



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
البشير الإبراهيمي برج بوعريش

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الارض والكون

البيولوجيا  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers  
الفلاحيّة

Département des Sciences Agronomiques



# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Amélioration des plantes

## Effet des biostimulants foliaires et les correcteurs de carence sur le comportement de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum Desf*)

Présenté par : RAGOUB Abdelbasset  
AISSI Abdennour

Soutenu publiquement le : 08 Juillet 2020

Devant le jury :

Président :	M <sup>r</sup> BENTABET A.	Pr
Encadrant:	M <sup>r</sup> OULD KIAR R.	MAA
Examineur :	M <sup>r</sup> FELLAHI Z.	MCB
Invité :	M <sup>r</sup> HAMMOUCHE D.	Ing. (Directeur régional TIMAC AGRO)

Année universitaire : 2019/2020

# Tables de matières

Résumé	I
Remerciements	II
Dédicaces	III
Liste des abréviations	IV
Liste des tableaux	V
Liste des figures	VI

## INTRODUCTION

1

### PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

#### Chapitre I. Généralités sur le blé dur

1. Historique et origine	3
2. Classification botanique	4
3. Importance de la culture	5
3.1. Dans le monde	5
3.2. En Algérie	6

#### Chapitre II. Description de la culture

1. Caractéristique morphologiques	9
2. Cycle biologique de la culture	10
2.1. Période végétative	11
2.2. Période reproductrice	12
2.3. Période de formation et de maturation du grain	12
3. Besoins du blé	13

#### Chapitre III. Application des Biostimulants et des correcteurs de carence

1. Application des Biostimulants	15
2. Application des correcteurs de carences	18

### PARTIE EXPÉRIMENTALE

#### Chapitre I. Matériel et méthodes

1. Présentation du site expérimental	20
2. Conditions climatiques	20
3. Conditions édaphiques	21
4. Protocole expérimental	22
5. Matériel végétal	23
6. Itinéraires techniques suivi	24
7. Méthodologie de prélèvement et mesures effectuées	27
8. Paramètres mesurés	27
8.1 Paramètres phénologiques	27
8.2. Paramètres morphologiques	28
8.3. Paramètres physiologiques	28
8.4. Composantes du rendement	29
8.5. Rendement	30
10. Analyse statistique des données	30

#### Chapitre II. Résultats et discussion

1. Paramètres phénologiques	31
2. Paramètre d'adaptation	33
3. Paramètres physiologiques	39

4. Paramètre de production .....	40
5. Rendement .....	46
6. Maladies et verse .....	48
7. Analyses des corrélations .....	48

**CONCLUSION**

**Références bibliographiques**

**Annexe**

## « Effet des biostimulants foliaires et les correcteurs de carence sur le comportement de quelques variétés du blé dur (*Triticum durum* Desf) »

### Résumé

Sous le régime climatique semi-aride et en conditions de culture contrôlées, nous avons mis en évidence le potentiel de production de trois variétés de blé dur (*Triticum durum* L. Desf). Le biostimulant « Fertileader » ainsi qu'un correcteur de carence « Ksc Mix » ont été appliqués à des stades spécifiques de croissance des plantes de notre essai. Ces dernières ont une composition respective " macronutriments, acide humique, acide fulviques, extraits d'algues, des acides aminés et les oligo-éléments". Afin de déterminer la performance et l'adaptation aux conditions de stress climatique, notre étude est basée sur plusieurs paramètres phénologiques, morphologiques et agronomiques pour estimer l'amélioration des rendements des cultures et de la qualité et de la quantité du blé dur récolté. Une amélioration de la croissance végétale et une augmentation du rendement ont été observées avec les produits appliqués. Les plantes traitées avec le correcteur de carence ont montré une augmentation de 13% du PMG, les biostimulants ont donné des augmentations significatives de rendement et un plus grand nombre de grain par épi. Le rendement économique (rendement en grain) a été amélioré jusqu'à 44%.

**Mots clé :** Blé dur, biostimulants, oligo-élément, adaptation, productivité.

" تأثير المنشطات الحيوية للأوراق ومصححات النقص على سلوك بعض أصناف القمح الصلب "

### ملخص

ظل النظام المناخي شبه القاحل  
حيوي "Fertileader"  
حيث يكون كل منهما " الكبيرة، وحمض الهيوميك، وحمض الفوليك،  
الأمينية دقيقة" من أجل تحديد الأداء والتكيف مع تحمّل تغيرات المناخ. .  
على العديد من المعايير الفينولوجية المورفولوجية والزراعية لتقدير التحسن في المحاصيل ونوعية  
لوحظ تحسن نمو النبات وزيادة الإ . أظهرت النباتات المع  
وكمية القمح ال  
بمصحح النقص زيادة بنسبة 13  
أظهرت المنشطات الحيوية زيادات كبيرة في الإ  
44 ( )

**الكلمات المفتاح:** قمح صلب، محفزات حيوية، عنصر الدقيقة، تكيف، إنتاجية.

## « Effect of leaf biostimulants and deficiency correctors on the behavior of some varieties of durum wheat »

### Summary

Under the semi-arid climatic regime and under controlled cultivation conditions, we have highlighted the production potential of three varieties of durum wheat (*Triticum durum* L. Desf). Biostimulant "Fertileader" as well as a deficiency corrector "Ksc Mix" were used at specific stages of durum wheat growth. They have a respective composition "macronutrients, humic acid, fulvic acid, algae extracts, amino acids and trace elements". In order to determine the performance and adaptation to climatic stress conditions, our study is based on several phenological, morphological and agronomic parameters to estimate the improvement in crop yields and the quality and quantity of durum wheat harvested. Improved plant growth and increased yield were observed with the applied products. Plants treated with the deficiency corrector showed a 13% increase in PMG, biostimulants gave significant increases in yield and a greater number of grain per ear. The economic yield (grain yield) has been improved by up to 44%.

**Key words :** Durum wheat, biostimulants, Oglio element, adaptation, productivity.

## Liste des abréviations

**ANOVA** : Analyse de la variance  
**CE** : Conductivité électrique  
**CIC** : Conseil International des Céréales  
**CM** : Carré moyen  
**CNIS** : Centre National de l'Information et des Statistiques des Douanes  
**CV**: Coefficient de variation  
**DC** : Diamètre du col de l'épi  
**DDL**: Degré de liberté  
**DS**: Dose de semis  
**DT** : Diamètre de la tige  
**ET**: Écart type  
**F**: Test de Fisher  
**FAO**: Food and agricultural Organisation  
**H**: Humidité  
**HP**: Hauteur de la plante  
**IR**: Indice de récolte  
**LB**: Longueur des barbes  
**DC**: Diamètre de col de l'épi  
**LE**: Longueur de l'épi  
**MF**: Matière fraîche  
**mmohs**: Millimohs  
**MS**: Matière sèche  
**MSR**: Matière sèche des racines  
**MST**: Matière sèche des tige  
**NE**: Nombre d'épis par mètre carré  
**NET**: Nombre total des épillets  
**NGE**: Nombre de grains par épi  
**Ni** : Nickel  
**NP**: Nombre de pieds  
**ns** : Non significative  
**NT**: Nombre de tiges herbacées  
**PMG**: Poids de mille grains  
**ppm**: Partie par million  
**PROBA** : Probabilité  
**r**: Coefficient de corrélation  
**RB**: Rendement biologique  
**Rdt**: Rendement  
**RP**: Rendement en paille  
**RR**: Rendement réel  
**RT**: Rendement calculé théorique  
**s**: Significative  
**SAU**: Surface Agricole utile  
**SF**: Surface foliaire  
**TCV**: Température du couvert végétale  
**THS** : Très Hautement Significative

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Phylogénie de blé .....	4
<b>Figure 02</b> : Production céréalière, utilisation et stocks .....	5
<b>Figure 03</b> : Moyennes des rendements des céréales, légumes secs et fourrages entre 2000-2009 et 2010-2017 .....	7
<b>Figure 04</b> : Les pays fournisseurs de l'Algérie en céréales .....	8
<b>Figure 05</b> : Blé en coupe longitudinale et vu de l'extérieur .....	10
<b>Figure 06</b> : Cycle de développement du blé .....	10
<b>Figure 07</b> : Schématisation de la mise en place des réponses de défense de la plante .....	17
<b>Figure 08</b> : Localisation du site de notre essai .....	20
<b>Figure 09</b> : Variation mensuelle des températures minimales, maximales pluviomètres .....	21
<b>Figure 10</b> : Prélèvement des échantillons du sol .....	21
<b>Figure 11</b> : Aperçu du dispositif expérimental .....	23
<b>Figure 12</b> : Préparation du Biostimulant « FERTILEADER START » .....	25
<b>Figure 13</b> : Application du biostimulant « FERTILEADER VITAL » .....	26
<b>Figure 14</b> : Emplacement des placettes au niveau de la parcelle élémentaire .....	27
<b>Figure 15</b> : Thermomètre infrarouge .....	29
<b>Figure 16</b> : Variation montrant la durée de phases épiaison des variétés étudiées .....	32
<b>Figure 17</b> : Variation montrant la durée de phases floraison des variétés étudiées .....	33
<b>Figure 18</b> : Variation montrant la surface foliaire de la feuille étendard .....	33
<b>Figure 19</b> : Variation montrant la hauteur de la plante .....	35
<b>Figure 20</b> : Variation montrant la longueur de l'épi sans barbe .....	36
<b>Figure 21</b> : Variation montrant la longueur des barbes .....	37
<b>Figure 22</b> : Variation montrant le diamètre de la tige .....	37
<b>Figure 23</b> : Variation montrant le diamètre du col de l'épi .....	38
<b>Figure 24</b> : Variation montrant la température du couvert végétal .....	39
<b>Figure 25</b> : Variation montrant le nombre de pieds levés par mètre carré .....	41
<b>Figure 26</b> : Variation montrant le nombre de tiges herbacées par mètre carré .....	42
<b>Figure 27</b> : Variation montrant le nombre d'épis par mètre carré .....	43
<b>Figure 28</b> : Variation montrant le nombre total d'épillets par épi .....	44
<b>Figure 29</b> : Variation montrant le nombre de grains par épi .....	45
<b>Figure 30</b> : Variation montrant le poids de mille grains .....	46
<b>Figure 31</b> : Variation montrant le rendement biologique .....	47
<b>Figure 32</b> : Variation montrant le rendement réel en grains .....	48

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : Sommes des températures pour les différentes phases du développement du blé .....	<b>14</b>
<b>Tableau 02</b> : Les éléments essentiels des plantes supérieures .....	<b>18</b>
<b>Tableau 03</b> : Répartition mensuelle des pluies.....	<b>20</b>
<b>Tableau 04</b> : Résultats physico-chimiques des analyses du sol.....	<b>22</b>
<b>Tableau 05</b> : Caractéristiques des variétés étudiées .....	<b>24</b>
<b>Tableau 06</b> : Composition chimique des « Biostimulants » .....	<b>26</b>
<b>Tableau 07</b> : Composition chimique de « ksc mix oligo-éléments » .....	<b>26</b>
<b>Tableau 08</b> : Dates de réalisation des principaux stades des variétés étudiées .....	<b>31</b>
<b>Tableau 09</b> : Durée des principales phases du cycle de développement des variétés étudiées .....	<b>31</b>
<b>Tableau 10</b> : Corrélations entre les paramètres étudiés .....	<b>49</b>

## **Remerciements**

*Avant tout, nos remerciements ALLAH tout puissant de nos avoir donné la force, la patience et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*On tient à exprimer nos plus vifs remerciements à notre promoteur **Mr. Ould Kiar Redha**, pour sa patience et ses orientations. Qu'il trouve ici l'expression de notre profond respect.*

*Nos remerciements et notre gratitude vont au **Pr Bentabet A.** pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider le jury et à **Dr. Fellahi Zine Elabidine** pour avoir accepté de faire part de jury.*

*Toute notre reconnaissance à **Mr. LAABACHI Bachir** gérant de l'exploitation, pour avoir mis à notre disposition tous les moyens qui nous ont permis de mener à bien nos essais et tous les personnels de la ferme.*

*À nos enseignants : **Dr. Mamri K., Dr Nacri, Dr. Guissous M., Dr. Mekhalfi H., Pr Djenidi R. et Pr Bahlouli F.** ainsi que le personnel du département SNV trouve ici nos sincères remerciements.*

*Sans oublier **Mr Hammouche Djamel** notre directeur régional pour ces encouragements et ses orientations pendant tout la durée de la formation, ainsi que nos collègue **ATC** de la zone Centre-Est et le Chef produit **Mr Teffahi M.A.***

*nos remercie également du fond du cœur pour nos amis et nos collègues : **Nedjmedinne, Oussama, Yousef, Mouhammed Belaggoun, Madjda, Aya, Mouloud, Thabet, Salah, Bourouh L, Siouda, Zamite, Mouadadi, Lamri, khoudour, Mahmoudi, Houssam** et toute la promo **2008-2013** de l'université M'sila et nos collègues de **Master 02** promo **2019-2020** qui ont toujours été présents avec nos, pour leurs soutien constant et leur sympathie.*

*Enfin on remercie tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, directement ou indirectement à réaliser ce travail ....*

**RAGOUB & AISSI (2020)**

## *Dédicace :*

*Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et de bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire*

*" Ya Kayoum "*

*---O-----O---*

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie à mes chers parents qu'ils trouvent le témoignage pour les sacrifices et les encouragements qu'ils m'ont consenti et pour leur amour*

### *A MA TRÈS CHÈRE ÉPOUSE BOUCHRA*

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon amour et mon attachement à toi Depuis que je t'ai connu, tu n'as cessé de me soutenir et de m'épauler Tu me voulais toujours le meilleur*

*Ton amour ne m'a procurée que confiance et stabilité.*

*Tu as partagé avec moi les meilleurs moments de ma vie, aux moments les plus difficiles de ma vie, tu étais toujours à mes cotés*

*Je te remercie de ne m'avoir jamais déçu*

*Aucun mot ne pourrait exprimer ma gratitude, mon amour et mon respect*

*Je remercie le bon dieu qui Aa croisé nos chemin*

*Puisse ALLAH nous procure santé et longue vie*

*Sans oublie mes beau parents*

*A mes enfants AYHEM et ISHAK adorés pour l'espoir que vous gravez de jour en jour dans mon cœur*

*A mes adorables sœurs RIMA et CHAIMA*

*A mes frères WAHID et ABDERRAHMAN*

*A mes frères YOUNES, ABDELRAHIM*

*Ma sœurs ISMAT*

*À tous ma grande famille mes cousins et mes cousines et mon oncle.*

*A mes amies*

*A tous ceux qui me sont chères A tous ceux qui m'aiment.*

*A tous ceux que j'aime*

*Je dédie ce travail*

# Dédicace

*Je dédie ce travail*

*A*

*Mes Parents*

*Pour tous leurs sacrifices, leurs soutiens,  
Leurs encouragements et leurs amours qui ont été la raison de ma réussite.  
Que dieu leur présente une bonne santé et une longue vie.*

*A*

*Mes frères :*

*Ahmed, Abderrezak, Abdelhafid, Abdelbasset, Choib, Youssef  
ma chère sœur Et ma femme  
Et tous les membres de ma famille*

*A*

*Tous ceux que j'aime et qu'ils m'aiment.  
Qu'ils trouvent dans ce travail l'expression de mes sentiments les plus affectueux.*

*ABDENNOUR A*

# ***Introduction***

## **Introduction**

Les céréales et leurs dérivées constituent l'alimentation de base dans beaucoup de pays en développement, particulièrement dans les pays maghrébins. En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale, cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière (**Djermoun, 2009**). La production des céréales en Algérie présente une caractéristique fondamentale depuis l'indépendance à travers l'extrême variabilité des récoltes. Cette particularité témoigne d'une maîtrise insuffisante de cette culture et de l'indice des aléas climatiques. La production est conduite en extensif et elle est à caractère essentiellement pluvial (**Kherch et Bouchafaa, 2012**).

Les céréales d'hiver en Algérie intéressent des zones diverses, demeure un facteur limitant, et en dépit de contraintes écologiques sévères, différentes spéculations végétales et animales sont pratiquées dans ces régions. Cependant les rendements restent relativement bas par rapport aux potentialités de ces milieux, il y a lieu par conséquent de mettre en œuvre des procédés d'intensification de la production agricole pour améliorer les rendements. Généralement nos sols sont pauvres en éléments nutritifs, la fertilisation raisonnée reste à l'heure actuelle le moyen le plus efficace pour l'obtention d'une productivité optimale (**Mihoub, 2008**).

Dans l'agriculture, avec les fongicides, les herbicides et les insecticides, divers produits considérés comme des stimulants pour la croissance des plantes sont utilisés. Dans les cultures céréalières modernes, les technologies de culture devient de plus en plus important par l'utilisation des bio-stimulateurs et des régulateurs de croissance. Ce groupe relativement nouveau de produits est utilisé pour maximiser le rendement et la qualité des cultures (**Du Jardin, 2015**).

Ces produits sont également sûrs pour l'environnement et contribuent à des productions agricoles durables et à forte production. Un type de biostimulants sont des préparations à base d'acides aminés (**Nardi et al., 2016**).

Les acides aminés pour la production de biostimulants sont obtenus par synthèse chimique, protéines (p. ex., algues, maïs et soja), ainsi que des protéines animales par des produits chimiques ou Hydrolysable.

L'objectif de la présente étude est de déterminer l'effet de l'application foliaire de deux produits, un biostimulant et un correcteur de carence, sur trois (03) variétés de blé dur

(*Triticum durum* Desf) au niveau de la commune d'El-Hamadia, Willaya de Bordj Bou Arréridj, afin d'apprécier leur impact sur le rendement du blé d'hiver.

Le document est composé d'une partie bibliographique composée de trois chapitres, généralités, description générale du blé dur et biostimulants et une partie expérimentale composée d'un chapitre matériel et méthodes puis un deuxième chapitre sur les résultats obtenus avec les interprétations et les discussions.

*Partie*

*Bibliographique*

## Chapitre I : Généralités sur le blé dur

### 1. Historique et origine

Trois céréales blé, riz et maïs constituent la base alimentaire des populations du globe. Durant le développement de la civilisation Indo-Européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (**Henry et De Buyser, 2001**).

Le mot céréale dérive de 'ceres', le nom de la déesse préromaine de la récolte et de l'agriculture. Les céréales peuvent être définies comme des grains ou des graines comestibles de la famille de l'herbe, Gramineae (**McKeivith, 2004**).

La domestication du blé, liée à la naissance de l'agriculture, survient au proche orient, dans la région du croissant fertile, il y a environ 10000 ans (**Naville, 2005**). Selon **Cook et al. (1991)**, le centre d'origine géographique du blé semble être l'ouest de l'Iran, l'est de l'Irak, et le sud et l'est de la Turquie.

L'origine génétique du blé dur remonte au croisement entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une graminée sauvage du nom d'*Aegilops spelta*. Le blé dur (*Triticum durum Desf.*) appelé ainsi en raison de la dureté de son grain, possède  $2n=4x=28$  chromosomes ou bien ( $n=14$  et  $2n=28$  chromosomes) ; le génome possède 7 paires de chromosomes. D'après **Feillet (2000)**, le croisement naturel de *Triticum monococcum* (porteur du génome A)  $\times$  *Aegilops spelta* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AA BB (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticum turgidum* ssp. *dicoccum* puis vers *Triticum durum Desf.* (Blé dur cultivé) (Figure 01).

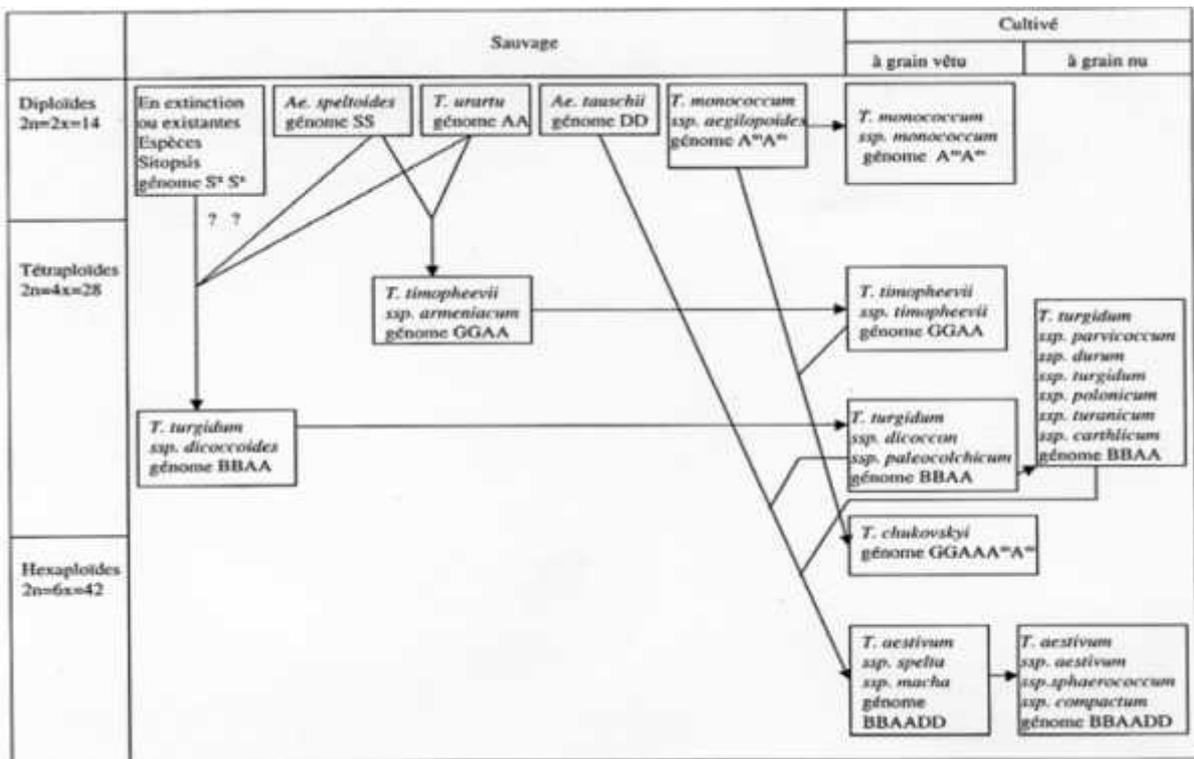


Figure 01 : Phylogénie de blé (Feldman, 2001).

## 2. Classification botanique de blé dur

Le blé est une plante herbacée, monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des graminées. Les deux espèces qui dominent aujourd'hui la production sont : le blé tendre (*Triticum aestivum* L. sub sp. *aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Plusieurs autres espèces existent, toutefois elles ne sont cultivées qu'en faibles quantités, mais se différencient par leur degré de ploïdie (blé diploïdes : génome AA ; blé tétraploïdes ; génomes AA et BB ; blé hexaploïdes : génomes AA, BB et DD) et par leur nombre de chromosomes (14, 28 ou 42) (Feillet, 2000).

