Sommet de l'épi distant à 1 cm du plateau de tallage	
	1 nœud	C 1	6	31	1 nœud	
	2 nœuds	C 2	7	32	2 nœuds	
	Gonflement L'épi gonfle la gaine de la dernière feuille.			8	37	Apparition de la dernière feuille
	Épiaison		D	9	39	Ligule juste visible (méiose mâle) Gaine de la dernière feuille sortie
				10	45	
				10-1	49-51	
Floraison		E	10-2	53	Gaine éclatée	
			10-3	55	1/4 épiaison	
			10-4	57	1/2 épiaison	
			10-5	59	3/4 épiaison	
Maturation	Formation du grain	F	10-5-1	61	Début floraison	
			10-5-2	65	Demi-floraison	
			10-5-3	69	Floraison complète	
		Mo	10-5-4	71	Grain formé	
			11-1	75	Grain laiteux	
			11-2	85	Grain pâteux	
			11-3	91	Grain jaune	
		M	11-4	92	Grain mûr	

**Figure 7:** Stades de développement des céréales : échelles de Feekes et Zadoks comparées à celle de Jonard.

### 3. Importance de l'eau chez les végétaux

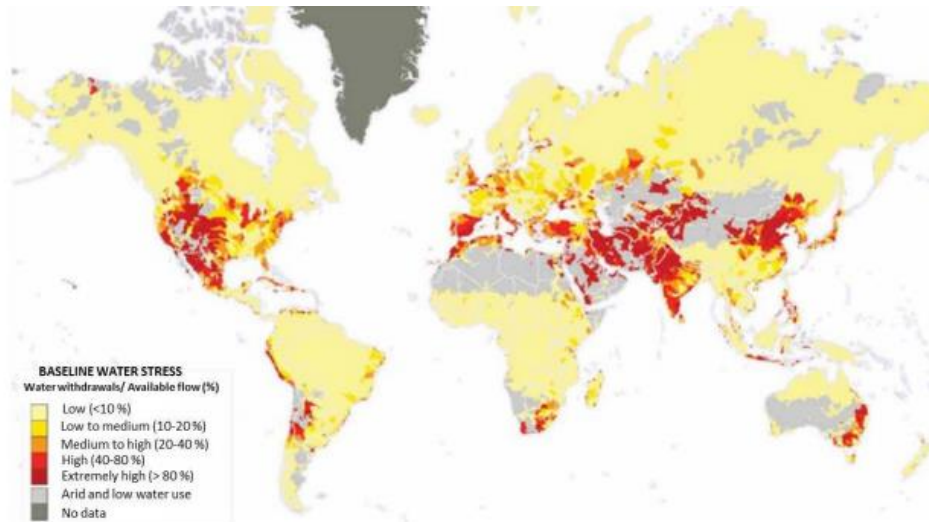
Constituant 80 % du végétal, l'eau est d'une importance primordiale pour les plantes. Elle possède des fonctions mécaniques et biochimiques. Ainsi la présence de l'eau de manière intracellulaire permet non seulement de maintenir l'organisation en bicouche des membranes mais provoque aussi une pression de turgescence responsable de la rigidité et de l'élongation cellulaire. La pression d'eau dans la plante est régulée grâce au processus d'évapotranspiration. Au niveau des stomates, l'eau s'évapore dans l'atmosphère créant une force de succion permettant de faire circuler l'eau des racines aux feuilles. C'est le principal processus responsable de la circulation de l'eau dans la plante. A côté de ces fonctions mécaniques, l'eau est aussi le solvant d'un grand nombre de réactions biochimiques ainsi qu'un réactif indispensable comme c'est le cas pour la photosynthèse (Yolande, 2015).



**Figure 8:** Vue d'ensemble des rôles de l'eau chez les végétaux (Yolande, 2015)

## 4. Généralités sur le stress

Avec 70 % de la consommation mondiale, l'agriculture est le secteur le plus demandeur en eau. Le changement climatique et l'augmentation de la population mondiale font craindre une diminution de la disponibilité en eau de par le monde dans les années à venir. Dans certaines régions, le rapport consommation/disponibilité est déjà très fort comme aux Etats-Unis, en Espagne ou en Inde. Outre les problèmes sanitaires que cela va poser, les tensions géopolitiques pour l'accès à l'eau pourraient s'accroître. Dans ce contexte plus qu'alarmant, il est primordial de comprendre les effets de la sécheresse et plus particulièrement du stress hydrique sur les végétaux (Yolande, 2015).



**Figure 9:** Carte mondiale du rapport entre la consommation et la disponibilité en eau

Au cours de leur cycle végétatif, les plantes subissent les conditions du milieu ambiant dans lequel elles vivent. Elles réagissent en s'adaptant à la variation de ces conditions lorsqu'elles deviennent défavorables. La variation des conditions de croissance a pour origine les stress qui sont de nature biotiques ou abiotiques. Dans les milieux arides et semi-arides les stress abiotiques imposent des limites au développement de la plante. La résistance à ces stress est dépendante du génotype qui développe des mécanismes morphologiques, physiologiques et/ou biochimiques pour échapper (esquiver), éviter ou tolérer la contrainte (AZZOUZ, 2009).

### 4.1. Stress hydrique

Le stress hydrique du sol doit être décomposé en déficit hydrique et l'excès d'eau entraînant l'asphyxie (Bezzala, 2005).

L'installation d'une sécheresse se manifeste par la combinaison d'une part de la restriction de la disponibilité en eau du sol et d'autre part de l'augmentation de la demande évaporative (Kiani, 2007).

D'après Labdelli (2011), il faut noter que la plante est confrontée à plusieurs types de sécheresse qui l'affectent au cours de son cycle de développement, il s'agit de :

- La sécheresse au début de cycle végétatif et qui affecte l'installation de la culture.

## Revue bibliographique

---

- La sécheresse au milieu de cycle végétatif et qui affecte principalement la fertilité des organes reproducteurs de la plante.
- La sécheresse en fin de cycle végétatif qui affecte la formation et le remplissage du grain.

### 4.2. Influence du stress hydrique sur le développement et la productivité

L'effet du stress dépend de son degré, sa durée, son stade de développement de la plante, son génotype et son interaction avec l'environnement (YOKOTA *et al.*, 2006).

Les réductions de croissance sont l'une des premières manifestations du déficit hydrique (SAAB et SHARP, 2004). Elles se produisent soit directement à travers une réduction de la vitesse de croissance par inhibition de la division cellulaire (diminution de la surface des feuilles et par conséquent, la turgescence décroît) soit indirectement en réduisant le nombre d'organes portant des feuilles (MOUELLEF, 2010).

Chez les Poacées, le nombre de talles est réduit en cas de déficit hydrique (ATTIA, 2007). Les processus en jeu et les signalétiques sont encore assez mal connus mais il s'agit de contrôles actifs de la plante mettant en jeu des signalétiques hormonales et l'expression de gènes induits par le stress, et non la conséquence passive du stress ou d'un manque de nutriments (KIANI *et al.*, 2007).

Au cours du stade épi 1 cm à la floraison, la taille et la qualité de l'appareil photosynthétique qui alimentera la plante sont conditionnées, de même que certaines composantes de rendement : le nombre d'épis par plante, le nombre d'épillets par épi et le nombre de fleurs fécondées par épillet. Ainsi, un déficit hydrique lors de cette phase peut s'avérer pénalisant pour la photosynthèse totale et la taille du puits (nombre de grains par mètre carré). Cependant en début de montaison, les niveaux de croissance et de composantes du rendement sont souvent excédentaires. Aussi, un stress hydrique durant cette phase peut ne pas avoir d'impact sur le rendement final pour peu que la surface foliaire et la densité d'épis soient maintenues à des niveaux satisfaisants. En revanche, le stress hydrique est beaucoup plus préjudiciable à la culture s'il intervient pendant la seconde partie de la montaison, de 2 nœuds à floraison. Il affecte le peuplement et la fertilité des épis (Anonyme, 2013).

## Revue bibliographique

---

### 4.3. Influence du stress hydrique sur le développement racinaire

Les racines, premier organe de détection de stress hydrique et en particulier, leur extrémité qui est le site principal pour une telle perception (SHIMAZAKI *et al.*, 2005).

Un consensus existe cependant sur le fait que les racines sont les organes dont la croissance est la moins affectée, par rapport aux parties aériennes, végétatives et reproductrices (SOAR et LOVEYS, 2007).

Un système racinaire capable d'extraire l'eau du sol est une caractéristique essentielle pour la résistance à la sécheresse. Cette caractéristique revêt une importance particulière sur les cultures qui subissent régulièrement des déficits hydriques de fin de cycle (Labdelli, 2011).

La profondeur racinaire n'est pas le seul critère d'adaptation à la sécheresse, car la densité racinaire peut être aussi importante, même si elle est superficielle (Mouhouche, 2001).

### 4.4. Stratégies adaptatives d'orge face à un déficit hydrique

Selon HUBER (2007), face aux contraintes environnementales d'origine climatique (sécheresse, gel) et d'origine humaine (niveau de fertilisation azotée, pratiques agricoles, etc.), les plantes ont développé des stratégies d'adaptation diverses. Les plantes mettent donc en œuvre des stratégies d'adaptation et de défense aux stress. Pour cela, elles possèdent des mécanismes de perception et de signalisation complexes leur permettant de produire une réponse plus ou moins spécifique à des stimulus perçus.

Les formes d'adaptation aux stress abiotiques définies par LEVITT (1972) et BELHASSEN *et al.* (1995), les classifient en trois grands types d'adaptation au stress hydrique.

- **Echappement ou esquive** qui consiste à réaliser le cycle pendant la période favorable en évitant la gelé, exemple la précocité.
- **Evitement de la déshydratation ou résistance** qui permet le maintien d'un potentiel hydrique élevé dans la plante, elle peut être définie d'un point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et sur le plan agronomique par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles.

## Revue bibliographique

---

- **Tolérance à la déshydratation** qui consiste en un ensemble d'aptitudes à réaliser aux effets d'un faible potentiel hydrique comme :

- L'ajustement osmotique qui peut jouer un rôle important en aidant la feuille à maintenir sa turgescence, l'ajustement osmotique permet aux plantes de garder leurs stomates ouverts et de prélever du CO<sub>2</sub> pour effectuer leur photosynthèse dans des conditions de stress hydriques modérés (Hopkins, 2003). Il peut intervenir à tous les stades du développement (Monneveux et This, 1997). Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs (El Midaoui et *al.*, 2007). Les solutés responsables de la régulation osmotique sont essentiellement des acides organiques, des acides aminés (proline, glycine-bétaïne), des sucres solubles et certains constituants inorganiques (Richards et *al.*, 1997). La fonction principale des solutés compatibles est d'empêcher la perte d'eau pour maintenir la turgescence cellulaire et à maintenir le gradient de reprise en eau dans la cellule. Ces accumulations de métabolite dans les cellules conduisent à une augmentation du potentiel osmotique et ont finalement abouti à une plus grande capacité d'absorption d'eau par les racines et l'économie d'eau dans les cellules (Sayed et *al.*, 2012).

- L'accumulation de la proline représente des manifestations les plus remarquables des stress hydriques et osmotiques. Singh et *al.*, (1973) proposent d'utiliser la proline comme critère de sélection pour la tolérance au stress chez l'orge. La proline est l'un des solutés compatibles le plus fréquemment accumulé en réponse à des contraintes environnementales variées et joue un rôle important dans la tolérance des plantes (Ben Rejeb et *al.*, 2012). L'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets du stress hydrique. Elle est liée à l'osmorégulation cytoplasmique (Acevedo et *al.*, 1989). Selon Tahri et *al.*, (1997) l'accumulation de la proline induite par les stress peut être le résultat de trois processus complémentaires : stimulation de sa synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines. Son accumulation dans les feuilles de plantes qui souffrent d'un manque d'eau a été décrite très anciennement (Cornic, 2008). Outre son rôle osmotique, la proline semble aussi avoir un rôle dans l'enroulement foliaire constituant un mécanisme de limitation de la transpiration chez les céréales qui serait lié à l'accumulation d'acide abscissique (ABA) au niveau des feuilles.

- Les sucres peuvent servir de composés solubles compatibles pour cet ajustement osmotique (Dubos, 2001). Ils permettent également une préservation de l'intégrité membranaire dans les organes desséchés ainsi qu'une protection des protéines (Darbyshire, 1974). Généralement, on pense que l'accumulation de sucres solubles peut avoir comme

## Revue bibliographique

---

origine l'hydrolyse de réserves (en particulier l'amidon) mais aussi une modification du métabolisme carboné, la dégradation de polysaccharides et une réduction de l'utilisation de carbohydrates plus importante que la réduction de la photosynthèse en conditions de déficit hydrique (Lepoivre, 2003). De nombreuses études ont mis en évidence l'accumulation de sucres solubles lors de la dessiccation. Une idée principale en ressort : différents sucres solubles peuvent être présents dans des tissus bien hydratés mais le saccharose est préférentiellement accumulé dans les tissus en déshydratation (Dubos, 2001). Berka et Aïd (2009) montrent que la teneur en sucres solubles des feuilles des plants stressés augmente régulièrement et d'une manière significative en fonction de la diminution de la teneur relative en eau. Les sucres sont considérés par plusieurs auteurs comme de bons osmorégulateurs (Kameli et Losel, 1995 ; Sanchez et *al.*, 1997) qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes à la sécheresse (Morgan, 1984 ; Zhang et *al.*, 1999).

### 4.5. Précocité

Certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle. Dans ces conditions, les paramètres de précocité définissent le décalage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales. La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau (Bennaceur et *al.*, 1999).

En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (Bajji, 1999). Le rendement en grains est positivement corrélé à la précocité d'épiaison (Gonzalez et *al.*, 1999). En effet, les variétés qui ont une vitesse de croissance élevée ont la capacité de mieux utiliser les sources nutritives à la fin du cycle de développement lorsque celles-ci deviennent limitante (Poorter, 1989). La précocité à l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer la production dans les zones sèches. C'est l'un des traits les plus importants dans l'adaptation des plantes au stress hydrique (BenSalem et *al.*, 1997).

## 5. Notion d'adaptation

La notion de l'adaptation se confond parfois avec celle de la résistance et de tolérance aux stress. En fait l'adaptation n'est que la résultante de la tolérance aux contraintes. Une plante adaptée est donc celle qui tolère ou résiste à un stress donné et réussit à produire à un niveau satisfaisant par rapport à une autre plante qui sera dite non adaptée (Fellah et *al.*, 2002).

Selon Berthet (2006), il y a deux types d'adaptation :

- **L'adaptation génotypique** : Cette adaptation est due à des mutations aléatoires suivies de sélection dont le seul mécanisme connu ; c'est la modification du génome d'une population qui dans un milieu donné augmente sa probabilité d'être transmis à la descendance.
- **L'adaptation phénotypique** : C'est la modification du phénotype d'un individu sous l'influence du milieu d'origine biotique ou abiotique augmentant sa probabilité de survie ou d'avoir des descendants. Elle se traduit par une modification des propriétés morphologiques, métaboliques ou physiologiques de certains organes.

## 6. Tolérance au stress hydrique

La tolérance au stress hydrique est définie comme étant la capacité de la plante à survivre, croître et produire de manière satisfaisante sous conditions limitantes en humidité (Tardieu, 2004).

La tolérance au déficit hydrique est un caractère dont le phénotype et le contrôle génétique sont complexes (Shinozaki et Yamagushi, 2007). Une meilleure compréhension des mécanismes génétiques qui sont à la base de la tolérance à la sécheresse chez les plantes est nécessaire pour développer des variétés plus adaptées et performantes (Rebetzke et *al.*, 2008).

