



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES



## **Projet de Fin d'Etudes**

Licence Sciences & Techniques

« Biotechnologie et Valorisation des Phyto-Ressources »

Evaluation physiologique du matériel  
d'orge diversifié pour la tolérance au  
froid

Présenté par : AIT CHEIKH Mohamed

Encadré par :

- Pr ATMANI Majid (FST FES)
- Dr KETTANI Rajae (INRA)

Soutenu le : 07/07/2021

Devant le jury composé de :

- Pr ATMANI Majid (FST FES)
- Pr SQALLI HOUSSAINI Hakima (FST FES)
- Dr KETTANI Rajae (INRA)

Année universitaire : **2020/2021**

# Dédicace

*Mes très chers parents*

*Aucune dédicace ne saurait vous exprimer mon estime et mon profond respect, voire l'expression de ma profonde reconnaissance pour votre patience, vos grands sacrifices, vos prières et vos encouragements quotidiens. Puisse Dieu vous donner santé et longue vie, afin que je puisse à mon tour vous combler, sans jamais vous décevoir.*

*De même, je dédie ce modeste travail à*

*Mes sœurs*

*Mes frères*

*Mes amis*

*Mes respectueux enseignants*

*Et à tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à son élaboration.*

*Que Dieu leur accorde santé et prospérité.*

# Remerciement

*Ce travail de recherche a été réalisé dans le cadre de la licence biotechnologie et valorisation des phyto ressources (BVPR) à la faculté des sciences et techniques de Fès sous la coordination de Pr. Amrani Jouti, à qui je tiens à adresser ma reconnaissance et mes vifs remerciements.*

*Je tiens à présenter mes vifs remerciements et exprimer ma profonde gratitude à mon encadrant Dr. M. Atmani, professeur à la faculté des sciences et techniques Fès pour son effort et ses conseils tout au long de ce parcours et pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail.*

*J'exprime ma reconnaissance à mon encadrante Dr. KETTANI Rajae, Chercheuse en Physiologie Végétale et Biochimie à l'INRA (CRRA de Meknès) pour la thématique intéressante qu'elle m'a proposée, les sorties sur le terrain, les directives et les corrections apportées pour mener à bien la rédaction de ce rapport de licence.*

*Également, je tiens à remercier vivement Dr. SQALLI HOUSSAINI Hakima professeur à la faculté des sciences et techniques Fès d'avoir accepté de juger ce travail.*

*Mes remerciements à toute l'équipe du laboratoire de recherche agronomique pour l'aide qu'elle a accordé à mes travaux de recherches, en particulier Mme. Chems Doha Khalfi, et Mr. Houssain Bouichou techniciens de recherche au sein de l'unité de Physiologie.*

*Enfin, nous tenons également à remercier nos camarades, frères, sœurs et toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 1:</b> les exportations agricoles et alimentaires entre 2008 et 2018 [16] .....	7
<b>Tableau 2:</b> les importations agricoles et alimentaire entre 2008 et 2018 [16] .....	8
<b>Tableau 3:</b> les principales maladies et insectes qui attaquent l'orge et leur distribution [10].....	13

## Liste des figures :

Figure 1: siège du Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès CCRA-Meknès .....	4
Figure 2: le croissant fertile [13] .....	5
Figure 3: les pays du croissant fertile [12].....	5
Figure 4: distribution de l'orge sauvage ( <i>hordeum spontaneum</i> ) [14].....	6
Figure 5 : vue ventrale et dorsale du grain d'orge [30].....	12
Figure 6 : appareil de mesure de chlorophylle de model SPAD_502 (INRA-CRRA-Meknès).....	17
Figure 7 : appareil de mesure de la température foliaire (thermomètre) .....	17
Figure 8 : biomasse fraîche pour les 37 variétés .....	18
Figure 9 : biomasse sèche pour les 37 variétés.....	19
Figure 10 : la longueur moyenne des thalles (cm) pour les 37 variétés.....	20
Figure 11 : nombre moyenne des thalles pour les 37 variétés.....	21
Figure 12 : nombre moyenne des épis pour les 37 variétés .....	22
Figure 13 : longueur moyenne des épis pour les 37 variétés.....	23
Figure 14 : la teneur en chlorophylle moyenne pour les 37 variétés .....	24
Figure 15 : température foliaire moyenne pour les 37 variétés .....	25

## Liste des abbreviations:

**ICARDA:** International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

**INRA** : Institut National de la **R**echerche **A**gronomique

**FAO** : Food and **A**griculture **O**rganization of United Nations

**URSS** : Union des **R**épubliques **S**ocialistes **S**oviétiques

**CRRA** : Centre **de la** **R**echerche **A**gronomique **de** **M**eknès

**FAOSTAT** : Food and Agriculture Organization of United Nations – Statistic Division

**GG** : **G**énération **G**reen

# Table des matières

1	Introduction :.....	1
2	Présentation de l'institution d'accueil : l'INRA-CRRA Meknès.....	3
2.1	Présentation de l'INRA : .....	3
2.2	Présentation de CRRA-Meknès : .....	3
3	Généralités sur l'orge : .....	5
3.1	Origines :.....	5
3.2	Production de l'orge :.....	6
3.2.1	Production mondiale :.....	6
3.2.2	Production nationale :.....	7
3.3	Classification :.....	8
4	Descriptions de la plante :.....	9
4.1	Le cycle de développement :.....	9
4.2	Les stades de développement de l'orge comprennent les étapes suivantes :.....	10
4.3	Importance économique de l'orge :.....	10
4.4	Utilisation de l'orge :.....	11
4.5	Exigences de la culture :.....	11
4.6	La morphologie de l'orge :.....	11
5	Contraintes liées à la culture de l'orge :.....	12
5.1	Stress biotiques : .....	12
5.2	Stress abiotiques : .....	13
5.2.1	Stress hydrique :.....	14
5.2.2	Stress thermique : .....	14
6	Matériel et méthodes.....	15
6.1	Présentation de site d'expérimentation : .....	15
6.2	Matériel végétale : .....	15
6.3	Paramètres agro morphologique mesurés :.....	15
6.3.1	Hauteur de la plante :.....	15
6.3.2	Nombre des talles :.....	15
6.3.3	Nombre des épis :.....	15
6.3.4	Longueur des épis :.....	16
6.3.5	Biomasse fraîche :.....	16

6.3.6	Biomasse sèche : .....	16
6.4	Paramètre physiologique mesurés :.....	16
6.4.1	Mesure de la chlorophylle :.....	16
6.4.2	Mesure de la température foliaire :.....	17
7	Résultats et discussion .....	18
7.1	Effet sur les paramètres morphologiques :.....	18
7.1.1	Biomasse fraîche :.....	18
7.1.2	Biomasse sèche :.....	19
7.1.3	Longueur des thalles :.....	20
7.1.4	Nombre des thalles :.....	21
7.1.5	Nombre des épis :.....	22
7.1.6	Longueur moyenne des épis :.....	23
7.2	Effet sur les paramètres physiologiques : .....	24
7.2.1	Teneur en chlorophylle :.....	24
7.2.2	Température foliaire : .....	25
8	Conclusion : .....	26

# **1 Introduction :**

Les céréales occupent actuellement une position dominante au Maroc dans la production agroalimentaire et la consommation alimentaire des ménages. La production nationale céréalière au Maroc est caractérisée par une irrégularité en raison des aléas climatiques qui affectant plus de de 90% de la superficie céréalière. Les céréales sont la base de l'alimentation des êtres humaine en tant que protéines et énergie. [1]

Au plan mondial, vers la fin des années 80, selon la FAO, l'orge figure au quatrième rang des céréales après le blé, le riz, et le maïs et caractérisé par son extraordinaire adaptation à des conditions extrêmes. Les principaux pays producteurs sont l'URSS, l'Espagne, la France, le Canada, le Royaume Uni et l'Allemagne (ex, RFA). [2]

Il joue également un rôle primordial non seulement en alimentation humaine au Maghreb et dans les montagnes d'Ethiopie, l'Eretria et le Pérou [3]. Mais aussi dans l'alimentation de bétail en période hivernale lorsque le déficit fourrager est grand et le prix du fourrage est élevé. L'orge offre, l'avantage de pouvoir être menée en double exploitation : première récolte en vert (pâturage ou fauche) suivie d'une récolte en grain. [4]

La production de l'orge (*Hordeum vulgare*. L) au niveau national ne répond pas aux besoins. Pour résoudre ce problème, le Maroc recourt à l'importation au près des grands pays producteurs. La stratégie GG a donné l'importance à la céréaliculture qui est l'une de ses fondements (2020-2030). [5]

Comme toute culture, l'orge est sensible à de nombreuses restrictions biotique et abiotique, qui ont un impact négatif sur la croissance et le développement des plantes, et provoquent la diminution de la production et du rendement. Le froid est considéré comme l'une des principales contraintes abiotiques, rencontré quand la température environnementale est basse ou inférieure aux exigences de la plante. Il a des effets différents à chaque état de développement de la plante. La semence sèche présente une résistance au froid maximale parce qu'elle est très peu hydratée, après la germination du grain la résistance au froid diminue pour atteindre un minimum. À partir de ce moment la résistance au froid augmente à nouveau pour atteindre un maximum pendant le tallage.

Son impact peut atteindre aussi bien les phases reproductives ainsi que la réduction du rendement économique [6] et [7].