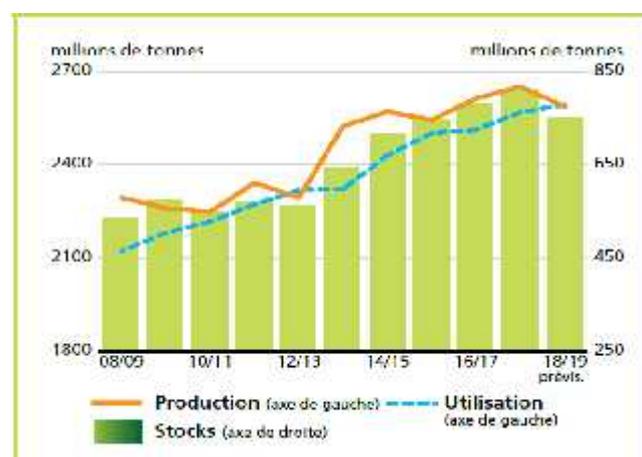
Le blé dur est une plante annuelle, monocotylédone, appartenant à la famille des Poaceae. La classification du blé dur, selon Brouillet et al., (2006) est la suivante :

Règne	<i>Plantae</i>
Sous-règne	<i>Tracheobionta</i>
Super-division	<i>Spermatophyta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsida</i>
Sous-classe	<i>Commelinidae</i>
Ordre	<i>Cyperales</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf.

### 3. Importance de la culture du blé

#### 3.1. Dans le monde

Dans le monde, la culture des céréales représente un secteur économique important. La situation de la céréaliculture est liée à l'évolution des superficies, des productions et par conséquent des rendements obtenus. La F.A.O. revoit à la hausse ses prévisions de production mondiale de céréales pour l'année 2019, à 2 708 Mt, soit plus de 2,1 % comparé à 2018 (Figure 02). Les marchés mondiaux de céréales devraient demeurer à un niveau équilibré et stable, en dépit des inquiétudes liées aux effets de la covid-19. Même si des perturbations localisées, largement attribuables à des problèmes logistiques, posent des difficultés dans les chaînes d'approvisionnement de certains marchés (F.A.O., 2020).



**Figure 02 :** Production céréalière, utilisation et stocks (C.I.C., 2018)

Selon les dernières prévisions du conseil international des céréales, la production mondiale de blé dur en 2018/19 s'élève à 38 Mt, en hausse par rapport à 2017/18. Elle progresse notamment dans certains pays exportateurs comme le Canada et les États-Unis mais aussi chez les pays importateurs du Maghreb, notamment en Algérie. La production turque, en légère baisse en 2018/19, se maintient toutefois à un niveau élevé (3,6 Mt).

En Europe, la production s'est également infléchie de 6 % à moins de 8 Mt, notamment en Italie, principal pays producteur européen mais aussi en France. La récolte française est estimée à 1,76 Mt contre 2,12 Mt en 2017. Une forte baisse due à des rendements plus faibles - à peine 50 qx/ha en moyenne en 2018, contre 57,3 qx/ha en 2017 - et des surfaces moindres : 353 000 ha en 2018 contre 370 000 ha l'année précédente. (Carpon, 2019).

Le classement de l'année 2019 des principaux premiers producteurs du blé indique que l'États-Unis est toujours en première position et la Canada en deuxième position. Suivent par Pakistan et l'Ukraine en troisième et quatrième position (F.A.O., 2020).

Les prévisions de la FAO concernant la production de céréales dans le monde en 2020 ont été révisées à la hausse (+ 9,3 millions de tonnes) ce mois-ci. Elles s'établissent désormais à près de 2 790 millions de tonnes et la production mondiale devrait dépasser de 3,0 pour cent (81,3 millions de tonnes) le record atteint en 2019. La production mondiale de blé est estimée à 761,5 millions de tonnes.

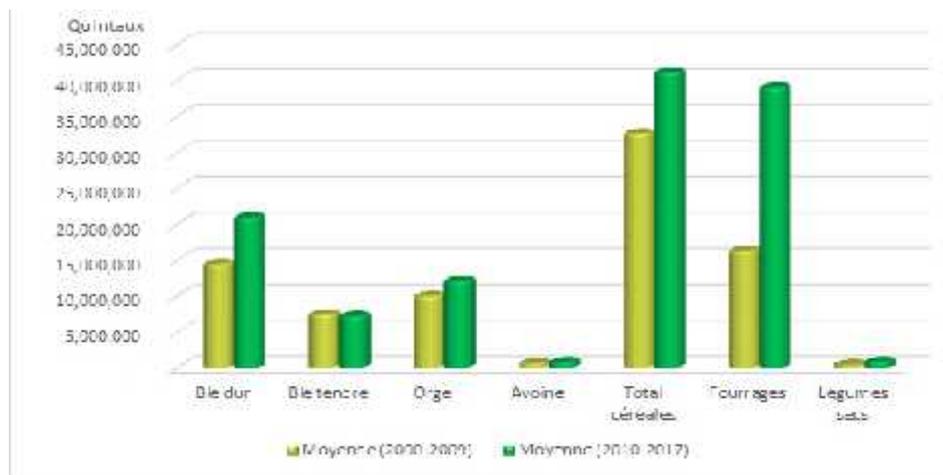
## **3.2. En Algérie**

### **3.2.1. Production céréalière**

Examinées sur une période de neuf campagnes agricoles, la production déclarée du blé sont indiquées en figure 03 (F.A.O., 2020).

La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) emblavée du pays. La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparaît donc comme une spéculation dominante (Djermoun, 2009). Spéculation pratiquée par la majorité des exploitations 60% de l'effectif global (R.G.A., 2001), associé à la jachère dans la majorité des exploitations. Spéculation présente dans tous les étages bioclimatiques y compris dans les zones sahariennes.

Durant les deux périodes 2000-2009 et 2010-2017, la superficie des céréales occupe en moyenne annuelle 40% de la SAU, la superficie ensemencée en céréales durant la décennie 2000-2009 est évaluée à 3.2 Million hectare, desquelles, le blé dur et l'orge occupent la majeure partie de cette superficie avec 74% de la sole céréalière totale. Durant la période 2010-2017, cette superficie a atteint en moyenne 3.3 million hectare, en évolution de 6% par rapport à la période précédente (2000-2009) (Figure 03).



**Figure 03 :** Moyennes des rendements des céréales, légumes secs et fourrages entre 2000-2009 et 2010-2017 (M.A.D.R., 2020).

Le blé dur est semé sur une étendue moyenne de 1.2 millions d'hectares, et sa production représente 45% de la production totale des céréales. L'orge et le blé tendre suivent avec une participation de 28% et 24% respectivement (Fellahi et al., 2013).

En matière d'emploi, plus de 500 000 emplois permanents et saisonniers sont procurés par le système céréalier (M.A.D.R., 2020).

### 3.2.2. Consommation

Selon l'APS (2018) la consommation nationale par habitant et par an se situe autour de 251 kg et par an, la céréaliculture algérienne est structurellement inapte à satisfaire une demande de plus en plus importante. Cette insuffisance est provoquée par l'effet d'une pression démographique galopante et d'une faible productivité agricole, le plus souvent mise sur le compte des aléas climatiques (Chabane, 2010). En effet la demande en blé a été multipliée par 5 depuis l'indépendance et le déficit chronique entre offre et demande ne cesse de croître. Cette situation fait de l'Algérie un des plus gros importateurs mondiaux de céréales, au même titre que l'Europe, le Brésil et l'Égypte (O.N.F.A.A., 2016).

### 3.2.3. Importations

Selon les données du Centre National de l'Information et des Statistiques des Douanes (CNIS), les quantités importées des céréales (blés, orge et maïs) par l'Algérie ont enregistré une baisse de 3,3% pour l'année 2016 (soit 13,22 million de tonnes) par rapport à l'année 2015 (soit 13,67 millions de tonnes). Quant à la valeur des importations, cette dernière a baissé à 2,7 milliards de dollars en 2016 contre 3,43 milliards de dollars en 2015 (soit 20,9%). Il est à souligner que la production nationale en 2015-2016 est de 34 millions de quintaux.

Le total des importations du blé dur, en 2016 a atteint 1,79 millions de tonnes (soit 549,2 millions USD), avec une augmentation de 1,8 % en quantité et une diminution de 29,8 % en valeur par rapport à 2015. En blé tendre, le total des importations a atteint 6,4 millions de tonnes en 2016 (soit 1240 millions UDS), soit une diminution de 4,6 % en quantité et 23% en valeur par rapport à 2015 (C.N.I.S., 2016).

En blé dur, le principal fournisseur de l'Algérie ces deux dernières années est le Canada avec 1 082 687 tonnes en 2016 contre 770 230 tonnes en 2015. Suivi par le Mexique soit 556 538 t en 2016 contre 598 443 t en 2015 (soit une diminution de 7%).

La France est le premier ainsi que le principal fournisseur de l'Algérie en blé tendre avec 3,8 millions de tonnes en 2016 et 3,9 en 2015, suivi de l'Allemagne (558 261 tonnes en 2016 et 975 787 tonnes en 2015).

L'Algérie est déficitaire plus spécialement en blé tendre (Figure 04), ce dernier représente 49% des importations en quantité et 46% en valeur.

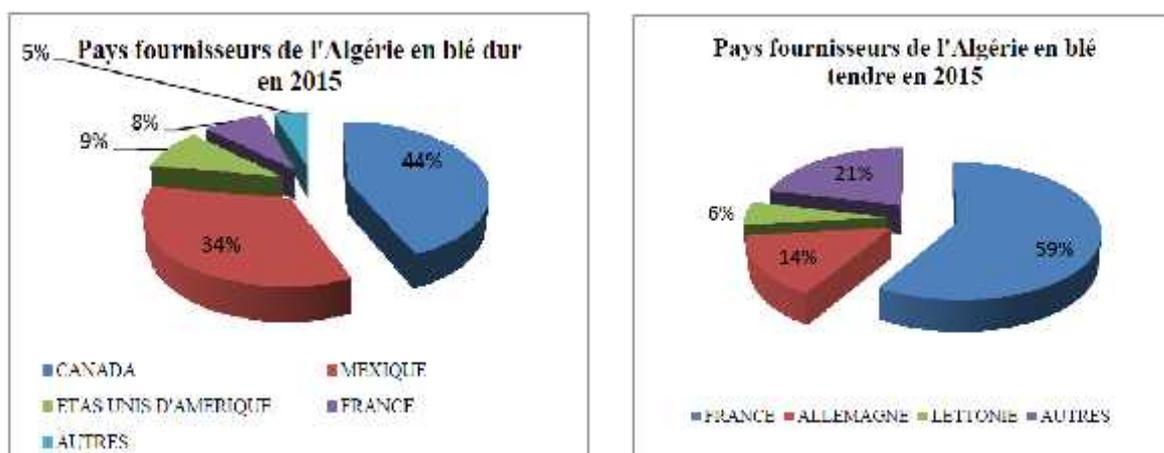


Figure 04 : Les pays fournisseurs de l'Algérie en céréales (O.N.F.A.A., 2016).

## Chapitre II : Description générale du blé dur

Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (Bozzini, 1998). L'utilisation et la généralisation des variétés naines a pris un certain temps. Aux états unis, il a fallu 30 ans de sensibilisation pour que 80 % des soles réservées au blé soient cultivées de variétés demies naines (Pardey, 2011). Toutefois, Mi et al. (2000) ont rapporté que la hauteur de paille de la culture du blé a une forte et positive corrélation avec le contenu des grains en protéines.

## 1. Caractéristiques morphologiques

### 1.1. Système racinaire

D'après **Moule(1980)**, toute céréale dispose au cours de son développement de deux systèmes racinaires successifs :

\* le système racinaire primaire ou séminale, fonctionnel de la levée au début tallage ce système est constitué d'une racine principale et de deux paires de racines latérales.

\* le système de racines secondaires ou de tallage, apparaissant au moment où la plante émet ces talles, il est de type fasciculé et assez développée.

### 1.2. Système aérien

Il est formé d'un certain nombre d'unités biologiques ou talles partant d'une zone située à la base de la plante : le plateau de tallage (**Moule, 1980**).

La tige ou chaume, dont les entre-nœuds ne s'allongent qu'à la montaison, porte des feuilles engainantes à nervures parallèles (**Soltner, 1980**). Les feuilles sont alternes. Chaque feuille comporte deux parties : une portion inférieure enveloppant l'entre-nœud correspond à la gaine et une portion supérieure c'est le limbe.

Selon **Soltner (1980)**, l'inflorescence en épi est composée d'épillets. Le rachis, ou axe de l'épi, porte 15 à 25 épillets constitués chacun de trois à quatre fleurs.

Les fruits de toutes les céréales sont des caryopses, ou fruits secs indéhiscents dont les parois sont soudées à celle de la graine (**Soltner, 1980**).

La coupe du grain fait apparaître trois parties :

- *les enveloppes* : représentent environ 15 pour cent du poids du grain.

- *le germe* : représente 1,4 pour cent du poids du grain.

- *l'albumen* : représente 83 à 85 pour cent du poids du grain. Il est composé de 70 pour cent d'amidon et 7 pour cent de gluten (Figure 05).

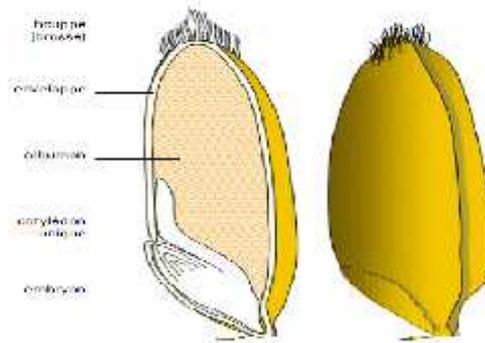


Figure 05 : Blé en coupe longitudinale et vu de l'extérieur (Alain, 2009).

## 2. Cycle biologique de la culture

Le cycle végétatif est subdivisé en trois grandes périodes : Période végétative, reproductrice et période de formation et de maturation du grain (Figure 06).

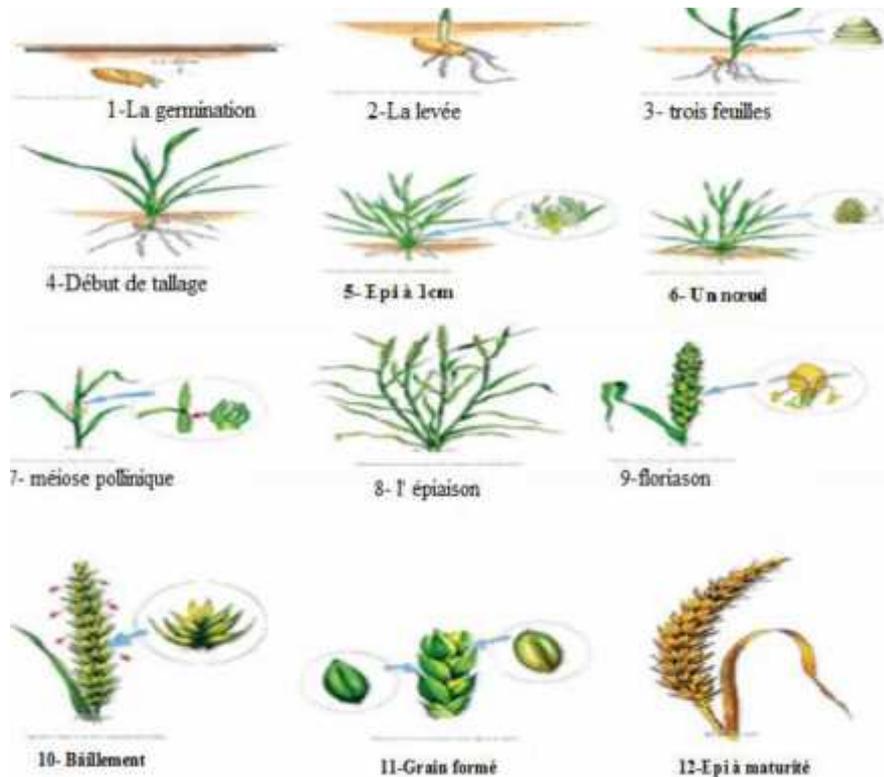


Figure 06 : Cycle de développement du blé (Belaid, 1996).

## 2.1. Période végétative

C'est au cours de la période végétative que la plante produit des feuilles et des racines. Cette phase végétative s'étend de la germination à l'ébauche de l'épi (**Bozzini, 1988**).

### 2.1.1. Stade germination-levée

Au début de la germination, la semence du blé est sèche. Après humidification, il sort une radicule (première petite racine) puis une coléoptile. Une première feuille paraît au sommet de la coléoptile. Lorsque ce dernier a dépassé le niveau du sol, la première feuille perce son sommet et sort par le pôle apicale (**I.T.C.F., 2002**).

### 2.1.2. Stade 3 à 4 feuilles

Le stade « 3-4 feuilles » est une phase repère pour le développement du blé. Les bourgeons se forment à l'aisselle des feuilles et donnent des pousses -ou talles. Chaque talle primaire donne des talles secondaires. Apparaissent alors, à partir de la base du plateau de tallage, des racines secondaires ou adventives, qui seront à l'origine de l'augmentation du nombre d'épis. Le blé pendant cette période est particulièrement sensible à une chute brutale de la température, qui peut détruire partiellement ou totalement les feuilles (**I.T.C.F., 2002**).

### 2.1.3. Stade de tallage

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. Le début du tallage est marqué par l'apparition de l'extrémité de la première feuille de la talle latérale primaire puis d'autres talles naissent successivement à l'aisselle de la deuxième et la troisième feuille de la tige centrale, l'ensemble restant court noué, formant un plateau de tallage situé juste au niveau du sol. Le tallage commence à la fin de l'hiver et se poursuit jusqu'à la reprise du printemps. **Meziani (1987)** note que le tallage est un mode de ramification propre aux graminées, c'est un caractère variétal. Au stade 3 à 4 feuilles, une nouvelle tige, c'est la talle primaire, qui émerge à l'aisselle de la feuille la plus âgée. L'émergence de la première talle, hors de la gaine de la première feuille, constitue le repère du stade début tallage (**I.T.C.F., 2002**). Ces talles primaires peuvent ensuite émettre des talles secondaires, lesquelles à leur tour émettent des talles tertiaires (**Belaid, 1996 ; Gate, 1995**). Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds (**Gate, 1995**).

## **2.2. Période reproductrice**

Durant cette période, le tallage et l'élongation des entre-nœuds commencent. Cette période est caractérisée par le passage du bourgeon terminal ou l'apex à l'état d'ébauche d'inflorescence (Soltner, 1980). Elle comprend les phases suivantes :

### **2.2.1. Montaison**

Au sommet du bourgeon terminal se produit le début du développement de l'épi. Parallèlement, on assiste à l'allongement très rapide des entre-nœuds d'un certain nombre de talles herbacées tandis que sur le dernier nœud s'élève l'épi (Belaid, 1996).

### **2.2.2. Gonflement**

On peut repérer ce stade facilement par un gonflement que provoque l'épi, qui s'apprête à émerger de la gaine des dernières feuilles (Belaid, 1996).

### **2.2.3. Épiaison**

Lorsque la gaine éclatée par le gonflement, laisse entrevoir l'épi qui s'en dégage peu à peu. C'est le moment où apparaissent les extrémités des barbes à la base de la ligule de la dernière feuille. À ce stade, le nombre total d'épis est défini, de même que le nombre total de fleurs par épi (Youcef, 2009).

### **2.2.4. Floraison**

La floraison s'observe à partir du moment où quelques étamines sont visibles dans le tiers moyen de l'épi, en dehors des glumelles. Quand les anthères apparaissent elles sont jaunes, après exposition au soleil elles deviennent blanches. Selon Hoggas (2008), la floraison chez le blé a lieu entre 4 à 15 jours après épiaison selon les conditions climatiques et surtout la température.

## **2.3. Période de formation et de maturation du grain**

Concerne les stades de grossissement des grains puis de maturation de ces grains.

### **2.3.1. Stade grossissement du grain**

Ce stade marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Au début, le grain s'organise, les cellules se multiplient. Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de trois quarts de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors

que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement. 10 % à 15 % de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison (**Boulelouah, 2002**).

À l'issue de cette phase, 40 à 50 % des réserves se sont accumulées dans le grain, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore vert et mou, c'est le stade «grain laiteux».

### 2.3.2. Stade maturation du grain

Le stade de maturation succède au stade pâteux (45 % d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades (**Gate, 1995**). Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient et passera progressivement aux stades «rayable à l'angle» (20 % d'humidité) puis, «cassant sous la dent» (15-16 % d'humidité). La maturation dure en moyenne 45 jours, les grains vont progressivement se remplir et passer par différents stades :

**a. Stade laiteux :** le grain contient encore 50% d'humidité et le stockage des protéines touche à sa fin.

**b. Stade pâteux :** au cours duquel la teneur en amidon augmente et le taux d'humidité diminue, les réserves durant cette phase migrent depuis les parties vertes jusqu'aux grains. Quand le blé est mur le végétal est sec et les grains des épis sont chargés de réserves ;

**c. Stade maturité complète :** Le grain mur est brillant, dur, et présente une couleur jaune. À maturité complète la teneur en humidité atteint environ 20%, le grain a la couleur typique de la variété (**Youcef, 2009**).

## 3. Besoins du blé

### 3.1. Température

Le zéro de végétation du blé dur est de 0°C, mais pratiquement, la température optimale varie de 20 à 22 °C, jusqu'à un maximum de 35 °C (**Eliard, 1974 ; Boyldieu, 1982**).

Selon **Vilain (1987)**, le blé dur requiert une certaine somme de températures pour la réalisation des différentes phases physiologiques. Dans le Tableau 01 sont consignées les sommes des températures nécessaires pour la réalisation des différentes phases de développement.

**Tableau 01** : Sommes des températures pour les différentes phases du développement du blé.

Phases	Sommes des températures (°C)
Semis-Levée	150
Levée-Fin tallage	500
Montaison-Floraison	850
Floraison-Maturité	850
Semis-Maturité	2350

Source (Vilain, 1987)

Le stress thermique durant la phase remplissage du grain fait diminuer le poids des grains et par conséquent le rendement et la production de farine (Guedira et al., 2002).