### 6.1. Mécanismes de tolérance

La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique (BLUM et *al.*, 1981 ; PASSIOURA, 1996).

#### 6.1.1. Paramètres phénologiques

BERTHET (2006) définit la phénologie comme l'étude des relations entre les variations climatiques saisonnières et les phénomènes biologiques périodiques (germination, floraison,



## Revue bibliographique

---

migration, reproduction). Les paramètres phénologiques d'adaptation ou bien les paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales.

### 6.1.2. Caractères morphologiques

En milieu variable, les caractères morphologiques peuvent jouer des rôles assez importants qui réduisent la variabilité des rendements en grains.

#### 6.1.2.1 Partie aérienne

- **Feuille étendard (feuille drapeau) :** Les deux dernières feuilles chez l'orge ont un rôle important dans le remplissage des grains (Saghir et *al.*, 1968). La croissance de celle-ci est soutenue principalement par la photosynthèse de la feuille drapeau (JEBBOUJ et ELYOUSFI, 2006).

- **Hauteur de la plante :** La hauteur de la plante apparaît comme un critère de sélection important particulièrement pour les zones arides. MEZIANI et *al.* (1992), considèrent que la recherche de la tolérance à la sécheresse passe par l'augmentation de la hauteur de la paille. En condition de stress hydrique, une paille haute est plus apte à stocker plus de réserves glucidiques, qui sont susceptibles d'être transférées vers le grain, au cours de la phase de remplissage (BEN ABDELLAH et BEN SALEM, 1993).

- **Longueur du col d'épi :** Ce caractère a toutefois un déterminisme génétique plus complexe que celui de la hauteur de la plante (HAKIMI, 1992). Le rôle de ce caractère s'expliquerait par les quantités d'assimilats stockés dans cette partie de la plante qui sont susceptibles d'être transportées vers le grain en conditions de déficit hydrique terminal (DAKHEEL et *al.*, 1993). Les caractéristiques de l'épi (épi court à barbes peu développées) contribuent également à une limitation des pertes en eau (FEBRERO et *al.*, 1990).

- **Barbes :** La présence de barbes, par leur port dressé et leur position au voisinage immédiat de la graine augmente la possibilité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de formation du grain surtout après la sénescence des feuilles étendards (GATE et *al.*, 1992).

## Revue bibliographique

---

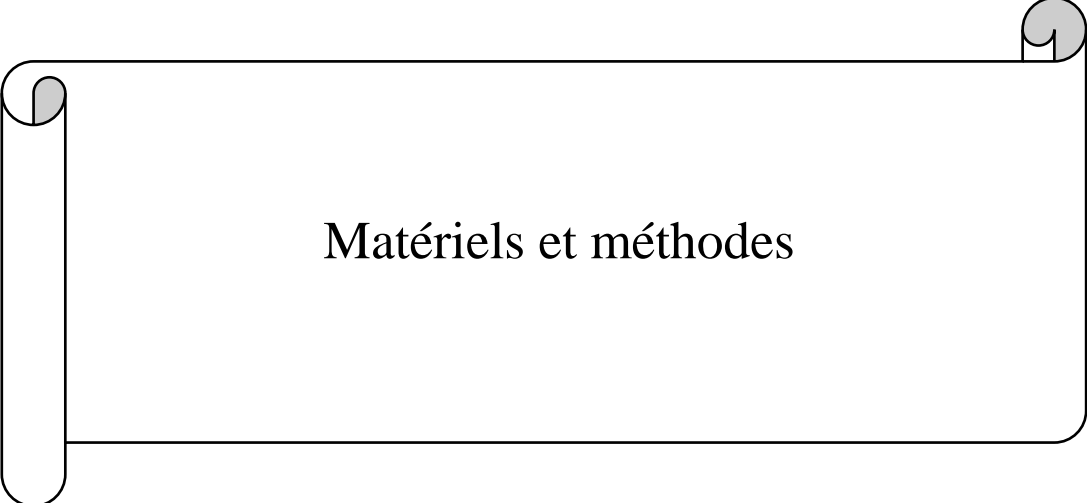
### 6.1.2.2. Partie racinaire

Le développement du système racinaire global joue un rôle essentiel dans l'alimentation hydrique et minérale de la plante particulièrement net en zones semi arides où les quantités d'eau absorbées sont directement liées à la dynamique de croissance des racines. De nombreuses plantes adaptées aux zones arides ne contrôlent que très peu leurs pertes en eau par transpiration, mais possèdent un enracinement très profond capable d'extraire l'eau du sol (LABDELLI, 2011).

### 6.1.3. Caractères physiologiques

- **Teneur relative en eau :** SCOFIELD et *al.* (1988) notent que la teneur en eau diminue lorsque le stress augmente, mais elle diminue plus vite chez les variétés sensibles que chez les variétés résistantes. La teneur relative en eau en plus de sa relation avec le volume cellulaire reflète plus précisément la balance entre l'eau disponible dans la feuille et le taux de transpiration (NOURI, 2002).

- **Teneur en chlorophylle :** La réduction de la photosynthèse par le stress hydrique est l'une des causes majeures de la réduction de la croissance et de la productivité végétale (Farissi et *al.*, 2014). Selon Munns et Tester (2008), la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates. Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (Bousba et *al.*, 2009). Pour limiter les pertes en eau par évaporation et aussi l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO<sub>2</sub> atmosphérique nécessaire à la photosynthèse, l'économie de l'eau se traduit par une turgescence relative moins affectée par le stress conduisant à une dilution de la chlorophylle. Le rapport chlorophylle (a/b) est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique (Mouellef, 2010).



## Matériels et méthodes

## Matériels et méthodes

---

Dans cette expérimentation, le semis a été mis le 14/01/2020 ; trois variétés d'orge (Saida, Fouara et Raihan) sous une serre à l'université des frères Mentouri.



**Figure 10:** Serre des essais

Il faut signaler toute fois que nous avons rencontré des problèmes d'ordre sanitaire qui ont occasionné des contaminations de notre matériel végétal, des maladies cryptogamiques notamment *Helminthosporiose* et *Pyrenophora teres* ont été notées sur les variétés expérimenté, nous étions contraint de déplacer les plantes dans une serre à Ali Mendjeli.



**Figure 11:** Symptômes de la maladie sur les feuilles d'orge

# Matériels et méthodes

## I. Matériel végétal

Les différents essais de l'étude réalisée portent sur 03 variétés d'orge (*Hordium vulgare* L.) d'origines et de tolérances divers au déficit hydrique. Le matériel végétal a été fourni par l'Institut Techniques des Grandes Cultures (I.T.G.C) EL-KHROUB.



**Figure 12:** Symptômes de la maladie sur les feuilles d'orge

**Tableau 4.** Principales caractéristiques des variétés utilisées dans l'étude

Variétés	Caractères
Saida 183	Origine : locale. Zone d'adaptation plaines intérieures et hautes-plateaux. Alternatif. Cycle végétatif ; semi-précoce. Tallage : moyen. Poids de mille grains : élevé. Résistante au froid et à la sécheresse. Sensible à la verse.

## Matériels et méthodes

---

	<p>Sensible aux maladies.</p>
El-fouara	<p>Origine : locale.</p> <p>Zone d'adaptation hautes-plateaux.</p> <p>Alternatif</p> <p>Cycle végétatif : tardif.</p> <p>Tallage : fort.</p> <p>Poids de mille grains : élevé.</p> <p>Tolérante au froid et à la sécheresse.</p> <p>Résistante à la verve.</p> <p>Résistante aux maladies (Helminthosporiose, Charbon).</p> <p>Tolérante aux (Rhynchosporiose).</p>
Raihan 03	<p>Origine : ICARDA (Syrie).</p> <p>Zone d'adaptation plaine intérieure.</p> <p>Alternatif.</p> <p>Cycle végétatif : précoce.</p> <p>Tallage : fort.</p> <p>Poids de mille grains : moyen.</p> <p>Tolérante au froid et à la sécheresse.</p> <p>Résistante à la verve.</p>

## Matériels et méthodes

---

	Résistante aux maladies (piétin échaudage, piétin verse, oïdium).  Tolérante aux (Helminthosporiose, Rouille brune, Rhynchosporiose).
--	---

(ITGC Guelma, 2005)

## II. Protocole expérimental

### 1. Installation et conduite de l'étude

Les graines des trois variétés sont désinfectées dans une solution d'eau de javel commerciale diluée à 50 % et rincée plusieurs fois avec de l'eau distillée. Les graines sont ensuite mises en germination sur papier absorbant imbibé d'eau pendant 48 heures.

Les graines germées sont repiquées dans 18 sachets noirs en plastique de 15 cm de diamètre et 120 cm de longueur (figure 13), remplis d'un substrat constitué d'un mélange de sable, de sol et de matière organique à des proportions respectives de 2 :1 :1.



**Figure 13:** Mélange du sol

## Matériels et méthodes

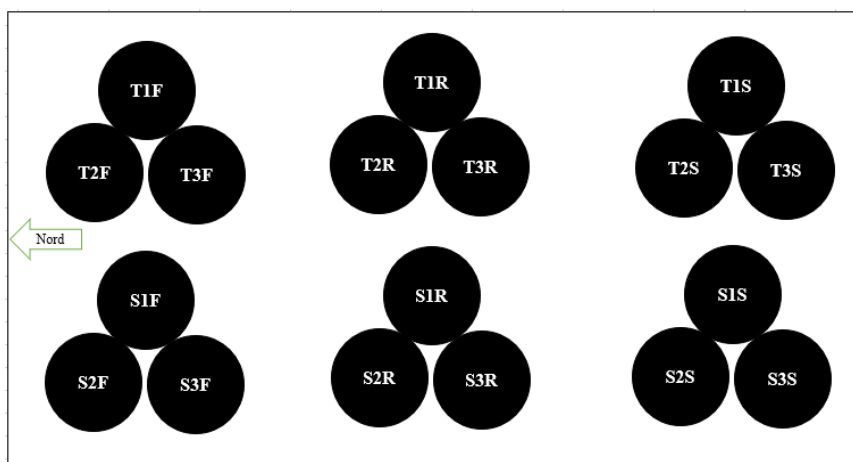
L'expérimentation a été menée en randomisation totale selon le dispositif de Fisher à trois répétitions.

Au niveau du traitement témoin les trois variétés sont répétées trois (03) fois et aussi trois (03) fois pour chacun des sachets soumis aux déficits hydriques donnant un total de dix-huit (18) sachets.

Les sachets sont irrigués jusqu'au stade montaison (tallage bien développé). Le régime d'irrigation est ensuite modifié.



**Figure 14:** Sachets noirs en plastique



**Figure 15:** Dispositif expérimental

Où :

**T:** Lot témoin; **S:** Lot stressé; **F:** Fouara; **R:** Raihan; **S:** Saida.



# Matériels et méthodes

---

## 2. Mesures effectuées

Au cours de la conduite de l'essai, on a procédé aux mesures suivantes :

- **Le taux de germination** : Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines. Sur l'essai de germination a été déterminé le pourcentage définitif de germination (G%) selon la formule suivante (Doran et Gunn, 1986) :

$$G (\%) = 100 (XT/N)$$

Où :

**XT** : le nombre total de graines germées ; **N** : le nombre total des graines mises à germer.

Le pouvoir germinatif des graines est évalué à l'aide d'un test de germination réalisé en milieu artificiel (papier absorbant) selon les normes internationales en vigueur (ISTA, 1999).

Lors de chaque test, 30 répétitions de chaque variété d'orge sont mises à germer pendant 10 jours.



**Figure 16:** Teste de germination

## Matériels et méthodes

---

• **La teneur relative en eau** : La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par Barrs (1968). Selon cette méthode, les feuilles coupées à la base sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF), elles sont ensuite introduites dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée et placées à une température de 4°C pendant 24 heures à l'abri de la lumière. Les feuilles sont retirées, délicatement essuyées par un papier buvard et pesées à nouveau, c'est le poids en pleine turgescence (PPT), le poids sec des feuilles (PS) est déterminé par passage dans l'étuve à une température de 80°C pendant 48 heures. La teneur relative en eau est déterminée par la formule suivante :

$$\text{TRE (\%)} = [(\text{PF}-\text{PS}) / (\text{PPT}-\text{PS})].100$$

Où :

**TRE** : teneur relative en eau ; **PF** : Poids frais ; **PS** : Poids sec ; **PPT** : Poids en pleine turgescence.

- **La teneur en chlorophylle** : La teneur en chlorophylle total au niveau des feuilles est mesurée à l'aide d'une chlorophylle mètre SPAD.

La chlorophylle a et la chlorophylle b sont déterminées grâce à la méthode de Mac Kiney (1941) et Arnon (1949) simplifiée par (Francis *et al.*, 1970) qui utilise une solution d'acétone et d'éthanol. La densité optique est déterminée à 663 nm pour la chlorophylle a et à 645 pour la chlorophylle b.

- **La levée** : Noter les jours où la plupart des plantules de semis sont visibles.
- **Le début de tallage** : Noter le jour où la première talle est visible sur la plupart des plantes.
- **La surface de la feuille étendard (SFE)** : prise au hasard par parcelle est déterminée selon la méthode de Spagnoletti et Qualset, 1990. Qui consiste à estimer la surface foliaire par le produit de la longueur (L), la largeur (l) et le coefficient  $R = 0.749$ .
- **La hauteur de la plante (HP)** : La hauteur de la plante est mesurée de la base de la plante jusqu'au sommet de l'épi.
- **La longueur de l'épi (LE)** : Avec et sans barbe.
- **La longueur du col de l'épi (CE)** : Mesurée à partir du dernier nœud jusqu'à la base de l'épi.

## Matériels et méthodes

---

- **Le rapport talle / épi (T / E) :** Il est exprimé par le rapport nombre de talles à épi sur le nombre total des talles.

$$T / E (\%) = 100 (XTE / NT)$$

Où :

**XTE :** nombre de tallage épi ; **NT :** nombre total des talles.

Après la prise des mesures de la partie aérienne, les sachets sont mis sur un siège afin de les ouvrir avec un cutteur progressivement pour ne pas abimer les racines, suivie par le versement de l'eau sur la terre afin de la séparer des racines ; le processus est finalisé par un lavage des racines dans un bac et les sécher avec un papier absorbant avant de procéder aux mesures suivantes :

- **La longueur de racine (LR) :** La longueur maximale des racines est la longueur de la racine la plus longue.
- **Le volume racinaire (VR) :** Exprimé en cm<sup>3</sup>, a été apprécié selon la méthode de MUSICK et *al.* (1965), en comparant les niveaux d'eau, avant et après immersion de la totalité des racines dans un volume d'eau connu.



## Résultats et discussions

# Résultats et discussions

---

## Résultats

Dans cette étude, on a expérimenté le comportement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous stress hydrique. La culture de l'orge est un modèle de plante qui s'adapte à différents milieux. C'est une espèce qualifiée de rustique et également connue pour son adaptation plastique à toutes les régions.

Le présent travail consiste à étudier le comportement de trois variétés d'orge soumis à un stress hydrique modéré, le but est de rechercher les génotypes qui répondent au mieux à nos objectifs.

En effet, le comportement de ces trois variétés d'orge diffère sensiblement vis-à-vis du stress hydrique, les résultats obtenus révèlent des différences appréciables liées à l'environnement surtout la sécheresse.