Depuis longtemps, les sélectionneurs ont pu inscrire plusieurs variétés d'orge pour les environnements à conditions défavorables et notamment le froid. Les programmes d'amélioration ont visé l'amélioration du rendement (nombre des graines par épi ou la biomasse totale), puis l'amélioration de la tolérance aux stress biotiques et abiotiques. [8]

Dans notre travail, nous évaluons la tolérance des 37 variétés d'orge au froid. Pour se faire, nous avons évalué la performance agronomique et physiologique de ces génotypes dans la station d'expérimentation de l'Annoceur qui est un domaine expérimental de l'institut national de la recherche agronomique (INRA).

## **2 Présentation de l'institution d'accueil :**

### **l'INRA-CRRA Meknès**

#### **2.1 Présentation de l'INRA :**

L'institut National de la Recherche Agronomique "INRA" a pour mission d'entreprendre les recherches pour le développement agricole. C'est un établissement public dont les origines remontent à 1914 avec la création des premiers services de recherche agricole officiel.

L'INRA, opère à travers dix centres régionaux de la recherche agronomique et 23 domaines expérimentaux répartis sur le territoire national et couvrant les divers agro systèmes du pays.

Les projets de recherche de l'INRA sont définis avec la participation des partenaires, des clients et des prescripteurs régionaux. Ils sont menés au sein de trente unités de recherche hébergés par les Centres Régionaux. Ils sont encadrés à l'échelle centrale par dix départements scientifiques à vocation disciplinaire.

Pour accomplir sa mission et être au diapason de l'actualité scientifique, l'INRA entretient des relations de partenariats avec des organisations nationales et internationales, les structures de développement, le secteur privé et les Organisations Non Gouvernementales. [9]

#### **2.2 Présentation de CRRA-Meknès :**

Le CRRA Meknès est une institution à profond ancrage historique, qui développe une Stratégie de recherche actualisée pour la production de technologies, connaissances et Méthodes qui répondent aux besoins de sa zone d'action qui couvre les neufs Directions Provinciales d'Agriculture (DPA) de Boulemane, El Hajeb, Fès, Ifrane, Khénifra, Meknès, Taounate, Taza et Séfrou. Elle possède trois domaines expérimentaux : Ain Taoujdate, Douyetet, Annaceur. Les ressources humaines présentes au centre sont :

- 32 chercheurs et chercheuses, spécialisées dans différentes branches des sciences Agronomiques et humaines ;
- 20 techniciens de recherche ;
- Un informaticien ;
- Un administrateur ;
- 51 agents de support

Réparties dans 4 unités de recherche (U.R) dont :

- U.R Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phyto-génétiques (URAPCRG)
- U.R Agronomie et Physiologie Végétale (URAPV)
- U.R Gestion Durable des Ressources Naturelles, d'Economie et de Sociologie Rurales (URGDRNESR)
- U.R Protection des plantes (URPP) [9]



**Figure 1:** siège du Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès CCRA-Meknès

### 3 Généralités sur l'orge :

#### 3.1 Origines :

La culture d'orge est cultivée principalement dans les régions tempérées du monde mais sa culture s'étend vers les latitudes et altitudes élevées.

La zone d'origine était l'Asie du sud-ouest. [10] Le centre d'origine et de domestication d'*Hordeum* a été proposé par [11] : « Le croissant fertile », y compris l'Asie Mineure, le Caucase, l'Irak, la Turquie, la Jordanie, la Syrie, Palestine et le Liban. Par contre l'orge sauvage (*H. vulgare* subsp. *spontaneum*) s'étend jusqu'en Asie centrale. [11]



Figure 3: les pays du croissant fertile [12]

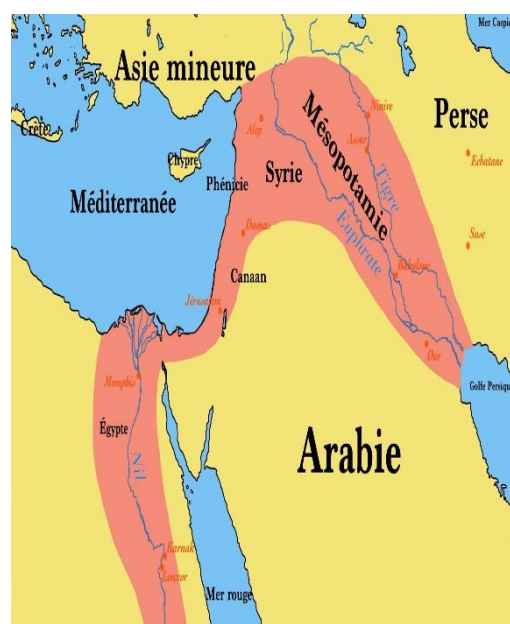
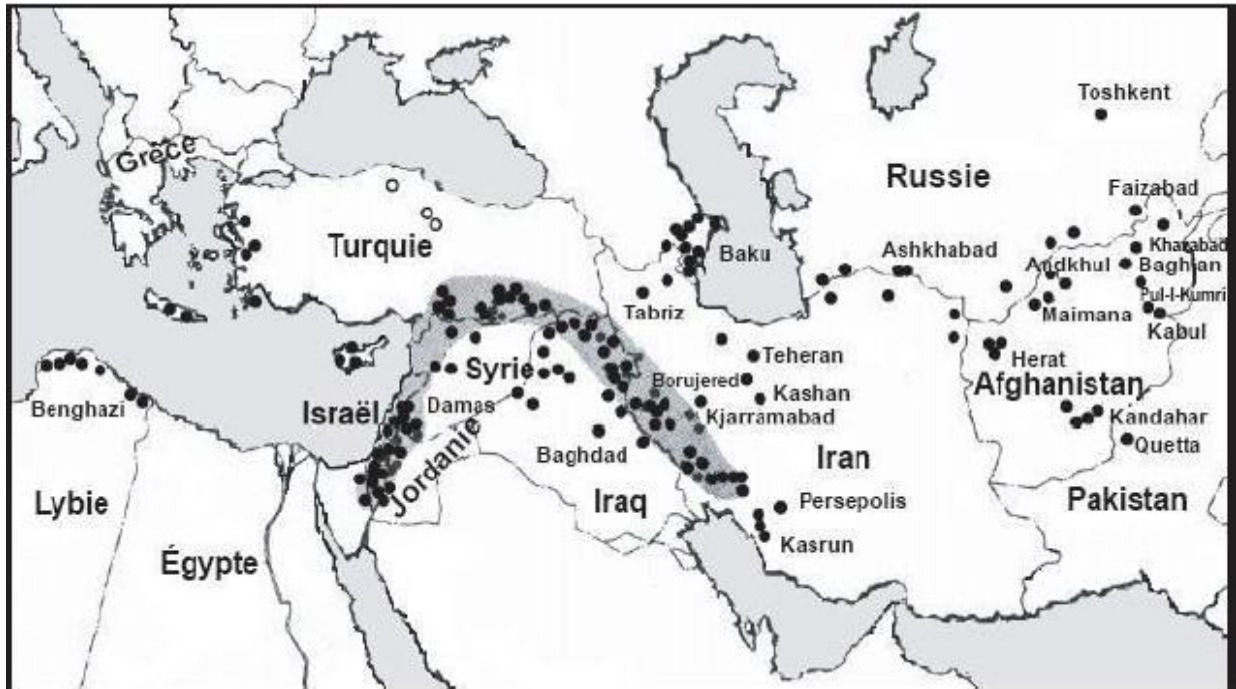


Figure 2: le croissant fertile [13]

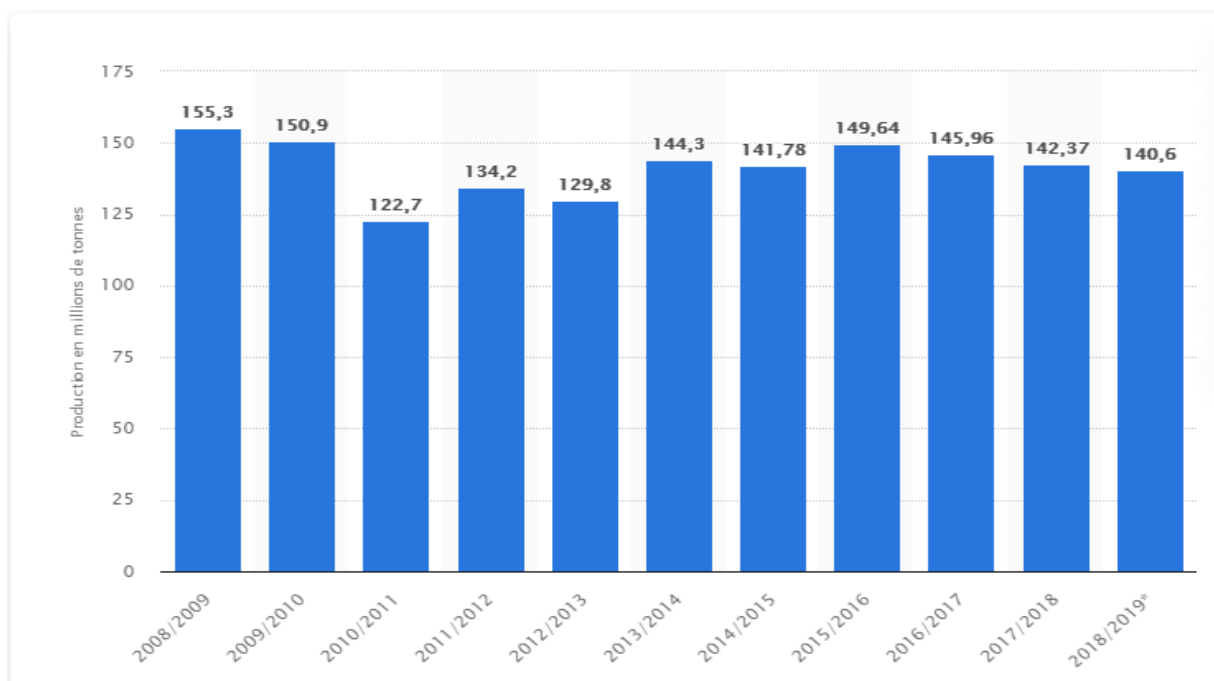


**Figure 4:** distribution de l'orge sauvage (*hordeum spontaneum*) [14]

## 3.2 Production de l'orge :

### 3.2.1 Production mondiale :

La production de l'orge est localisée à l'échelle mondiale dans les zones arides et semis- arides, dans différentes zones d'altitudes et latitudes, ainsi que dans les montagnes.