### 3.2. Éclairement (Lumière)

Certains stades physiologiques tels que l'épiaison sont conditionnés par le photopériodisme. Le blé dur est une culture de pleine lumière et à jours longs (Dekar, 1993). Soltner (1998) souligne qu'une certaine durée du jour (photopériode) est nécessaire pour la réalisation du stade B précédant la montaison et que l'intensité lumineuse ainsi que l'aération agissent sur l'importance de la photosynthèse. Pour une même variété de blé dur la durée de la période végétative est dépendante de la photopériode. En jours longs, les variétés de printemps ont une période végétative réduite (Moule, 1980).

Les densités de semis pratiquées engendrent une compétition pour la lumière au sein du peuplement végétal. Les effets de cette compétition sont inéluctables quand la culture amorce la phase montaison (Gate, 1997).

### 3.3. Humidité (Eau)

Un sol trop sec ou trop humide est néfaste à la germination, de plus l'excès d'humidité entrave l'installation du système racinaire en profondeur. Au cours de la montaison et jusqu'à la floraison, les besoins en eau de la culture sont considérables, jusqu'à 180 mm (entre Mars et Mai). Après la floraison, le blé dur devient résistant à la sécheresse comme aux fortes températures (Moule, 1980). Les besoins en eau de la culture du blé varient selon le stade (Arvalis, 2000 ; Bonnefoy et Moynier, 2014). La répartition de la consommation en eau :

)] durant la phase (épis 1 cm - 2 nœuds), d'une durée de 20 à 25 jours, elle est de 60 mm.

)] durant la phase (2 nœuds-floraison), d'une durée de 30 à 40 jours, de 160 mm.

)] durant la phase (floraison- laiteux), d'une durée de 20 à 25 jours, de 140 mm.

)] durant la phase (grain laiteux- maturité), d'une durée de 15 à 20 jours, de 90 mm.

### 3.4. Sol

D'après **Soltner (1980)**, trois caractéristiques font la bonne « terre à blé » :

- Une texture fine, Limono-Argileuse, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact et partant une bonne nutrition.
- Une structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver. Le blé n'y souffrira pas d'asphyxie.
- Une bonne profondeur et une richesse suffisante en colloïdes argile et humus, capable d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux forts rendements.

Les sols du type argilo-calcaire ou limoneuse à limono-argileux conviennent bien aux racines fasciculées du blé en assurant une grande surface de contact (**Soltner, 2000**). Cependant, les sols à texture légère et acides, sont déconseillés pour le blé dur (**Novak et al., 2006**). Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds. On évitera les sols contenant de fortes teneurs en sodium, magnésium ou fer (**Doorenbos et Kassam, 1979**). Le blé dur est sensible au calcaire et à la salinité. Un pH de 6,5 à 7,5 semble approprié puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote (**Soltner, 1988**). Le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, la croissance biologique et la production en grain (**Ben Naceur et al., 2001**).

## Chapitre III : Biostimulants - Correcteurs de carences

### 1. Application des biostimulants

Dans la littérature scientifique, le mot biostimulant a été utilisé pour la première fois par **Kauffman et al. (2007)**. Depuis, des réflexions ont été menées pour mieux définir ce nouveau concept polysémique, qui cible la plante, le sol et/ou les matières fertilisantes et les supports de culture pour favoriser la croissance et le développement des plantes. Selon **Ebic (2014)** : « Les biostimulants contiennent des substances ou des microorganismes qui ont pour fonction de stimuler les processus naturels pour accroître l'absorption et l'efficacité des nutriments, la tolérance aux stress abiotiques et la qualité des récoltes lorsqu'ils sont appliqués aux plantes ou à la rhizosphère (racines), indépendamment du contenu en nutriments du biostimulant ».

Afin d'intégrer divers aspects tels que l'origine naturelle des produits sources, la complexité du mélange des constituants dans le produit fini, la non connaissance des principes actifs et la possibilité d'effets synergiques non connus entre les constituants, **Yakhin et al.**

(2017) proposent la nouvelle définition suivante : « Un Biostimulant est un produit d'origine biologique qui améliore la productivité des plantes consécutive à des propriétés émergentes provoquées par les complexes de constituants, et non comme seule conséquence de la présence de nutriments essentiels, de régulateurs de croissance des plantes ou de composés protecteurs des plantes, connus ».

### 1.1. Classification

Les auteurs classent les biostimulants en fonction de divers critères tels que l'origine et la nature des ressources utilisées pour leur fabrication, leur fonction, leur utilisation ou type d'effets observés. On retrouve une classification allant de neuf groupes de matières premières décrits par **Ikrina et al. (2004)** à 5 groupes décrits par **Torre et al. (2016)** qui sont pour ce dernier : les substances humiques, les extraits d'algues, les hydrolysats de protéines et acides aminés, les sels inorganiques et les micro-organismes (bactéries et champignons bénéfiques). Selon les travaux de différents auteurs (**Yakhin et al., 2017**), on retrouve par exemple les substances humiques décrites comme des amendements de sols pour la santé des plantes, tandis que les **P.G.P.R. (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)** sont classés comme des biofertilisants, phyto-stimulants et bio-pesticides.

Du **Jardin et al. (2015)** considèrent les biofertilisants comme une sous-catégorie de biostimulants. Les extraits d'algues et les micro-organismes sont considérés par d'autres auteurs comme des bio-fertilisants.

### 1.2. Composition

La composition des biostimulants et biofertilisants dépend largement des ressources naturelles utilisées (espèces, tissus, conditions de développement) (**Yakhin et al., 2017 ; Du Jardin et al., 2015**). On y retrouve les métabolites primaires : acides aminés, sucres, nucléotides et lipides ; et les métabolites secondaires formés à partir des différents processus du métabolite primaire. La complexité de la composition se traduit par le fait que l'on a un mélange des différents groupes chimiques tels que des hormones de plantes ou des substances agissant comme des hormones, des acides aminés, bêtaïnes, peptides, protéines plus des sucres (carbohydrates oligo-poly-saccharides), amino polysaccharides, des lipides, vitamines, nucléotides ou nucléosides et des substances humiques (acides humiques et fulviques), éléments bénéfiques, composés phénoliques, stéroïdes, etc.

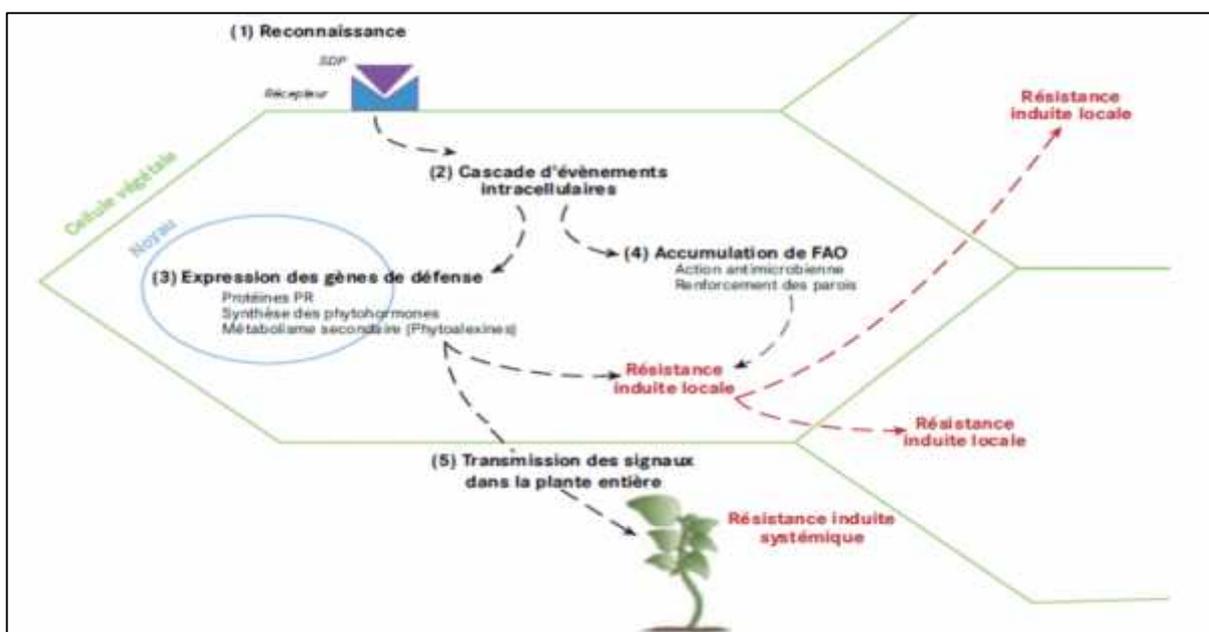
### 1.3. Modes et mécanismes d'actions

Ainsi, la composition chimique des biostimulants et biofertilisants est complexe et les principes actifs méconnus. Cependant, les connaissances sur les modes d'actions et

mécanismes évoluent rapidement en raison de l'augmentation des travaux scientifiques dans ce domaine au cours de ces dernières années. D'après les études bibliographiques recensées par **Yakhin et al. (2017)** et **Faessel et al. (2014)**, les principaux modes d'actions des biostimulants sont la stimulation de la germination, de la croissance racinaire, de la mise en place et de la croissance des plantes, de la photosynthèse, de l'absorption des nutriments du sol de la résistance au stress biotique, du métabolisme de N et P du sol, de l'activité microbienne des sols, la réduction ou l'amélioration des effets négatifs des facteurs de stress abiotiques.

Les mécanismes impliqués dans la mise en place d'une résistance induite porteraient sur 5 étapes clés que sont :

- 1- la reconnaissance des principes actifs sur des récepteurs spécifiques permettant la pénétration des molécules actives dans les cellules et tissus ;
- 2- la translocation et la transformation dans les plantes ;
- 3- l'expression de gènes de défense, de signaux et de régulation du statut hormonal ; permettant une résistance locale induite ;
- 4- l'activation du processus métabolique ;
- 5- la transmission de signaux et l'intégration de la résistance induite à la plante entière (Figure 07).



**Figure 07** : Schématisation de la mise en place des réponses de défense de la plante suite à la reconnaissance d'un éliciteur (**Faessel et al., 2014**).

## 2. Application des correcteurs de carences

Les oligo-éléments existent en quantités relativement faibles dans les végétaux, qui en ont un besoin limité. Par exemple, une récolte de dix tonnes de céréales (5 tonnes de grains plus 5 tonnes de paille) peut contenir quelques 100 kg du macroélément azote (N), par contre, sa teneur en oligo-élément zinc (Zn) excède rarement 250 g, soit 400 fois moins. Bien que la teneur des végétaux en oligo-éléments soit minime, ceux-ci doivent tous s'y trouver en quantités suffisantes pour que la croissance et les rendements soient optimaux (**Katyal et Randhawa, 1986**). Ils sont au nombre de huit le chlore, le bore, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre, le nickel et le molybdène (Tableau 02).

**Tableau 02** : Les éléments essentiels des plantes supérieures ; estimation des concentrations optimales permettant une croissance normale (**Hopkins, 2003**).

Élément	Forme disponible	concentration dans la matière sèche (mole/kg)
<b>Macroéléments</b>		
Hydrogène (H <sup>+</sup> )	H <sub>2</sub> O	60000
Carbone (C)	CO <sub>2</sub>	40000
Oxygène (O)	O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	30000
Azote (N)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1000
Potassium (K)	K <sup>+</sup>	250
calcium (Ca)	Ca <sup>2+</sup>	125
Magnésium (Mg)	Mg <sup>2+</sup>	80
Phosphore (P)	HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup> , HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	60
Soufre (S)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	30
<b>Microéléments</b>		
Chlore (Cl)	Cl <sup>-</sup>	3
Bore (B)	BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	2
Fer (Fe)	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	2
manganèse (Mn)	Mn <sup>2+</sup>	1
Zinc (Zn)	Zn <sup>2+</sup>	0,3
Cuivre (Cu)	Cu <sup>2+</sup>	0,1
Nickel (Ni)	Ni <sup>2+</sup>	0,005
Molybdène (Mo)	MO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0,001

Derrière les trois éléments majeurs (N, P et K) mobilisés à hauteur de quelques dizaines à centaines de kilos par hectare, le blé a besoin d'autres éléments nutritifs pour assurer son développement et sa croissance. Les oligo-éléments (cuivre, manganèse, fer, ...) sont certes puisés en moindre quantité dans le sol, mais leur limitation peut aller jusqu'à la perte de pied dans le cas d'une carence en manganèse par exemple (**ARVALIS, 2004**).

Les carences vraies en oligo-éléments (par manque de l'élément dans le sol) sont observées sur des sols sableux développées sur des roches mères pauvres (grès, granite riche

en quartz, sables sédimentaires). Plus fréquentes, les carences induites sont favorisées par une teneur en phosphore élevée dans le sol et touchent plutôt les sols argilo-calcaires ou à texture légère (limons sableux, limons caillouteux, ...), à pH élevé (supérieur à 6,5-7). Attention donc au sur chaulage. Pour ces deux types de sol, une teneur en matière organique (MO) élevée augmente le risque de carence en cuivre, alors que la liaison est moins stricte pour le manganèse. **(U.N.I.F.A., 2020)**.

Ils apparaissent pendant le tallage et disparaissent après le début de la montaison. Le principal symptôme attaché cette carence reste le jaunissement internervaire des feuilles les plus âgées (situées à la base de la plante). Cela donne une ponctuation de la feuille caractéristique à contre-jour. Dans les cas graves, les feuilles âgées se nécrosent et vrillent. Cet enroulement de la feuille est aussi accompagné par des chapelets ponctuations jaunes entre les nervures **(ARVALIS, 2004)**.

Pour le cuivre, les symptômes apparaissent surtout à la sortie de l'hiver, par ronds irréguliers. Seules les jeunes feuilles sont atteintes : étranglement puis dessèchement de l'extrémité (maladie des « bouts blancs »). De nombreux épis sont stériles à la récolte. On peut observer également un tallage secondaire après moisson. **(U.N.I.F.A., 2020)**.

*Partie*

*Expérimentale*

## Chapitre I : Matériel et méthodes

### 1. Présentation du site expérimental

Notre essai a été réalisé au niveau de la commune d'El-Hamadia, Willaya de Bordj Bou Arreridj chez l'exploitation agricole LAABACHI. Cette étude a été réalisée durant la campagne agricole 2019/2020. Le site se trouve à une altitude : 881 m, latitude : 35° 58' et longitude : 4° 47' e (Figure 08).



**Figure 08** : Localisation du site expérimental.

### 2. Conditions climatiques

Les facteurs climatiques régissent de façon très étroite les conditions de développement d'élevage ovin au cours de l'année. Ainsi, il est nécessaire de mener judicieusement cette approche climatique afin de déceler les éléments climatiques favorables ou défavorables dans la zone d'étude et d'en quantifier les influences probables des différents paramètres.

La caractérisation du climat de la zone du projet a été réalisée sur la base des données chronologiques (Période, 1990/2019) de la station météorologique représentative la plus proche de la commune d'El-Hammadia qui est celle de Bordj Bou Arreridj. Les coordonnées de la station sont mentionnées ci-après : latitude 36° 4'' longitude 04° 40'' altitude 928 m.

Les précipitations mensuelles présentent des valeurs relativement appréciables dans la région de BORDJ BOU ARRERIDJ. Les précipitations moyennes annuelles de la période 1990-2019 sont de l'ordre de 342.41 mm (Tableau 03).

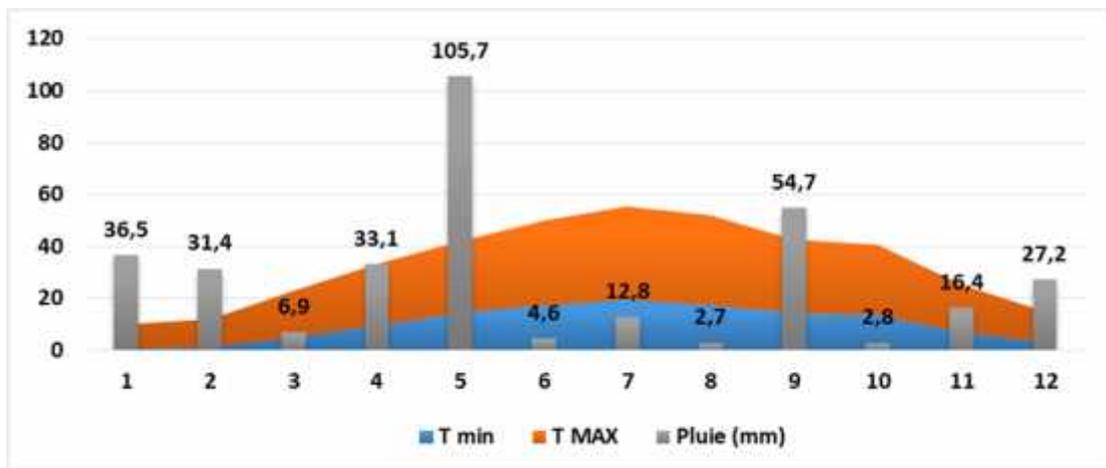
**Tableau 03** : Répartition mensuelle des pluies.

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	Ao	S	O	N	D	Total
Pluie (mm)	36,56	28,53	31,74	39,41	25,54	9,56	15,24	15,14	43,81	29,23	32,11	35,53	342,41

Source : O.N.M. (1990- 2019)

Les quantités de pluies enregistrées au niveau de la station s'élèvent à 28.53 mm en moyenne par an. Le mois le plus pluvieux est celui de Septembre avec 43.81 mm tandis que le mois le plus sec est le mois de Août avec une pluviométrie de 15.14 mm.

L'examen des données relatives aux températures (Figure 09) révèle que le régime thermique se caractérise par des températures élevées en été et frais en hiver. Les températures maximales sont enregistrées en juillet 36.3°C et août 34,1°C. Les basses températures se manifestent en janvier 0.4 °C et février 1.77 °C. Le mois le plus pluvieux est enregistré au Mai avec 105.7 mm tandis que le mois le plus sec est le mois d'Août avec une pluviométrie de 2.7 mm (O.N.A., 2020).



**Figure 09** : Variation mensuelle des températures minimales, maximales pluviométriques.

### 3. Conditions édaphiques

Afin de connaître les caractéristiques physico-chimiques de notre champ expérimental, des analyses chimiques du sol ont été effectuées au laboratoire AURÉA (laboratoire d'analyse et de conseil Agro-Environnemental en FRANCE) (Annexe 01). Des échantillons, sur lesquels nous avons travaillé, ont été prélevés à la tarière sur une profondeur de 0 à 25 cm (figure 10).



**Figure 10** : Prélèvement des échantillons du sol.

L'analyse de la granulométrie a donné une texture limono-argilo-calcaire avec un taux satisfaisant en matière organique mais des valeurs élevées en calcaire, un pH alcalin et des valeurs élevées en phosphore et en oligo-éléments mais ces derniers sont bloqués par le pH alcalin. Le tableau 04 montre les résultats des analyses.

**Tableau 04** : Résultats physico-chimiques des analyses du sol (Profondeur : 0-25 cm).

Caractères physique du sol	Caractéristiques du sol		Résultats d'analyse	
	Texture		Limon Argileux Calcaire	
Caractères physique du sol	Matière organique	MO (%)	2.8	
		C (%)	1.634	
		C/N	8.6	
	Calcaire	Calcaire total (%)	80.2	
		Calcaire active (%)	32.9	
Caractères chimique du sol	Acidité - alcalinité	pH eau	8.6	
		pH KCl	8	
	Capacité d'échange	CEC (meq/100 g)		16.5
		Éléments majeurs	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	JORET-HEBERT
OLSEN	263			
K <sub>2</sub> O (ppm)	976			
N totale (%)	0.19			
MgO (ppm)	1491			
Na <sub>2</sub> O (ppm)	232			
Oligo-éléments	Zn (ppm)		5.3	
	Mn (ppm)	10.1		
	Cu (ppm)	1.6		
	Fe (ppm)	10		
	B (ppm)	1.00		

Selon les résultats obtenus, on peut dire que le sol de site expérimental est calcaire ; ces derniers en confirmé les résultats obtenus par **Baize (1988)**. Le pH du sol (pH eau) est légèrement alcalin, alors que la conductivité électrique du sol se situe entre 10 - 25 meq/100 g, ce sont des valeurs moyennes en se référant aux normes (**Craaq, 2003**). Selon l'échelle de **Durand (1983)**, le sol du site expérimental n'est pas salin. Quant à la richesse en éléments nutritifs, notre sol est assez pauvre en phosphore suite à une assimilation très faible du phosphore dans des conditions d'alcalinité (blocage par le pH élevé). Le taux de la matière organique dans le sol est moyen par rapport aux normes de **l'I.T.A (1977)**. La teneur en azote du sol est très faible selon les normes citées par le **Calvet et Villemin (1986)**.

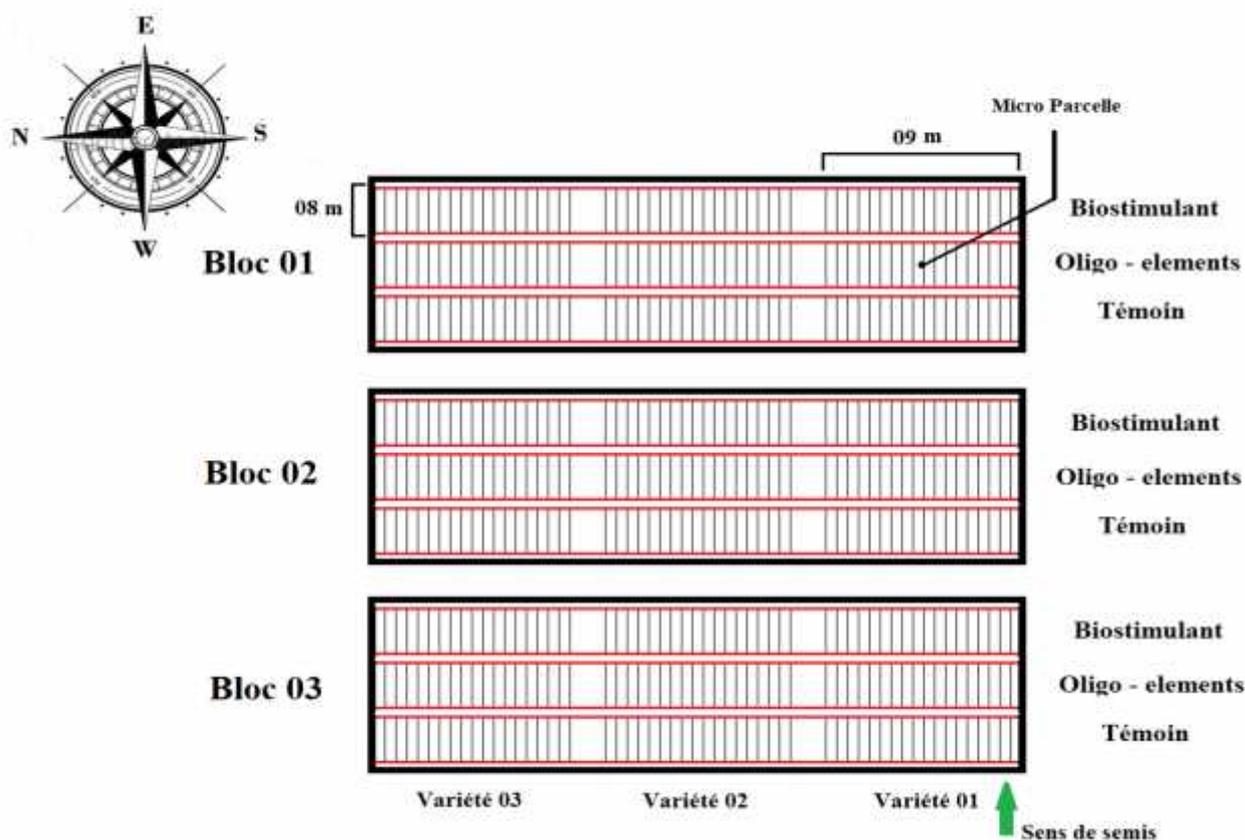
Le rapport C/N est inférieur à 15 ce qui implique une minéralisation lente et une accumulation de la matière organique (**Cornelis et Philippe, 2011**).