## 1. Caractères morpho-phénologiques

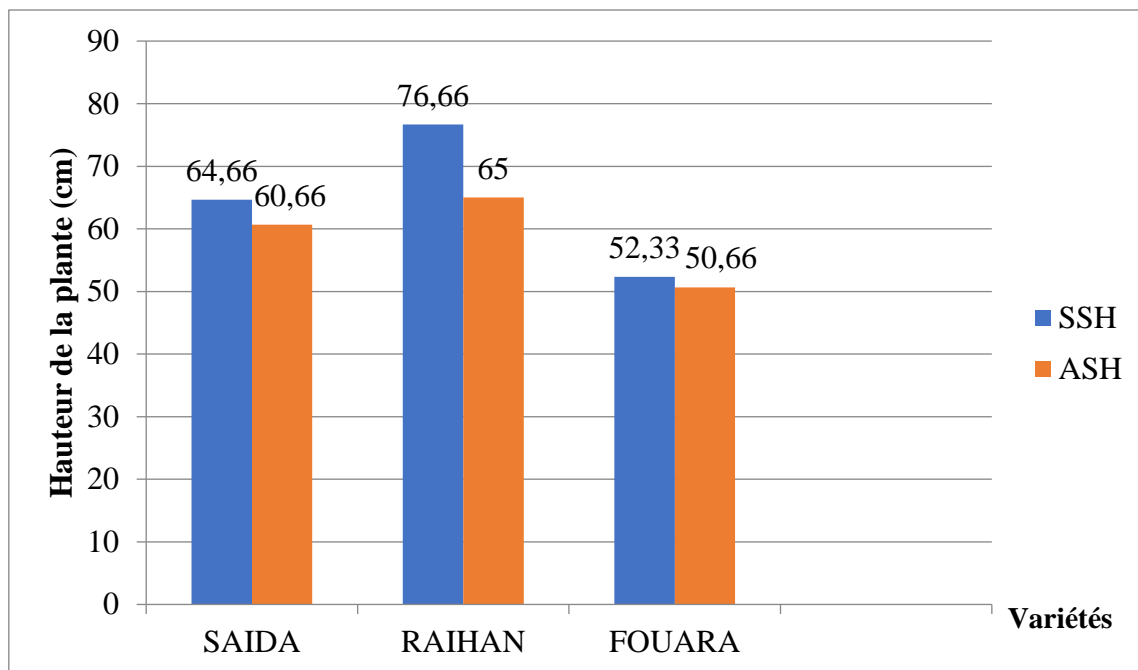
### 1.1. Effet du stress hydrique sur la hauteur de la plante

Les trois génotypes stressés présentent les valeurs de l'ordre de 60,66 cm, 65 cm, 50,66 cm respectivement les variétés : Saida, Raihan et Fouara. (Figure 17 ; Annex 01)

Concernant la hauteur de la plante du lot témoin (100% CC), les trois génotypes Raihan, Saida et Fouara présentent les valeurs : 76,66 cm, 64,66 cm et 52,33 cm respectivement. (Figure 17 ; Annex 01)

Au niveau du lot stressé, les trois variétés testées notent des valeurs nettement inférieures par rapport aux variétés témoins. Le génotype Raihan présente une réduction importante de 15,21%. Alors que Saida et Fouara enregistrent des réductions de l'ordre de 6,18% et 3,19% successivement.

## Résultats et discussions



**Figure 17:** Variation de la hauteur de la plante (cm) chez trois géotypes d'orge sous stress hydrique

**SSH :** Sans stress hydrique

**ASH :** Avec stress hydrique

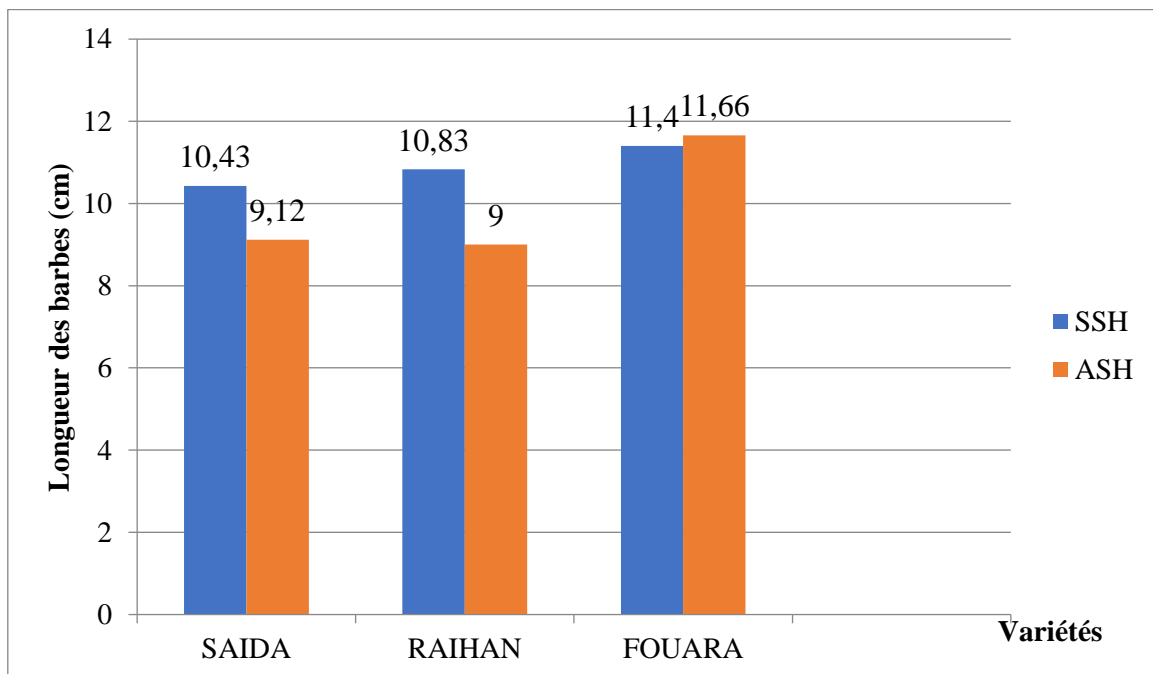
## Résultats et discussions

### 1.2. Effet du stress hydrique sur la longueur des barbes

Sous conditions de stress (15% CC), les variétés Saida et Raihan affichent respectivement les longueurs (9,16 cm et 9 cm). (Figure 18 ; Annexe 02)

D'autre part, la variété Fouara affiche une longueur des barbes légèrement supérieure mais non significative.

A l'inverse, sous conditions de bonne alimentation hydrique (100 % CC) les trois variétés testées ne présentent pas de grandes différences significatives mais on note des valeurs supérieures à celles des variétés stressées. En effet les valeurs équivalentes sont respectivement à 10,43 cm 10,83 cm et 11,4 cm. (Figure 18 ; Annexe 02)



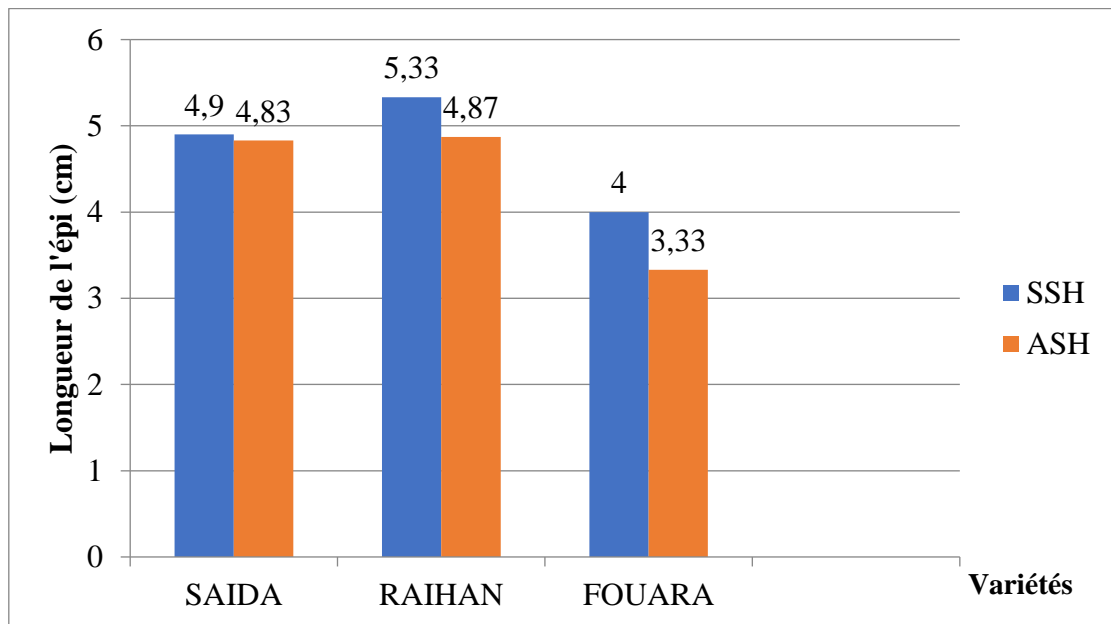
**Figure 18 :** Variation de la longueur des barbes (cm) chez génotypes d'orge sous stress hydrique.

## Résultats et discussions

### 1.3. Effet du stress hydrique sur la longueur de l'épi (sans barbes)

Concernant ce paramètre dans les conditions de stress, les variétés Saida, Raihan et Fouara affichent des valeurs respectives de 4,83 cm, 4,87 cm et 3,33 cm. (Figure 19 ; Annex 03)

Les conditions optimales ont induit une augmentation de longueur d'épi de l'ordre de 20,12% chez le géotype Fouara. Ainsi, une augmentation plus faible chez le géotype Saida 1,44% et une augmentation de 9,44% chez le géotype Raihan.



**Figure 19** : Variation de la longueur de l'épi (cm) chez trois géotypes d'orge sous stress hydrique.



## Résultats et discussions

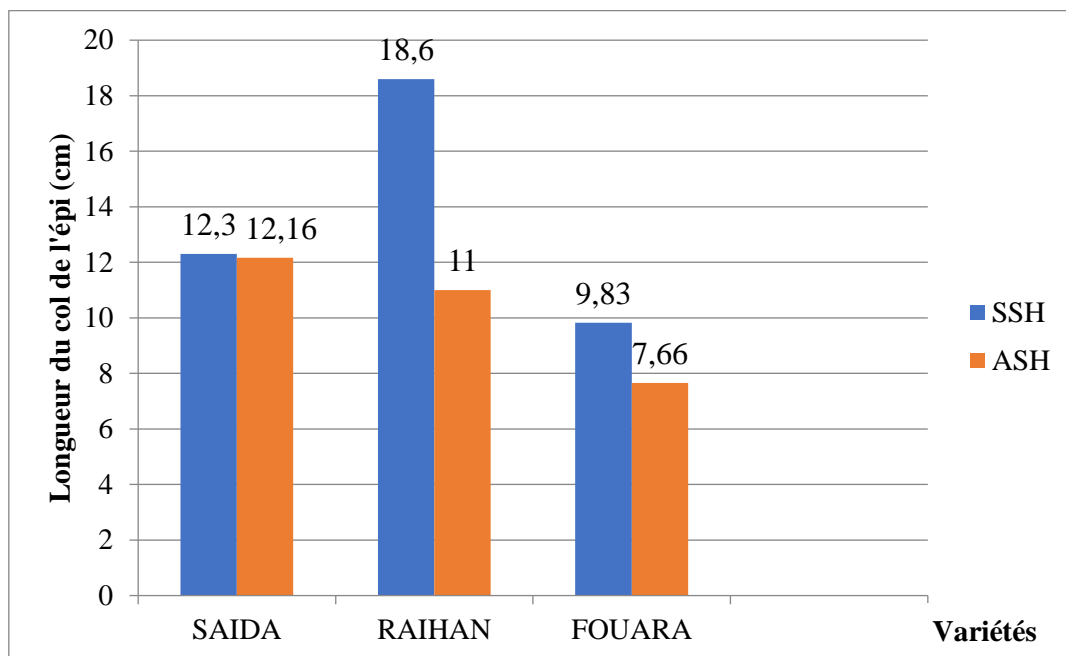
### 1.4. Effet du stress hydrique sur la longueur du col de l'épi

Les résultats des variétés testées sont nettement supérieurs à celles des témoins.

Les trois génotypes stressés présentent les valeurs de l'ordre de 12,16 cm, 11 cm, 7,66 cm respectivement les variétés Saida, Raihan et Fouara. (Figure 20 ; Annex 04)

Les génotypes témoins Raihan, Saida et Fouara présentent les valeurs : 18,6 cm, 12,3 cm et 9,83 cm successivement. (Figure 20 ; Annex 04)

En effet pour le lot stressé, nous avons noté une réduction importante de 40,86% notamment chez la variété Raihan. Le génotype Fouara : 22,07%. Alors que la variété Saida a la réduction la plus faible de 1,13%.

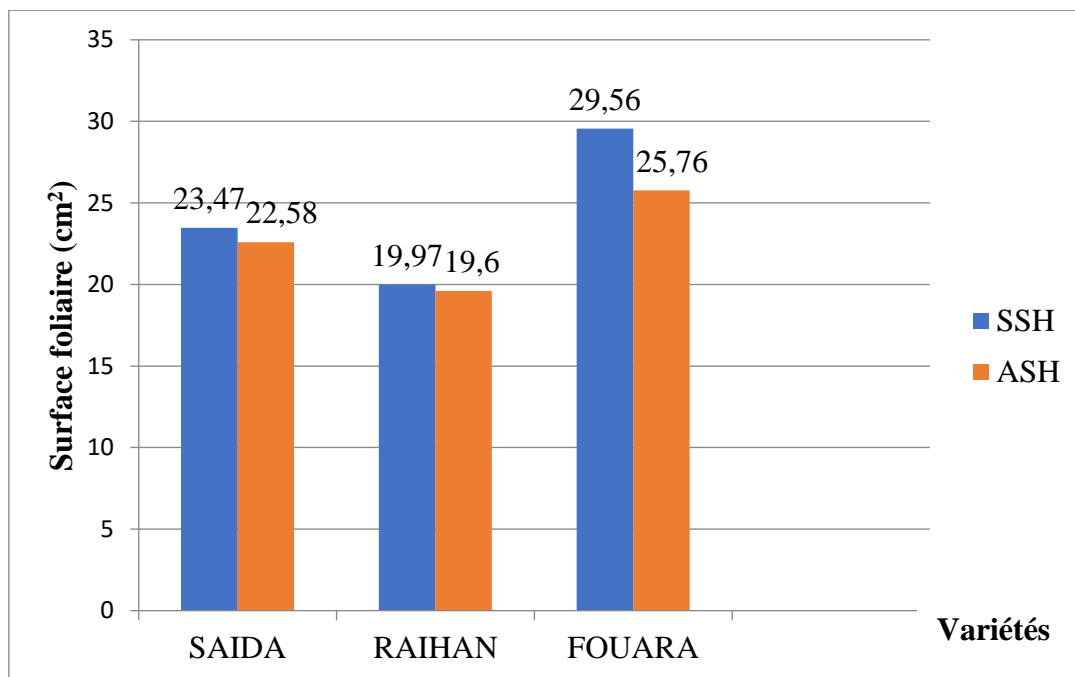


**Figure 20:** Variation de la longueur du col de l'épi (cm) chez trois génotypes d'orge sous stress hydrique.

## Résultats et discussions

### 1.5. Effet du stress hydrique sur la surface foliaire (feuille étendard ou drapeau)

Les témoins enregistrent les plus grandes valeurs de surface foliaire par rapport aux stressés (29,56 cm<sup>2</sup>, 23,47cm<sup>2</sup> et 19,97 cm<sup>2</sup> respectivement les génotypes Fouara, Saida et Raihan). Le génotype Fouara affiche une réduction importante atteignant 14,30%. Alors que les génotypes Saida et Raihan affichent des réductions faibles de 3,79% et 1,83% successivement. (Figure 21 ; Annex 05)