**Figure 5:** Production d'orge en volume au niveau mondial de 2008/2009 à 2018/2019 (en millions de tonnes)

### 3.2.2 Production nationale :

Le Maroc a été classé 24ème dans le monde au niveau de la production de l'orge avec une production de 1 638 090 tonnes en 2014, en comparaison avec la Russie 20 444 258 tonnes, la France 11 770 680 tonnes, et l'Allemand 11 562 800 tonnes.

**Figure 6:** la production de l'orge en volume au niveau mondial de 2008/2009 à 2018/2019

L'orge au Maroc a connu un ensemble des changements entre 2009 et 2016 au niveau de la production nationale qui était, respectivement, de 3 769 500 tonnes et 619 919 tonnes. Les superficies agricoles nationales qui présentaient une variation allant de 2 182 800 ha en 2009 jusqu'à 1 207 615 ha en 2016, avec une diminution de 44%.

Le rendement moyen, les superficies récoltées, et la production totale reflètent les conditions de croissance : principalement les précipitations, et les techniques culturales : la fertilisation du sol et la gestion des insectes. [10]

L'amélioration du niveau d'exportation des produits agricoles et alimentaires a toujours été l'un des objectifs de base de la politique agricole. Ces exportations au niveau local en 2018 sont estimées à 25,8 milliards de dirham (données à fin septembre) a baissé de 29% par rapport à 2017. A représenté 11,6% des exportations mondiales (tableau 2).

**Tableau 1:** les exportations agricoles et alimentaires entre 2008 et 2018 [16]

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
<b>Exportations agricoles (Milliards DH) dont :</b>	15,2	14,8	16,7	19,3	18,0	21,0	22,5	27,0	29,5	33,2	25,8
<b>Légumes alimentaires</b>	4,3	4,8	5,1	6,0	5,7	6,9	7,3	9,1	10,4	11,1	7,6
<b>Tomates fraîches</b>	2,0	2,4	2,5	3,5	3,4	3,6	4,0	5,3	5,0	5,7	3,7
<b>Fruits comestibles</b>	5,0	4,1	4,8	6,0	4,9	5,8	5,8	7,2	7,3	9,1	8,1
<b>Agrumes</b>	3,2	2,5	3,2	4,0	2,8	3,4	3,1	3,8	3,6	3,8	2,3
<b>Conserves et préparations de fruits et légumes</b>	1,7	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6	1,9	1,7	1,9	2,0	1,7

Les importations des céréales constituent 11% de la valeur totale des importations de produits agricoles en 2018. (Tableau 3).

**Tableau 2:** les importations agricoles et alimentaire entre 2008 et 2018 [16]

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
Importations agricoles en valeur (Milliards DH) dont :	40,4	31,0	35,8	47,3	50,3	42,9	49,0	42,3	51,9	51,2	40,7
Céréales	17,4	8,9	11,9	17,3	19,2	12,8	17,9	13,6	18,5	13,6	10,8
Huiles alimentaires et graines oléagineuses	5,60	4,16	4,14	5,11	5,01	4,07	4,6	4,2	5,2	6,0	4,1
Sucre brut	2,2	3,4	3,3	4,8	5,1	3,7	2,9	3,5	4,6	4,9	2,7
Lait et dérivés	2,2	1,5	2	2,3	2,3	2,5	3,1	1,9	1,9	2,5	2,1

### 3.3 Classification :

D'après [17], l'orge cultivée est appartenue à la classification suivante :

Règne : Plantae

Embranchement : Magnoliophyta

Classe : Liliopsida

S/Classe : Commelinidae

Ordre : Cyperales

Famille : Poaceae

S/Famille : *Pooideae*

Genre : *Hordeum*

Espèce : *Hordeum vulgare* L. [17]

## **4 Descriptions de la plante :**

L'orge est une plante herbacée qui pousse en touffes, elles sont constituées par les racines, les feuilles, la tige et l'épi dans lequel sont contenues les graines. Elle est l'une des cultures monocotylédones, déclarée parmi les plantes importantes économiquement dans le monde entier. Elle appartient à la famille des poacées (ex-Graminées), sous famille festucoidées ou (poidées) regroupant des genres de zones tempérées. Les orges présentent des épillets uniflores groupées par 3 (1 central, flanqué de 2 latéraux) alternativement à chaque étage du rachis.

Des épillets latéraux (3+3 alternés) normalement développés confèrent la morphologie « orge à 6 rangs », ce sont les escourgeons, orges carrées, orges hexastiques. Lorsque les épillets latéraux sont réduits à vestiges (glumes, glumelles, sans le grain), on a la morphologie classique. Selon baume et Bailey (1989) in Cherif-Hamidi (2004) [17], le genre hordeum est difficile à identifier sur le plan taxonomique. Ce genre se subdivise en quatre sections qui sont : Hordeum, Anisolepsis, Cristesion, et Stenostachys. [18]

Linné (1753) in Benmahammed (1996) [19], a établi une classification des orges d'après la fertilité ou non des épillets latéraux et compacité des épis, qui se résume ainsi :

Epillets médians et latéraux fertiles :

Epi compact: hordeum hexasticum L.

Epi lâche : Hordeum tétrastichum L.

Epi lâche à grain nu : hordeum vulgare var. coelisti. L. épillets médians seuls fertiles :

Epi compact: Hordeum Zeocrithon L.

Epi lâche : Hordeum distichum L.

Epi lâche à grain nu : Hordeum distichum L. var. unum.

### **4.1 Le cycle de développement :**

Le processus de germination des grains est un ensemble de divisions cellulaires et d'activités enzymatiques provoquées par les conditions humides du sol, qui font apparaître la racine de l'embryon [20]. La racine pénètre dans le tégument et produit alors des plantules.



Les chercheurs ont créé plusieurs échelles ; caractérisent les stades de développement de l'orge, tels que les stades de développement de Zadoks et Feekes. L'échelle la meilleure et là plus largement utilisée pour les agronomes et les physiologistes est l'échelle de Zadoks. [21]

## **4.2 Les stades de développement de l'orge comprennent les étapes suivantes :**

**La levée :** Stade après la germination des graines, qui se caractérise par l'allongement des racines principales et séminales, et donc l'émergence du coléorhize, suivi de l'apparition de la coléoptile.

**Le début du tallage :** qui se caractérise par l'apparition de la première feuille, à partir du plateau de tallage, puis l'émergence des autres feuilles et leur croissance. Cette étape dépend de la température. Les feuilles continuent de pousser, puis il y a un processus de ramification, défini par la formation de bourgeons sous chaque feuille. Puis les talles primaire, secondaire et tertiaire apparaissent jusqu'à la talle tardive.

L'étape après le tallage est appelée : **montaison.** Elle est réalisée dans des conditions de vernalisation (pour atteindre la basse température d'épiaison) et de photopériode (utilisée pour différencier les méristèmes en organes végétatifs), et caractérisée par la formation des parties florales glumes et lemme, suivie du gonflement de la gaine de la dernière feuille.

A la fin de la montaison, il y a la période **d'épiaison** (de l'apparition des barbes à la sortie de tous les épis), et enfin la période de formation et de maturation des grains en différentes étapes : laiteux, pâteux, grain dur, grain mûr. [22]

## **4.3 Importance économique de l'orge :**

Au Maroc, la culture d'orge est connue pour son importance agronomique, zootechnique et socioéconomique. Plusieurs études ont relaté l'importance de cette céréale dans l'alimentation animale et sa contribution très importante dans la couverture des besoins énergétiques des animaux [23], Différents projets de recherche et développement ont été conduits ces dernières en matière de production d'orge. [24], L'objectif des essais était de doter les agriculteurs d'alternatives pour l'amélioration et la stabilisation des rendements de cette culture en conditions difficiles et pour une meilleure intégration cultures/élevage. Les résultats obtenus depuis deux années indiquent les possibilités d'atténuer les effets des contraintes hydriques et thermiques comme les basses Températures par l'adoption de nouvelles variétés d'orge pour les montagnes du Moyen Atlas.

#### **4.4 Utilisation de l'orge :**

On peut utiliser Le grain d'orge dans le maltage, pour le fourrage, et pour l'alimentation humaine. [25]

Depuis longtemps l'orge est utilisée pour l'alimentation du bétail, dans les industries pour la fabrication de la bière. Aujourd'hui, l'utilisation de l'orge dans l'alimentation humaine est très limitée bien qu'elle soit composée d'un degré élevé en  $\beta$ - glucans qui est utile pour réduire le risque des maladies cardio-vasculaires, et aussi pour réduire le taux de cholestérol et de glucose dans le sang. [10]

#### **4.5 Exigences de la culture :**

L'orge est une céréale qui pousse bien dans des environnements soumis à de grands changements climatiques [26]. Il peut être cultivé dans toutes les zones agricoles du Maroc.