#### 4. Protocol expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un dispositif factoriel. Nous avons appliqué les biostimulants, les correcteurs de carences et les témoins sur des bandes répétées trois fois. Les facteurs étudiés sont le génotype (Variété) et l'application du biostimulant ou du correcteur de carence (Traitement). Nous avons utilisé un essai qui a été déjà installé par l'I.T.G.C. chez l'exploitation agricole LAABACHI, d'une superficie d'environ 1ha et les variétés en question

(trois variétés proposées par l'I.T.G.C. Boutaleb, Mansoura et Saoura) ont été semés en bandes parallèles d'une largeur d'environ 9m. Nous avons installé les trois blocs perpendiculairement aux bandes des variétés.

Le dispositif est composé de trois blocs où nous trouvons le témoin et les deux traitements (Figure 11). L'essai comporte au total vingt-sept (27) micro-parcelles. Les dimensions de la parcelle élémentaire sont : 09 m de longueur sur 08 m de largeur ce qui donne une surface de 72 m<sup>2</sup> par traitement comme le montre la figure 20. La surface totale de l'essai est de 2160m<sup>2</sup>.



**Figure 11** : Aperçu du dispositif expérimental.

## 5. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est composé de trois (03) variétés citées du blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Tableau 05), déjà traité par le personnel I.T.G.C. de Sétif (matière active : Difenonasole à 100-200 ml/q).

**Tableau 05** : Caractéristiques des variétés étudiées.

Variétés	Origine	Caractéristiques morphologiques	Caractéristiques culturales	Caractéristiques qualitatives
Boutaleb	Obtenteur: I.T.G.C. - sétif Origine: Icarda - cimmyt Zone d'adaptation: nord Hauts plateaux Plaines intérieures	Compacité de l'épi: Demi-lâche Couleur de l'épi: Blanche Hauteur de la plante: 90-100 cm	Cycle de développement: Mi-tardif Tallage: Fort Résistance aux maladies: Rouille brune, Oïdium, Septoriose	Résistance au mitadinage Résistance à la moucheture Poids mille grains élevé
Mansoura	Non inscrite	Compacité de l'épi: compact Couleur de l'épi: roux avec pilosité Hauteur de la plante: 95-100 cm	Cycle de développement: Mi-tardif Tallage: Moyen	Poids mille grains élevé
Saoura	Obtenteur: I.T.G.C. - sétif	Compacité de l'épi: moyenne Couleur de l'épi: blanc Moelle en section transversale : peu épaisse	Cycle de développement: précoce Tallage: Fort Résistance aux maladies : Oïdium, charbon, fusariose (faible sensibilité à la rouille brune et septoriose)	Résistance au mitadinage Poids mille grains élevé

Source : I.T.G.C. (2020)

## 6. Itinéraire technique suivi

En condition de culture intensive, l'expression du potentiel des variétés recommandées nécessite absolument l'adoption d'un itinéraire technique performant, qui tient compte des conditions édapho-climatiques de la région.

Pour une culture du blé dur en conditions intensives avec un objectif de rendement plus de 40 qx/ha, l'itinéraire technique doit être basé sur les principes suivants :

### 6.1. Précédent cultural

Le précédent cultural est une culture de la pomme de terre, il est déconseillé de cultiver le blé derrière une céréale (blé, orge, avoine). La monoculture aboutit toujours à des chutes de rendement. Aussi s'avère-t-il nécessaire d'alterner le blé avec d'autres cultures en appliquant l'assolement de l'exploitation.

### 6.2. Travail du sol

Les opérations culturales effectuées sont le labour profond (03/10/2019) suivi par deux recroisages pour préparer le lit de semences.

### 6.3. Mise en place de la culture (semis)

Le semis a été réalisé le 05/12/2019 à une densité de 300 graines par m<sup>2</sup> avec un semoir 03 m de largeur, à une profondeur de 3 cm.

La dose de semis de chaque variété étudiée est notée dans le tableau 09. La dose de semis a été déterminée pour chaque variété à partir du poids de mille grains par la formule suivante :  $DS = [\text{densité de semis (grains /m}^2) \times \text{PMG (gramme)}] / 1000$

### 6.4. Fertilisation

Les engrais doivent être incorporés au sol au moment de la préparation du lit de semence et au moment du développement végétatif. Les doses à apporter doivent être déterminées en fonction de la richesse du sol, appréciée par les analyses du sol et en fonction des besoins du blé dur.

**6.4.1. Engrais de fond :** Nous avons apporté le FOSFACTYL au moment de la préparation du lit de semences le 03/12/2019 à raison de 100 kilogrammes par hectare.

**6.4.2. Fertilisation azotée :** la fumure azotée (urée 46 pour cent) a été apportée le 10/03/2020 avec une dose d'un quintal par hectare au stade plein tallage.

**6.4.3. Application du biostimulant :** « FERTILEADER START » a été appliqué le 31/01/2020 (Figure 12). Le pulvérisateur a été nettoyé et rempli à moitié. Le produit a été versé et ajuster dans le pulvérisateur tout en agitant jusqu'à la fin du traitement. Le stade recommandé pour l'application du traitement est 3-4 feuilles (Figure 01, Annexe 02).



**Figure 12 :** Préparation du Biostimulant « FERTILEADER START »

« FERTILEADER Vital (9.5.4) » a été appliqué le 14/03/2020 au moment de Mi-Tallage par pulvérisateur de 08 mètres de largeur (Figure 13).



**Figure 13 :** Application du biostimulant « FERTILEADER VITAL ».

**Tableau 06 :** Composition chimique des « Biostimulants ».

Produit	Nom commercial	Composition chimique	Dose/ha
Biostimulant	FERTILEADER START	N : 3,2, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 30%, MgO : 4,3%.	2 L/ha
	FERTILEADER VITAL	N : 9%, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 5%, K <sub>2</sub> O : 4% B : 0.05%, Cu : 0.02%, Fe : 0.02% Mn : 0.1%, Mo : 0.01%, Zn : 0.05%	5 L/ha

**6.4.4. Application du correcteur de carence :** « ksc mix (oligo-éléments) » a été appliqué le 14/03/2020 (Figure 03, Annexe 02). Ce produit hydrosoluble en poudre a été dilué dans la solution mère avec une concentration de 10% (10 kg/100 L).

**Tableau 07 :** Composition chimique de « ksc mix (oligo-éléments) ».

Produit	Nom commercial	Composition chimique	Dose/ha
Correcteur de carence	Ksc mix	MgO : 15%, SO <sub>3</sub> : 28%, B : 0.5%, Cu : 0.5%, Fe : 2.5%, Mo : 0,2%, Zn : 1,5%, Mn : 2,0%	2.5 kg/ha

## 6.5. Désherbage

Un désherbage chimique a été réalisé avec le mélange de trois matières actives Odosulfuron methyl-sodium (25 g/l), amidosulfuron (100 g/l) et Mefenpyr-Diethyl (250 g/l) effectués le 27/02/2020 au stade début tallage.

## 6.6. Irrigation

L'essai a été mené sous régime d'irrigation par aspersion.

## 6.7. Traitements phytosanitaires

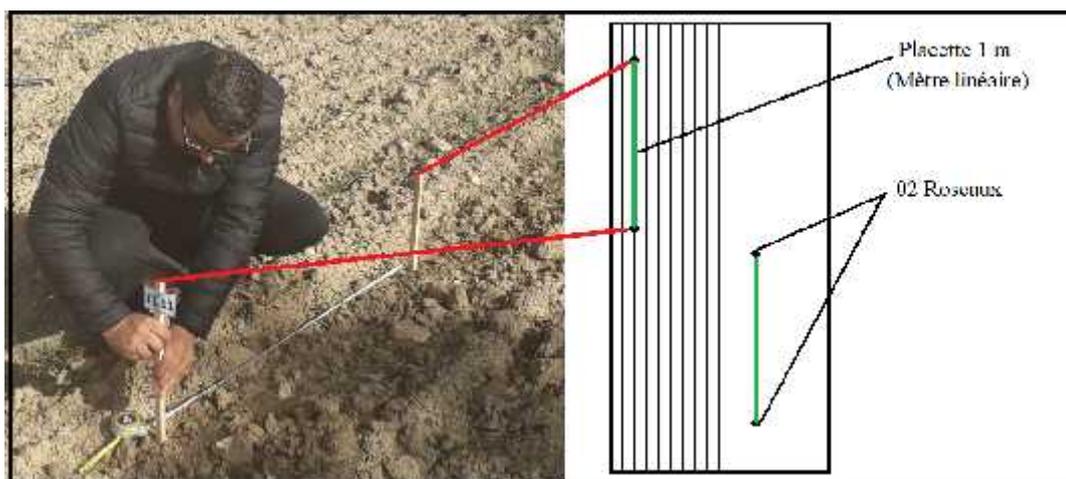
Un traitement préventif contre les principales maladies cryptogamiques a été réalisé le 04/04/2020 par la pulvérisation d'un fongicide d'une matière active TÉTRACONAZOLE pour la protection des céréales d'hiver des maladies fongiques foliaires. La dose de 01 L/ha (soit 125 g de matière active par ha) à appliquer dès le stade montaison jusqu'au stade apparition de la dernière feuille pour une bonne protection des trois dernières feuilles de la plante.

## 6.9. Récolte

La récolte des mètres carré a été effectuée manuellement le 09/06/2020. La récolte en machine réalisé le 15/06/2020 par une moissonneuse-batteuse.

## 7. Méthodologie de prélèvement et mesures effectuées

Sur chaque parcelle élémentaire, nous avons délimité une placette d'un mètre linéaire. La figure 14 illustre la disposition de ces placettes au sein de la parcelle élémentaire. L'ensemble des paramètres étudiés ont été déterminé sur ces placettes.



**Figure 14 :** Emplacement des placettes au niveau de la parcelle élémentaire.

## 8. Paramètres mesurés

### 8.1. Paramètres phénologiques

Les observations ont lieu tout au long du cycle végétatif de la culture du blé, du semis jusqu'à la maturité.

**8.1.1. Date d'épiaison (DE) :** ce paramètre a été déterminé au niveau de chaque micro parcelle par le calcul du nombre de jours entre le semis et le stade épiaison qui est atteint lorsque 50 % des tiges de chaque station ont leurs épis dégagés.

**8.1.2. Date de floraison :** elle a été déterminée au niveau de chaque ligne par le calcul du nombre de jours entre le semis et le stade floraison qui est atteint lorsque 50 % des épis de chaque station ont leurs étamines dégagées.

## 8.2. Paramètres morphologiques

**8.2.1. Surface foliaire (SF) :** la surface foliaire de la feuille étendard exprimée en mm<sup>2</sup> est déterminée par produit de la longueur par la plus grande largeur de la feuille étendard, mesurées sur un échantillon de 05 feuilles prises au hasard au stade épiaison par le coefficient de 0.704. Ce coefficient est rapporté par **Spagnoletti-Zeuli et Qualset (1990)**, il représente le coefficient de régression de la surface foliaire déduite par le produit longueur x largeur sur celle déduite par la méthode planimétrique sur papier grammage :

$$SF \text{ (cm}^2\text{)} = 0.704 \times \text{long} \times \text{larg}$$

Où

SF : surface moyenne de la feuille étendard (cm<sup>2</sup>) ;

long : longueur moyenne de la feuille étendard (cm) ;

larg : largeur moyenne de la feuille étendard (cm).

**8.2.2. Hauteur finale des plantes (HP) :** elle a été déterminée par la mesure, à l'aide d'une règle graduée, de la distance (en cm) de la base de la tige jusqu'au dernier épillet de l'épi (barbes non comprises).

**8.2.3. Longueur de l'épi (LE) :** a été déterminée sur les mêmes tiges. Elle est mesurée depuis la base de l'épi jusqu'à son extrémité supérieure (barbes non comprises).

**8.2.4. Longueur des barbes :** sur les mêmes pieds, nous avons mesuré la longueur des barbes depuis l'extrémité supérieure de l'épi jusqu'à celle des barbes.

**8.2.5. Diamètre de la tige (DT) :** mesurer à la base de la plante, entre les deux premiers nœuds, à l'aide d'un pied à coulisse électronique.

**8.2.6. Diamètre du col de l'épi (DC) :** mesurer à 1 cm en dessous de l'épi.

## 8.3. Paramètres physiologiques

**8.3.1. Matière sèche de la partie racinaire et de la partie aérienne :** Trois plantes ont été sacrifiées pour estimer le taux de la matière sèche durant le stade épiaison. Les plantes déterrées et coupées au collet en vue de mesurer la longueur racinaire puis la matière fraîche racinaire (MF). Idem pour la partie aérienne en mesurant le poids frais à l'aide d'une balance de précision. Les échantillons ont été laissés à l'ombre pendant quelques jours dans un endroit sec

et aéré, puis nous avons passé les échantillons sur l'étuve à 72 °C pendant trois jours, jusqu'à stabilité du poids, pour mesurer le poids sec (MS) des deux parties.

**8.3.2. Température du couvert végétal :** La température foliaire a été prélevée durant le stade début épiaison. Nous avons mesuré cette température au niveau de chaque micro-parcelle à l'aide d'un thermomètre infrarouge à midi (ensoleillement adéquat 30 °C) en absence du vent et de nuage. Avec 03 lectures à différents endroits de chaque micro-parcelle (Figure 15).



Figure 15 : Thermomètre infrarouge.

#### 8.4. Composantes du rendement

**8.4.1. Nombre de pieds levés par mètre carré :** une fois le compactage effectué par un mètre linéaire, les résultats sont reportés au mètre carré, selon la relation suivante :

$$\left( \frac{xn \times 1 \text{ m}}{n \times 0,2 \text{ m}} \right)$$

dont : **xn** : somme de composante dans les mètres linaires ;

**n** : nombre de placette ;

**0,2 m** : écartement entre ligne de semis (Soltner, 1999).

La détermination de ce paramètre s'est faite au stade 2 à 3 feuilles en comptant le nombre de pieds sur trois placettes.

**8.4.2. Nombre de tiges herbacées par mètre carré :** le nombre de talles herbacées est déterminé lorsque le stade plein tallage est atteint, en comptant le nombre de talles sur 05 plantes de la station choisie (1 mètre linéaire) puis rapportée au mètre carré.

**8.4.3. Nombre d'épis par mètre carré :** le dénombrement des épis s'est fait pour les même 05 plantes de chaque station puis rapporté au mètre carré.

**8.4.4. Nombre de grains par épi :** il a été déterminé par le comptage du nombre de grains se trouvant au niveau de chaque épi sur 05 échantillons.

**8.4.5. Nombre total d'épillets par épi :** sur les 05 échantillons ayant servi à déterminer les caractères morphologiques des variétés étudiées, nous avons évalué le nombre total des épillets par épi.

**8.4.6. Poids de mille grains (PMG) :** après la récolte de chaque station, nous avons prélevé 1000 grains, ces grains ont été ensuite pesés avec une balance de précision.

## 8.5. Rendement

**8.5.1. Rendement biologique (biomasse aérienne) :** en vue de déterminer l'indice de récolte, le rendement biologique doit être mesuré en récoltant les pieds d'1 m<sup>2</sup> (tiges, feuilles et épis), puis les pesées à l'aide d'une balance. Les valeurs obtenues ont été converties en quintaux par hectare. Il est à signaler que la biomasse aérienne doit être mesurée à maturité complète. Elle est exprimée en quintaux par hectare.

**8.5.2. Rendement en paille :** après avoir déterminé le rendement biologique, les tiges sont débarrassées de leurs épis puis pesées. Les valeurs sont exprimées en quintaux par hectare.

**8.5.3. Rendement réel :** les grains de chaque mètre carré de la parcelle élémentaire, récoltée manuellement ont été pesés puis rapportés à l'hectare.

## 9. Analyse statistique des données

L'analyse statistique unidimensionnelle (analyse de la variance - ANOVA) a été adoptée pour déduire les effets significatifs des deux facteurs étudiés à l'aide du logiciel STATISTICA 8. Le test de Tukey a été utilisé pour faire ressortir les groupes homogènes. Les résultats obtenus sont représentés sous forme d'histogramme grâce au logiciel Office Excel.

Les corrélations phénotypiques entre les différentes variables sont calculées, selon la méthode décrite par **Snedecor et Cochran (1981)**. Ces corrélations donnent une idée sur les caractères susceptibles d'être utilisés comme critères de sélection. Les caractères qui jouent un rôle important dans la détermination du rendement grain, sont identifiés par l'analyse de la régression progressive (**Fellahi et al., 2013**).

## Chapitre II : Résultats et discussion

### 1. Paramètres phénologiques

Le suivi des différentes phases végétatives est assuré par des observations et mesures réalisées sur chaque parcelle élémentaire. Le tableau 08 donne les dates des principales phases du cycle de développement des variétés étudiées. Quant à la durée des principales phases du cycle de développement des variétés étudiées sont reportées dans le tableau 09.

**Tableau 08** : Dates de réalisation des principaux stades des variétés étudiées.

Variétés	Levée	Tallage	Gonflement
<b>Semis</b>	<b>05/12/2019</b>		
<b>Boutaleb</b>	14/01/20 : 41 j	14/02/20 : 72 j	04/04/20 : 122 j
<b>Mansoura</b>	05/01/20 : 32 j	18/02/20 : 76 j	07/04/20 : 125 j
<b>Saoura</b>	08/01/20 : 35 j	23/02/20 : 81 j	10/04/20 : 128 j
<b>Récolte</b>	Mètre linéaire	09/06/2020	
	1 m <sup>2</sup>	15/06/2020	

j : nombre de jours après semis.

**Tableau 09** : Durée des principales phases du cycle de développement des variétés étudiées.

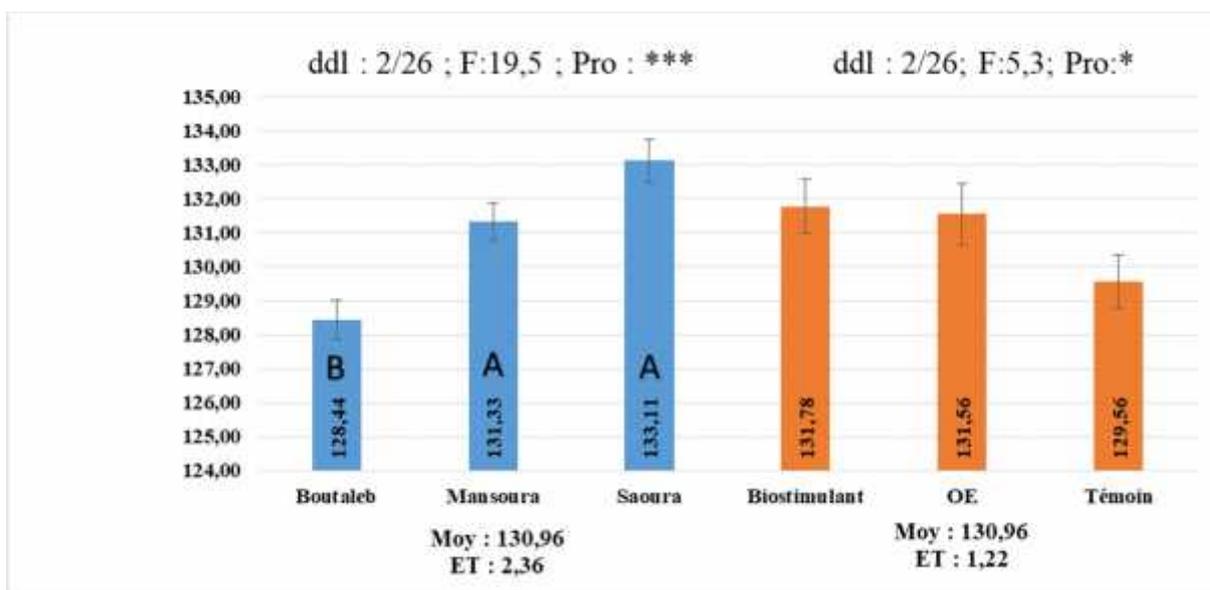
Variétés	Levée-tallage	Levée-gonflement
<b>Boutaleb</b>	32 j	82 j
<b>Mansoura</b>	45 j	94 j
<b>Saoura</b>	47 j	94 j

#### 1.1. Épiaison

L'épiaison détermine la durée des phases de développement, lesquelles jouent un rôle important dans l'élaboration des composantes du rendement et dans l'évitement des effets climatiques défavorables.

L'analyse de nos résultats selon la figure 25 montre que la variété la plus précoce à l'épiaison est Boutaleb avec une précocité de 128.44 jours. Admettant que ces variétés sont considérés tardives, en tenant compte la période de levée, la durée consacrée à l'épiaison est un peu plus longue (**Couvreur, 1985**).

La variété précoce Saoura a enregistré un retard d'épiaison d'environ 5 jours (Figure 16). La variété mi-tardive Mansoura est devenue précoce et elle se situe entre ces deux variétés. Des résultats similaires ont été obtenus par **Ragoub (2013)** pour la variété Mansoura.



**Figure 16 :** Variation montrant la durée de phases épiaison des variétés étudiées

D'après **Meziani et al. (1993)**, des augmentations significatives des productions céréalières dans les zones de sécheresse, seraient possibles moyennant une sélection pour une floraison précoce et une durée moins longue de la phase levée-épiaison permettraient à la variété d'échapper au déficit hydrique tardif.