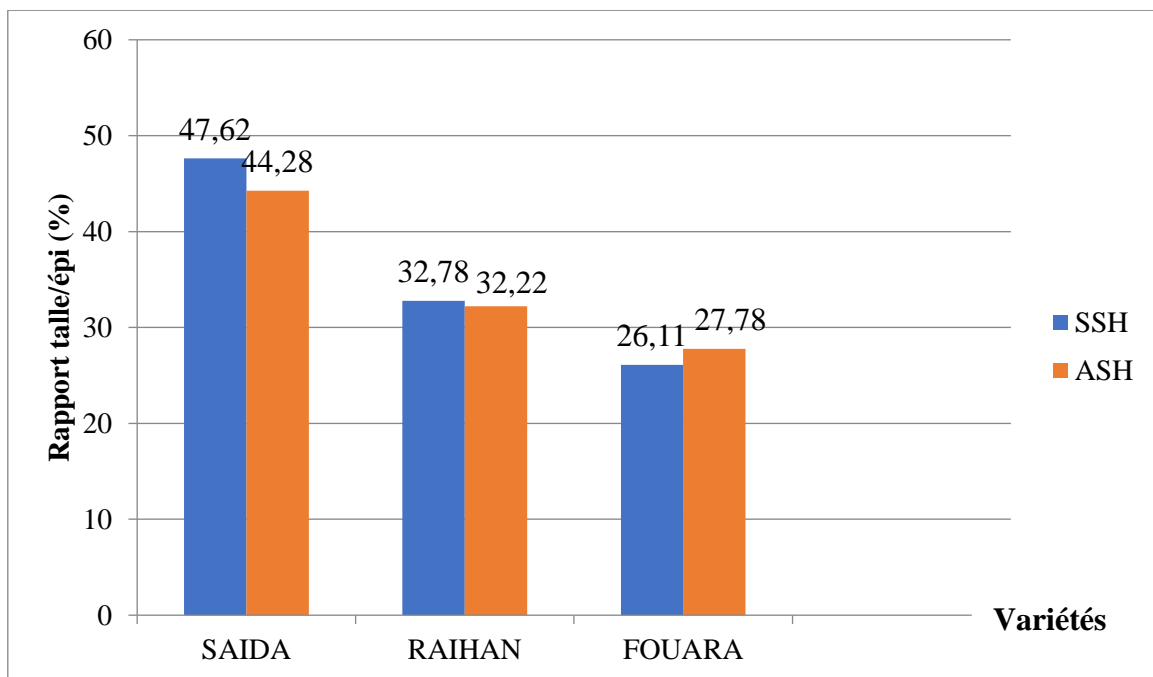


**Figure 21 :** Variation de la surface foliaire (cm<sup>2</sup>) chez trois génotypes d'orge sous stress hydrique.

## Résultats et discussions

### 1.6. Effet du stress hydrique sur le rapport talle/épi

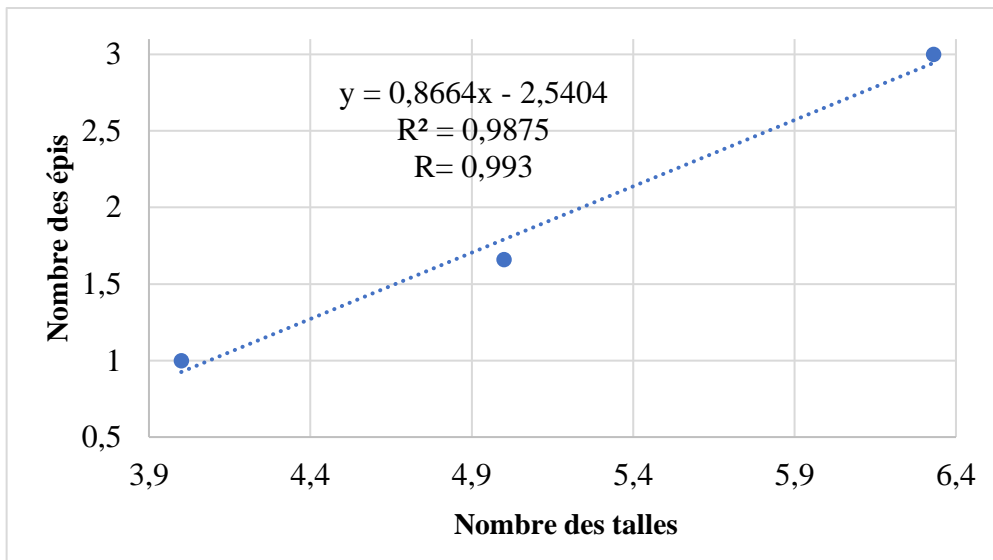
Concernant le rapport talle/épi, les valeurs enregistrées chez les variétés sont sensiblement les mêmes et ne présentent donc pas une différence significative entre les deux lots (Annexe 06). Les valeurs obtenues sont de l'ordre de 47,62%, 32,78% et 26,11% pour le lot témoin et de 44,28%, 32,22% et 27,78% pour le lot stressé respectivement les géotypes Saida, Raihan et Fouara. (Figure 22 ; annexe 06)



**Figure 22 :** Variation du rapport talle/épi (%) chez trois géotypes d'orge sous stress hydrique.

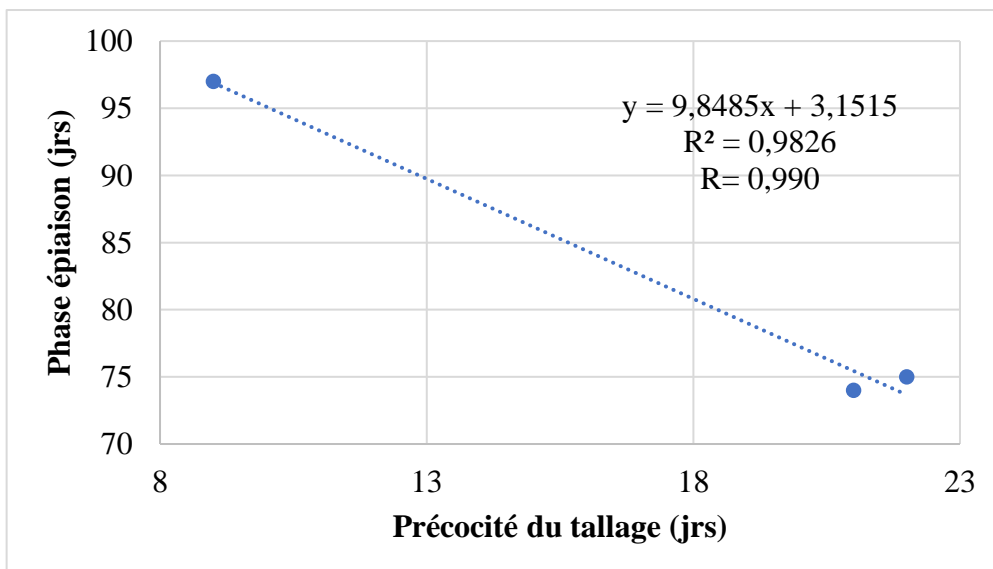
Par ailleurs, nous avons obtenu une corrélation positive très hautement significative entre les variables nombre de talles / nombre des épis :  $r = 0,99$  chez les trois variétés d'orge. (Figure 23)

## Résultats et discussions



**Figure 23** : La relation entre le nombre de talles et le nombre des épis.

Ce resultat dénote bel et bien une corrélation ( $r = 0,99$ ), il existe une relation très hautement significative entre le tallage et l'épiaison. (Figure 24 ; annexe 07)



**Figure 24** : La relation entre le tallage précoce et la phase épiaison.

**Jrs** : Jours

## Résultats et discussions

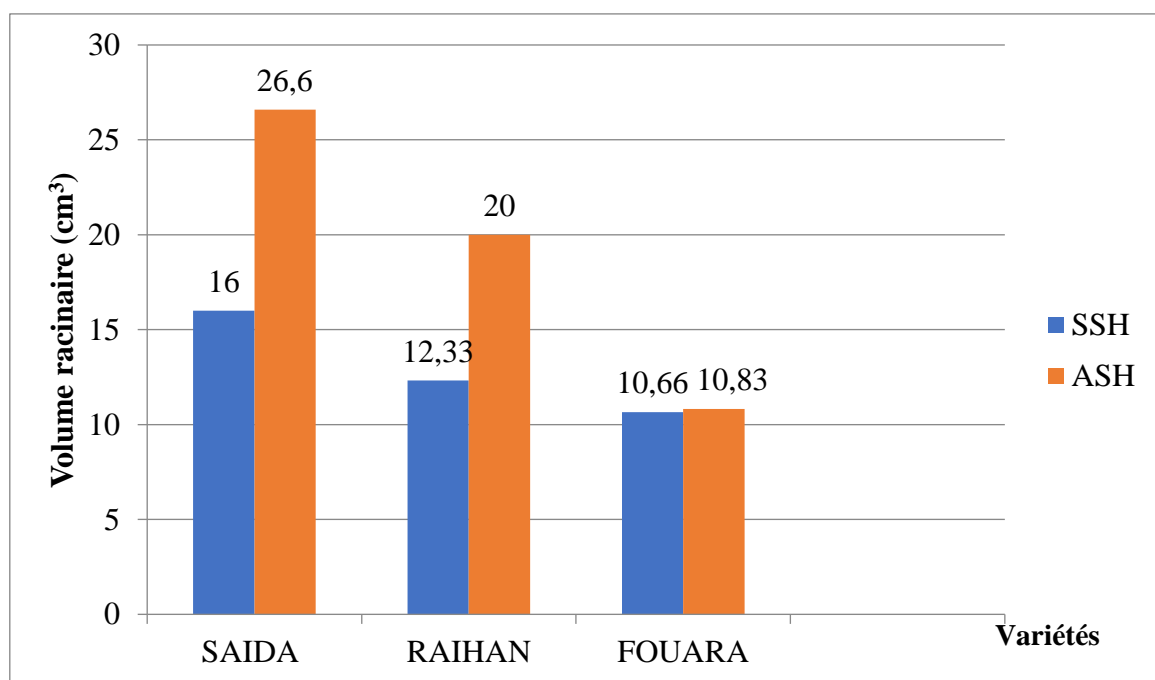
### 2. Caractères racinaires

#### 2.1. Effet du stress hydrique sur le volume racinaire

Les variétés stressées Saida, Raihan et Fouara affichent des valeurs respectives de 26,6 cm<sup>3</sup>, 20 cm<sup>3</sup> et 10,83 cm<sup>3</sup>. (Figure 25 ; annexe 08)

Sous-alimentation hydrique, nous n'avons pas remarqué une grande différence entre les trois génotypes d'orge, en effet les valeurs obtenues sont de 16 cm<sup>3</sup>, 12,33 cm<sup>3</sup> et 10,66 cm<sup>3</sup> respectivement chez variétés Saida, Raihan et Fouara. (Figure 25 ; Annex 08)

En revanche, les variétés stressées se distinguent par des valeurs supérieures à celles des témoins. Les deux génotypes Saida et Raihan affichent des augmentations significatives de 66,25% et 62,20%. Alors que le génotype Fouara note une augmentation très faible (statistiquement non significative) de 1,59%.



**Figure 25 :** Variation du volume racinaire (cm<sup>3</sup>) chez trois génotypes d'orge sous stress hydrique.

## Résultats et discussions

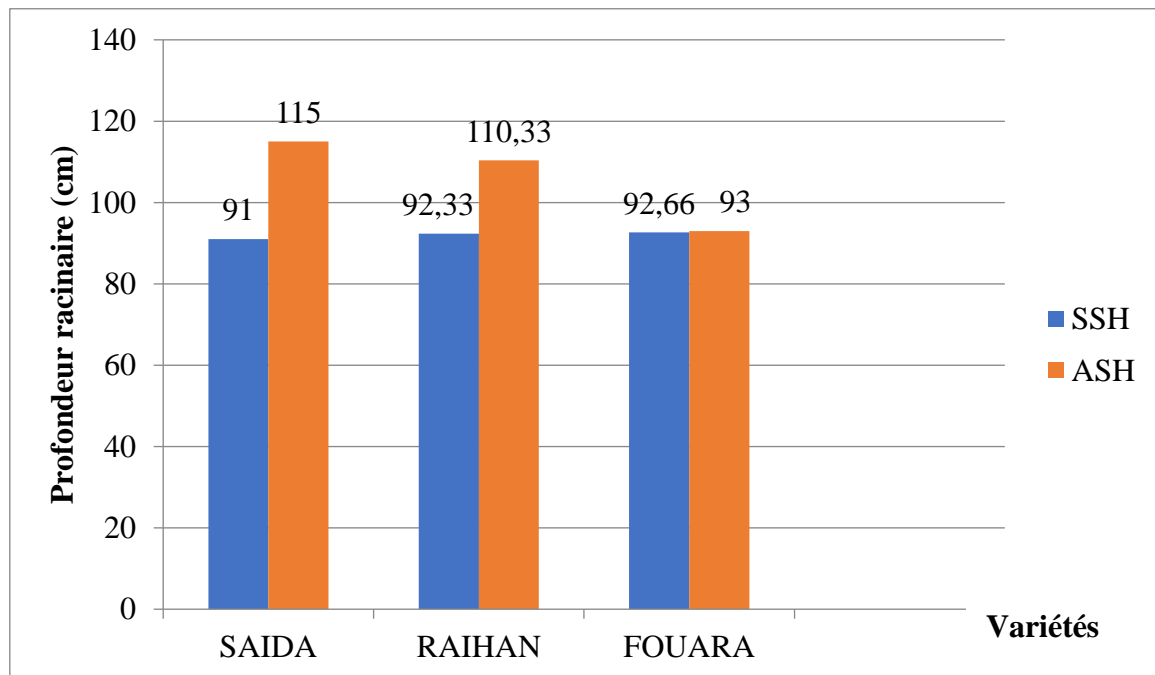
### 2.2. Effet du stress hydrique sur la profondeur racinaire

Concernant la profondeur racinaire, les trois géotypes stressés présentent les valeurs de l'ordre de 115 cm, 110 cm, 93 cm respectivement les variétés Saida, Raihan et Fouara.

(Figure 26 ; Annex 09)

Les résultats montrent que les variétés stressées se distinguent par des valeurs sensiblement plus élevées que celles enregistrées par les variétés du lot témoin (91 cm, 92,33 cm et 92,66 cm respectivement pour Saida, Raihan et Fouara). (Figure 26 ; Annex 09)

Les géotypes Saida et Raihan affichent des augmentations importantes équivalentes 26,37% et 19,56%. Alors que le géotype Fouara affiche une très faible augmentation de 0,36% (non significative).