L'orge est une culture peu exigeante en eau et en fertilisants comparativement aux blés dur et tendre. Pourtant, elle préfère sols bien drainés et il est recommandé d'éviter des parcelles avec des précédentes céréales (blé dur ou tendre) pour éviter les successions céréales sur céréales et les problèmes qui en résultent [27]. Lorsque la profondeur de semis des graines est supérieure à 5 cm, le risque de nanisme de la plante sera élevé, le taux de levée sera faible, et donc le rendement sera faible. Par conséquent, il est recommandé de semer les grains d'orge à une profondeur de 3,5 à 5 cm. Les cultures doivent être exposées au soleil pour assurer une photosynthèse élevée, assurant ainsi une croissance rapide et optimisant ainsi le rendement. [28]

#### **4.6 La morphologie de l'orge :**

Le grain d'orge présente une nervure médiane et deux nervures latérales dorsales. Il est prolongé par une barbe. Alors, que la glumelle supérieure correspond à la face ventrale du grain. Celui-ci présente une dépression ou sillon à la base duquel est insérée une baguette (Figure 5). Il comporte plusieurs parties distinctes :

- L'embryon : siège des activités vitales de la graine ;

- L'albumen amylicé : tissu de réserve de l'orge contenant des granules d'amidon et des protéines de réserve ;
- Les assises successives limitant l'embryon et l'albumen : le péricarpe et la testa soudés et des enveloppes appelées glumelles. [29]

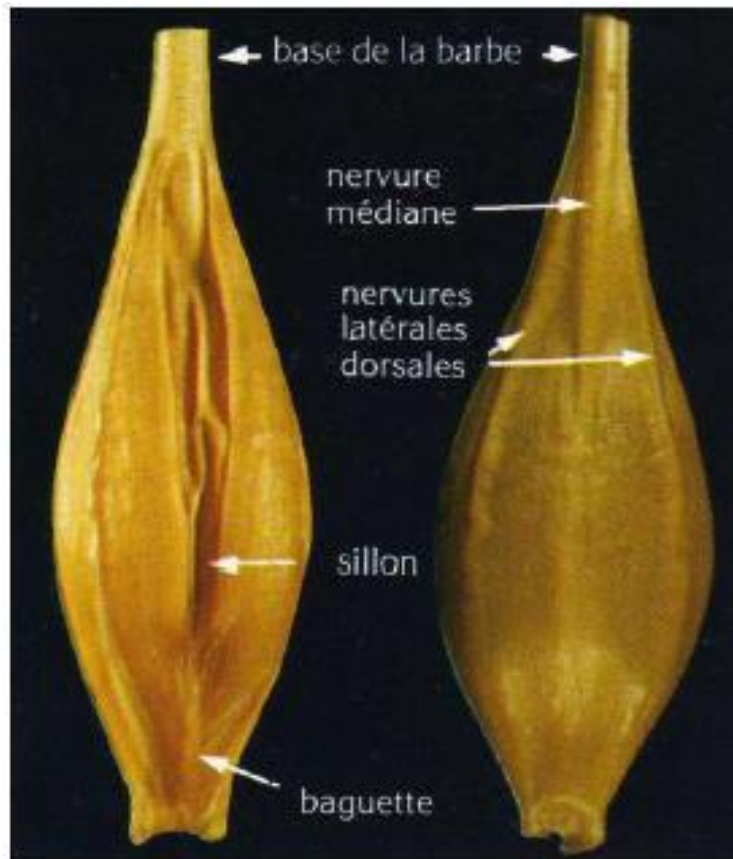


Figure 7 : vue ventrale et dorsale du grain d'orge [30]

## **5 Contraintes liées à la culture de l'orge :**

### **5.1 Stress biotiques :**

Au champ, les cultures d'orge sont exposées à divers agents pathogènes. Ces derniers provoqueront l'émergence de maladies, auront un impact négatif sur la croissance et le développement de cette culture, réduisant ainsi la production alimentaire. Généralement, ces agents pathogènes sont hétérotrophes ; ils obtiennent leurs besoins en carbone de la

plante hôte. Ils peuvent être des bactéries, des champignons, des virus. Les insectes et les nématodes peuvent également affecter la productivité de l'orge. [31]

Les principales maladies de l'orge sont la rayure réticulée, la strie d'orge, le charbon et l'oïdium. Ces maladies sont prédominantes la plupart des années, mais la différence est remarquée au niveau de leur gravité. [31]

La majorité des maladies de l'orge dues aux agents pathogènes affectent les feuilles et les épis. Certains sont des parasites obligatoires et d'autres facultatifs Les principales maladies et insectes qui attaquent l'orge et leur distribution [10].

Tableau 3: les principales maladies et insectes qui attaquent l'orge et leur distribution [10]

Maladie	Agent pathogène	Type	Partie infectées	Distribution Dans le monde	Existence ou Non au Maroc
La fusariose de l'orge : Pourriture des racines	<i>Fusarium graminearum</i>	Champignon	Feuilles et épis	Tout le monde.	Développement dans les zones semi arides
La rouille de la tige	<i>Puccinia graminis f.sp tritici</i>	Champignon	Les tiges, les graines, et le pédoncule de la plante, et même les barbes	Tout le monde apparu pour la première fois en <u>uganda</u> en 1999	Développement dans les régions <u>tadla</u> , <u>tassourt</u> , et le sais.
Virus de la jaunisse nanisante	<i>Barley yellow dwarf virus (BYDV)</i>	Virus	<u>Toute la plante</u>	Tout le monde	Présent dans tout le Maroc
La mouche de Hess	<i>Mayetiola destructor</i>	Insecte	Le collet et les entre nœuds	L'Amérique du Nord, la Russie, l'Europe, et le Maroc	Nord et centre du Maroc

## 5.2 Stress abiotiques :

Le stress abiotique, désigne une température élevée ou basse, sécheresse, anaérobiose, ou anomalies du sol, qui mènent à des dommages innombrables. Il touche les fonctions

physiologiques des plantes à savoir la teneur en eau relative des cellules, la conductance stomatique et la teneur en chlorophylle et impacter les rendements en grains [24]

### 5.2.1 Stress hydrique :

La sécheresse est l'une des contraintes permanentes de la production agricole mondiale. Il est défini comme la quantité d'eau disponible est inférieure à la quantité d'eau requise par la plante. Les effets de la sécheresse sur les plantes sont généralement liés à la température élevée, qui définit le niveau de stress supplémentaire des plantes. [10]

En effet, la présence d'un stress hydrique chez les plantes limite le transport de l'eau du sol vers les parties aériennes, réduisant ainsi le processus de transpiration. Le déficit hydrique entraîne la fermeture des stomates, et provoque des perturbations biochimiques dans le compartiment vacuolaire [32]

### 5.2.2 Stress thermique :

Les épisodes de sécheresse ont toujours été présents dans l'histoire du Maroc, mais leurs fréquences et leurs sévérités se sont intensifiées au cours du siècle dernier. En 2020, le Maroc affichait une pluviométrie en baisse de 34 % par rapport à la moyenne des 30 dernières années et de 25 % par rapport à la campagne précédente. Ce déficit hydrique a été exacerbé par une répartition et une fréquence irrégulière de la pluviométrie. En effet, de longues périodes sèches ont été relevées (jusqu'à 40 jours), en particulier pendant les périodes de tallage et de montaison des céréales. [33]

Au Maroc, la plupart des parcelles étant en Bour (non irriguées), les céréales sont entièrement tributaires de la pluviométrie. Ainsi, les périodes de sécheresse enregistrées sur la campagne 2019 – 2020 ont eu des conséquences majeures sur les cultures de céréales. D'après le ministère de l'agriculture, la production des trois céréales principales (blé tendre, blé dur, et orge) est estimée à 30 millions de quintaux pour la campagne 2019 – 2020, soit 42 % de moins par rapport à la campagne précédente. Ainsi, la sécheresse est la contrainte permanente à la production agricole au Maroc. Son effet sur la plante est généralement associé à des températures élevées, ce qui définit un niveau supplémentaire de stress chez la plante [23] et [10].

## **6 Matériel et méthodes**

### **6.1 Présentation de site d'expérimentation :**

Les essais sont installés au mois de décembre 2020 au domaine expérimental d'Annoceur dans la région de Séfrou pour l'adaptation au froid et éventuellement à la sécheresse en période d'épiaison. Le domaine est implanté depuis 1936 en montagne du Moyen Atlas (Province de Séfrou – Région Fès-Meknès) avec :

- Une superficie totale : 40 ha et une altitude de 1350 m.
- Sol : Hamri caillouteux.
- Pluviométrie moyenne : 500 mm.
- Températures max. : 40 °C – Température min : -7 °C.

Chaque parcelle expérimentale est semée avec une ligné d'orge en six lignes espacées chacune de 0,25 m. L'essai est conduit avec le train technique habituel d'une culture d'orge. Le facteur étudié étant la lignée.

### **6.2 Matériel végétale :**

Le matériel végétal de notre expérimentation est constitué de 37 variétés d'orge issues de plusieurs collections de l'INRA.

➔ Indication : lignée =variété

### **6.3 Paramètres agro morphologique mesurés :**

#### **6.3.1 Hauteur de la plante :**

On mesure la hauteur de la plante à partir de collet jusqu'à la limite des barbes des épis.

#### **6.3.2 Nombre des talles :**

On fait un comptage complet pour toutes les talles de chaque plante de l'échantillon.

#### **6.3.3 Nombre des épis :**

Le nombre des épis a été compté pour chaque pied de plante correspondant d'une variété donnée.

#### **6.3.4 Longueur des épis :**

La mesure de la longueur a concerné la partie située entre le point de l'insertion dans le rameau secondaire et les derniers grains de l'épi.

#### **6.3.5 Biomasse fraîche :**

La mesure de biomasse est obtenue par le pesage de matériel végétal frais avec la balance électrique (après le moment de prélèvement au champ).