L'analyse statistique de la variance des dates d'épiaison entre les variétés a montré un effet significatif entre les traitements contrôlés avec un coefficient de variation de 1.22 %. Le test Tukey n'a pas révélé des groupes homogènes (Tableau 01, Annexe 03)

Les températures basses de cette année, qui ont durées jusqu'aux mois de mai, ont induit une perturbation du cycle végétatif. L'application des biostimulants a influencé positivement sur le raccourcissement de la date d'épiaison.

## 1.2. Floraison

Les variétés Boutaleb et Mansoura présentent une floraison précoce, avec respectivement 135.33 et 137 jours de la durée levée-floraison. La variété Saoura présente une floraison tardive avec une durée de 142.67 jours (Figure 17).

Le blé dur est une culture sensible au déficit hydrique durant la montaison et la floraison ce qui nous incite à être vigilants pendant cette période. Il faudra également anticiper et mettre une forte dose d'irrigation au stade gonflement. En cas de sécheresse sévère il est préférable de réduire les irrigations après l'épiaison pour éviter la verse (**Baldy, 1993**).

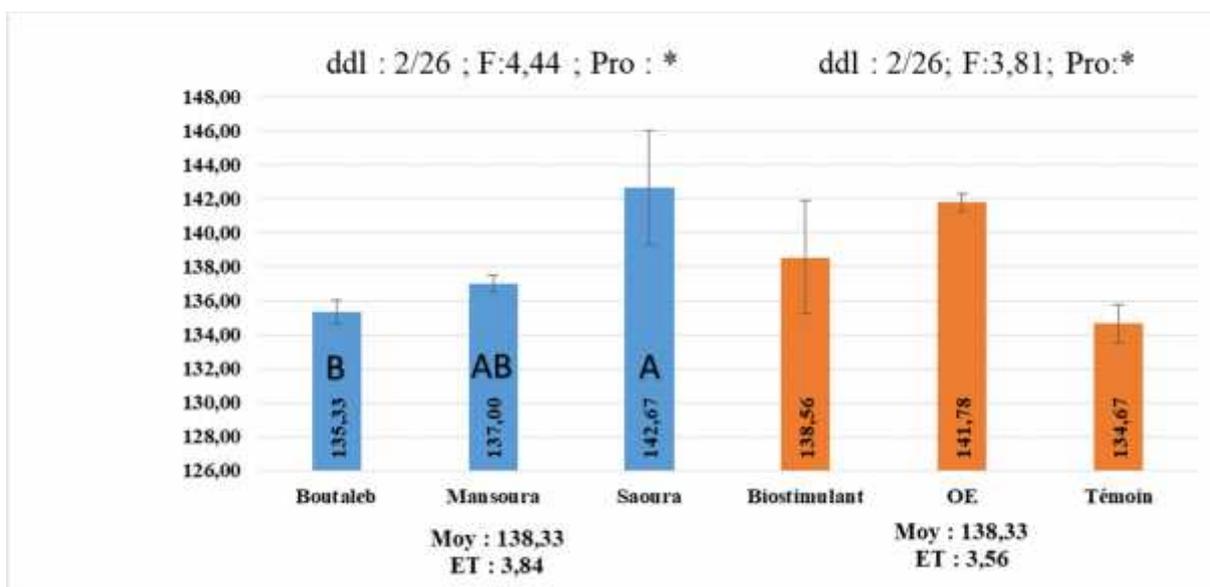


Figure 17 : Variation montrant la durée de la phase floraison des variétés étudiées.

## 2. Paramètre d'adaptation

Le rendement biologique peut être exprimé en première analyse sous la forme d'une fonction d'adaptation de la variété à son milieu. Cette fonction étant caractérisée par des variables liées aux contraintes environnementales et des paramètres d'adaptation liés aux variétés, tels que les paramètres phénologiques et morpho-physiologiques (Monneveux, 1991).

### 2.1. Surface foliaire de la feuille étendard (SF)

Les valeurs moyennes de la surface foliaire de la feuille étendard et l'interprétation de l'analyse statistique des résultats sont consignées dans la figure 18. L'analyse de la variance de la surface de la feuille étendard est portée en tableau 03. Annexe 03.

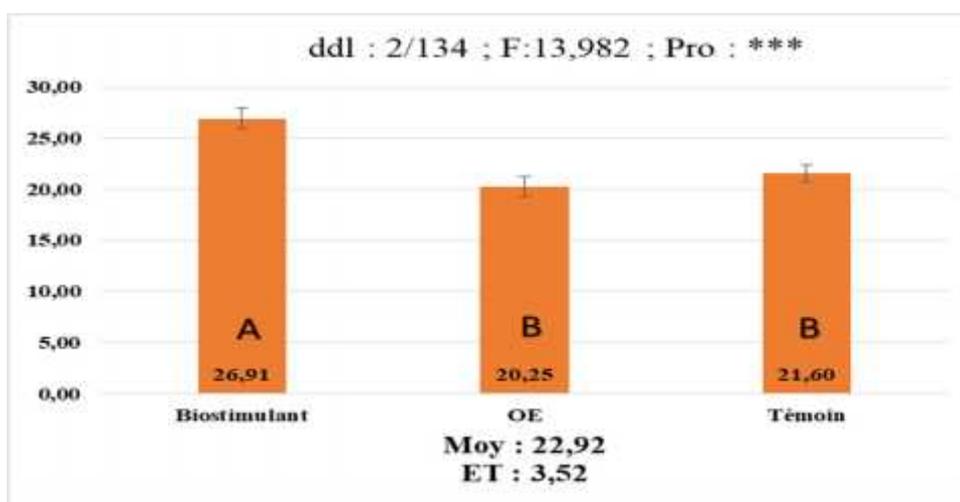


Figure 18 : Variation montrant la surface foliaire de la feuille étendard.

L'analyse de la variance pour la surface foliaire de la feuille étendard a révélé une différence significative entre les trois traitements contrôlés avec un coefficient de variation de 27.57%. Le test de tukey nous a classé les moyennes dans deux groupes homogènes distincts.

Les individus exposés au traitement biostimulant présentent une surface foliaire la plus élevée avec 26.91 cm<sup>2</sup>, contre la valeur la plus faible chez le témoin avec 21.60 cm<sup>2</sup>, soit un écart de 5.31 cm<sup>2</sup>. La moyenne de l'essai s'élève à 22.92 cm<sup>2</sup> avec un écart-type de 3.52 cm<sup>2</sup>.

La réduction de la surface foliaire observée dans notre étude a été également signalée par **Wang et Nil (2000)**. De même **Bennaceur et al. (2001)**, ont rapporté une réduction de la surface foliaire chez quelques variétés de blé arrosées avec de l'eau salée. Selon **Alem et al. (2002)**, la réduction de la surface foliaire, sous l'effet de la salinité, peut être également considérée comme étant une stratégie adaptative utilisée par les génotypes de blé dur face à la contrainte saline.

La pulvérisation foliaire d'acides aminés sur les plantes sous stress a considérablement augmenté la feuille dans le blé (**Zhang et Li, 2004 ; Ashraf et Foolad, 2007**). L'utilisation simple de glycine bêtaïnes a été signalée comme affectant de manière significative l'accumulation d'osmolyte dans de nombreuses cultures sous stress (**Zhang et Li, 2004 ; Cimrin et al., 2010 ; Saruhan et al., 2011**).

## 2.2. Hauteur de la plante

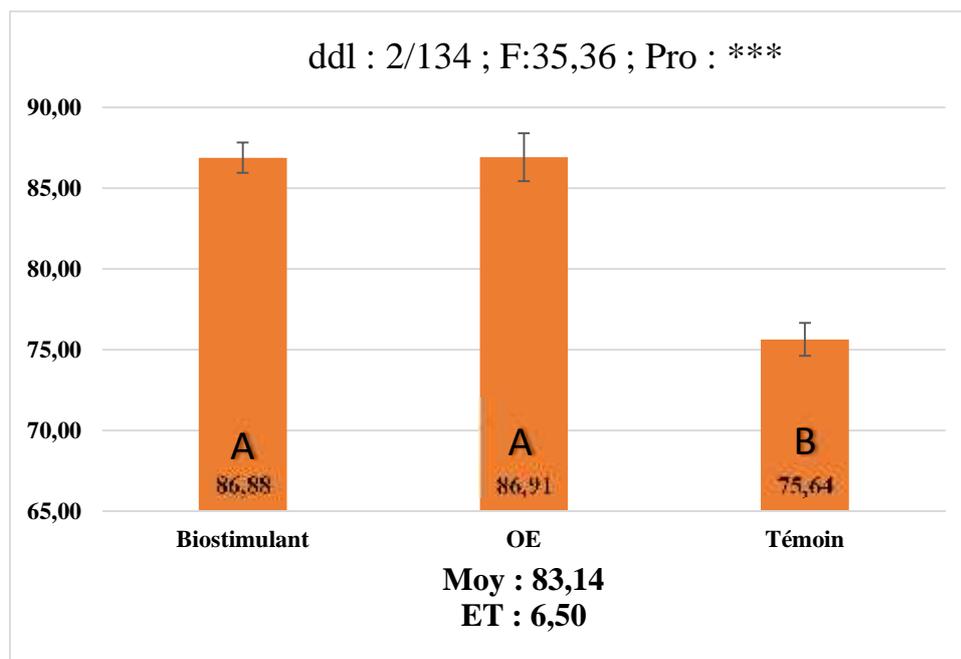
L'analyse statistique de la variance ne montre pas de différence significative entre les variétés (Annexe 03). L'effet du traitement est statistiquement significatif avec un C.V de 8.82 %. Le test de tukey a fait ressortir deux groupes homogènes distincts.

Alors que l'analyse agronomique montre que la moyenne de l'essai s'élève à 83.14 cm avec un écart type de 6.50 cm (Figure 19). Les pieds exposés au traitement biostimulant et au correcteur de carence sont les hauteurs les plus élevées avec respectivement 86.88 et 86.91 cm, par rapport aux témoins qui présente la hauteur la plus faible (75.64 cm).

Certaines études antérieures ont montré que l'acide humique peut être utilisé comme régulateur de croissance. Il améliore la croissance des plantes et renforce la tolérance au stress. L'acide Fulviques joue un rôle important dans l'amélioration de la tolérance des plantes au stress, il montre divers effets biochimiques tels que l'augmentation de la perméabilité des membranes, l'absorption de potassium et de phosphate, photosynthèse et fréquence respiratoire, synthèse des protéines et des hormones, l'élongation des cellules des

racines (Böhme et Thi, 1997-1999 ; Nardi et al., 2002 ; Cimrin et al., 2010 ; Saruhan et al., 2011).

Il a été supposé que la présence d'auxine dans de nombreux produits biostimulants est très probablement responsable de la stimulation des racines. Toutefois, Wally et al. (2013) ont souligné que la concentration des auxines dans de nombreux produits biostimulants appliquée au taux recommandé, est généralement bien en dessous du seuil pour induire la stimulation racinaire.



**Figure 19** : Variation montrant la hauteur finale de la plante en cm

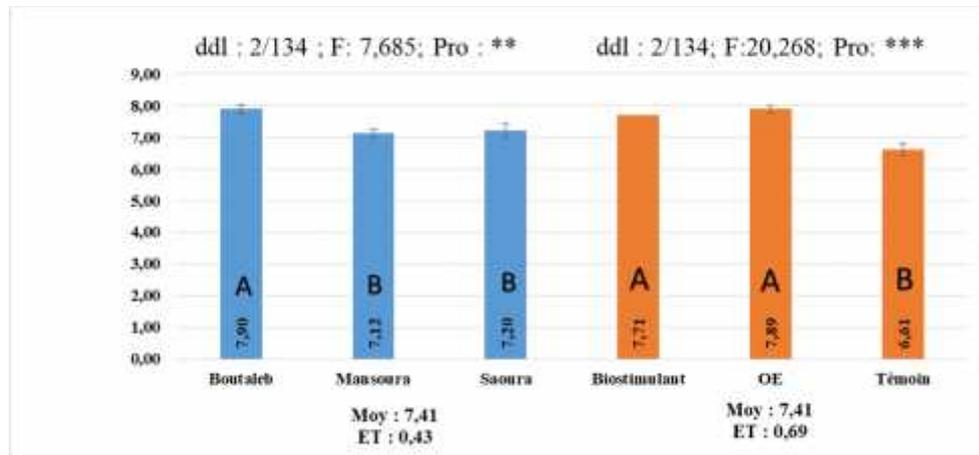
Cependant, le mécanisme de la croissance des plantes favorisée par l'acide humique n'est pas complètement compris.

### 2.3. Longueur de l'épi sans barbe (LE)

L'analyse statistique de la variance montre une différence significative entre les variétés, avec un coefficient de variation de 13.95 % et une différence très hautement significative entre les traitements (Figure 20). Le test de tukey fait ressortir deux groupes homogènes distincts.

La variété Boutaleb présente la longueur de l'épi la plus élevée avec 7.90 cm, soit en hausse de 0.78 cm par rapport à la valeur la plus faible enregistrée chez la variété Mansoura avec 6,83 cm. Les deux traitements oligo-éléments et biostimulants se regroupent sous un même groupe homogène avec des longueurs assez élevées de l'épi (7.89 et 7.71 cm respectivement) contrairement au témoin qui n'a enregistré qu'une faible longueur de 6.61 cm.

Selon **Jonard (1964)**, la longueur de l'épi est une caractéristique variétale peu influencée par la variation du milieu et elle est en fonction de la quantité d'eau réservée durant le cycle végétatif. **Zouadine (1989)**, note que la fertilisation azotée influe positivement sur la longueur de l'épi.



**Figure 20 :** 1 Variation montrant la longueur de l'épi sans barbe.

La concentration des éléments nutritifs minéraux présents dans les concentrés d'algues commerciales (COS) ne peuvent pas à eux seuls tenir compte des réponses de la croissance provoquées par les algues extraits (**Blunden, 1991**).

L'application des produits à base d'algues, contiennent des substances régulatrices de la croissance des plantes, conduisant à l'effets bénéfiques observés sur la croissance des plantes, dans divers essais biologique (**Williams et al., 1981**). En outre, le large éventail des réponses de croissance induites par les extraits d'algues marines impliquent la présence de plus d'un groupe de plantes favorisant la croissance substances/hormones ( **Crouch et Van Staden, 1993**).

#### 2.4. Longueur des barbes

L'analyse statistique de la variance une différence hautement significative pour les traitements et un effet significatif pour le génotype avec un C.V. de 13.73%. Le test de tukey a classé les deux facteurs sous deux groupes homogènes chevauchant (Figure 21).

Les longueurs varient entre 9.53 et 10.52 cm pour les traitements et entre 9.53 et 10.42 cm entre les variétés avec un écart type 0.49 et 0.45 respectivement.

La longueur des barbes est un paramètre morphologique semble être étroitement lié à la tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (**Hadjchristodoulou, 1985**). **Slama (2002)**, mentionne que la variété ayant la barbe la plus développée, sous contrainte hydrique, présente le meilleur rendement. En plus, la présence des barbes augmente l'efficacité d'utilisation de

l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la phase de maturation du grain (Nemmar, 1980). Baldy (1973) et Gate et al., (1992) confirment que les barbes contribuent à l'adaptation à la sécheresse, grâce à leur capacité de compenser la sénescence foliaire.

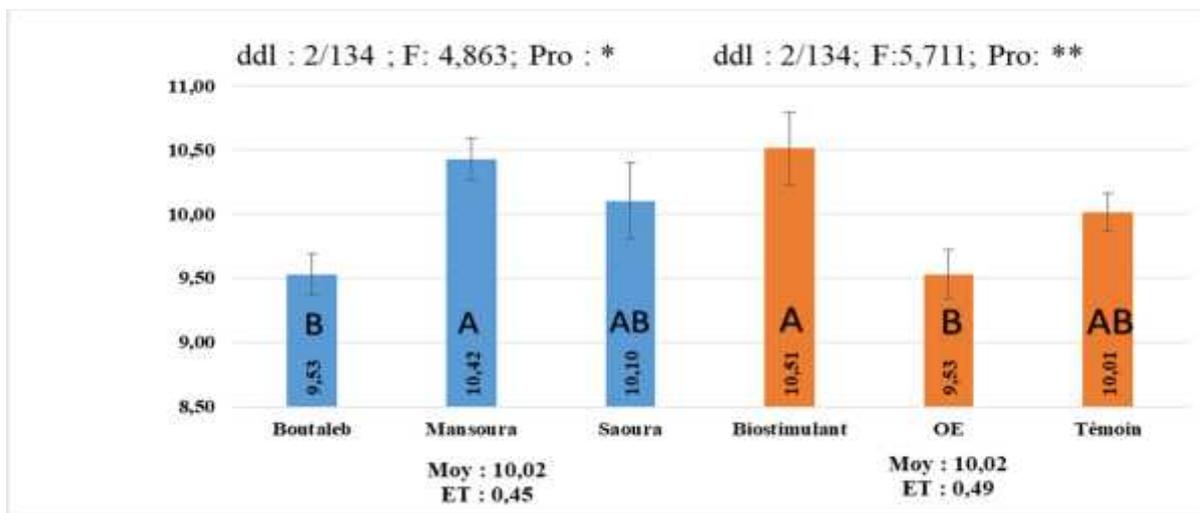


Figure 21 : Variation montrant la longueur des barbes

## 2.5. Diamètre de la tige

L'analyse de la variance pour le diamètre de la tige montre un effet très hautement significatif entre les variétés et entre les traitements. Le coefficient de variation s'élève à 10,59%. Le classement des moyennes effectué par le test tukey à distinguer 02 groupes homogènes distincts (Figure 22).

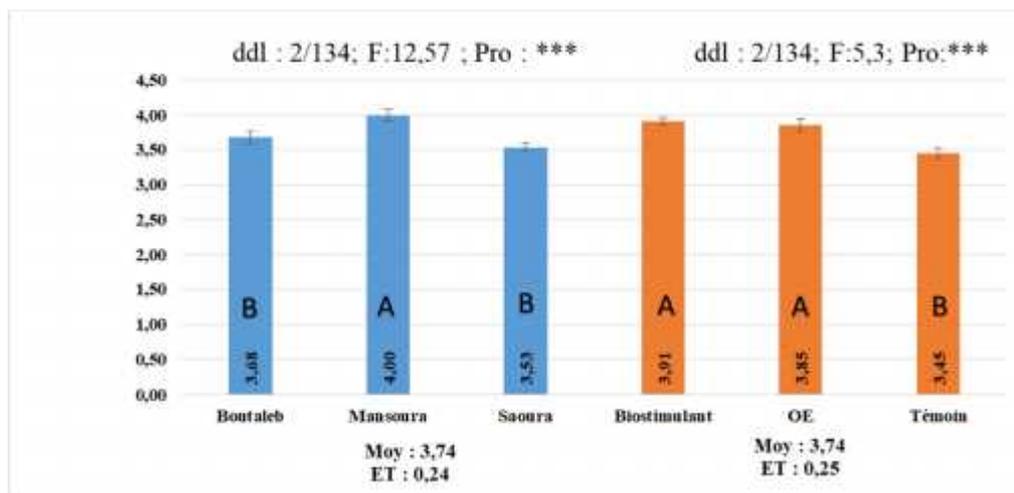


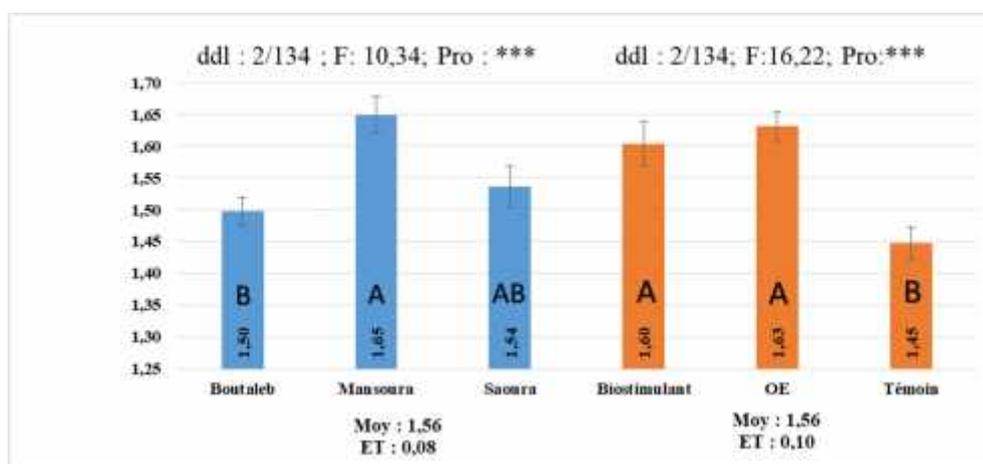
Figure 22 : Variation montrant le diamètre de la tige

La variété Mansoura a présenté l'épaisseur la plus élevée 04 mm. Le biostimulant et l'oligo-élément se présentent dans le même groupe homogène avec un écart d'environ 0.45 mm par rapport au témoin qui a représenté le diamètre le plus faible avec 3.45 mm.

La fertilisation du sol modifie l'efficacité observée, ainsi il semblerait que les biostimulants soient souvent plus efficaces lors d'une nutrition sub-optimale (Papenfus et al., 2013 ; Calvo et al., 2014). Par ailleurs, les micro-organismes sont fortement affectés par les conditions environnementales, puisque la température, la salinité et les paramètres physico-chimiques du sol influent fortement sur leurs croissances, leurs productions de métabolites secondaires et enzymes et leurs capacités à créer une microflore bénéfique au niveau de la rhizosphère (Lugtenberg et Kamilova, 2009).

## 2.6. Diamètre du col de l'épi

L'analyse de la variance pour le diamètre du col de l'épi montre un effet très hautement significatif entre les variétés et entre les traitements. Le coefficient de variation s'élève à 10,59%. Le classement des moyennes par le test tukey à distinguer deux groupes homogènes chevauchant pour le facteur variété et distincts pour le traitement (Figure 23).



**Figure 23 :** Variation montrant le diamètre du col de l'épi (en mm).

La moyenne de l'essai s'élève à 1.56 mm pour les trois traitements, avec un écart-type de 0.1 mm. La variété traitée par les oligo-éléments se distingue des autres traitements par le diamètre du col de l'épi avec une valeur élevée de 1.63 mm, soit une épaisseur de 0.07 mm de plus par rapport à la moyenne de l'essai sachant que le traitement biostimulant et l'oligo-élément appartiennent au même groupe homogène. Par contre, le diamètre le plus faible est marqué chez le témoin avec 1.45 mm, soit moins de 0.11 mm par rapport à la moyenne de l'essai. La valeur moyenne du diamètre du col le plus élevé, est enregistré chez la variété Mansoura avec 1.65 mm, soit 0.15 mm par rapport à la variété Boutaleb 1.50 mm.