**Figure 26 :** Variation de la profondeur racinaire (cm) chez trois géotypes d'orge sous stress hydrique.

**\*Pour des conditions indépendamment de notre volonté (la pandémie de Covid-19), on n'a pas pu étudier les paramètres physiologiques des trois géotypes d'orge ; nous nous sommes donc contentées de relater un certain nombre de résultats des chercheurs ayant travaillé et analysé ses paramètres.**

## Résultats et discussions

### 3. Paramètres physiologiques

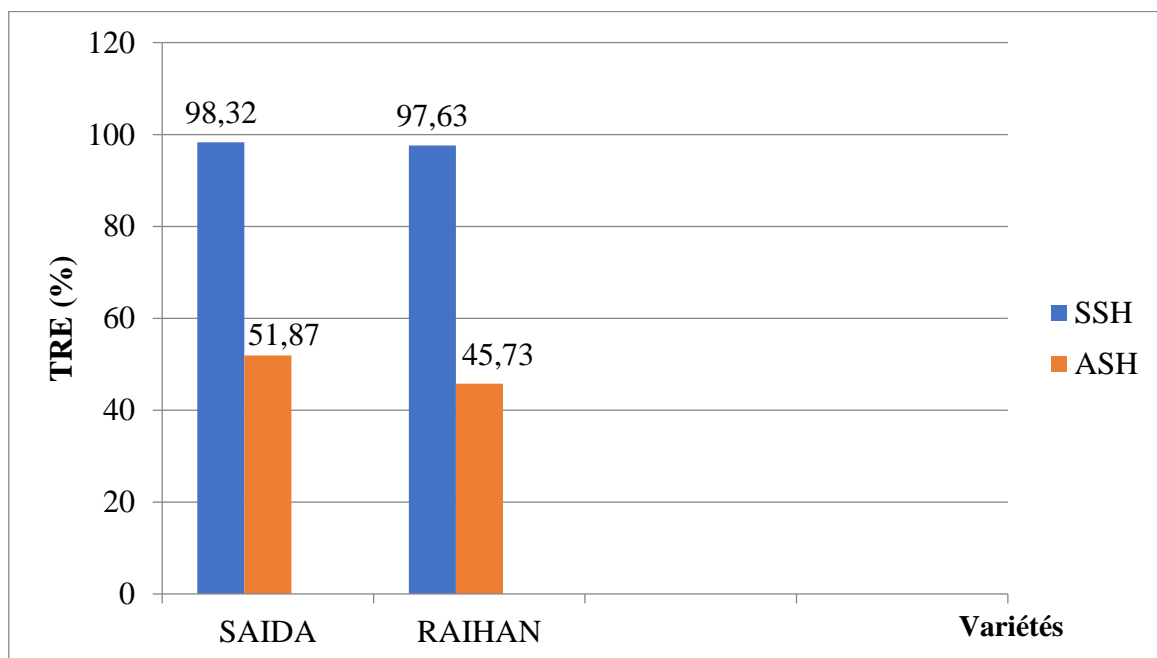
#### 3.1. La teneur relative en eau

D'après les résultats de Marok (2005), le génotype Raihan semble être le plus affecté par le stress alors que le génotype Saida semble être le moins affecté par le stress donc ce dernier - Saida- est considéré probablement comme tolérant.

En revanche, les teneurs relatives en eau les plus élevées chez les deux variétés testées sont notées chez les témoins : 98,32% et 87,63% respectivement les variétés Saida et Raihan. (Figure 27)

Ces résultats montrent que les variétés stressées accusent des valeurs relativement très basses par rapport aux variétés témoins Saida et Raihan qui affichent 51,57% et 45,73% respectivement, soit une diminution de l'ordre 47,54% et 53,15% par rapport aux témoins respectivement. (Figure 27)

Ces résultats trouvés par les chercheurs cités plus haut corroborent nos résultats et vont donc dans le même sens.



**Figure 27** : Variation de la TRE (%) chez deux génotypes d'orge sous stress hydrique.

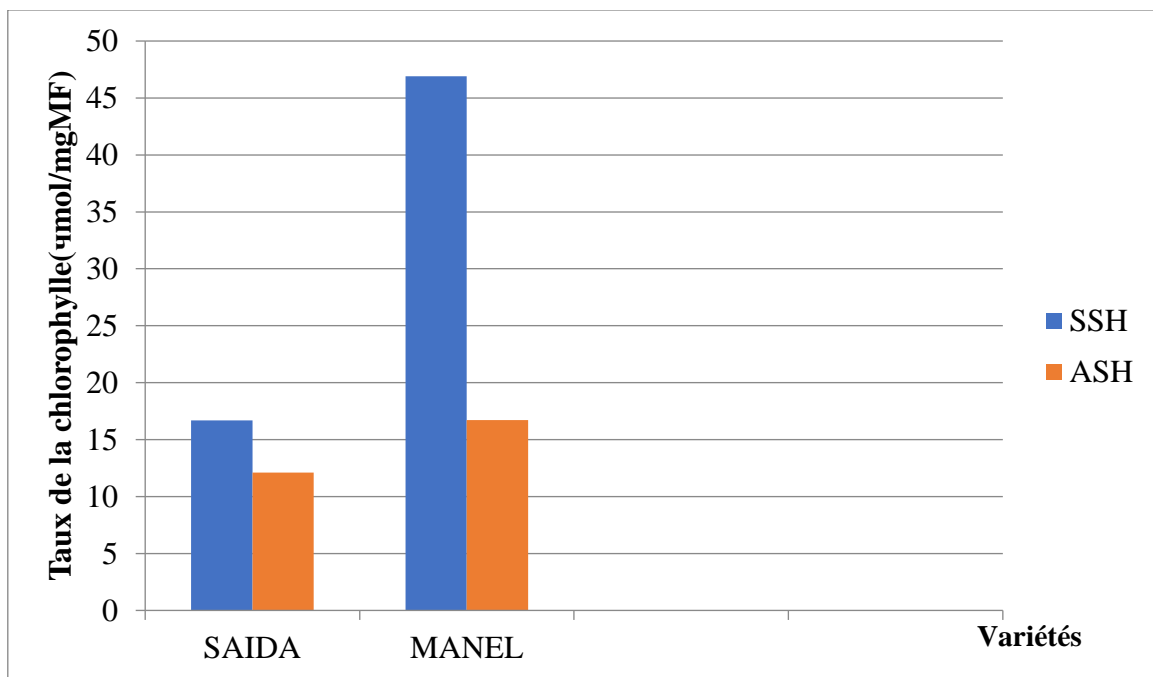
## Résultats et discussions

### 3.2. Le taux de la chlorophylle totale de la feuille étendard

Concernant ce paramètre, nous avons pris les résultats de Merabta et *al.* (2018) afin de clarifier l'effet du stress hydrique sur deux génotypes d'orge.

Au niveau du lot témoin, nous avons noté que les valeurs du taux de la chlorophylle totale sont différentes selon les variétés. Les deux génotypes Saida et Manel marquent des valeurs 12,11  $\mu\text{mol}/\text{mg.MF}$  et 16,71  $\mu\text{mol}/\text{mg.MF}$  respectivement. (Figure 28 ; Annex 11)

Le taux de la chlorophylle totale diminue en présence du stress hydrique chez les deux génotypes étudiés. Tous les génotypes stressés voient leur valeur de TCT diminué par rapport aux témoins avec une nette supériorité de la variété Saida (12,11 $\mu\text{mol}/\text{mg.MF}$ ) ; cette diminution devient très importante chez le génotype Manel qui marque une teneur minimale de 16,71  $\mu\text{mol}/\text{mg.MF}$ . (Figure 28 ; Annex 11)



**Figure 28 :** Variation de TCT ( $\mu\text{mol}/\text{mg.MF}$ ) chez deux génotypes d'orge sous stress hydrique.



## Résultats et discussions

---

### Discussion

#### Caractères morpho-phénologiques

Les paramètres phénologiques d'adaptation ou de précocité définissent le décalage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales ; En jouant avec ces paramètres, il est possible d'éviter la coïncidence des phases critiques du cycle avec les dates d'occurrence maximales de certains accidents climatiques (hautes températures, déficit hydrique... etc.).

Il renvoie au concept d'évitement ou d'esquive ou de tolérance définie par Levitt (1972), la précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement. Ceci peut être réalisé soit par la voie des techniques culturales (choix de la date de semis) soit par la voie génétique (sélection des variétés précoces). La précocité à l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer les productions dans les zones sèches (Benlaribi, 1990 ; Ben Salem *et al.*, 1997).

Au cours de notre étude, nous avons noté que les géotypes Saida et Raihan sont les plus précoces à l'épiaison comparativement à Fouara. Ce résultat nous autorise à penser que Saida et Raihan sont tolérantes et pourraient éventuellement être utilisées comme des variétés pilotes dans les programmes de sélection et d'amélioration.

Quant à la longueur de la plante comme un critère de sélection important. Meklich, (1983) a trouvé une liaison positive et significative entre le rendement et la hauteur du chaume.

Masse et Gate (1990), Benabdallah et Bensalem (1993) ont expliqué que la hauteur élevée de la paille est souvent associée à une bonne résistance à la sécheresse par les quantités d'assimilés stockées au niveau des tiges qui sont les principaux organes de réserve.

On outre, Ali Dib et Monneveux (1992) ont affirmé que les variétés à paille courte sont plus sensibles à la sécheresse. Daniels *et al.* (1982) ont montré que les variétés à paille haute résistent mieux à la sécheresse en raison d'une plus grande disponibilité des assimilés.

La hauteur varie donc en fonction de la variété, sur cette base les variétés hautes répondent mieux aux conditions de sécheresse et les variétés courtes tolèrent mieux les zones humides (Oudjani, 2009).

Dans notre étude, le géotype Raihan se caractérise dans les conditions de stress hydrique par une hauteur du chaume élevée, suivie de Saida et en dernier Fouara, mais cette dernière n'affiche pas une différence significative entre les témoins et les stressées.

D'après cette étude, la variété d'orge Fouara est plus performante, donc probablement la plus tolérante à la contrainte hydrique.

## Résultats et discussions

---

Concernant le troisième paramètre analysé dans notre étude, les barbes contribuent selon Gate et *al.* (1992) à l'adaptation à la sécheresse grâce à leurs capacités de compenser la sénescence foliaire.

Baldy (1973) a trouvé que le rendement photosynthétique des épis barbus peut atteindre 80% du rendement photosynthétique de la dernière feuille et 38% seulement pour les non barbus.

Les barbes améliorent le rendement en conditions de sécheresse par augmentation de la surface photosynthétique de l'épi (Salma et *al.*, 2005).

L'architecture de l'épi prend de l'importance sous conditions stressantes puisque la présence des barbes dans ces conditions arrive à contribuer jusqu'à 15 % au remplissage du grain, moment où elles demeurent le seul et l'unique organe qui reste photo-synthétisant (Grignac, 1965).

Selon Blum (1988), l'activité photosynthétique des barbes est moins sensible à l'action inhibitrice des hautes températures comparativement à celle des glumes ou de la feuille étendard.

On observe également au cours de notre étude que la longueur des barbes la plus élevée enregistrée sous stress hydrique est chez Fouara suivie de Saida et en dernière position Raihan. D'après ce résultat, il semblerait que Fouara s'adapte mieux à la sécheresse.

Quant à la longueur de l'épi qui constitue un paramètre prédictif d'un indice de récolte et du potentiel de rendement élevé (Djekoun et *al.*, 2002).

D'après les mêmes auteurs, il est évident que la longueur de l'épi est un caractère de rendement et d'adaptation au stress hydrique.

L'épi assure une fonction photosynthétique importante au cours du remplissage du grain (Kouidri, 1999).

Selon Baldy (1993) cité par Boukecha (2001), en conditions de stress hydrique, la part de la photosynthèse de l'épi serait plus importante que celle de la dernière feuille ; La même idée est exprimée par Bammoun (1993).

On observe également, au cours de notre étude que Saida et Raihan ont les plus longs épis par rapport à Fouara qui possède quant à elle des épis courts.

Le col de l'épi est un critère de sélection des génotypes tolérants au déficit hydrique (FISCHER et MAURER, 1978).

## Résultats et discussions

---

Ce caractère a toutefois un déterminisme génétique plus complexe que celui de la hauteur de la plante (HAKIMI, 1992).

Son rôle est important dans l'amélioration du rendement. On peut l'expliquer d'une part par la photosynthèse courante et d'autre part par la migration des quantités d'assimilats stockées à son niveau (GATE *et al.*, 1990).

Notre étude montre que Saida se caractérise dans les conditions de déficit hydrique par la longueur la plus élevée du col de l'épi.

La variété Saida d'après cette étude est la plus tolérante à la contrainte hydrique comparativement à Raihan et à Fouara.

### La surface foliaire

La surface foliaire est déterminée par une composante de traits biologique voire même physiologique et qui sont : la phénologie, la morphologie de la tige, la moyenne de l'émergence foliaire et le niveau du potentiel hydrique foliaire. BLUM (1996) note que la variation de la surface foliaire est un moyen important pour caractériser le stress hydrique.

La surface foliaire est un déterminisme important de la transpiration. L'une des premières réactions des plantes au déficit hydrique est de réduire la surface foliaire (Lebon *et al.*, 2004).

Le développement végétatif sous conditions limitantes d'alimentation hydrique est fortement perturbé (Ferryra *et al.*, 2004). Nous avons principalement noté une diminution importante de la taille et de la surface foliaire. Cette diminution est l'une des réponses des végétaux à la déshydratation, elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (Lebon *et al.*, 2004).

KIRKHAM *et al.* (1980) ont suggéré qu'une surface foliaire réduite peut être avantageuse du fait qu'elle réduit effectivement les pertes en eau totale de la plante. Alors que JOHANSON *et al.* (1983) ont conclu que les plantes à surface foliaire plus grande peuvent tolérer la déshydratation en maintenant le potentiel hydrique élevé.

La feuille étendard est l'organe principal donneur des photosynthétats nécessaires au développement du grain de blé (PATRICK *et* WARDLAW, 1984). La durée de vie de cette feuille est estimée par sa surface verte qui apparaît comme un révélateur du niveau de fonctionnement de l'appareil photosynthétique en présence du déficit hydrique (GATE *et al.* 1992).

Une surface foliaire verte importante au stade épiaison peut conduire à un meilleur rendement en grain. Une plante à faible surface foliaire verte est capable aussi de donner un

## Résultats et discussions

---

bon rendement en grain, grâce à une meilleure efficacité d'utilisation de l'énergie lumineuse par unité de surface foliaire et/ou à une durée de vie plus longue du feuillage vert (Bouzerzour, 1990).

Dans notre étude ayant trait à la surface foliaire, Fouara occupe la première position et se caractérise par la plus grande surface foliaire comparativement aux deux autres variétés Saida et Raihan. Ce résultat nous permet de dire que cette variété est tolérante et pourrait éventuellement être utilisée comme variété référence dans les éventuels programmes de sélection.

### Le rapport talle/épi

Concernant le nombre de talles par plante considéré comme une composante expliquant le rendement en matière sèche. Il est influencé par la température et le niveau d'apport d'éléments nutritifs (Aspinal, 1965 ; Freind, 1965 ; Austin et Johnes, 1975 ; Meynard, 1980) et par les caractéristiques variétales et les techniques culturales (Massele, 1981 ; Gonde et *al.*, 1986).

Le nombre d'épis par plante est dépendant de la capacité du tallage herbacé. Cette capacité de tallage permet à la plante de s'ajuster à un environnement variable pour assurer un minimum de production et de la régularité de production des talles fertiles, dépend donc du rendement en grain (Hadji, 1985).

Nos résultats corroborent et vont dans le même sens que les travaux des chercheurs cités plus haut, la variété Saida note le nombre de talles herbacées le plus élevé et donc un nombre des épis élevé aussi par rapport à Raihan et Fouara qui elles se caractérisent par un nombre réduit de talles herbacées. Saida se distingue nettement de Raihan et de Fouara

### Caractères racinaires

Le développement du système racinaire global joue un rôle essentiel dans l'alimentation hydrique et minérale de la plante particulièrement net en zones semi arides où les quantités d'eau absorbées sont directement liées à la dynamique de croissance des racines (HURD, 1974 ; O'BRIEN, 1979 ; RICHARDS et PASSIOURA, 1981).