#### **6.3.6 Biomasse sèche :**

La mesure de biomasse est obtenue par le pesage du matériel sec avec la balance électrique après avoir laissé les échantillons à l'étuve pendant 48h à une température 80°C.

### **6.4 Paramètre physiologique mesurés :**

**Le matériel utilisé :**

- Chlorophylle mètre
- Thermomètre

#### **6.4.1 Mesure de la chlorophylle :**

Les mesures ont été effectuées à l'Annoceur à l'aide de la chlorophylle mètre SPAD-502 plus qui est un outil qui nous permet de mesurer le taux chlorophylle dans les feuille ce qui fait avoir une idée sur l'activité photosynthétique de la plante. Trois prises de mesures sont réalisées au milieu de la feuille étandard de trois échantillons différant de la même parcelle (correspondant).



**Figure 8** : appareil de mesure de chlorophylle de model SPAD\_502 (INRA-CRRA-Meknès)

#### 6.4.2 Mesure de la température foliaire :

Les mesures ont été réalisées avec un thermomètre. On oriente la lentille optique de l'appareil vers une surface foliaire qui est localisé à 10 cm du collet qui capte l'énergie émise, réfléchi et transmise par la feuille, trois prises de mesures sont réalisées aux trois endroits différent dans chaque parcelle.



**Figure 9** : appareil de mesure de la température foliaire (thermomètre)

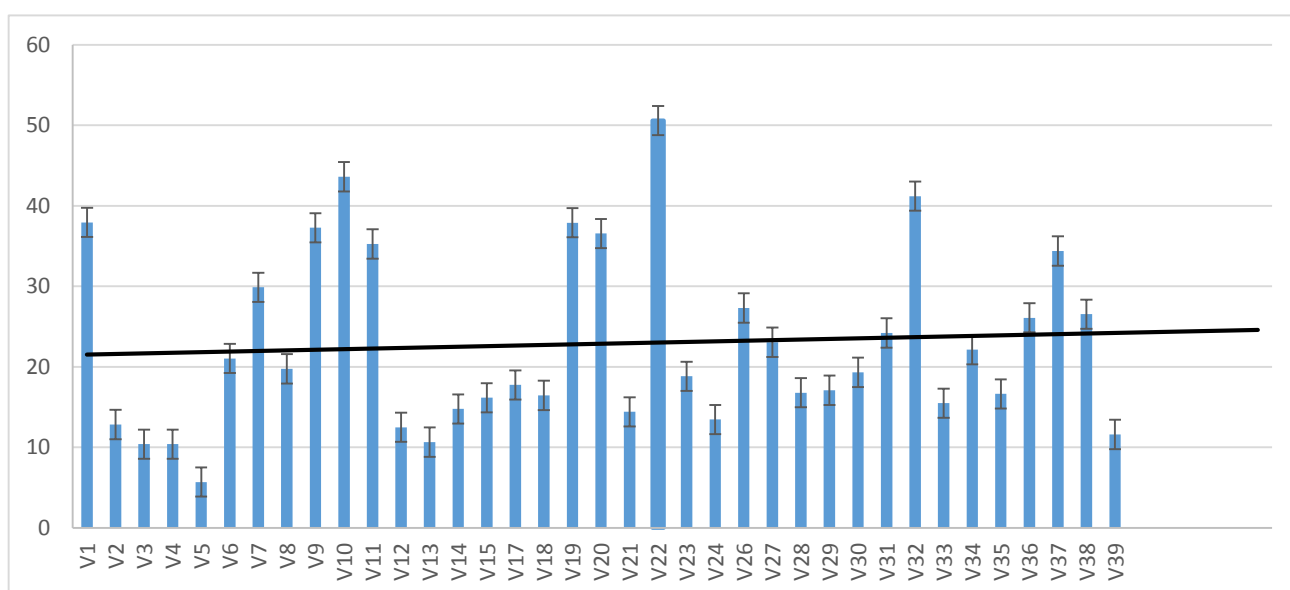


## 7 Résultats et discussion

### 7.1 Effet sur les paramètres morphologiques :

Notre échantillon d'orge est composé 37 ligné élites issues d'une population de 480 lignées à évaluer. Nous avons étudié leur comportement morphologique et physiologique dans le domaine expérimental de l'Annoceur.

#### 7.1.1 Biomasse fraîche :



**Figure 10** : Biomasse fraîche pour les 37 variétés

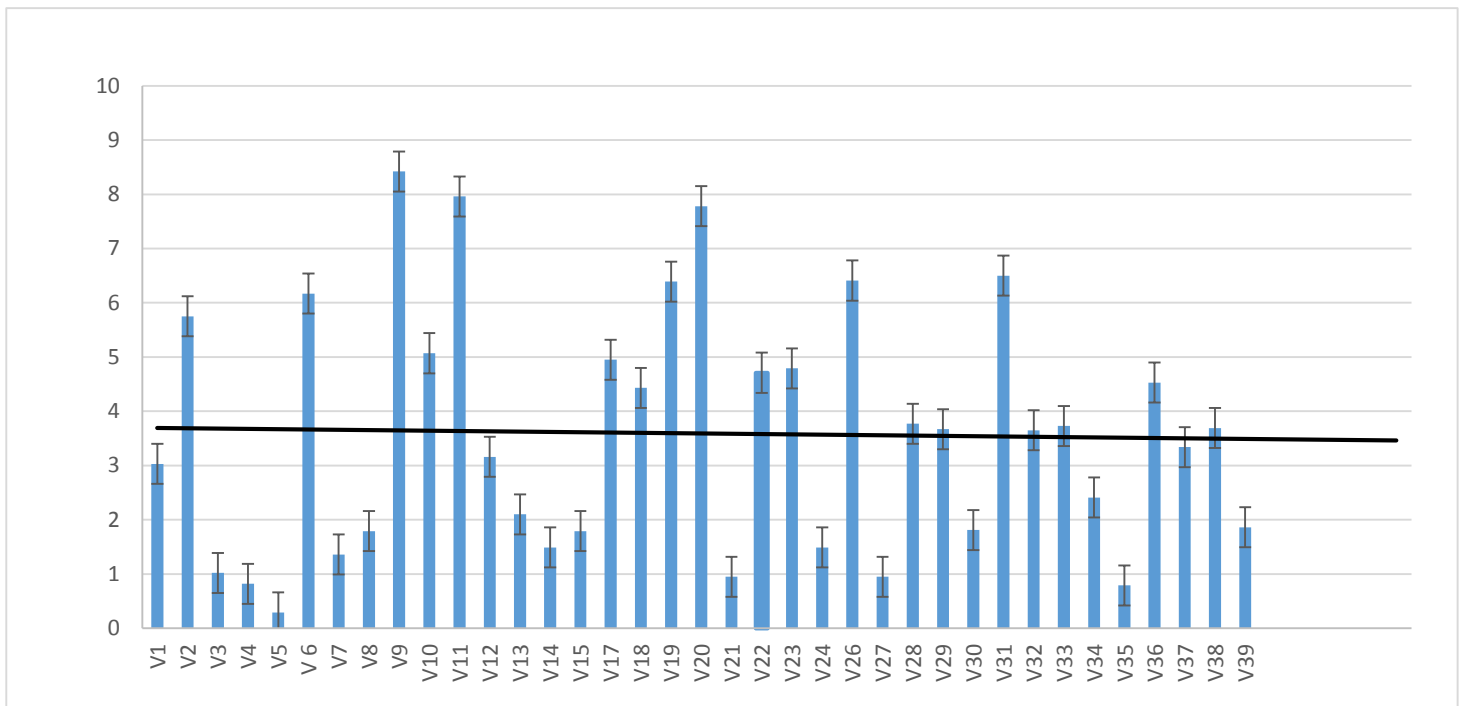
*\*Une parcelle = variété = une lignée semée par extension P1 envoie à la lignée 1, etc.*

On remarque que la biomasse fraîche est élevée chez les variétés V1 = 37,94 ; V10 = 43,61 ; V22 = 50,59 et V32 = 41,2 (en gramme). Par contre des variétés présentent de faibles poids frais qui sont V3 = 10,39 ; V4 = 10,39 ; V5 = 5,6 (en g).

➔ On peut dire que les variétés V3, V4, V5 qui ont une biomasse faible présentent dans un milieu froid sont plus sensibles que les variétés V1, V10, V22, V32. À cause de la basse température qui ralentit la translocation depuis les racines vers les tiges des éléments nutritifs et hormones qu'elles fournissent normalement et qui sont nécessaires

à la croissance des feuilles, ces résultats sont en accords avec les résultats de [34], qui sont trouvés chez la culture du maïs dans les zones froides.

### 7.1.2 Biomasse sèche :



**Figure 11 :** Biomasse sèche pour les 37 variétés

On observe que la biomasse sèche chez les variétés V9 = 8,42 ; V11=7,96 ; V20= 7,78 ; V26=6,41 ; V31= 6,5 (en g) est plus élevée, alors que chez les variétés V3 = 1,02 ; V4 = 0,82 ; V5=0,29 ; V21 = 0,95 ; V27= 0,95 et V35 = 0,79 représentent la biomasse sèche la plus faible.

➔ Nous avons déjà constaté aussi que les variétés susmentionnées (V3, V4 et V5) ont une faible biomasse fraîche donc le paramètre biomasse ne tolère pas le froid. Signe d'adaptation au froid.