Selon Masse et Gate (1990), le col de l'épi est un organe de photosynthèse situé en pleine lumière, peut avoir une part importante dans la composition du rendement en grain final. El-Hakimi, 1992, associe une hauteur du col de l'épi élevée à un caractère de résistance

à la sécheresse. En plus, un long col de l'épi constitue une protection contre des contaminations de l'épi par les spores de SEPTORIA à partir des dernières feuilles (Wardlaw, 1967 in Ragoub, 2013).

Le blé, comme toute autre culture, ne réagit pas de la même façon contre tous les oligo-éléments, mais suivant le rôle propre de chacun. Celui-ci peut être partie intégrante de l'enzyme ou simplement l'activateur d'enzyme (Coïc et al., 1975).

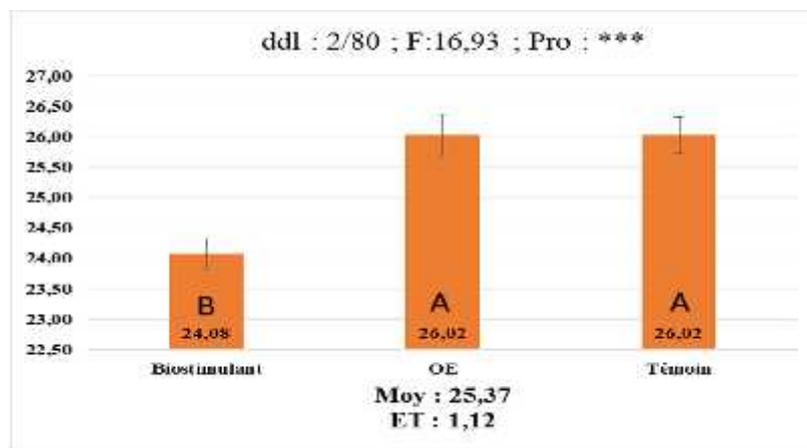
### 3. Paramètres physiologiques

#### 3.1. Matière sèche des racines et du couvert végétal

L'analyse de la variance de MSR et MST ne montre aucune différence significative entre les variétés et les traitements étudiés pour ce paramètre. Le coefficient de variation enregistré est de 38.74% et 20.63% respectivement.

#### 3.2. Température du couvert végétal

L'analyse statistique de la variance révèle une différence très hautement significative entre les traitements pour ce paramètre, avec un coefficient de variation de 5,58%. Le classement des moyennes par le test de tukey a distingué l'existence de deux groupes homogènes distincts (Figure 24).



**Figure 24** : Variation montrant la température du couvert végétal (TCV)

Il ressort de l'analyse que la moyenne de température du couvert végétal de l'essai s'élève à 25.37 °C, avec un écart type de 1,12 °C. Le traitement oligo-élément et le témoin ont présenté la TCV la plus élevée avec 26.02 °C, par rapport aux parcelles traitées par le biostimulant qui a présenté la TCV la plus faible avec 24.08 °C, soit une baisse de 1.29 °C par rapport à la moyenne de l'essai.

Les fermeture stomatique au niveau des parcelles non arrosées provoque l'élévation de la température du couvert végétal par manque d'échanges gazeux ainsi qu'une baisse de l'évapotranspiration (Steinmetz et al., 1989). Le stress peut provoquer une perturbation de l'homéostasie de l'eau des plantes ce qui a entraîné une diminution du taux de photosynthèse et de la croissance des plantes. Les plantes peuvent réagir au stress en limitant l'expansion des feuilles et la fermeture des pores stomatique. Cela permet de limiter les pertes d'eau par la transpiration, permettant ainsi aux plantes de maintenir leur croissance sous stress (Pinheiro et Chaves, 20110).

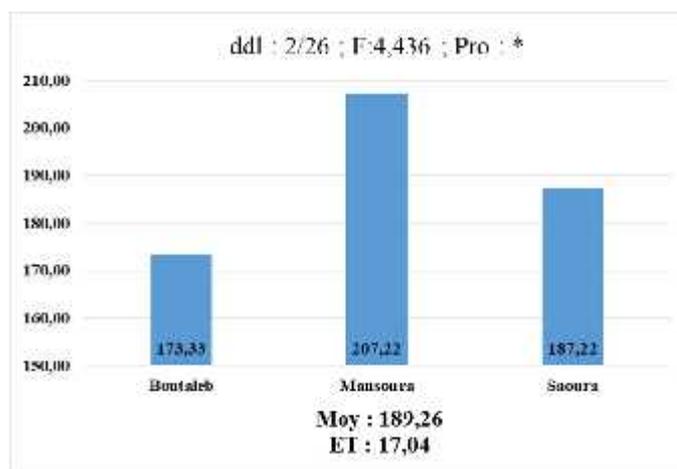
Les résultats obtenus par Dakheel et al. (1993) indiquent que durant les premier stades du développement (jusqu'au tallage), quand la température de l'air est basse, la température foliaire est corrélée positivement avec le rendement des grains. À partir du stade épiaison et durant la période de remplissage du grain, la température foliaire est corrélée négativement avec le rendement en grain. Des températures basses du couvert végétal indiquent un potentiel hydrique foliaire élevé (Blum, 1982).

Les biostimulants apportent des solutions en matière de fertilisation et souvent de protection des cultures (Ebic, 2014). Ils contiennent des substances ou des microorganismes qui ont pour fonction de stimuler les processus naturels pour accroître l'absorption, l'efficacité des nutriments et la tolérance aux stress biotiques et abiotiques représentés par les maladies, les ravageurs et l'environnement.

#### 4. Paramètre de production

##### 4.1. Nombre de pieds levés par mètre carré

L'analyse statistique de la variance pour le nombre de pieds levés par m<sup>2</sup> a révélé une différence significative pour le facteur variété dont le coefficient de variation est évalué à 5.81%. La moyenne de l'essai du nombre de pieds pour le facteur variété s'élève à 189.26 pieds/m<sup>2</sup>, avec un écart type de 17.04. La variété Mansoura a présenté la densité la plus élevée avec 207.22 pieds/m<sup>2</sup>, suivi par Saoura puis Boutaleb avec 187.22 et 173.33 pieds/m<sup>2</sup> respectivement (Figure 25).



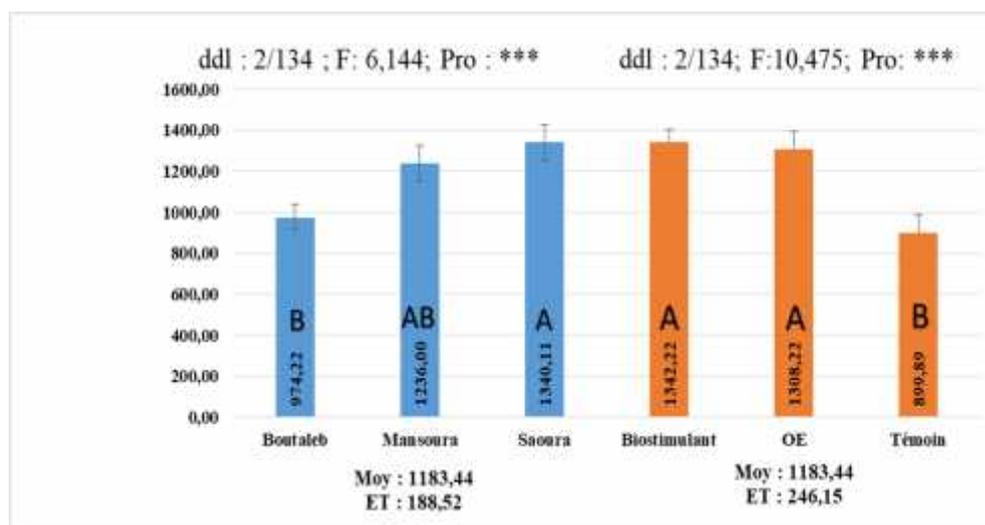
**Figure 25** : Variation montrant le nombre de pieds levés par mètre carré

Admettant que le nombre de grains semés dans notre essai a été évalué à environ 300 grains/m<sup>2</sup>, nous avons enregistré des pertes dont la moyenne de densité la plus élevée n'a pas dépassé 207 grains/m<sup>2</sup>. Tous les semis dont la phase germination-levée a coïncidé avec la sécheresse d'hivers, ont une levée médiocre (**Jouve, 1984**). Le nombre de plants à la sortie d'hiver est inférieur au nombre de grains semés, ces pertes peuvent provenir de la semence (faculté germinative), du sol (sol plus ou moins caillouteux), de son état structural (les battances), ainsi que des conditions climatiques postérieures au semis (**Boisgontier, 1985 ; Gate, 1995**).

#### 4.2. Nombre de tiges herbacées par mètre carré

L'analyse statistique de la variance a révélé une différence significative pour le nombre de talles par mètre carré pour les deux facteurs étudiés. Le test tukey nous a montré l'apparition de deux groupes homogènes distincts pour le traitement et chevauchant pour la variété.

La moyenne de l'essai s'élève à 1183.44 avec un écart type de 188,52 pour le facteur variété et 246.15 pour le facteur traitement. Le génotype ayant enregistré le nombre de talles le plus élevé est la variété Saoura avec 1340.11 talles/m<sup>2</sup> et celui du nombre de talles le plus faible est enregistré chez Boutaleb avec 974.22 talles/m<sup>2</sup>, soit un écart de 209.22 en comparaison à la moyenne de l'essai (Figure 26). Les deux traitements biostimulant et oligo-élément s'est groupés ensemble avec le nombre le plus élevé en talles par m<sup>2</sup> avec 1342.22 et 1308.22 talles respectivement, contrairement au témoin qui n'a présenté qu'une très faible valeur avec 899.89 talles/m<sup>2</sup>.



**Figure 26 :** Variation montrant le nombre de tiges herbacées par mètre carré

Une augmentation importante du nombre de talles herbacées engendre une augmentation du nombre de talles épi, mais aussi une mortalité élevée (**Benbelkacem et Kellou, 2000**). **Bendjemaa (1977)** note que l'augmentation du nombre d'épis, produit par unité de surface, se traduit par une diminution de leur fertilité. **Blum et Pnuel (1990)** remarquent qu'il n'y a aucune relation entre la capacité de tallage herbacé et le nombre d'épis montant par unité de surface. **Abbassenne et al. (1997)** soulignent que les meilleurs rendements, en grains de blé dur en zones semi-arides, sont le résultat de la capacité génétique à produire plus d'épis par unité de surface associée à une bonne fertilité.

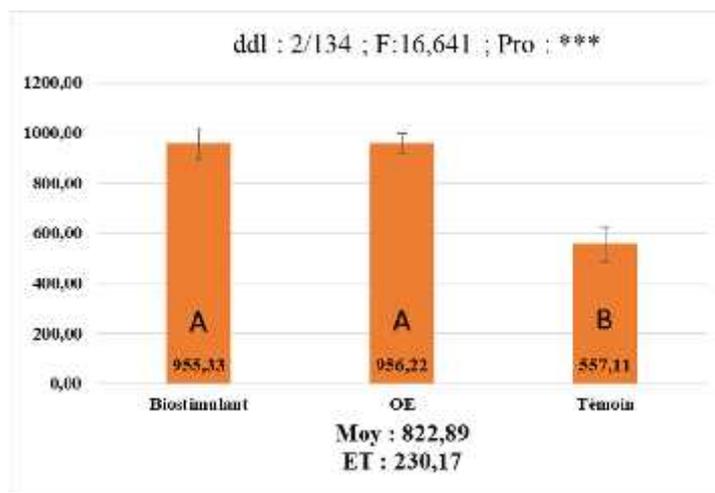
La capacité de tallage est considérée comme l'un des principaux paramètres de plasticité en réponse à des conditions environnementales différentes (**Rachedi, 2003**). La puissance de tallage est pour certains auteurs l'origine d'une consommation d'eau non traduite par une production conséquente en épis et en grains, ce qui diminue alors l'efficacité d'utilisation de l'eau par la plante quand elle est confrontée à une contrainte hydrique. La grande consommation d'eau par les cultures ayant une grande surface foliaire pourrait être un handicap dans les zones à pluviométrie limitée, surtout à la fin du cycle de développement. Un bon tallage herbacé combiné avec une grande surface foliaire n'est pas désirable sous de telles conditions. En revanche, un tallage herbacé élevé couplé à une surface foliaire réduite pourrait mieux convenir (**Lafon et al., 1990**).

#### 4.3. Nombre d'épis par mètre carré

L'analyse statistique de la variance pour le nombre d'épis par mètre carré a révélé une différence très hautement significative pour le facteur traitement dont le test tukey nous

montré 02 groupes homogènes distincts. Le facteur variété n'a pas donné de signification statistique (Figure 27).

Cependant, la moyenne de l'essai s'élève à 822.89 épis/m<sup>2</sup> et un écart type de 230.17 épis/m<sup>2</sup>. Les deux traitements biostimulant et oligo-élément s'est groupés ensemble en donnant le nombre le plus élevé avec 955.33 et 956.22 épis/m<sup>2</sup> respectivement. Alors, le témoin n'a présenté qu'une très faible valeur avec 557.11 épis/m<sup>2</sup>, soit une différence de 265.78 par rapport à la moyenne de l'essai et 399.11 épis/m<sup>2</sup> par rapport à la valeur maximale.



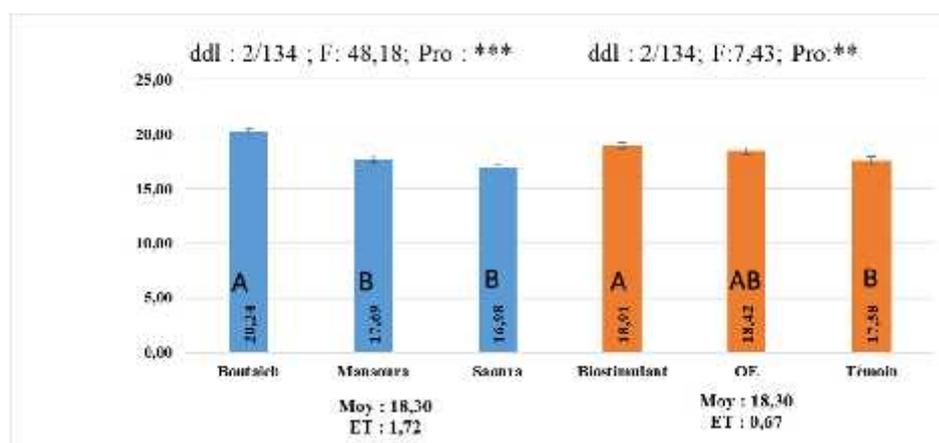
**Figure 27 :** Variation montrant le nombre d'épis par mètre carré

La composante la plus étroitement liée au rendement en grain en cas de déficit hydrique est le tallage épi (**Bouzerzour et Oudina, 1989**). Le peuplement épis est déterminé par le niveau du tallage herbacé et par l'intensité de la régression du nombre de tiges pendant la montée (**Deumier, 1986**). Selon **Zair (1994)**, le nombre d'épis par mètre carré dépend en premier lieu du facteur génétique, de la densité de semis, de la puissance du tallage, elle-même conditionnée par la nutrition azotée et l'alimentation hydrique de la plante pendant la période de tallage. **Grignac (1981)** affirme qu'en conditions de déficit hydrique, le nombre d'épis au mètre carré ne doit pas atteindre des valeurs très élevées. Le nombre d'épis subira une forte diminution si le déficit hydrique intervient durant la phase de montée des épis (**Gate et al., 1992**). Cependant, l'augmentation du nombre d'épi se traduit par une diminution de leur fertilité (**Bendjemaa, 1977**).

Le rôle des biostimulants est de contrôler et d'accélérer les processus de vie des plantes, d'augmenter la résistance au stress et de stimuler leur développement (**Calvo et al., 2014**). D'autres exemples ont été rapportés démontrant la capacité des biostimulants à agir sans être impactés par les conditions environnementales testées (**Shekhar Sharma et al., 2013 ; Calvo et al., 2014**).

#### 4.4. Nombre total d'épillets par épi

Le résultat de l'analyse statistique de la variance a révélé une différence très hautement significative pour le facteur variété et hautement significative pour le facteur traitement. Le coefficient de variance est évalué à 9.07%. Le classement des moyennes par le test de tukey nous a permis de distinguer deux groupes homogènes distincts pour le facteur variété avec un écart type de 1.72 épillet/épi et deux groupes chevauchant pour le facteur traitement avec un écart type de 0.67 épillet/épi (Figure 28). La moyenne de l'essai s'élève à 18.30 épillets/épi.



**Figure 28 :** Variation montrant le nombre total d'épillets par épi

Notons que le nombre d'épillets par épi varie d'une valeur minimale de 16,98 pour Saoura et une valeur maximale de 20,24 pour Boutaleb soit une différence de 1,94 épillets/épi par apport à la moyenne de l'essai.

En zone semi-aride, le déficit hydrique le plus sévère et le plus fréquent intervient au printemps, à la fin de la saison des pluies. Ce déficit affecte systématiquement la phase montaison et celle de l'épiaison. L'effet de manque d'eau sur les composantes du rendement se manifeste surtout sur le nombre de grains formés (Zair, 1991).. Gate (1995) a signalé qu'une carence en azote en début montaison peut provoquer une diminution du nombre d'épillets fertiles. Cette diminution affecte en priorité les épillets situés à la base de l'épi. Un manque d'eau pendant l'initiation des épis réduit le nombre d'épillets (Baldy, 1973).

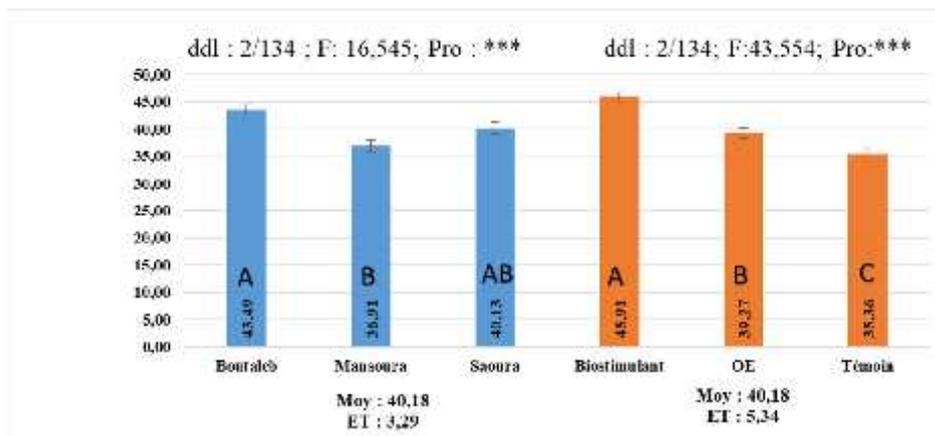
Dès le début de la croissance, les céréales ont des besoins considérables en magnésium pour assurer la formation de la chlorophylle dans la jeune plante et garantir une ébauche précoce des épillets et des grains (K.A.L.I., 2016)

Selon Mosseddaq et Moughli (1999), le nombre de grains par épi est déterminé par le nombre d'épillets potentiels par épi et la fertilité de l'épi.

**Couvreur (1985)** souligne que le taux de fertilité est sensiblement influencé par les conditions climatiques (alimentation en eau et température) ainsi que par la fertilisation car une carence proche à la floraison provoque une stérilité par absence de fécondation. **Boukhobza et Ghalem-Djender (2006)** indiquent que la chaleur excessive et sèche, surtout lorsqu'elle est accompagnée d'une sécheresse du sol, entrave la fécondation et arrête ainsi la formation du grain

#### 4.5. Nombre de grains par épi

L'analyse statistique de la variance a montré une différence très hautement significative pour les deux facteurs étudiés. Le test de tukey nous a donné trois groupes homogènes distincts pour le facteur traitement. Cependant, la moyenne de l'essai s'élève à 40.18 grains/épi (Figure 29). Il est à noter que le biostimulant a enregistré la valeur moyenne la plus élevée avec 45.91 grains/épi contrairement au témoin qui n'a donné qu'un faible nombre avec 35.36 grains/épi, soit une différence d'environ 10 grains.



**Figure 29 :** Variation montrant le nombre de grains par épi

Note que les valeurs optimales de grains par épi permettant l'obtention des rendements les plus élevés. En zone méditerranéenne et en absence de déficit hydrique, le nombre oscille entre 38 et 51 grains par épi (**Grignac, 1981**). Les principales conséquences de la sécheresse survenant durant la période fin montaison début épiaison, sont la réduction du nombre d'épis par unité de surface et du nombre de grains par épi (**Jouve, 1984**).

Selon **Taureau (1987)** et **Gate (1995)**, une carence en azote aux alentours de la fécondation réduit le nombre de grains par épi en augmentant le nombre de fleurs avortées. Le nombre de grains par épi a la même importance que le nombre d'épis au m<sup>2</sup> en tant que composante du rendement en grains.

La variation de la nutrition pendant les 3 à 4 semaines de la croissance active de l'épi, avant l'épiaison, influe sensiblement sur le nombre de grains par épi (Fisher, 1985).

#### 4.6. Poids de mille grains (PMG)

L'analyse statistique de la variance a révélé une différence très hautement significative sur les deux facteurs étudiés pour le poids de mille grains. Le test tukey a montré deux groupes homogènes distincts.

La moyenne la plus élevée a été enregistrée pour l'oligo-élément avec 43 g (Figure 30). Le traitement biostimulant et le témoin n'ont pas dépassé 38.49 g. Les deux variétés Boutaleb et Mansoura se sont groupés ensemble ont donnant environ 42 g.