De nombreuses plantes adaptées aux zones arides ne contrôlent que très peu leurs pertes en eau par transpiration mais possèdent un enracinement très profond capable d'extraire l'eau du sol (KRAMER et BOYER, 1995).

## Résultats et discussions

---

Cette caractéristique revêt une importance particulière sur les cultures qui subissent régulièrement des déficits hydriques de fin de cycle (KHALFAOUI, 1990 ; SUBBARAO et *al.*, 1995). L'étude structurale des tiges et des racines montre que le déficit hydrique réduit fortement le volume cellulaire provoquant ainsi une réduction du taux de croissance sauf au niveau des racines où on a constaté un remodelage de la structure des cellules (LABDELLI, 2011).

Lorsque les réserves en eau du sol diminuent, la plante peut conserver un haut potentiel hydrique, en augmentant la densité de son système racinaire et améliore l'exploitation en profondeur des réserves du sol (LARBAA, 1991).

Les géotypes résistants à la sécheresse sont caractérisés par un système racinaire développé et profond à l'image des variétés Saida et Raihan exprimées dans notre étude (MONNEVEUX et *al.*, 1996).

Slama et *al.* (2005) ont mentionné que l'évitement du déficit hydrique peut se traduire par des modifications morphologiques qui augmentent l'absorption d'eau.

La croissance racinaire est souvent un bon indicateur de la capacité de la plante pour s'adapter à la sécheresse. Les variétés adaptées possèdent plus de racines primaires et un grand volume racinaire (Johnson et *al.*, 1989).

Les caractéristiques du système racinaire ne jouent pas leur rôle dans la résistance à la sécheresse quand les racines sont bien développées avant l'avènement du déficit hydrique (Rebetzke et *al.*, 2007).

BENLARIBI (1990) et KHALDOUN et *al.* (1990) ont confirmé que le déficit hydrique (au stade tallage) réduit considérablement les volumes racinaires à différentes profondeurs du sol chez l'orge et le blé dur.

Dans notre essai, nous avons appliqué le stress hydrique après le développement des talles (stade fin montaison – début stade floraison), et donc le système racinaire est bien développé, ce qui confirme nos résultats qui montrent une augmentation du volume racinaire chez les variétés étudiées. Saida occupe la première position avec une augmentation importante du volume racinaire suivie par Raihan, alors que Fouara occupe la dernière position avec une augmentation légèrement faible comparativement à Saida et Raihan. Nos résultats mettent en exergue que Saida et Raihan s'adaptent bien à la sécheresse, alors que Fouara est plus tolérante.

La profondeur racinaire permet à la plante de pomper l'eau en profondeur en explorant un volume de terre important lorsque celle-ci est limitée dans les couches superficielles du sol

## Résultats et discussions

---

(Brown *et al.*, 1987) et même si cette profondeur n'est pas atteinte que par une seule racine principale (Ali Dib *et al.* 1992).

Sous conditions de manque d'eau, les variétés locales sont toujours distinguées par la longueur de leurs racines primaires (Daaloul *et al.*, 1994).

Dans notre étude ayant trait à la profondeur racinaire, Saida occupe la première position et se caractérise par le plus profond système racinaire. Ces résultats nous permettent à dire que Saida et Raihan s'adaptent bien au déficit hydrique, alors que Fouara est la plus tolérante et pourrait éventuellement être utilisée comme une variété pilote dans les programmes de sélection et d'amélioration.

### Caractères physiologiques

#### La teneur relative en eau

KHALDOUN, 1990 ; ALIDIB, 1992 ; MONNEVEUX *et al.*, 1993 ; REKIKI, 1997 ont exposé que la dépression du niveau d'alimentation hydrique s'accompagne toujours d'une réduction de la teneur relative en eau des tissus de la plante concernée.

La perte d'eau par la feuille excisée constitue un caractère d'adaptation aux variations de statut hydrique de substrat et elle est aussi marquée chez les Poacées (ZAHARIVA *et al.*, 2001).

Certaines études précédentes ont montré que le maintien d'une TRE relativement élevée en période de stress léger est un indicateur de tolérance à la sécheresse. Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes particulièrement en région arides et semi arides. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau et une réduction significative de la production de la biomasse totale.

Yakhlef (2001) a montré que l'effet dépressif de la carence en eau sur l'état hydrique de la plante peut être irréversible si la période de stress est prolongée. Un comportement semblable a été observé chez un bon nombre de plantes (chez le blé).

D'autre part, Nouri (2002) a montré que les génotypes qui maintiennent une TRE élevée dans la présence de stress hydrique sont des génotypes tolérants.

D'après l'étude de ce paramètre pour les deux génotypes Saida et Raihan par Marok en 2005, les résultats montrent que la variété Raihan est la plus affectée par le stress hydrique

## Résultats et discussions

---

avec une diminution importante de la TRE comparativement à la variété Saida qui est la moins affectée, donc cette dernière -Saida- est considérée probablement comme tolérante.

### La teneur en chlorophylle

L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet du stress hydrique qui engendre une plus grande concentration.

Par contre, la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO<sub>2</sub> atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Bousba et *al.*, 2009).

Concernant ce paramètre et d'après les résultats de Merabta et *al.* en 2018, nous assistons à une diminution importante de la teneur en chlorophylle totale chez la variété d'orge Manel comparativement à la variété Saida qui est la moins affectée par le stress hydrique. Ces résultats nous conduisent à conclure que la variété Saida s'adapte probablement mieux à la sécheresse.

A horizontal scroll graphic with a vertical handle on the left side. The scroll is unrolled, showing the word "Conclusion" in the center. The top and bottom edges of the scroll are curved, and there are small circular details at the corners of the unrolled section.

Conclusion



## Conclusion

---

### Conclusion

Le stress hydrique affecte le développement et le bon fonctionnement des plantes. Par ailleurs et pour bien se développer, la plante doit disposer des mécanismes d'adaptation qui lui permettent de supporter la sécheresse.

Dans le cadre de ce travail, le comportement de trois variétés d'orge sous déficit hydrique est analysé.

Parmi les paramètres mesurés les plus affectés : la surface foliaire, la hauteur de la plante, la longueur des barbes et des épis, la longueur du col de l'épi, la profondeur et le volume racinaire.

Au terme de ce travail, on peut conclure que le stress hydrique réduit considérablement la surface foliaire chez les trois variétés notamment Fouara, mais malgré cette réduction demeure toutefois la variété possédant la plus grande surface comparativement aux autres.

Les géotypes Saida et Raihan enregistrent une diminution importante non seulement de la hauteur de la plante mais aussi la longueur des barbes, en revanche Fouara enregistre une diminution sensiblement faible et peu éventuellement dans l'état actuel de nos connaissances être considérée comme tolérante à la sécheresse.

Pour ce qui est de la longueur du col de l'épi, Saida et Raihan notent des réductions, alors que Fouara ne semble pas être affecté par ce paramètre vis à vis du stress hydrique. Néanmoins, Saida et Raihan possèdent des épis plus longs.

Par ailleurs, nous assistons à une forte augmentation du volume racinaire avec une importante élongation des racines notamment chez les deux variétés Saida et Raihan qui sont les plus affectées par le stress hydrique comparativement au géotype Fouara qui semble tolérer le déficit hydrique.

Dans notre travail, nous avons étudié théoriquement quelques paramètres physiologiques (TRE) et biochimiques (teneur en chlorophylle) et nous avons conclu d'après la littérature consultée que le déficit hydrique induit une diminution de la teneur relative en eau (TRE). D'autre part, la teneur en chlorophylle totale diffère selon l'intensité du stress ; quand il est modéré, il provoque une chute de la teneur en chlorophylle. Par contre avec un stress sévère, le taux de la chlorophylle augmente sensiblement.

## Conclusion

---

A travers les résultats obtenus dans cette étude quoi que restreinte et n'a pas concerné qu'un petit effectif de génotypes (trois variétés), on peut constater que l'application d'une contrainte hydrique se manifeste chez l'ensemble des variétés d'orge étudiées par des traits généraux communs, il s'agit en définitif d'une modification morpho-physiologique en réponse au stress.

A l'avenir, il serait intéressant d'étudier un grand nombre de variétés contrastées et d'orienter cette étude vers le choix des variétés résistantes à la sécheresse dans le programme de croisement et de sélection. Nous préconisons aux sélectionneurs de privilégier la variété Fouara qui a montré une grande performance et une forte tolérance vis-à-vis du déficit hydrique.

Nos résultats sont encourageant en dépit que cette étude s'est déroulée en un seul cycle végétatif et de ce fait mériterait d'être poursuivie sur plusieurs campagnes.

A horizontal scroll graphic with a vertical handle on the left side. The scroll is unrolled, showing the word "Annexe" in the center. The scroll has a light gray shadow on its top and bottom edges, and the word is written in a black serif font.

Annexe

## Annex

---

### Annexe

**Annexe 01 :** Moyennes de la hauteur de la plante pour les trois variétés d'orge stressées et témoins.

Variété	Hauteur de la plante (cm)	
	SSH	ASH
Saida	64,66 ± 5,77	60,66 ± 2,08
Raihan	76,66 ± 3,05	65 ± 7,21
Fouara	52,33 ± 7,23	50,66 ± 7,02

**Annexe 02 :** Moyennes de la longueur des barbes pour les trois variétés d'orge stressées et témoins.

Variété	Longueur des barbes (cm)	
	SSH	ASH
Saida	10,43 ± 0,92	9,16 ± 0,28
Raihan	10,83 ± 0,28	9 ± 0,5
Fouara	11,4 ± 0,59	11,66 ± 0,57

**Annexe 03 :** Moyennes de la longueur des épis chez les trois variétés d'orge stressées et témoins.

Variété	Longueur de l'épi (cm)	
	SSH	ASH
Saida	4,9 ± 0,36	4,83 ± 0,28
Raihan	5,33 ± 0,57	4,87 ± 0,64
Fouara	4 ± 0,86	3,33 ± 0,28

## Annex

**Annexe 04 :** Moyennes de la longueur du col de l'épi chez les trois variétés d'orge stressées et témoins.

Variété	Longueur du col de l'épi (cm)	
	SSH	ASH
Saida	12,3 ± 2,08	12,16 ± 1,04
Raihan	18,6 ± 2,11	11 ± 2,64
Fouara	9,83 ± 2,75	7,66 ± 0,57

**Annexe 05 :** Moyennes la surface foliaire chez les trois variétés d'orge stressées et témoins.

Variété	Surface foliaire (cm <sup>2</sup> )	
	SSH	ASH
Saida	23,47 ± 3	22,6 ± 1
Raihan	19,97 ± 1	19,6 ± 1
Fouara	29,56 ± 1	25,76 ± 5

**Annexe 06 :** Moyennes du rapport talle-épi (%) chez trois géotypes d'orge sous stress hydrique.

	Saida		Raihan		Fouara	
	SSH	ASH	SSH	ASH	SSH	ASH
T/E (%)	47,62 ± 0,04	44,28 ± 0,05	32,78 ± 0,07	32,22 ± 0,13	26,11 ± 0,06	27,78 ± 0,04

## Annex

### Annexe 07 : Les paramètres phénologiques de l'étude.

Semis	14/01/2020
Levée	S :21/01/2020 F :22/01/2020 R :24/01/2020
2 <sup>ème</sup> feuille	30/01/2020
3 <sup>ème</sup> feuille	02/02/2020
Début de tallage	S :12/02/2020 à la 4 <sup>ème</sup> feuille R :12/02/2020 à la 4 <sup>ème</sup> feuille F :02/02/2020 à la 3 <sup>ème</sup> feuille
Helminthosporiose (Maladie fongique)	19/02/2020 : L'apparition des taches jaune claires sur les feuilles de Fouara. 23/02/2020 : Toutes les plantes sont traitées avec un fongicide.
Début de stress	Saida et Raihan : le 18/03/2020 Fouara : le 20/04/2020
Stade gonflement	S :30/03/2020 R :31/03/2020 F :23/04/2020
Stade épiaison	S :5 à 6/04/2020 R :5 à 7/04/2020 F :30/04/2020 - 03/05/2020
Phase anthèse (prendre des mesures)	S :10/04/2020 à 11/04/2020 R :09/04/2020 à 11/04/2020 F :07/05/2020 à 9/05/2020

### Annexe 08 : Moyennes du volume racinaire chez les trois variétés d'orge stressées et témoins.

Variété	Volume racinaire (cm <sup>3</sup> )	
	SSH	ASH
Saida	16 ± 1,52	26,66 ± 5,77
Raihan	12,33 ± 0,57	20
Fouara	10,66 ± 1,15	10,83 ± 1,75

## Annex

**Annexe 09 :** Moyennes de la longueur racinaire chez les trois variétés d'orge stressées et témoins.

Variété	Longueur racinaire (cm)	
	SSH	ASH
Saida	91 ± 1	115 ± 13,22
Raihan	92,33 ± 4,72	110,33 ± 0,57
Fouara	92,66 ± 2,51	93 ± 1

**Annexe 10 :** Teneur relative en eau (TRE) pour deux variétés d'orge stressées et témoins, avec une application d'un déficit hydrique de 8 jours au stade 4 feuilles. (Mohamed Amine MAROK, 2005)

Variétés	TRE %			
	Plantes nom stressées		Plantes stressées	
	Moyennes	Ecart type	Moyennes	Ecart type
Saida	98.32	1,05	51,57	1,86
Raihan	97.63	1,54	45,73	4,81

**Annexe 11 :** Moyennes du contenu en chlorophylle totale dans deux traitements hydriques avec une application d'un déficit hydrique de 20 jours durant la phase d'épiaison du cycle de développement. (Merabta et *al.*, 2018)

Variété	Taux de la chlorophylle (µmol/mg.MF)	
	SSH	ASH
Saida	16,68 ± 2,12	12,11 ± 1,73
Manel (variété tunisienne)	46,91 ± 4,63	16,71 ± 1,29

## Annex

---

**Annexe 12 :** Moyennes des paramètres morphologiques et racinaires chez les trois géotypes d'orge étudiés.

	Saida		Raihan		Fouara	
	SSH	ASH	SSH	ASH	SSH	ASH
HP (cm)	64,66 ± 5,77	60,66 ± 2,08	76,66 ± 3,05	65 ± 7,21	52,33 ± 7,23	50,66 ± 7,02
LB (cm)	10,43 ± 0,92	9,16 ± 0,28	10,83 ± 0,28	9 ± 0,5	11,4 ± 0,59	11,66 ± 0,57
LE (cm)	4,9 ± 0,36	4,83 ± 0,28	5,33 ± 0,57	4,87 ± 0,64	4 ± 0,86	3,33 ± 0,28
CE (cm)	12,3 ± 2,08	12,16 ± 1,04	18,6 ± 2,11	11 ± 2,64	9,83 ± 2,75	7,66 ± 0,57
T/E (%)	47,62 ± 0,04	44,28 ± 0,05	32,78 ± 0,07	32,22 ± 0,13	26,11 ± 0,06	27,78 ± 0,04
SF (cm <sup>2</sup> )	23,47 ± 3,06	22,68 ± 0,41	19,97 ± 1,41	19,60 ± 0,15	29,56 ± 0,35	25,76 ± 4,87
LR (cm)	91 ± 1	115 ± 13,22	92,33 ± 4,72	110,33 ± 0,57	92,66 ± 2,51	93 ± 1
VR (cm <sup>3</sup> )	16±1,52	26,66 ± 5,77	12,33 ± 0,57	20	10,66 ± 1,15	10,83 ± 1,75