### 7.1.3 Longueur des thalles :

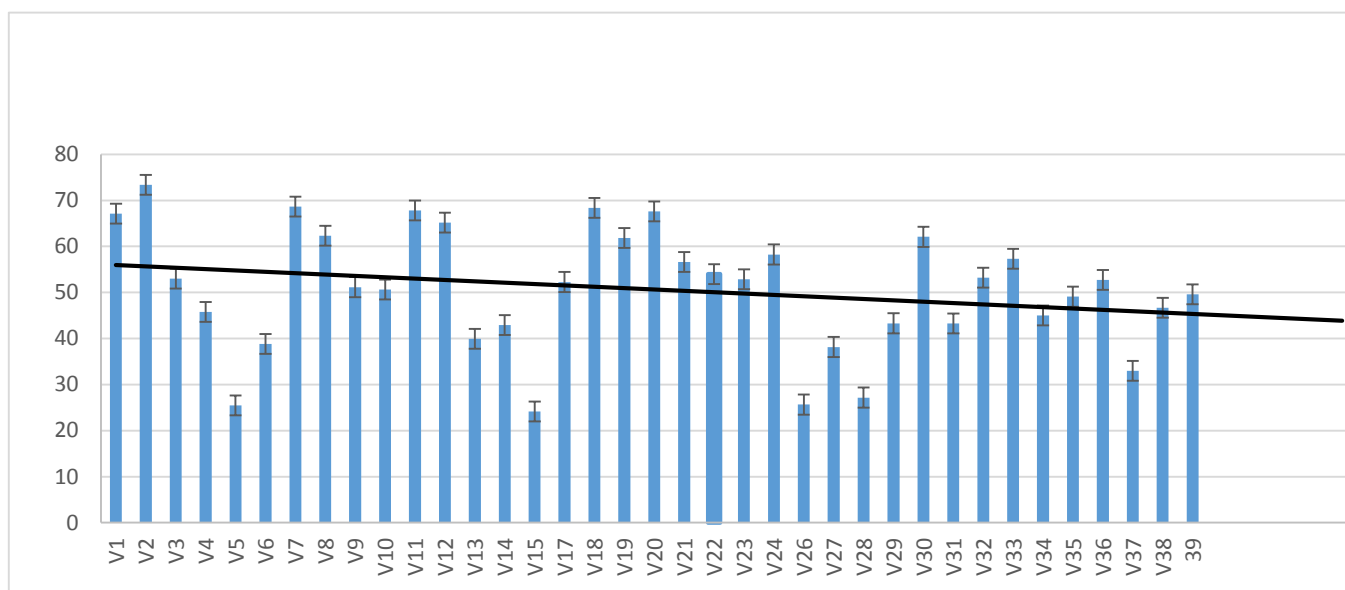


Figure 12 : la longueur moyenne des thalles (cm) pour les 37 variétés

Dans le cas de la longueur des thalles, nous avons constaté que des variétés V2 =73,38 ; V 7=68,66 ; V 18=68,36 et V 20=67,6 (en cm) ont une longueur plus importante, Alors que des variétés V5=25,47 ; V15= 24,14 ; V26= 25,66 et V28=27,18 en (cm) ont une longueur moins importante.

→ On peut dire que les variétés V2, V7, V18 et V20 possédant une longueur de thalle plus importante que les autres variétés V5, V15, V26 et V28 montrent une tolérance aux basses températures. On peut dire chez les variétés (V2, V7, V18 et V20) que le froid accélère la germination [35]. Peut compromettre l'activation des processus photosynthétiques, le métabolisme général et le fonctionnement des méristèmes.

En effet, le ralentissement de croissance des plantules exposées au froid est dû à la fois à la faible fonctionnalité des racines, l'impact direct sur le fonctionnement du méristème de la tige et la croissance des feuilles. En effet, lorsque seules les racines sont exposées au froid, le ralentissement de croissance est nettement plus faible que si la zone comprenant le méristème de tige est exposée à la même température [36].

## 7.1.4 Nombre des thalles :

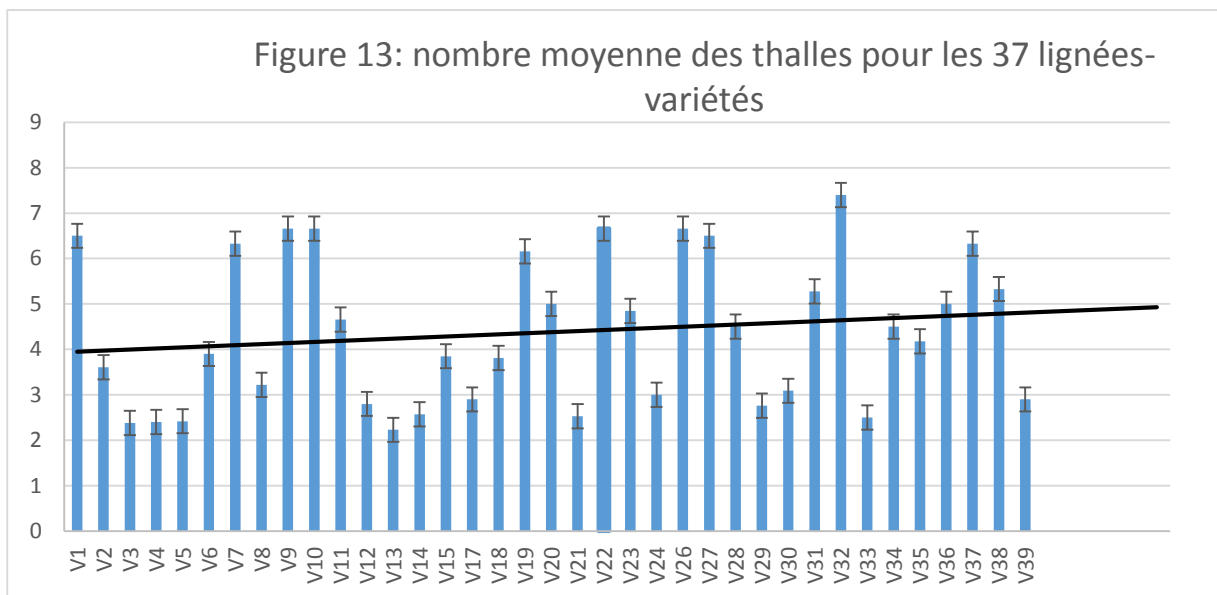
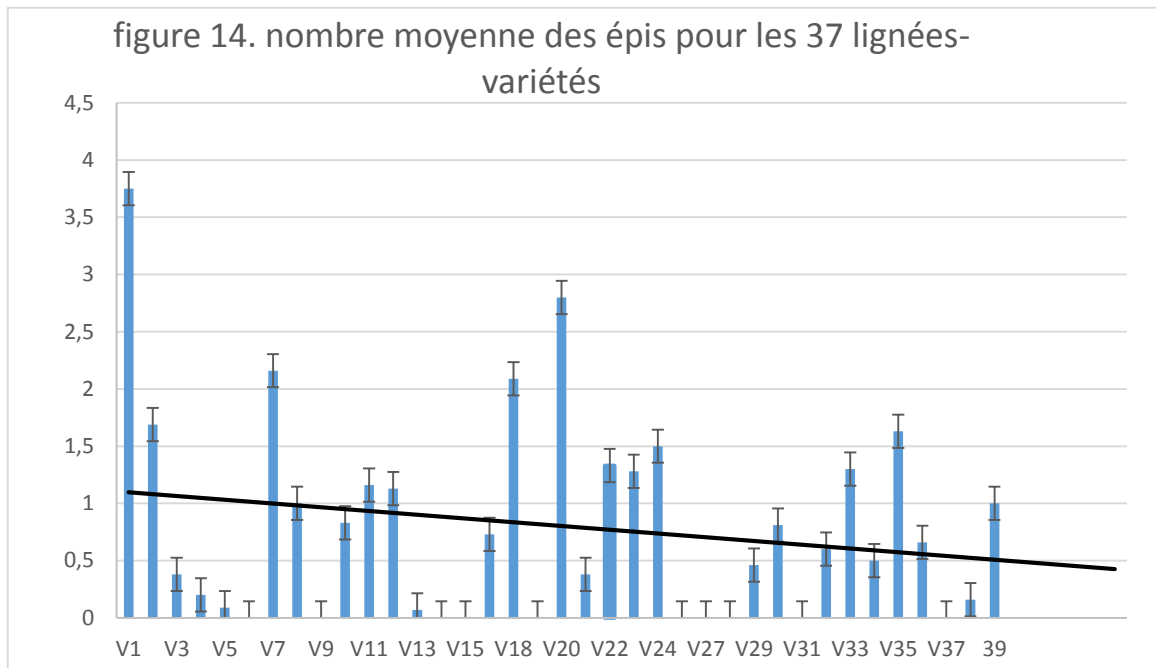


Figure 13 : nombre moyenne des thalles pour les 37 variétés

Ce paramètre montre un nombre des talles élevé chez V1= 6,5 ; V7 = 6,33 ; (V9, V10) = 6,66 ; V 19 = 6,16 ; V22 = 6,66 ; V26 = 6,66 ; V27 = 6,65 ; V32 = 7,4 et 37 = 6,33. Par contre les variétés qui ont un nombre des thalles bas sont V 3 = 2,38 ; V 4 = 2,4 ; V 5 = 2,42 ; V 13 = 2,23 ; V 14 = 2,57 ; V30 = 3,09 et V 33 = 2,5.

➔ Elévation du nombre des thalles chez les variétés V1, V7, V9, V10, V19, V22, V26, V27, V32 et 37 peut être expliquée que ces derniers sont très tolérants au froid par rapport aux autres variétés.