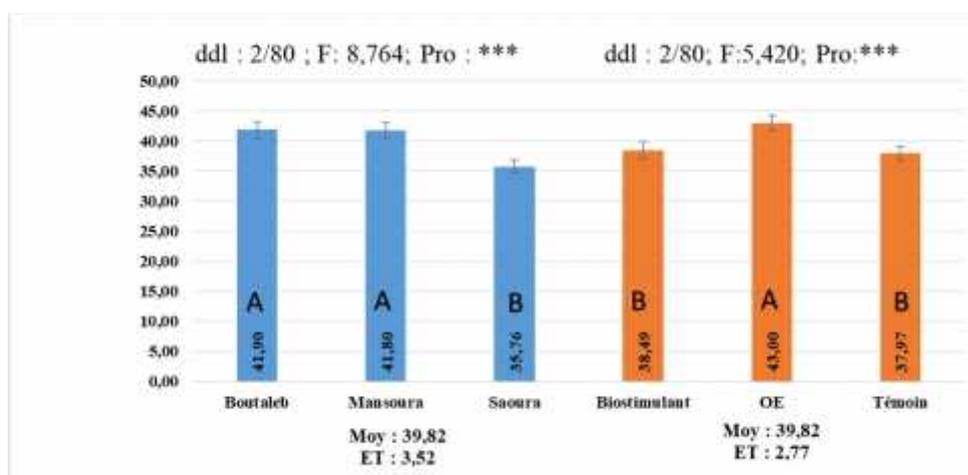


Figure 30 : Variation montrant le poids de mille grains

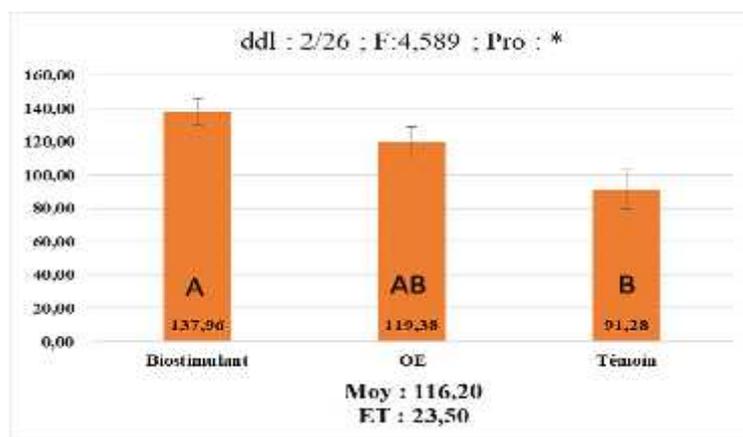
Après floraison, le stress hydrique limite l'accumulation de la biomasse par la culture et provoque une maturation précoce des grains diminuant ainsi le poids de mille grains (Kobata et al., 1992).

## 5. Rendement

### 5.1. Rendement biologique (biomasse aérienne) (qx/ha)

L'analyse statistique de la variance a montré une différence significative pour le facteur traitement et non significative pour le facteur variété. Le test tukey a révélé deux groupes homogènes chevauchants.

La moyenne la plus élevée a été enregistrée chez le biostimulant avec 137.96 qx/ha, alors que le témoin n'a donné qu'un faible rendement à l'ordre de 91.28 qx/ha. Cependant, la moyenne de l'essai est évaluée à 116.20 qx/ha avec un écart type de 23.50 qx/ha (Figure 31).



**Figure 31** : Variation montrant le rendement biologique

Selon **Mosseddaq et Moughli (1999)**, les quantités d'azotes apportés et la date d'application affectent très fortement la production de la biomasse et les apports au début du cycle sont traduits par une grande production en biomasse. Le rendement peut être amélioré indirectement par l'augmentation de la biomasse aérienne (**Bouzerzour et al., 1994**).

Glucine bêtaïnes qui est un acide aminé, il qui joue un rôle important dans la survie des plantes sous stress (**Ashraf et Foolad, 2007 ; Chen et Murata, 2008**). L'application est également connue sous le nom de stimulateur de croissance des plantes en cas de stress environnemental (**Aydin et al., 2012**).

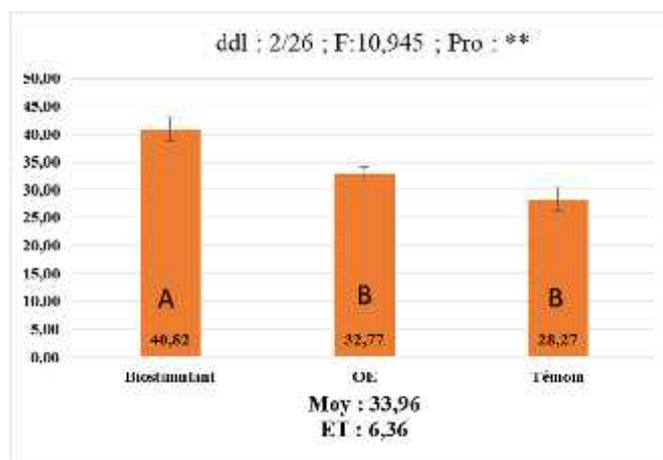
## 5.2. Rendement en paille (q/ha)

L'analyse de statistique de la variance a révélé une différence non significative pour les deux facteurs étudiés.

## 5.3. Rendement réel en grains (q/ha)

Les résultats de l'analyse de la variance ont révélé une différence hautement significative pour le facteur traitement contrairement à l'autre facteur variété. Le classement des moyennes par le test tukey nous a permis de distinguer deux groupes homogènes distincts (Figure 32).

La moyenne de l'essai du rendement réel en grains s'élève à 33,96 qx/ha et un écart type de 6,36. Les biostimulants se distinguent par un rendement très élevé avec 40,82 qx/ha contrairement au témoin qui n'a enregistré qu'un très faible rendement réel en grain à l'ordre de 28,27 qx/ha. Les oligo-éléments et le témoin se regroupent ensemble.



**Figure 32 :** Variation montrant le rendement réel en grains (qx/ha)

Le rendement en grain par plant est conditionné par le potentiel génétique de la variété, mais aussi par les conditions agro-climatiques et la conduite culturale. Il est aussi la finalité de tout travail d'amélioration des plantes (El-Hakimi, 1995). Gate et al. (1990) affirment que les causes de la variation du rendement peuvent être de deux types : le génotype et la période d'apparition du déficit hydrique.

## 6. Maladies et verse

**6.1. Puceron :** Pendant la période de tallage - maturation nous avons pu rencontrer des *Sitobion avenae* et *Sitobion fragariae*.

**6.2. Verse :** la verse a été signalée au stade remplissage du grain suite aux fortes pluies du mois du Mai avec égrenage des épis suite à la grêle.

## 7. Analyse des corrélations

Pour compléter l'analyse uni-dimensionnelle d'ANOVA, il est souhaitable d'y aller à une analyse bi-dimensionnelle par l'estimation de la force de liaison de type linéaire entre deux variables quantitatives en présentant la matrice des corrélations entre les variables deux à deux (Tableau 10).

Nous avons enregistré des coefficients de corrélations élevés et significatifs du nombre des pieds levée (NP) entre le nombre des talles par m<sup>2</sup> d'une part et d'autre part le nombre des épis par m<sup>2</sup>. ( $r = 0,619^{**}$  et  $0,514^{**}$ ), et positivement avec le rendement réel ( $r = 0,403^*$ ) ainsi que le rendement biologique et rendement en paille.

Le rendement en grain est corrélé positivement à NT, NE, NGE et avec la date d'épiaison ( $r = 0,382$ ).

La hauteur de la tige (HP) est fortement corrélée ( $0,565^{**}$ ) avec la longueur de l'épi, et négativement avec la matière sèche des tiges ( $-0,516^{**}$ ).

**Tableau 10 :** Corrélations entre les paramètres étudiés (en bleu et gras des résultats statistiquement significatif à 0,05%).

Variable	NT	NE	SF	LE	LB	DC	DT	NET	NGE	HP	TCV	MST	MSR	PMG	DE	DF	RR	RP	RB	IR
NE		<b>0,896</b>																		
SF	-0,126	-0,161																		
LE	0,077	0,270	-0,035																	
LB	0,303	0,133	<b>0,523</b>	-0,170																
DC	0,210	0,165	0,214	0,267	<b>0,387</b>															
DT	0,037	0,001	0,071	0,288	0,138	<b>0,540</b>														
NET	0,067	0,170	0,129	0,372	0,013	-0,004	<b>0,493</b>													
NGE	0,066	0,048	0,289	0,241	0,173	-0,110	0,142	<b>0,654</b>												
HP	0,087	0,072	0,272	<b>0,565</b>	0,131	0,320	0,358	<b>0,383</b>	0,282											
TCV	-0,378	-0,297	-0,324	0,008	-0,249	0,063	-0,038	-0,172	-0,294	-0,148										
MST	-0,130	-0,078	-0,373	<b>-0,412</b>	-0,124	-0,320	-0,125	-0,021	0,005	<b>-0,516</b>	0,012									
MSR	-0,078	-0,079	-0,039	-0,083	-0,034	0,010	0,015	-0,130	0,047	-0,263	0,188	<b>0,393</b>								
PMG	-0,087	-0,073	0,082	-0,298	0,111	0,133	0,217	-0,125	-0,300	-0,280	0,032	0,238	0,149							
DE	0,079	-0,045	0,182	0,044	0,379	0,216	0,045	-0,221	0,110	0,332	0,060	<b>-0,432</b>	-0,304	-0,208						
DF	0,296	0,342	-0,110	-0,100	0,055	-0,240	-0,264	-0,152	-0,095	0,047	0,188	-0,078	-0,078	0,065	<b>0,449</b>					
RR	<b>0,400</b>	<b>0,438</b>	0,154	0,352	0,347	0,122	0,366	0,350	<b>0,456</b>	0,281	-0,348	-0,271	-0,024	-0,206	<b>0,382</b>	0,256				
RP	0,313	0,269	0,209	<b>0,532</b>	0,314	0,368	0,350	0,238	0,353	<b>0,433</b>	0,008	<b>-0,387</b>	0,180	-0,171	0,268	0,068	<b>0,580</b>			
RB	0,356	0,326	0,212	<b>0,533</b>	0,345	0,342	0,380	0,280	<b>0,402</b>	<b>0,433</b>	-0,069	<b>-0,391</b>	0,149	-0,192	0,313	0,115	<b>0,716</b>	<b>0,984</b>		
IR	-0,141	-0,067	-0,183	<b>-0,437</b>	-0,176	-0,376	-0,149	-0,025	-0,081	<b>-0,431</b>	-0,253	<b>0,439</b>	-0,114	0,072	-0,122	0,035	0,012	<b>-0,772</b>	<b>-0,659</b>	
NP	<b>0,619</b>	<b>0,514</b>	-0,057	0,179	0,213	<b>0,484</b>	0,303	-0,035	-0,084	0,116	-0,092	-0,181	-0,023	-0,097	0,316	0,176	<b>0,403</b>	<b>0,518</b>	<b>0,532</b>	-0,271

**Légende:** NE : nombre d'épis/m<sup>2</sup>, SF : surface foliaire (cm<sup>2</sup>), LE : longueur épi, LB : longueur barbes, DC : diamètre col de l'épi, DT : diamètre tige, HP : hauteur finale plante, NET : nombre d'épillets, NGE : nombre de grains par épi, TCV : température du couvert végétal, MST : matière sèche tiges, MSR : matière sèche racines. PMG : poids mille grains, DE : date d'épiaison, DF : date floraison, RR : rendement réel RB : rendement biologique, RP : rendement en paille, IR : indice de récolte. NP : nombre de plantes/m<sup>2</sup>.

Le diamètre du col de l'épi est fortement corrélée avec le diamètre de la tige (0.540\*\*).

Le nombre de grains par épi est fortement corrélé avec le nombre totale des épillets avec  $r = 0.654$  \*\*, ainsi que le dernier est corrélé avec la hauteur de la plante et le diamètre de la tige.

La date d'épiaison est corrélée positivement avec la date de floraison et négativement avec la matière sèche des tiges. Nous avons distingué un coefficient de corrélation plus élevé entre le rendement biologique et le rendement en paille ( $r = 0.984$  \*\*), puis la longueur de l'épi avec le rendement en grain.

Les paramètres fortement corrélés peuvent nous offrir la possibilité de ne pas mesurer tous ces paramètres prochainement, il suffit d'étudier un seul paramètre suffira s'il est fortement corrélé avec l'autre.

# *Conclusion*

## Conclusion

Face à l'absence de réponse au problème de fluctuation de rendement des blés qui est dû aux stress thermique dans les régions semi-aride, nous avons examiné au travers de ce travail deux solutions : la biostimulation et la correction de la subcarence à base d'algue. L'objectif de cette étude est de déterminer si ces solutions répondent à la problématique du stress climatique.

La présente étude présente les résultats des essais de l'application en plein champ, sur la culture de trois variétés de blé dur, de deux formulations testés de biostimulants « Fertileader Start et Vital » à base d'algue et un correcteur de carence « Ksc Mix » enrichie avec une solution algal.

L'étude a montré une augmentation de 71.5 % du nombre d'épis/m<sup>2</sup> par rapport au témoin et 30 % en grain par épi. L'absence des effets négatifs, comme la phytotoxicité et la verse des plantes, suite à l'application foliaire n'ont pas été observé. Une hausse de PMG de 1,30 % pour le biostimulant et de 13,24 % pour les oligo-éléments par rapport au témoin. Aussi nous avons constaté une augmentation du rendement dans tous les groupes testés par rapport au témoin, les meilleurs résultats ont été obtenus dans les parcelles traités avec les biostimulants 51 % de biomasse et 44 % de gain en grain par rapport au témoin.

Les rendements élevés en nombre d'épi par mètre carré, de grain par épi et de PMG nous renseigne que les trois variétés de blé crois normalement dans les conditions de stress climatique dans les régions semi-aride en intégrant les deux solutions : biostimulant « Strat et Vital enrichi de SeaActiv» et les oligo-éléments « Ksc Mix enrichi de Phytactyl » dans l'itinéraire technique de production.

Cette étude nous ouvre sur une perspective très prometteuse afin d'apporter des solutions adapter aux phénomènes du stress climatique qui limite le rendement du blé dans les régions semi-arides.

*Références*

*Bibliographiques*

## Références bibliographiques

- Abbassenne F., Bouzerzour H. et Hachemi L. (1997).** Phénologie et production du blé dur en zone semi-aride d'altitude. *Annales INA - El Harrach* **18**, 24-36.
- Alain G. (2009).** Banque de schémas de l'académiede Dijon, <http://svt.ac-dijon.fr>
- Alem C., Labhilili M., Brahmi K., Jlibene M., Nasrallah N. et Filali-Maltouf A. (2002).** Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin, *C. R. Biologies* **325**, 1097-1109.
- A.P.S. (2018).** Algérie presse service. (consulté le 15/07/2020) [www.aps.dz/economie/78033-cereales-la-valeur-de-la-production-a-atteint-plus-de-220-milliards](http://www.aps.dz/economie/78033-cereales-la-valeur-de-la-production-a-atteint-plus-de-220-milliards).
- ARVALIS. (2000).** Institut du végétal and IRTAC—Institut de Recherches Technologiques Agroalimentaires des Céréales. 1 Ed. Charte de Production du blé tendre. Paris.
- ARVALIS (2004).** Institut du végétal and IRTAC-Institut de Recherches Technologiques Agroalimentaires des Céréales. 91720 Boigneville. Perspectives agricoles Comment détecter les carences sur blé tendre ? - N°300. p10.
- Ashraf M. et Foolad M.R. (2007).** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ Exp Bot* **59**, 206-216.
- Aydin A., Kant C. et Turan M. (2012).** Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research* **7(7)**,1073-1086.
- Baize D. (1988).** Guide des analyses courantes en pédologie. Ed. INRRA paris ,172p
- Baldy C. (1973).** Sur l'énergie active en photosynthèse. Son utilisation par les graminées au cours de leur développement. *Ann. Agron.* **24(1)**, 1-13.
- Baldy C. (1993).** Progrès récents concernant l'étude du système racinaire du blé (*Triticum* sp.). *Ann. Agron.***24(2)**, 241-276.
- Belaïd D. (1996).** Aspects de la céréaliculture algérienne. INES. Editions OPU, Alger, 207 p.
- Benbelkacem A. et Kellou K. (2000).** Évaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) cultivées en Algérie. Durum wheat improvement in the Mediterranean region : new challenges. CIHEAM-IAMZ, Zaragoza, Spain, pp 5-110.
- Benjema O. (1977).** Contribution à l'étude de l'élaboration du rendement de quelques variétés de blé dur en fonction des densités de semis dans les conditions édaphiques de la station d'El- Khroub. Mémoire Ing. INA. El-Harrach. Alger. 105p.
- Ben Naceur M., Rahmone C., Sdiri H., Meddahi M.L. et Selmi M. (2001).** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de quelques variétés maghrébines du blé. *Secheresse* **3**, 167-174.
- Blum A. et Pnuel Y. (1990).** Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a Mediterranean environment. *Aust J. Agri. Res.* **41**, 799-810.
- Blum A., Mayer J. et Gozlan G. (1982).** Infrared thermal sensing of plant canopies as a screening technique for dehydration avoidance in wheat. *Field Crops Research* **5**, 137-146.
- Blunden G. (1991).** Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts. in Guiry M. D. et Blunden G. (eds) *Sea weed resources in Europe : uses and potential*. Wiley, Chicester, pp 65-81.
- Böhme M. et Thi Lua H. (1999).** Influence of humic acid on the growth of tomato in hydroponic systems. In *International Symposium on Growing Media and Hydroponics*. pp. 451-458.
- Boisgontier D. (1985).** Maîtrise de la densité de semis des céréales. *Cultivar* **185**, 85-88.
- Bonnefoy M. et Moynier J.L. (2014).** Besoins en eau des céréales. Colloque au champ-Irrigation-le Magneraud, Arvalis, France. 48 p.
- Boukhobza N. et Ghalem Djender Z. (2006).** Identification des contraintes de la variabilité et de la faiblesse des rendements de céréales. *Céréaliculture* **46**, 59-63.
- Boulelouah N. (2002).** Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption d'azote chez le blé tendre. DAA Institut National Agronomique Paris - Grignon **30 p**.
- Bouzerzour H., Zerari H. et Dekhili M. (1994).** Relationship among duration of vegetative and grain filling periods, yield components and grain yield and durum wheat. *Awamia*. n° 75. pp 15-21.
- Bouzerzour H. et Oudina M. (1989).** Association de certains caractères morphologiques au rendement en grains chez le blé dur (*Triticum durum* Desf) en conditions semi-arides. *Ann INA. Alger.* **13(1)**, 157-161.
- Boyardieu J. (1982).** Blé tendre. Techniques agricole, Tome 1. 26p.
- Bozzini A. (1988).** Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. Dans Fabiani G. et C. Lintas (éd). *Durum : Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota), USA. pp 1-16.
- Brouillet L., Coursol F. et Favreau M. (2006).** VASCAN. The database of Canadian vascular plants. Herbar Marie-Victorin, Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal (Consulté le 18/06/2020). <http://data.canadensys.net/vascan/about>.
- Calvet G. et Villemain P. (1986).** Interprétation des analyses de la terre. Tome I. Ed. Centre de la recherche SCPA. Aspach le bas. 25 p.
- Calvo P., Nelson L. et Kloepper J.W. (2014).** Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil* **383**, 3-41.
- Carpon A. (2019).** Conjoncture céréalière coup de mou pour le blé dur. (Consulté le 18/06/2020) <https://www.terre-net.fr/marche-agricole>.
- Chabane M. (2010).** Le réchauffement climatique menace la sécurité alimentaire : Quelle vision et quelle politique pour l'avenir en Algérie. In 6<sup>ième</sup> Colloque International : Stratégies de Développement, Quel Chemin Parcours. pp 73-91.

- Chen T. H. et Murata N. (2008).** Glycinebetaine: an effective protectant against abiotic stress in plants. *Trends in plant science* **13**(9), pp 499-505.
- Çimrin K., M. Türkmén Ö., Turan M. et Tuncer B. (2010).** Phosphorus and humic acid application alleviates salinity stress of pepper seedling. *African Journal of Biotechnology* **9**(36), 5845-5851.
- Coïc Y. et Lessaint C. (1975).** La nutrition minérale et en eau des plantes en horticulture avancée. Le document technique de la S.C.P.A., 23 p.
- Cook J., Johnson V.A. et Allan R. E. (1991).** Le blé. In : Greef. M.W.(Eds). Méthodes traditionnelles de sélection des plantes : un aperçu historique destiné à servir de référence pour l'évaluation du rôle de la biotechnologie moderne. Organisation de coopération et de développement économiques, Belgique, pp27-38.
- Cornelis V. L. et Philippe F. (2011).** ENITA de Bordeaux, UMR EGFV, Institut des Sciences de la Vigne et du Vin 33140 Villenave d'Ornon, k-van leeuwen@enitab.f, 6 p.
- Couvreur F. (1985).** Formation du rendement du blé et risques climatiques. *Pers agri.* **95**, 12-19.
- Craaq. (2003).** Guide de référence en fertilisation. 1ère édition. 294 p
- Crouch I. J. et Van Staden J. (1993).** Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant growth regulation* **13**(1), pp 21-29.
- Dakheel A. J., Nasi I., Mahalakshmi V. et Peacock J. M. (1993).** Morpho-physiological traits associated with adaptation of durum wheat to harsh Mediterranean environments. *Aspects of Applied Biology* **34**, 297-307.
- Dekar L. (1993).** Analyse du comportement du blé dur dans deux zones pédoclimatiques. Mémoire Ing. INA. El-Harrach. Alger. 124p.
- Deumier J. M. (1986).** Des rendements de blé plus réguliers. L'irrigation, un atout pour les années sèches. *Producteurs agricoles français* **390**, 18-20.
- Djermoun A. (2009).** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. *Nature & Technology*, **1**, 45-53.
- Doorenbos J. et Kassam A.H. (1979).** Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. Rome, FAO. 505 p.
- Durand J.H. (1983).** Les sols Irrigables. Etude pédologique. Presses Universitaires de France. Agence de Coopération Culturelle et Technique. 338 p
- E.B.I.C. (2014).** European Biostimulants Industry Council. (Consulté le 12/06/2020) <http://www.biostimulants.eu>. by Kristen Sukalac Comments Off.
- El-Hakimi A. (1992).** Evaluation de la variabilité génétique des caractères d'adaptation à la sécheresse chez les espèces tétraploïdes sauvages et cultivées du blé. Thèse DEA. Montpellier. France. 60 p.
- El-Hakimi A. (1995).** Sélection sur la base physiologique et utilisation des espèces tétraploïdes du genre *Triticum* pour l'amélioration génétique de la tolérance à la sécheresse du blé. Thèse Doctorat. Montpellier, 220 p.
- F.A.O. (2018).** Statistical database of the food and Agriculture Organization of the United Nations. (Consulté le 15/06/2020) <http://www.fao.org>.
- F.A.O. (2020).** Statistical database of the food and Agriculture Organization of the United Nations. (Consulté le 15/06/2020) <http://www.fao.org>.
- Faessel L., Gomy C., Nassr N., Tostivint C., Hipper C. et Dechanteloup A. (2014).** Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes. Étude des connaissances disponibles et recommandations stratégiques, rapport d'étude au ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Bio by Deloitte et RITTMO Agroenvironnement, 148p.
- Feillet P. (2000).** Le grain de blé. Composition et utilisation. Mieux comprendre. INRA. ISSN : 1144- 7605. ISBN : 2-73806 0896-8. 308 p.
- Feldman M. (2001).** Origin of Cultivated Wheat. Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) *The World Wheat Book : a history of wheat breeding*. Intercept Limited, Andover, Angleterre, pp 3-58.
- Fellahi Z., Hannachi A., Bouzerzour H. et Boutekrabi A. (2013).** Study of interrelationships among yield and yield related attributes by using various statistical methods in bread wheat (*Triticum aestivum* L. emthell.). *International journal of Agronomy and Plant Production* **4**(6), 1256-1266.
- Fisher R.A. (1985).** Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. agric. Sci., Camb.* **105**, 447-461.
- Gate P. (1995).** Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, 419p.
- Gate P. (1997).** Ecophysiologie du blé, préface de Tony Fischer, 103p
- Gate P., Bouthier A., Casablanca H. et Deleens E. (1992).** Caractères physiologiques décrivant la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France) INRA. (Colloque n°64).
- Gate P., Bouthier A., Moznica K. et Manzo M. E. (1990).** La tolérance des variétés de blé tendre d'hiver à la sécheresse. *Pers agri.* 145p.
- Grignac P. (1981).** Rendement et composantes du rendement du blé d'hiver dans l'environnement méditerranéen français. Communication au conseil scientifique. Italie. 11è édition. **1178**, 185-195.
- Guedira M., McCluskey P. J., MacRitchie F. et Paulsen G. M. (2002).** Composition and quality of wheat grown under different shoot and root temperatures during maturation. *Cereal Chemistry* **79**(3), 397-403.
- Hadjchristodoulou A. (1985).** Stability of Performance of Cereals in Low Rain-fall Areas as Related to Adaptive Traits. Drought tolerance in Winter Cereals Proceedings of an International Workshop, Capri, Italy, pp191-199.