## Références

## Références

---

### Références

1. **ANDREW C., KAREN P. S., IRENE A. G., ALEXANDER A. C., CATHY H., JOHN W. et PETER M., 2017.** The agronomic performance and nutritional content of oat and barley varieties grown in a northern maritime environment depends on variety and growing conditions. *Journal of Cereal Science*. Volume 74. P: 1-10.
2. **ALI DIB T., MONNEVEUX P. et ARAUS JL., 1992.** Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. Caractères physiologiques d'adaptation. *Edit. Agron.* Vol.12. P :381 - 393.
3. **Anonyme, 2013.** Une sécheresse à partir de fin de montaison pénalise fortement le potentiel de rendement. *Climat EVN. ARVALIS. Institut du végétal. France.*
4. **Anonyme, 2020.** <https://www.vivescia.com/grand-format/le-grain-des-semis-au-temps-des-moissons/le-grain-au-fil-des-saisons/le-temps-de-orge>
5. **ANTONIO J., ROXANA S. et GUSTAVO A., 2014.** Is time to flowering in wheat and barley influenced by nitrogen. A critical appraisal of recent published reports. *European Journal of Agronomy*. Volume 54. March 2014. P: 40-46.
6. **Arnon D., 1949.** Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiol.* 24. P: 1- 15.
7. **Aspinal D., 1965.** The control of tillering in barley plant. *Aust, J. Biol, Sci;* 18: 172-183.
8. **ATTIA F., 2007.** Effet du stress hydrique sur le comportement éco physiologique et la maturité phénolique de la vigne (*Vitis vinifera* L.) : étude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées. Thèse Doctorat Toulouse France. P : 194.
9. **Austin R. and Johnes H., 1975.** The physiology of wheat. *Annual Report. Plant breedsinst. Cambridge inst. England.* P: 327-355.
10. **Bagga A., Ruwali K. et Asana R., 1970.** Comparison of responses of some Indian and semi dwarf Mexican wheat to irrigated cultivation. *Indien J, Agri, Sci,* 40. P : 421- 427.
11. **Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahamed A., Hassous KL., 2005.** Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semis arid conditions. *Pak.J. Agron.* 4: 360-365.
12. **Bajji M., 1999.** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de Variants sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.
13. **Baldy C., 1993.** Effets du climat sur la croissance et le stress hydrique des blés en méditerranée occidentale. In *tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne*

## Références

---

(diversité génétique et amélioration variétale). Ed. INRA. France. Les colloques n° 64. P: 84 - 99.

**14. Bammoun A., 1993.** Introduction de mutations morpho physiologiques chez le blé et l'orge. Utilisation pour l'amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse. In tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne (diversité génétique et amélioration variétale). Ed. INRA. France. Les colloques n°64. P : 298 - 320.

**15. Barrs H., 1968.** Determination of water deficit in plant tissues. Water Deficit and Plant Growth. Ed. Academy Press. New York. P: 235-368.

**16. BELHASSEN E., THIS D., MONNEVEUX P., 1995.** L'adaptation génétique aux contraintes de la sécheresse. Cahiers Agricultures. 4. P : 251-261.

**17. Ben Naceur M., Gharbi M. & Paul R., 1999.** L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. Sécheresse.10. P : 27- 33.

**18. Ben Salem M., Boussen H. & Slama A., 1997.** Évaluation de la résistance à la contrainte hydrique et calorique d'une collection de blé dur : recherche de paramètres précoces de sélection. Sixièmes Journées scientifiques du réseau Biotech-Génie Génétique des plantes. Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF / U R E F). Orsay. Sécheresse. 2. P : 75- 83.

**19. BENABDALLAH N. et BENSALÉM M., 1993.** Paramètres morpho physiologiques de sélection pour la résistance à la sécheresse des céréales. In Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. INRA. P : 173-190.

**20. Benabdallah N. et Bensalem M., 1993.** Paramètres morpho-physiologiques de sélection pour la résistance à la sécheresse des céréales. In Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Les colloques. N° 64. INRA. France. P : 275 - 298.

**21. BENLARIBI M., 1990.** Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) études des caractères morphologiques et physiologiques. Thèse doctorat d'état. Université de Constantine. P : 164.

**22. BENLARIBI M., MONNEVEUX P. et GRIGNAC P., 1990.** Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Agronomie. 10 : 305-322.

**23. BERTHET J., 2006.** Dictionnaire de biologie. De Boeck et Larcier s. a. 1ère édition. Edition De Boeck Université. P : 15-16.

## Références

---

24. **BEZZALA A., 2005.** Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels), dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sécheresse. Th. Magister. Université El Hadj Lakhdar. Batna. P : 143.
25. **BINGHAM I.J., HOADS.P., THOMASW.T.B. et NEWTONA.C., 2012.** Yield response to fungicide of spring barley genotypes differing in disease susceptibility and canopy structure. *Field Crops Research*. Volume 139. P: 9-19.
26. **Blum A., 1988.** Plant breeding for stress environments. Boca, Roton, 4. CRC. Press. Florida. USA. P: 223.
27. **BLUM A., 1996. In SOUILAH N., 2009.** Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et 13 génotypes de blé (*Triticum aestivum* L.) étude des caractères de production et d'adaptation. Mémoire de magister en biologie végétale. Université Mentouri de Constantine. P : 165.
28. **BLUM A., GOZLAN G. and MEYER J., 1981.** The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. *Crop Sci*. 21. P: 495-499.
29. **Bothmer R., Belay T., Knupffer H. et Sato K., 2003.** Diversity in barley (*Hordeum vulgare*), Ed. Elsevier, Amsterdam. P: 4-10-13-179-190.
30. **Botineau M., 2010.** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs, Ed. TEC. Paris. P : 224-227.
31. **Boufenar Z., Zaghouane O. et Zaghouane F., 2006.** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie. Ed. ITGC. ICARDA. Alger. P: 154.
32. **Boukecha D., 2001.** Etude agronomique et génétique de la tolérance à la sécheresse de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de magister. INA. El- Harrach. P : 131.
33. **Boulal H., Zaghouane O., El Mourid M. et Rezgui L., 2007.** Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC. INRA. ICARDA. Algerie. P: 176.
34. **Bousba R. Ykhlef N. Djekoun A., 2009.** Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum* Desf). *World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5. P: 609 -616.
35. **BOUZERZOUR H., ADJABI A., BENMAHAMED A, HADJSAHRAOUI N. et HARKATI A., 2000.** Production et adaptations comprimées des variétés de céréales en zone semi-aride d'altitude. *Céréaliculture* n° 37. P : 4-13.
36. **Brink M., Belay G., 2006.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale vol. : 1. Céréales et légumes secs. Ed. PROTA. Pays-Bas. P : 92-93-94-95-96.

## Références

---

37. **Brown SC., Gregory PJ., Wahbi A., 1987.** Root characteristics and water use in Mediterranean environments. In: Srivastava JP, Porceddu E, Acevedo E, Varma S, eds. Drought tolerance in winter cereals. Proceedings of the international workshop. P: 27-31. October 1985. Capri. Italy. Wiley. Chichester. UK.
38. **CHEHAT F., 2007.** Analyse macroéconomique des filières, la filière blés en Algérie. Projet PAMLIM « Perspectives agricoles et agroalimentaires Maghrébines Libéralisation et Mondialisation ». Alger.
39. **CHIARA C. et MARIA V., 2014.** Chapter Five - Genetic Control of Reproductive Development in Temperate Cereals. In: Fabio Fornara, Editor(s). Advances in Botanical Research. Academic Press. Volume: 72. P: 131-158.
40. **CLARKE J.M. and Mc CAIG T.N., 1982.** Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of Triticum genotypes. Can. J. Plant Sci. 62. P: 571-578.
41. **Daaloul A., Bchini H., Sayar R., 1994.** Variabilité génétique de quelques paramètres du système racinaire du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous deux régimes hydriques. PGRNews letter. FAO-Bioversity. No.129. P: 25 - 31.
42. **DAKHEEL A., INADJI V., MAHALAZKSHMI M. et PEACOCK, 1993.** Morphological traits with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments. Aspects of Applied Biology. P: 34-297-307.
43. **Daniels R., Alcock M., Scarisbrick D., 1982.** A reappraisal of stem reserve contribution to grain yield in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Agricultural Science 98. P : 347 - 355.
44. **Djekoun A., Ykhlef N., Bouzerzour H., Hafsi, Hamada Y. et Kahalil., 2002.** Production du blé dur en zones semi- arides : identification des paramètres d'amélioration du rendement. III journées scientifiques sur le blé dur 11, 12, 13 février 202. Univ. Mentouri. Constantine.
45. **Doran J. et Gunn B., 1986.** Treatments to Promote Seed Germination in Australian Acacias. Australian Acacias in Developing Countries. Proceedings of an International Workshop Held at the Forestry Training Centre. Gympie. QLD. Australia.
46. **Doré C. et Varoquaux F., 2006.** Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Ed. INRA. P: 497.
47. **El Jaafari S, 1993.** Contribution à l'étude des mécanismes biophysiques et biochimiques de résistance à la sécheresse chez le blé. Thèse de doctorat. Univ. Gembloux. Belgique. P : 214.

## Références

---

48. **EMMANUEL I., YAO T. et SHENGMIN S., 2017.** Bioactive phytochemicals in barley. *Journal of Food and Drug Analysis*. Volume: 25. P: 148-161.
49. **Farissi M., Bouizaren A. et Ghoulam C., 2014.** La symbiose légumineuse – rhizobia sous Conditions de salinité : aspect agro-physiologique et Biologique de tolérance. *Innovative space of scientific research journal*. Vol. 11. P : 99.
50. **Farissi M., Bouizaren A. et Ghoulam C., 2014.** La symbiose légumineuse –rhizobia sous Conditions de salinité : aspect agro-physiologique et Biologique de tolérance. *Innovative space of scientific research journal*. vol 11. P:99.
51. **FEBRERO A., BROT J., BROWNER et ARAUS J., 1990.** The role of durum wheat ear as photosynthetic organ during filling. In *Advances trends in photosynthetic*. Mallorca. Spain.
52. **FEDERICO M., AMEDEO R. et MASSIMO B., 2014.** Enhancing grain yield and quality of winter barley through agronomic strategies to prolong canopy greenness. *Field Crops Research*. P: 170.
53. **Fellah A., Benmahammed A., Djekoun A. et Bouzerzour H., 2002.** Sélection pour améliorer la tolérance au stress abiotique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Actes de l'IAV Hassan II, (Maroc). P : 161-170.
54. **Ferryra R., Sellés G., Ruiz R. & Sellés I., 2004.** Effect of water stress induced at different growth stages on grapevine cv. Chardonnay on production and wine quality. *ActaHort*. 664. P: 233- 236.
55. **FISCHER R. et MAURER E., 1978.** In **SOUILAH N., 2009.** Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et 13 génotypes de blé (*Triticum aestivum* L.) étude des caractères de production et d'adaptation, mémoire de magister en biologie végétale, université Mentouri de Constantine 2009. P : 165.
56. **FLATEN O., BAKKEN K. et RANDBY T., 2015.** The profitability of harvesting grass silages at early maturity stages: An analysis of dairy farming systems in Norway. *Agricultural Systems*. Volume 136. P: 85-95.
57. **Francis W., Hertzberg S., Andersen K. & Liaaen-Jensen S, 1970.** New carotenoid glycosides from *Oscillatoria limosa*. *Phytochemistry*. 9. P: 629– 6350
58. **Friend D., 1965.** Tillering and leaf production in wheat as affected by temperature and light intensity. *Can. J. Bot*. 43. P : 1063-1076.
59. **GABRIELA L., DANIEL F., CALDERINI, GUSTAVO A. et SLAFER, 2004.** Leaf appearance, tillering and their coordination in old and modern barleys from Argentina. *Field Crops Research*. Volume: 86. P: 23-32.

## Références

---

60. **Gassert F., Landis M. et Luck M., 2013.**AQUEDUCT GLOBAL MAPS 2.0. Working paper. World Resource Institute. Washington. DC.
61. **Gate P. Bouthier A. Woznica K. et Manzo M. E., 1992.** La tolérance des variétés de blé tendre d'hiver à la sécheresse. Premiers résultats ITCF. Perspectives agricoles. 145. P : 1727.
62. **GATE P., BOUTHIER A., CASABLANCA H. et BELEENS E., 1992.** Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse de blé cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des graines. Montpellier. France.
63. **GATE P., BOUTTHIER A., CASABLANCA H. et DELEENS E., 1992. In SOUILAH N., 2009.** Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et 13 génotypes de blé (*Triticum aestivum* L.) étude des caractères de production et d'adaptation, mémoire de magister en biologie végétale. Université Mentouri de Constantine. P : 165.
64. **GATE P., BRAIN P., COLNENNE J. et BRIFFEAUX G., 1990. In SOUILAH N., 2009.** Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et 13 génotypes de blé (*Triticum aestivum* L.) étude des caractères de production et d'adaptation, mémoire de magister en biologie végétale. Université Mentouri de Constantine. P : 165.
65. **Gonde P., Ratomahenina R., Arnaud A. and Galzy P., 1986.** Purification and properties of the exocellular  $\beta$ -glucosidase of *Candida molischianan* (Zikes) Meyer and Yarrow capable of hydrolyzing soluble cellod extrins. Can, J. Biochem. Cell. Biol. 363. P : 1160-1166.
66. **Gonzalez A., Martin I. & Ayerbe L., 1999.**Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. Field Crop Res. 62. P:23- 34.
67. **Grignac P., 1965.** Contribution à l'étude du *Triticum durum* Desf. Thèse de Doctorat. Univer. Toulouse. France. P: 146.
68. **Grillot., 1959.** La classification des orges cultivées. Au. Am. Plantes, 4. P : 446-486.
69. **Hadji A., 1985.** The stability of the number of tillers of barley varieties and its relation with consistency of performance under semi- arid conditions. Euphytica 34. P : 641-649.
70. **HAZMOUNE T., 2006.** Le semis profond comme palliatif à la sécheresse. Rôle de la coléoptile dans la levée et conséquences sur les composantes du rendement. Thèse docteur d'état. Univ. Constantine. P : 168.
71. [https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/PGR/article-issue\\_129-art\\_42\\_lang\\_es.html](https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/PGR/article-issue_129-art_42_lang_es.html)

## Références

---

72. **HUBER L., 2007.** Bioclimatologie. Concepts et applications de santé de Parcevaux. P : 246.
73. **HURD E.A., 1974.** Phenotype and drought tolerance in wheat. Agric. Meteor. 17. P : 59-84.
74. **JEBBOUJ et ELYOUSFI, 2006.** Contribution des trois feuilles supérieures de l'orge défoliées tout le cycle de croissance au rendement et comparaison entre la défoliation et les inoculations successives par *Pyrenophora teres*. ALAWAMIA. Maroc. Vol. 3 N° 1. P : 25.
75. **JOCHEN K. et NILS S., 2014.** Biotechnological approaches to barley improvement. In Biotechnology in Agriculture and Forestry 69. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
76. **JOHNSON D., RICHARDS R. et TURNER N., 1983. In SOUILAH N., 2009.** Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et 13 génotypes de blé (*Triticum aestivum* L.) étude des caractères de production et d'adaptation, mémoire de magister en biologie végétale, université Mentouri de Constantine. P : 165.
77. **Johnson J., Box J., Manandhar J., Bamseur E. et Cunfer B., 1989.** Breeding for rooting potential under stress conditions. In: Physiology breeding of winter cereals for stressed Mediterranean environments. Collo. N° 55, éd. INRA. Paris. P: 307 - 317.
78. **KAMELI A. and LÖSEL D., 1995.** Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. J. Plant Physiol. 145. P: 363- 366.
79. **KHALDOUN A., CHERY J., MONNEVEUX P., 1990.** Etude des caractères d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.). Edit Agro, Vol.10. P: 369-379.
80. **KHALFAOUI J., 1990.** Genetic of adaptation to drought of cultivated species and consequences on plant breeding. Bull. Soc. bot. Fr. 137. Actual. bot. (1). P: 125-137.
81. **KIANI P., 2007.** Analyse génétique des réponses physiologiques du tournesol (*Helianthus annuus* L.) soumis à la sécheresse. Thèse Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.
82. **KIANI P., TALIA P., MAURY P., GRIEU P., HEINZ R., PERRAULT A., NISHINAKAMASU V., HOPP E., GENTZBITTEL L., PANIEGO N. et SARRAFI A., 2007.** Genetic analysis of plant water status and osmotic adjustment in recombinant inbred lines of sunflower under two water treatments. Plant Science 172. P: 773-787.
83. **KIRKHAM M., SMITH E., DHANSOBHAN C. et DRAKE T., 198. In SOUILAHN., 2009.** Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et 13 génotypes de blé (*Triticum aestivum* L.) étude des caractères de production et d'adaptation. Mémoire de magister en biologie végétale. Université Mentouri de Constantine. P : 165.