### 7.1.5 Nombre des épis :

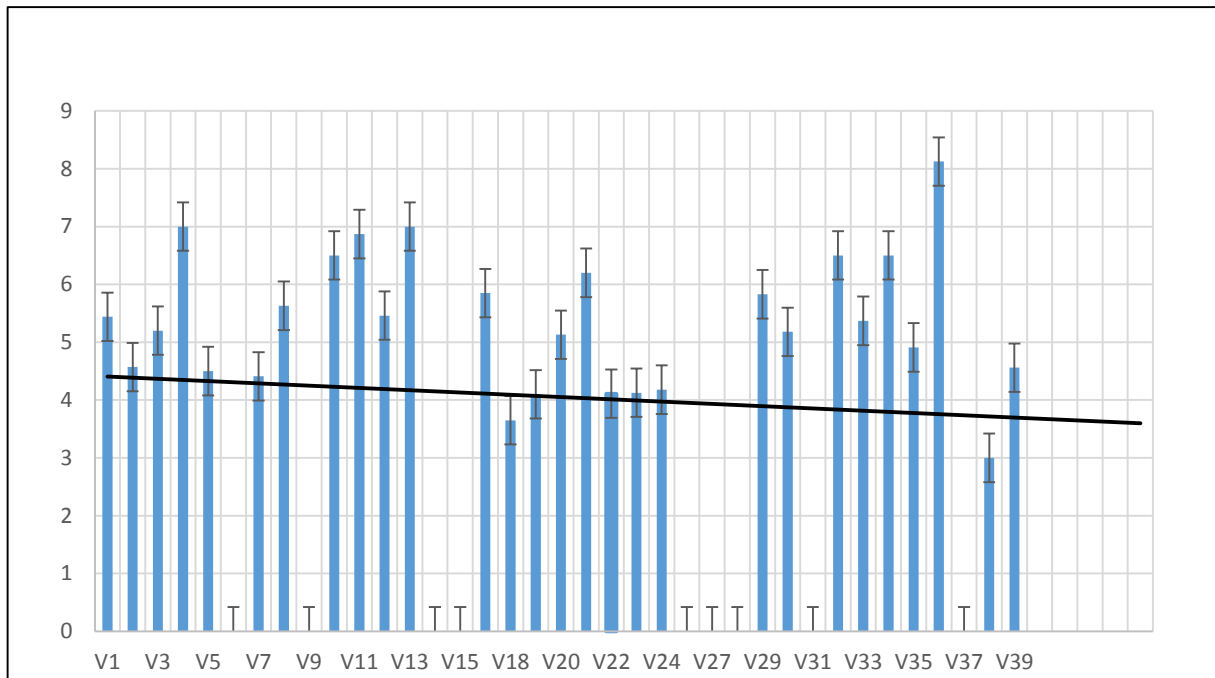


**Figure 14** : nombre moyenne des épis pour les 37 variétés

Les résultats obtenus montrent un large de différence au niveau du nombre des épis pour les différentes variétés, de sorte que les variétés V1= 3,75 ; V7=2,16 ; V18 = 2,09 et V20 =2,8 connaissent un nombre des épis plus grand que les variétés V4= 0,2 ; V5= 0,09 ; V13 = 0,07 ; V38 = 0,16. D'autre part il y a des variétés qui ne contiennent pas des épis comme V6 ; V9 ; V14 ; V15 ; V19 ; V26 ; V27 ; V28 ; V31 et V37.

→ Les variétés V1, V7, V18 et V20 sont les plus tolérantes au froid par rapport aux autres variétés.

### 7.1.6 Longueur moyenne des épis :



**Figure 15** : longueur moyenne des épis pour les 37 variétés

Nous constatons que La majorité des variétés possèdent une longueur élevée des épis

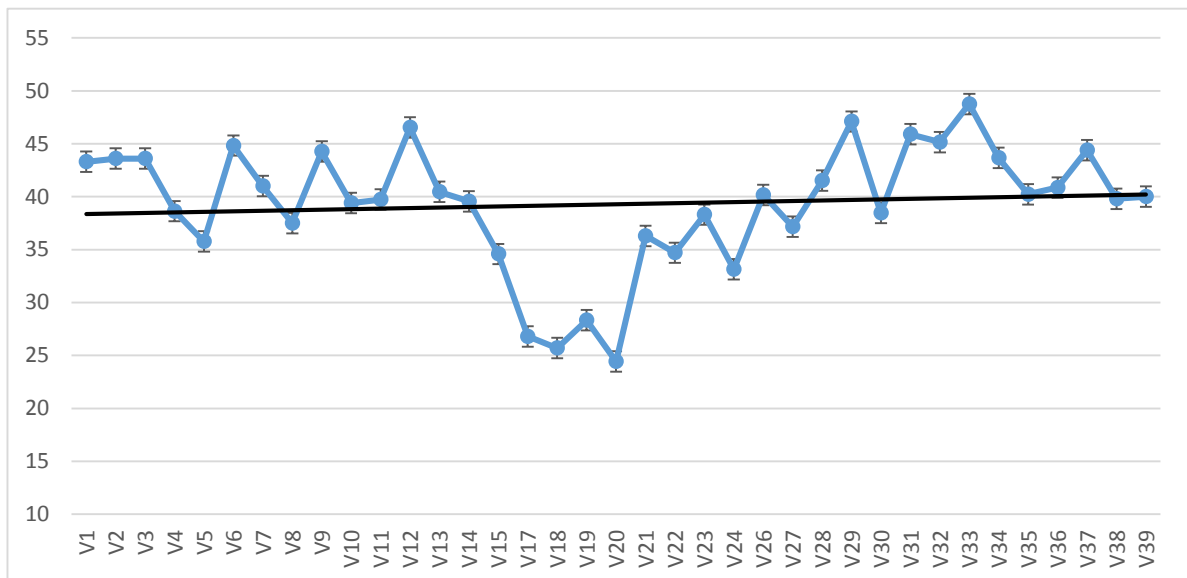
→ Les valeurs absentes du graphique sont des données manquantes car V6, V9, V14, V15, V26, V27, V28, V31, V37 ne sont pas encore arrivées au stade épiaison et sont tardives peut être expliqué par l'impact du froid sur certaine activité physiologique qui assure l'alimentation.

Les variétés V1, V7, V18, V20 connaissent un nombre des épis important et une longueur plus au moins important et cela revient à l'état de développement avancé de la plante qui atteindre, ce sont les plantes le plus résistantes au froid.

Les variétés V4, V5, V13 et V38 qui montrent un faible nombre des épis et possédant une longueur important qui peut être provoquée par l'utilisation de l'élément nutritif dans l'élongation.

## 7.2 Effet sur les paramètres physiologiques :

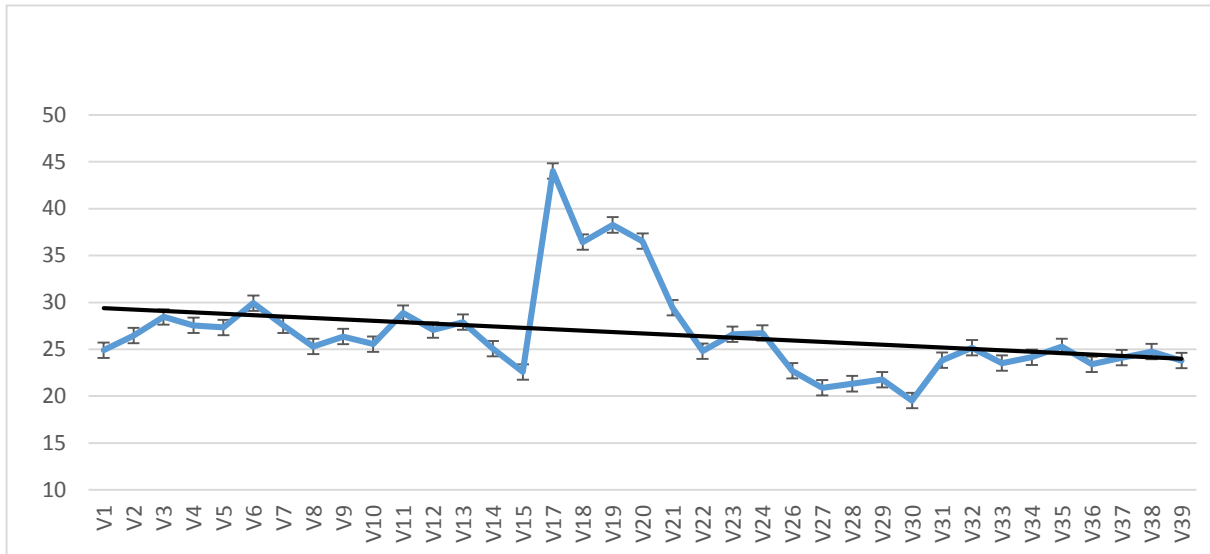
### 7.2.1 Teneur en chlorophylle :



**Figure 16 :** la teneur en chlorophylle moyenne pour les 37 variétés

On remarque que les variétés V17 = 26,8 ; V18 = 25,7 ; V19 = 28,33 et V20 = 24,43 (unité spad) présentent la teneur en chlorophylle la plus faible par rapport aux variétés V12 = 46,53 ; V29 = 47,1 et V33 = 48,76 (unité spad) qui ont la teneur en chlorophylle la plus grande.

## 7.2.2 Température foliaire :



**Figure 17 :** température foliaire moyenne pour les 37 variétés

Les variétés V17 = 44 ; V18 = 36,43 ; V19 = 38, 26 et V20 = 36, 53 (en C°) présentent la température la plus élevée, alors que Les variétés V15 = 22,59 ; V 27 = 20,9 ; V30= 19,53 présentent les températures les plus faible.

→ D'une part on peut dire, que la température foliaire élevée observée chez les variétés V17, V18 et V19, cause la fermeture des stomates alors le CO<sub>2</sub> n'entre plus à la plante.

Ces résultats concordent avec ceux qui a trouvé par [37], qui a indiqué, lorsque les plantes se développent au froid, la diminution de l'assimilation du CO<sub>2</sub> provoque la baisse d'utilisation du NADPH et de l'ATP, ce qui entraîne la saturation de la chaîne de transport des électrons et l'accumulation de protons dans le stroma et par conséquent une inhibition de la photosynthèse.

Ainsi, Le froid persistant provoque une chlorose de la plante. Ce symptôme est le reflet d'une réduction de la teneur en chlorophylle et donc d'un fonctionnement photosynthétique perturbé. En effet, la transpiration diminue également lors d'un transfert au froid, mais insuffisamment pour pallier la baisse d'absorption de l'eau par les racines, de sorte que la teneur en eau et le potentiel hydrique diminuent dans toute la plante, qui présente des symptômes de flétrissement. La régulation ultérieure de l'ouverture des stomates et de l'absorption de l'eau par les racines permet une récupération partielle ou totale, selon les génotypes [38].



## **8 Conclusion :**

Les résultats de notre étude ont mis en évidence l'impact des basses températures au stade épiaison sur les paramètres morphologiques et physiologiques et sur les performances agronomiques de 37 variétés d'orge dans les mêmes conditions climatiques au champ à l'Annoceur.

Les résultats obtenus ont montré que les variétés ont réagi différemment face au stress thermique. Certaines variétés influencées négativement par les basses températures à l'épiaison au niveau physiologique aussi bien qu'au niveau agronomique, incluant la teneur en chlorophylle (V15, V17, V18, V19), la hauteur (V5, V6, V15, V26), le nombre des thalles (V3, V4, V5, V12) et la biomasse fraîche (V3, V4, V5, 12). D'autre part, les variétés moins sensible au froid n'ont pas été impactés négativement au niveau des paramètres mesurés et qui ont montré des teneurs élevées en chlorophylle (V2, V3, V6, V9, V12). Le stage est terminé avant la récolte des essais, c'est pour cela les résultats du rendement ne sont pas traités.

D'après les résultats obtenu, nous avons constaté que la variété 22 est plus au moins tolérante pour toutes les paramètres telle que : la biomasse fraîche, la biomasse sèche, le nombre des thalles, la longueur des thalles, le nombre des épis, la longueur des épis, la teneur en chlorophylle et la température foliaire.

Nos recommandations l'introduction comme culture de variétés 22 dans les zones froids cela d'une part, d'autres par nous proposons dans le futur une étude similaire concernant les mêmes variétés que nous avons testées dans les différentes zones climatique à savoir : aride, semi-aride et subhumide.

## Références bibliographiques

- Rastoin Jean-Louis et Benabderrazik El Hassan, 2014. Céréales et oléo protéagineux au Maghreb Pour un Co-développement de filières territorialisées. Algérie une Agriculture sous fortes contraintes. Institut de Prospective Economique du Monde Méditerranéen, IPEMED. 32p [1]
- Jestin L., 1992. L'orge. In amélioration des espèces végétales cultivées INRA, paris. PP55-70. [2]
- Grando S, Macpherson HG, 2005. Food Barley: Importance, Uses and Local knowledge, ICARDA [3]
- Khaldoun A., 1989. Etude du comportement de l'orge exploitée à double fin. Fourrages, 117, 77-88. [4]
- Détails de la stratégie “génération green 2020-2030“ avec le directeur de l'ADA 14 février 2020. [5]
- Mittler, R., Finka, A., and Goloubinoff, P. 2012. How do plants feel the heat? *Trends in biochemical sciences*, 37(3) : 118-125. [6]
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and experimental botany*, 61(3) : 199-223. [7]
- Saidi, S., Sebbata, O., Bencherqi, A., Mrabet, R., Oukabli, A., and Essafi, N. E. 2007. Rapport National sur l'état des ressources phylogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. *Institut National de la Recherche Agronomique, Rabat, Royaume du Maroc*. [8]
- Projet fin d'étude d'Imane Souki sous le titre : Analyse de la ségrégation d'une population haploïde double chez l'orge en utilisant les microsattellites à année 2017. [9]
- Ullrich, S. E. (2011). Barley: Production, improvement, and uses (Vol. 12). John Wiley & Sons. Vol 673: 144 – 307. [10]

- (Mémoire pour l'obtention du Diplôme de Master, laila zahid) université mohamed V - Rabat faculté des Sciences -Agdal département de Biologie. [11]
- [www.guidemondialdevoyage](http://www.guidemondialdevoyage) [12]
- commons.wikimédia.org [13]
- Harlan J.R., Zohary D., 1966 - Distribution of wild wheat and barley. Science, 153:1074-1080. [14]
- Statista Research Département, 2019. [15]
- Ministre de l'agriculture, la pêche maritime, du développement royale et des eaux et forêts édition 2019. [16]
- Soltner D, 1988. Les grandes productions végétales. Collection sciences et techniques agricoles. 16<sup>ème</sup> édition, Angers. 464 P. [17]
- Hanifi., 1999. Contribution à l'étude de l'hétérosis et de l'intérêt des F1, F2 et lignées haploides doubles chez l'orge. Thèse de doctorat d'Etat. Univ. Des sciences et technologies de lille. 177P. [18]
- Benmahamed A. 1996. Association et héritabilités de quelques caractères à variation continue chez l'orge (*hordeum vulgare* L.). thèse de magister.INA. EL Harrach.80P. [19]
- Beweley D., 1997. Seed germination and dormancy. The Plant Cell, 9: 1055-1066. [20]
- Zadoks, Jan C., CHANG, Ting T., KONZAK, Cal F., *et al.* A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed research*, 1974, vol. 14, no 6, p. 415-421. [21]
- Boyeldieu J. 1997- Techniques Agricoles Fascicule. N° 2020 [22]
- Kettani R., 2008. Impact du stress hydrique en période reproductive sur les facteurs contrôlant l'élaboration du rendement chez un ensemble d'écotypes autochtones de *Medicago truncatula* (L.) Gaerten. *Thèse de Docteur d'Etat en Sciences Agronomiques*. IAV Hassan II. 194 p. Rabat Instituts. [23]
- Kettani R., 2019. Identification des caractères physiologiques de tolérance au stress hydrique dans le cadre de la création de nouvelles variétés à haut potentiel de rendement pour le Saïs. Mégaprojet « Développement de modèles agricoles durables et résilients ».

Axe stratégique de recherche «Amélioration de la productivité, la résilience et la durabilité des agrosystèmes à base de céréales, légumineuses et oléagineuses». Rapport d'activités INRA. [24]

- Saidi, S., Lemtouni, A., Amri, A., and Moudden, M. 2005. Use of barley grain for food in Morocco. *Food Barley: Importance, Uses and Local Knowledge*, 17. [25]
- Ceccarelli S, Grando S, ET Impiglia A. 1998. Choice of selection strategy in breeding barley for stress environments. *Euphytica* 103: 307- 318. [26]
- Kettani R., NABLOUSSI A., HSSAINI L., and KHALFI C. D., 2018. Evaluation of some new introduced hybrids of sunflower *Helianthus annuus L* under drought conditions in Morocco. Communication at the *AMAS conference* held at the Agropolis of Meknes from 08 to 10 May 2018.[27]
- Alaoui S.B. 2003. Elaboration d'un référentiel d'aide à la décision pour les céréales d'automne : Référentiel pour la Conduite Technique de la Culture d'orge (*Hordeum vulgare*). Dalil Al Fallah. Version 1.0. [28]
- Jeantet R., Croguennec T., Schuck P., Brulé G., 2007. Science des aliments : Biochimie- Microbiologie-Procédés-Produits. V2.Technologie des produits alimentaires. 191-196. [29]
- Souillah N., β008 : Diversité de 1γ génotypes d'orge (*Hordeum .vulgare L*) et de 13 Génotypes de blé tendre : étude des caractères de production et d'adaptation. Thèse Magister, université de Constantine, 165p. [30]
- Shroyer J. P., Ryan J., Abdel Monem M., and El Mourid M. 1990. Production of fall-planted cereals in Morocco and technology for its improvement. *J. Agron. Educ.*, Vol. 19, no. 1. 6. [31]
- Saghour I., Kettani R., 2021. Oral presentation in the EJONS-XII ID-EJONS 0122. Variation in genotypes reaction to drought and related physiological and agronomic

parameters in rapeseed (*Brassica napus* L.).International Paris Conférence on Social Sciences. July 9-11, 2021. IKSAD. [32]

- Anonyme, 2020. Campagne agricole 2019 – 2020 : Baisse de 42% de la production céréalière. (2020, Avril 22). Bourse News. [33]
- Imran M., Mahmood A., Römheld V. & Neumann G., 2013. Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth. Eur. J. Agron., 49(0), 141-148.[34]
- Greaves J.A., 1996. Improving suboptimal temperature tolerance in maize - The search for variation. J. Exp. Bot., 47(296), 307-323. [35]
- Engels C., 1994. Effect of root and shoot meristem temperature on shoot to root dry matter partitioning and the internal concentrations of nitrogen and carbohydrates in maize and wheat. Ann.Bot. 73(2), 211-219. [36]
- Fracheboud Y., Haldimann P., Leipner J. & Stamp P., 1999. Chlorophyll fluorescence as a selection tool for cold tolerance of photosynthesis in maize (*Zea mays* L.). J. Exp. Bot., 50(338), 1533-1540. [37]
- Melkonian J., Yu L.X. & Setter T.L., 2004. Chilling responses of maize (*Zea mays* L.) seedlings: root hydraulic conductance, abscisic acid, and stomatal conductance. J. Exp. Bot., 55(403), 1751-1760. [38]