## Références

---

84. **Kouidri S.L., 1999.** Etude de la tolérance à la sécheresse de quelques lignées d'orge (*Hordeum vulgare* L.). Thèses d'ingénieur. INA. El-Harrach. P : 73.
85. **KRAMER P.J. AND BOYER J.S., 1995.** Water relations of plants and soils (Book). Academic Press, Inc.
86. **LABDELLI A., 2011.** Etude des effets des variations morpho-structurales du système racinaire pour la tolérance à la sécheresse du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Magister en physiologie végétale. Université d'Oran ES-SENIA. P : 120.
87. **LABDELLI A., 2011.** ÉTUDE DES EFFETS DES VARIATIONSMORPHOSTRUCTURALES DU SYSTEME RACINAIRE POUR LA TOLERANCE ALA SÉCHERESSE DU BLÉ DUR (*Triticum durum* Desf.). MAGISTER Physiologie Végétale. UNIVERSITE D'ORAN ES-SENIA. P : 78.
88. **LARBAA Z., 1991.** In **HAMLAOUI F., GHARBI H. & DJOUDI Z., 2009.** Etude de la diversité biologique de l'orge. Thèse DES en biologie. Université de M'sila. P : 28.
89. **Lebon E., Pellegrino A., Tardieu F. & Lecoeur J., 2004.** Shoot development in grapevine is affected by the modular branching pattern of the stem and intra and inter-shoot trophic competition. *Annals of Botany*. 93. P: 263 - 274.
90. **Leonard W., Et Martin 1973.** Cereal Crops. The MacMillan Company. New York. P: 478-543.
91. **LEVITT J., 1972.** Responses of plants to environmental stress. Vol.: 2. Academic press. New York. P: 697.
92. **Mac Kinney G., 1941.** Absorption of light by chlorophyll solution. *J. Biol. Chem.* 140. P : 315- 322.
93. **MAROK M., 2005.** EFFET DU STRESS HYDRIQUE SUR LECOMPORTEMENT DE QUELQUES LIGNEES D'ORGE. MEMOIRE DE MAGISTER. Spécialité : Amélioration des Productions Végétales. UNIVERSITE SAAD DAHLAB DEBLIDA. P : 64 – 69.
94. **MARTA S., IZYDORCZYK and MICHAEL E., 2017.** Chapter 9 - Barley: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. In Woodhead Publishing Series in Food Science. Technology and Nutrition. edited by Colin Wrigley, Ian Batey and Diane Miskelly, Woodhead Publishing. P: 195-234, Cereal Grains (Second Edition).
95. **Masse J. et Gate P., 1990.** La maturation. ITCF services Plantes - climats. P :10.
96. **Massele M., 1981.** Relation entre croissance et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver. Influence des conditions de nutrition. *Agronomie*, 13. P : 365-370.

## Références

---

97. **Mekliche H., 1983.** Etude agronomique, analyses diallèles et cytogénétique de quatre variétés de blé tendre cultivées en Algérie. Thèse de Magister. I.N.A. El-Harrach. P : 150.
98. **Merabta S., Zerafa C. et Benalibi M., 2018.** Y a-t-il une relation entre teneur en chlorophylle et accumulation de la proline chez les céréales à pailles sous déficit hydrique. Europe an Scientific Journal. Edition vol.14. P : 242-243.
99. **Meynard J., 1980.** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence des différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse Doct. Ing "Sci. Agr" INA. Paris- Grignon. P : 274.
100. **MEZIANI L., BAMMOUN A., HAMOU M. et BRINIS L., 1992.** Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans différentes zones agronomiques de l'Algérie. France. P : 191-203.
101. **MINER G., ELDER J., NISBET R., 2009.** Practical Text Mining and Statistical Analysis for Non-structured Text Data Applications. Ed Elsevier. London. UK. P: 824.
102. **MONNEVEUX P., CHABALE R., LEWICHI S., 1993.** Etude du comportement de lignées d'orge dans différentes conditions de sécheresse en Espagne. Estimation du rôle de la capacité d'ajustement osmotique dans l'adaptation à la variabilité environnementale. Intolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale colloques 64. P : 101-116.
103. **MONNEVEUX Ph. Et BALAHSEN, 1996.** In **HARGAS H., 2007.** Identification et sélection des caractères de résistance à la sécheresse chez le blé (*Triticum durum* Desf.) dans les conditions semi-arides des hauts plateaux de Sétif. Thèse de magister en science agronomies. P : 78.
104. **MORGENTHALER S., 2007.** Introduction à la statistique. PPUR presses polytechniques. France. P : 385.
105. **Mouellef A., 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur
106. **MOUELLEF A., 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire magister. Constantine. P : 118.
107. **Mouhouche B., 2001.** Effets du stress hydrique appliqué à différentes phases phénologiques sur les composantes du rendement de quatre légumineuses alimentaires à grosse graine. Doctorat d'état en sciences agronomiques. Institut National Agronomique. El Harrache. Alger. P : 171.
108. **Mukund J., 2015.** Textbook of field Crops. Ed. PHI Learning pvt. LTD. Dehli. P: 2-69-278.

## Références

---

109. **Munns R. et Tester D., 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* P: 651–81.
110. **MUSICK G., FAIRCHILD M., FERGUSON N. et ZUBER M., 1965.** *Crop science.* P: 5-601.
111. **Nouri L., 2002.** Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) en conditions de déficit hydrique. Thèse de magister en Biologie Végétale. P: 4-17.
112. **O'BRIEN L., 1979.** Genetic variability of root in wheat (*Triticum aestivum* L.) *Aust. J. Agric. Res.* 30. P: 587-595.
113. **OTTOW E., BRINKER M., FRITZ E., TEICHMANN T., KAISER W., BROSCHEM., KANGASJARVI J., JIANG X. ANDPOLLE A., 2005.** *Populuseuphratica.* Displays Apoplastic Sodium Accumulation. Osmotic Adjustment by Decreases in Calcium and Soluble Carbohydrates and Develops. Leaf Succulence under Salt Stress 1. *Plant Physiology.* Vol. 139. P: 1762–1772.
114. **PANAUD O., 2009.** The molecular bases of cereal domestication and the history of rice. *Comptes Rendus Biologizes.* Volume 332. P: 267-272.
115. **Paquereau J., 2016.** Au jardin des plantes de la Bible : botanique. Symboles et usages. Ed. Forêt privée française. Paris. P : 158.
116. **PASSIOURA, J.B., 1996.** Overview of the processes limiting crop production on duplex soils. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 32. P: 987 – 990.
117. **PATRICK N. et WARDLAW, 1984. In SOUILAH N., 2009.** Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et 13 génotypes de blé (*Triticum aestivum* L.) étude des caractères de production et d'adaptation. Mémoire de magister en biologie végétale. Université Mentouri de Constantine. P: 165.
118. **PAUL A. LAZZERI, HUW D. JONES (AUTH.), HUW D. JONES, PETER R. SHEWRY, 2009.** Transgenic Wheat, Barley and Oats: Production and Characterization Protocols. In *Methods in Molecular Biology* 478. first edition.
119. **Poorter H., 1989.** Interspecific variation in relative growth rate: on ecological consequences. In: *Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants.*
120. **Rebetzke G., Richards R., Fettell N., Long M., Condon A., Forrester R. et Botwright T., 2007.** Genotypic increases in coleoptile length improves stand establishment. Vigour and grain yield of deep-sown wheat. *Field Crops Research.* N° 100. P: 10 - 12.

## Références

---

- 121. Rebetzke, G.J., A.G. Condon, G.D. Farquhar, R. Appels, R.A. Richards. 2008.** Quantitative trait loci for carbon isotope discrimination are repeatable across environments and wheat mapping populations. *Theoretical and Applied Genetics*. 118: 123–137.
- 122. Reddy S. M., Madhusundna Rao. M., Reddy A. S., Reddy M. M. et Charry S. J., 2004.** *University Botany- III: (Plant Taxonomy, Plant Embryology, Plant Physiology)* vol. 3. Ed. new age international limited publishers. New Delhi. P: 18-38-135-137.
- 123. RICHARDS R.A. et PASSIOURA J.B., 1981.** Seminal root morphology and water use of wheat. II. Genetic variation. *Crop Sci.* 21. P: 253-255.
- 124. Romagosa I. et Araus J.L., 1990.** Acciones mitigantes de la sequia en la agricultura. Lamejora genetica vegetal. Jornadas sobre les sequias en Espana. Causas, efectos, remedios, y acciones mitigantes. Madrid. Espana (unpublished).
- 125. ROSEMARY K., NEWMAN C. et WALTER N., 2008.** *Barley for Food and Health: Science, Technology, and Products.* Wiley Blackwell Edition. P: 262.
- 126. SAAB I. et SHARP R., 2004.** Non-hydraulic signals from maize roots in drying soil: inhibition of leaf elongation but not stomatal conductance. *Planta* 179. P: 466-474.
- 127. SABINE T., RAYMOND D., SAMAN S., ROBERT N., GLENN F. et MICHAEL T., 2015.** Does a freely tillering wheat cultivar benefit more from elevated CO<sub>2</sub> than a restricted tillering cultivar in a water-limited environment. *European Journal of Agronomy*. Volume 64. P: 21-28.
- 128. Saghir, Khan and Worzella, 1968.** Effect of plant parts on the grain yield. Kernel weight and plant height of wheat and barley. *Agron.* P: 60-95-97.
- 129. SAULNIER L., 2012.** Les grains de céréales : diversité et compositions nutritionnelles. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. Vol. 47. P : S4-S15.
- 130. SAVIN R., SLAFER G., COSSANI M., ABELEDO G. et SADRAS V., 2015.** Chapter 7 - Cereal yield in Mediterranean-type environments: challenging the paradigms on terminal drought. The adaptability of barley vs wheat and the role of nitrogen fertilization In *Crop Physiology (Second Edition)*. Academic Press. San Diego. P: 141-158.
- 131. SCOFIELD T., EVANS J., COOK M. et WARDLOW I., 1988.** Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 4. P: 789-797.
- 132. SERGIO N., DANERI-CASTRO, BIRTE SVENSSON, THOMAS H. et ROBERTS, 2016.** Barley germination: Spatio-temporal considerations for designing and interpreting ‘omics’ experiments. *Journal of Cereal Science*. Volume 70. P: 29-37.

## Références

---

- 133. SHEWRY P. et ULLRICH S., 2014.** Barley second edition. A volume in American Associate of Cereal Chemists International. Chemistry and Technology. AACC International. Published by Elsevier Inc. United states of America. P: 322.
- 134. SHIMAZAKI Y., OOKAWA T. et HIRASAWA T., 2005.** The root tip and accelerating region suppress elongation of the decelerating region without any effects on cell turgor in primary roots of maize under water stress. *Plant Physiol.* 139: 458–65.
- 135. Shinozaki, K. et Yamaguchi-Shinozaki K., 2007.** Gene networks involved in drought stress response and tolerance. *Journal of Experimental Botany.* 58. P: 221–227.
- 136. Simon M., Codaccioni P. et Coeurx L., 1989.** Identification et classification des variétés d'orge cultivées en France, éd. INRA. France. P: 16.
- 137. Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M.B. et Zid E., 2005.** Les céréales en Tunisie : Production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Science et Changements planétaires / Sécheresse.* Vol. 16. N° 3. P : 225 - 229.
- 138. SOAR C. et LOVEYS B., 2007.** The effect of changing patterns in soil-moisture availability on grapevine root distribution, and viticultural implications for converting full-cover irrigation into a point-source irrigation system. *Australian Journal of Grape & Wine Research* 13. P: 2-13.
- 139. Soltner D., 1998.** Les grandes productions végétales. Éditions Sciences et techniques agricoles.
- 140. Soltner D., 2005.** Les grandes productions végétales. 20eme édition. Collection science et techniques. P : 303-308.
- 141. Spagnoletti Z. and Qualset C., 1990.** Flay leaf variation and the analysis of diversity in *durum wheat*. *Plant Breed.* 105. P: 189-202.
- 142. Srivastava V. et Gopal L., 2008.** History of Agriculture in India, Up to C. 1200 A. D., Ed. concept publishing company. New Delhi. P: 2-120.
- 143. STEVEN E. et ULLRICH, 2011.** Barley: Production, Improvement and Uses (World Agriculture Series). Published by Wiley-Blackwell.
- 144. SUBBARAO G.V., JOHANSEN C., SLINKARD A.E., NAGESWARA RAO R.C., SAXENA N.P., CHAUHAN Y.S., CRIT J., 1995.** *Rev Plant Sci.* 14. P: 469-523.
- 145. Tifouri M., 2019.** La vision d'avenir pour l'alimentation et l'industrie agroalimentaire en Algérie. In la 17ème édition du Salon international de l'agroalimentaire "Djazagro". 07.02.2019. Alger.
- 146. Ullrich S., 2010.** Barley: Production, Improvement and Uses, Ed. willey-blackwell, U. S. A. P: 2-3-12-15-17-253-411.

## Références

---

- 147. Usabaliev B., Brantestam A., Salomon B. et Garkava-Gustavson L., 2013.** Genetic diversity in farmer grown barley material from Kyrgyzstan. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60. P : 1843-1858.
- 148. Ykhlef N., 2001.** Photosynthèse, activité photochimique et tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de doctorat d'Etat. Université Mentouri. Constantine. P : 146.
- 149. YOKOTA A., TAKAHARA K. et AKASHI K., 2006.** *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Ed. Springer. P: 15–39.
- 150. Yolande Despinasse, 2015.** Diversité chimique et caractérisation de l'impact du stress hydrique chez les lavandes. *Biologie végétale*. Université Jean Monnet - Saint-Etienne. France. P : 180.
- 151. ZAHARIEVA M., MONNEVEU P., HENRY X., RIVOAL R., VALKOUN J., NACHITM.M., 2001.** Evaluation of a collection of wild wheat relative *Aegilops genicul* at a Roth and identification of potential sources for useful traits. *Edit. Euphytica*. Vol. 119. P: 33 - 38.