- Henry Y. et De Buyser J. (2001).** L'origine des blés. In : Belin. Pour la science (Ed). De la graine à la plante. Réunion. Cirad-Ca / 3 P ; UMR PVBMT, 20 pIkrina. Ed. Belin, Paris, pp, 69-72.
- Hoggas N. (2008).** Exploitation de la vigueur hybride chez le blé dur (*Triticum Durum* Desf). Memoire ING. Batna. 78p.
- Hopkins W. G. (2003).** Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruxelles : pp 61-476.
- I.T.C.F. (2002).** Stades du blé. Institut du végétal. Paris. Pp1-40.
- I.T.G.C. (2001).** La culture intensive du blé, 2<sup>ème</sup> édition. 34 p.
- Ikrina M.A. et Kolbin A.M. (2004).** Regulators of Plant Growth and Development, Vol.1, Stimulants. Moscow : Chimia. 22 p.
- ITA. (1977).** Guide cereale Ed. J. Plant. Eco. 49p.
- Jardin P. (2015).** Plant biostimulants : Definition, concept, main categories and regulation. ScientiaHorticulturae. *Scientia horticulturae* 196, pp 3-14.
- Jonard P. (1964).** Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. Annal de l'amélioration des plantes, pp 101-130.
- Jouve P. (1984).** Relation entre déficit hydrique et rendement des céréales (blé tendre et orge) en milieu aride. *Agr tropicale*. **39** (4), 308-315.
- K.A.L.I. (2016).** Fertilisation des céréales, Informations sur la fertilisation des cultures céréalières pour rendement et la qualité, société du groupe K+S Kali France, Reims, 16p.
- Katyal J.C. et Randhawa N.S. (1986).** Les oligo-éléments. bulletin FAO engrais et nutrition végétale N°7, Rome, 88 p.
- Kauffman G.L., Kneivel D.P. et Watschke T.L. (2007).** Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass. 47(1), 261-267.
- Kherch M.H. et Bouchafaa B. (2012).** La politique céréalière en Algérie. ENSSEA.13p.
- Kobata T., Palta J.A. et Turner N.C. (1992).** Rate of development of postanthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Science* **32**, 1238-1242.
- Lafon I.P., Tharaud C. et Levey B. (1990).** Biologie des plantes cultivées. Physiologie de développement génétique et amélioration. Tome II. (1990). 478 p.
- Lugtenberg B. J. et Kamilova F. (2009).** Plant-growth-promoting rhizobacteria. Annu. Rev. Microbiol. **63**, 541-556.
- M.A.D.R.P. (2020).** Statistiques série B du Ministère de l'agriculture et du développement rural. (Consulté le 12.04.2020) <http://madrp.gov.dz/recherche-et-developpement/developpent-agricole/>
- Masse J. et Gate P.H. (1990).** La maturation. I.T.C.F. Service Plante-Climat. 10p
- McKevith B. (2004).** Nutritional aspects of cereals. *Nutrition Bulletin*, **29**(2), pp 111- 142
- Meziani L. (1987).** Etude de la croissance et du développement du blé d'hiver (*Triticum durum* L) dans différentes conditions de culture. Influence du tallage sur la production et le transfert des assimilés. These Doct. ING. INP Toulouse. 120p.deprived (N, P and K), okra seedlings. *Sci. Hortic.* 151 : pp 142-146.
- Meziani L., Bammoun A., Hamou M., Brinis L. et Monneveux P. (1993).** Essai de définition des caractères d'adaptation du blé dur dans différentes zones agro climatiques de l'Algérie. In *tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne (diversité génétique et amélioration variétale)*. Ed. INRA France, Colloque, **64**, 191-203.
- Mi G., Tang L., Zhang F. et Zhang J. (2000).** Is nitrogen uptake after anthesis in wheat regulated by sink size, *Field Crops Res* **68**, pp 183-190.
- Mihoub A. (2008).** Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*triticum durum* l. var. carioca) (dans la région d'El-Goléa-Ghardaia). Mémoire ingénieria en sciences agronomiques. Université de Kasdi-Merbah Ouargla - Algérie. P 85.
- Monneveux P. (1991).** Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver ? L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELF-UREF. John Libbey. Eurotext. Paris, pp 165-186.
- Mosseddaq F. et Moughli L. (1999).** Fertilisation azotée des céréales : Cas des blés en Bour et en irrigué. *Transfert de technologie en agriculture* **62**, 1-4.
- Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A. et Vianello A. (2002).** Physiologicaleffects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry* **34**(11), 1527-1536.
- Naville M. (2005).** La biodiversité des espèces cultivées : Analyse dans le cas du blé. ENS Cachan – département Biochimie et Génie Biologique Université Paris XI. 20p.
- Nemmar M. (1980).** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) et chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : étude de l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique. Thèse D.A.A. ENSA. Montpellier. France. 65 p.
- Novak S., Kockmann F., Villard A., Banton O. et Comte J. C. (2006).** Adapter la stratégie culturale au type de sol. Perspectives agricoles, (322), 14 p.
- O.N.M. (2020)** Office National de la Météorologie, station de Bordj Bou Arreridj. Résultats (1990-2020).
- ONFAA (2016).** Bilan de la campagne céréalière 2014/2015. Observatoire National des filières Agricoles et Agro-alimentaires, INRAA, 11p.
- Papenfus H.B., Kulkarni M.G., Stirk W.A. (2013).** Effect of a commercial seaweed extract (Kelpak (R)) and polyamines on nutrient.

- Pardey P.G. (2011).** A strategic Look at Global Wheat Production, Productivity and R&D University of Minnesota, St. Paul, Minnesota, 55108 USA. 14 p.
- Pinheiro C. et Chaves M.M. (2011).** Photosynthesis and drought : can we make metabolic connections from available data. *Journal of experimental botany* **62**(3), pp 869-882.
- Rachedi M.F. (2003).** Les céréales en Algérie : problématique et option de réforme. *Céréaliculture*. N° 38, 69p.
- Ragoub A. (2013).** Etude comparative de comportement de plusieurs génotypes de blé dur (*Triticum durum* desf.) en zone semi-aride. cas de la région de sétif, Université de M'sila, 110p.
- RGA. (2001).** Globalisation is good for your health, mostly. *BMJ* **323**, 504-6.
- Saruhan N., Kadioglu A., Sa lam A., Terzi R., et Acet T. (2011).** Exogenous salicylic acid alleviates effects of long term drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system. *Plant Growth Regulation* **64**(1), pp 27-37.
- Sharma H.S., Fleming C., Selby C., Rao J. R. et Martin T. (2014).** Plant biostimulants : a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*, **26**, 465-490.
- Slama A. (2002).** Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie, faculté des sciences de Tunis. 225 p.
- Snedecor G.W. et Cochran W.G. (1981).** Statistical Methods, seventh ed. Iowa State University Press, Iowa, USA. Ed 5<sup>th</sup> ; 19 p.
- Soltner D. (1980).** Les grandes productions végétales. 11<sup>ème</sup> Edition. Collection «sciences et techniques agricoles ». pp 15-114.
- Soltner D. (1988).** Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles. Ed. 16<sup>ème</sup>. 464 p
- Soltner D. (1998).** Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles. France. 25p.
- Soltner D. (1999).** Les grandes productions végétales, Phytotechnie spéciale. 19<sup>e</sup> édition. Collection sciences et techniques agricoles. Paris. France. 464 p.
- Soltner D. (2000).** Phytotechnie générale : Bases de la production végétales. Tome 1 : Le sol et son amélioration. Sciences et techniques agricoles, 22<sup>ème</sup> édition. 467 p.
- Spagnoletti Zeuli P.L. et Qualls (1990).** Flag Leaf variation and analysis of diversity in durum wheat. *Plant Breeding* **105**, 189-202.
- Steinmetz Lagouarde J.P., Delecote R., Guerif M. et Seguin B. (1989).** Evapotranspiration and water stress using thermal infrared measurement. A general review and a case study on winter durum wheat in southern France physiology, selection des céréales d'hiver en condition méditerranéennes, colloque n°55, Ed. INRA. Montpellier. pp 89-114.
- Taureau J.C. (1987).** Variabilité de réponse du blé aux doses croissantes d'azote dans les semenciers. *Pers agri*. **114**, pp 17-36.
- Torre L.A., Battaglia V. et Caradonia F. (2016).** An overview of the current plant biostimulant legislations in different European Member States. *J Sci Food Agric* **96**, pp 727-734.
- U.N.I.F.A. (2020).** <https://fertilisation-edu.fr/>. Consulté le (15/07/2020).
- Vilain M. (1987).** La production végétale. Vol 1. Les composantes de la production. Ed. Lavoisier. Vol. II. Paris- France. 416p.
- Wang Y. et Nil N. (2000).** Changes in chlorophyll ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* **75**, pp 623– 627.
- Wally, A.T. Critchley, D. Hiltz, J.S. Craigie, X. Han, L.I. Zaharia, S.R. Abrams, B. Prithiviraj (2013).** Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *Arabidopsis* Following treatment with commercial extract from the marine macroalga *ascophyllum nodosum*. *Plant Growth Regul.* **32**, pp. 324-339
- Williams K., Harkins S. et Latane B. (1981).** Identifiability as a deterrent to social loafing: Two cheering experiments. *Journal of Personality and Social Psychology*, **40**, pp 303-311.
- Yakhin O.I., Lubyanov A.A., Yakhin I.A. et Brown P.H. (2017).** Biostimulants in Plant Science : A global Perspective. *Frontiers in Plant Science. A Global Perspective. Front. Plant Sci.* **7**, pp 20-49.
- Youcef N. (2009).** Effets de la durée de prétraitements sur la vigueur de la semence du blé dur (*Triticum durum*) variété MBB. *Mem. ING. Batna*. pp 12-26.
- Zair M. (1991).** Contribution à l'étude de l'influence du déficit hydrique sur le développement du blé en zones semi-arides. *Céréaliculture* **24**, pp 9-12.
- Zair M. (1994).** L'irrigation d'appoint et la fertilisation azotée du blé dur. *Céréaliculture* **24**, 17.p
- Zhang S. et Liu Y. (2004).** Phosphorylation of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase by MPK6, a stress-responsive mitogen-activated protein kinase, induces ethylene biosynthesis in *Arabidopsis*. *The Plant Cell* **16**(12), pp 3386-3399.
- Zouadine N. (1989).** Effet de la fertilisation azotée et de la densité de semis sur le comportement d'un blé dur à haut rendement (station Oued-Smar). *Mémoire Ing. INA. Alger*. 131 p.

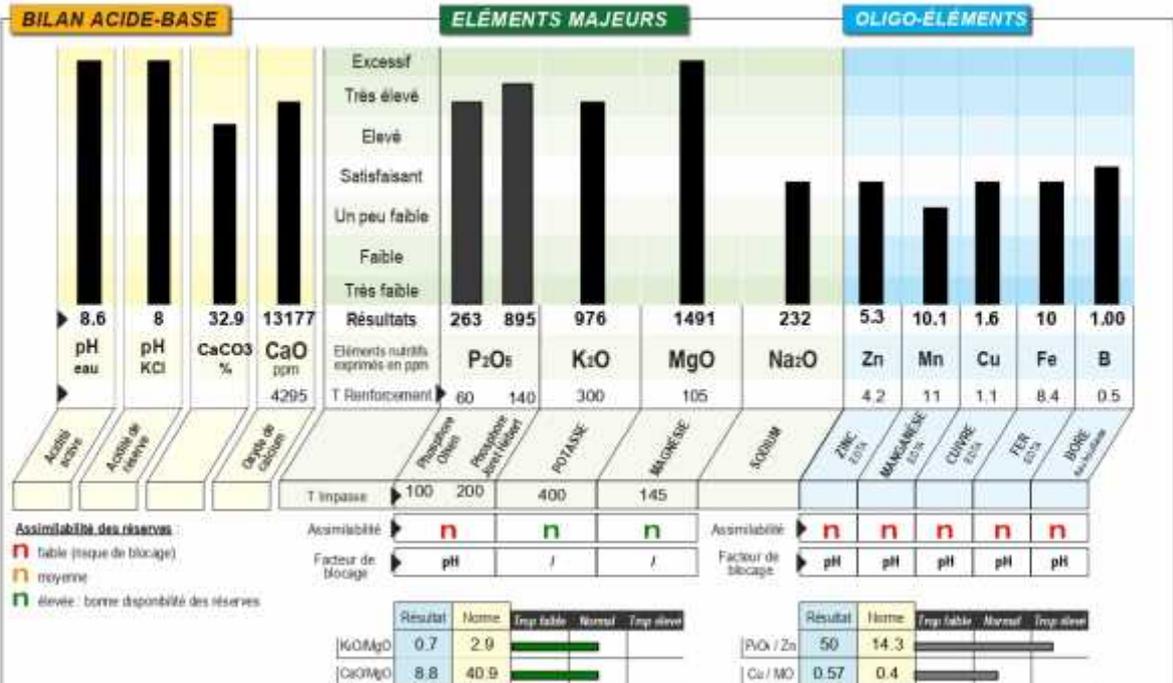
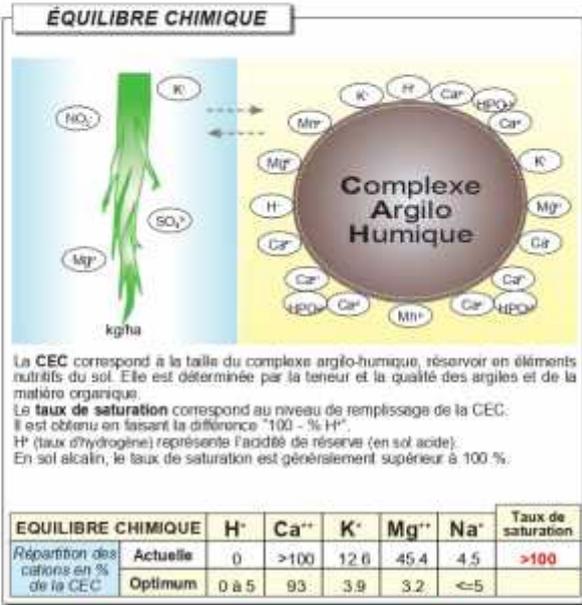
# *Annexes*

# Annexe 01 : Analyses du sol

## 1. Fiche d'analyse du sol



DISTRIBUTEUR : <b>Timac AGRO</b> CITE EL OUINIS N°3 GROUPE DE 16045 ALGER NON RENSEIGNE		ANALYSE RÉALISÉE POUR : <b>LAABACHI BACHIR</b>	
Parcelle : 1	N° échantillon : 12105191	Reçu le : 20/12/2019	Expédié le : 14/01/2020



\*Méthode d'analyse : CEC (analyse par complexation) (NF ISO 29470), Matière organique - carbone Azote à 1,72 (NF X 31 198), pH eau : extraction eau ; "acidité active" (NF X 31 193), pH KCl : extraction KCl "acidité totale" (NF X 31 194), CaCO<sub>3</sub> (NF X 31 195), CaCO<sub>3</sub> (NF X 31 196), Calcium échangeable Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, extraits à l'aide de l'ammonium (NF X 31 198), Phosphore - méthode Olsen (extraction au carbonate de sodium) (méthode Janssen) et méthode analise d'ammonium (NF X 31 181), Oligos - Cu, Mn, Fe, et Zn extraits au chélateur EDTA (NF X 31 120), Bore soluble à l'eau basilière (NF X 31 122), Azote total : Méthode indrico selon NF ISO 13876, IAB : indice d'acidité biologique basé sur les paramètres relevant de la microbienne du sol (pH, CaCO<sub>3</sub>, % d'argile, % MO, régime de restriction des intrants de produits phytosanitaires). FRANCE Analyse est une entreprise.

A00001 - 38 rue de Saint-Denis - 93200 La Madeleine - France - Tél. 01 41 41 41 41 - Fax. 01 41 41 41 41 - e. info@france-analyse.com - france-analyse.com

**LAABACHI BACHIR**  
Parcelle : 1  
N° échantillon : 12105191

**AGREMENT**  
Analyse réalisée par  
**AUREA**, agréé par  
le Ministère de l'Agriculture

**INTERPRETATION**  
Interprétation et conseils de fertilité  
révisés par **AUREA**  
selon les normes **COMFER 2007/2008**

**HISTORIQUE DE FERTILISATION**

Culture	Rat	Résidus	Apport Minéral		Apport Organique
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Antécédent			NON	NON	NON
Précédent	NON RENSEIGNE		NON	NON	NON
Enfouis					
Nombre d'années sans apport P :			2		
Nombre d'années sans apport K :			2		

**INFORMATIONS SOL**

Type de sol : LIMON ARGILEUX CALCAIRE

Profondeur :

% calcaire :

Terre fine : 3200T/ha

**PRÉLEVEMENT**

Préleveur : NON RENSEIGNE

Type prélèvement :

Profondeur de prélèvement : 25 cm

Longitude :

Latitude :

Date de prélèvement :

**CONSEIL CHAULAGE (kg CaO / ha)**

Entretien CaO	Correction CaO	Apport total CaO
/	/	/
/	/	/
/	/	/
/	/	/

**CONSEIL ORGANIQUE (kg MO / ha)**

Entretien MO	Correction MO	Apport total MO	Apports MO
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/
/	/	/	/

Le bilan humique annuel moyen est équilibré : 180kg MO/ha/an. Cela devrait se traduire par un maintien du %MO Compte tenu du %MO actuel. L'amendement organique n'est pas indispensable sur cette parcelle en dehors des apports déjà prévus. Veillez à maintenir le capital organique en surveillant le bilan humique (équilibre entre les pertes d'humus et les restitutions d'humus).

**CONSEILS P K Mg** Interprétation COMFER normes 2007/2008

Classe d'exigence (pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO) ou de sensibilité des cultures à la carence en oligo-éléments : **faible** e **moyen** ee **Elevé** eee

**1<sup>ère</sup> CULTURE MAIS GRAIN 100 Qx Résidus : Enfouis**

	PHOSPHORE P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	POTASSE K <sub>2</sub> O	MAGNÉSIE MgO
EXIGENCE DE LA CULTURE	e e	e e	e
T Renforcement / T Impasse	60/90	300/400	
Exportations (kg / ha) (1)	80	55	15
Coeff multiplicateur (2)	0.6	0.8	
<b>Conseil de fumure (kg / ha)</b>	<b>35</b>	<b>45</b>	<b>---</b>

	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
sensibilité de la culture	eee	ee	ee	e	e	e
Garde d'apport	AS	S	AS			
<b>Dose (kg / ha)</b>		<b>Fol</b>				

Manganèse : apport foliaire conseillé si conditions favorables à la carence (sol sec, sol soufflé en sortie d'hiver)

**2<sup>ème</sup> CULTURE BLE 90 Qx Résidus : Enfouis**

	PHOSPHORE P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	POTASSE K <sub>2</sub> O	MAGNÉSIE MgO
EXIGENCE DE LA CULTURE	e	e	e
T Renforcement / T Impasse	30/80	150/300	
Exportations (kg / ha) (1)	60	45	10
Coeff multiplicateur (2)	0	0	
<b>Conseil de fumure (kg / ha)</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>

	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
sensibilité de la culture	e	eee	eee	e	e	e
Garde d'apport		I	AS			
<b>Dose (kg / ha)</b>		<b>Fol</b>				

Manganèse : apport foliaire conseillé si conditions favorables

**3<sup>ème</sup> CULTURE COLZAD'HIVER 35 Qx Résidus : Enfouis**

	PHOSPHORE P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	POTASSE K <sub>2</sub> O	MAGNÉSIE MgO
EXIGENCE DE LA CULTURE	eee	ee	e
T Renforcement / T Impasse	60/100	300/400	
Exportations (kg / ha) (1)	45	30	10
Coeff multiplicateur (2)	0	0	
<b>Conseil de fumure (kg / ha)</b>	<b>---</b>	<b>---</b>	<b>---</b>

	Zn	Mn	Cu	Fe	B	Mo
sensibilité de la culture	e	ee	e	e	eee	eee
Garde d'apport		S			AS	AS
<b>Dose (kg / ha)</b>						

(1) Exportations calculées selon les normes COMFER 2007 (2) Coefficients multiplicateurs des exportations calculés selon les normes COMFER 2008

	PHOSPHORE P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	POTASSE K <sub>2</sub> O	MAGNÉSIE MgO
Dose totale / Dose moyenne	35 / 12	45 / 15	35
Somme des pertes	160	130	35
Renforcement (+) / Destockage (-)	-125	-85	-35

Oligo-éléments : conseil établi en fonction de la teneur du sol et de la sensibilité de la culture à la carence. Le conseil peut être "impératif" (I) ou "à surveiller" (AS), il est proposé en Kg d'élément pur dans le cas d'un apport au sol (Cu, Zn ou bore). Pour le manganèse, un apport foliaire est recommandé en cas de besoin (FOL).

Annexe 02 : Fiche technique des produits utilisés

### FERTILEADER® Start

**Effets observés**

→ Une activité photosynthétique plus intense

Plus de chlorophylle augmente la capacité des cellules végétales à produire plus de sucres pour plus d'énergie et de mise en réserve.

→ Plus d'assimilation racinaire

% d'absorption supplémentaires du traitement FERTILEADER® par rapport au témoin

### FERTILEADER® Start

Cultures	Dates d'application	Dose par application (l/ha)
Carottes	10/05	0
Maïs	4 et 10/06	4
Tomate de serre	10/05	4
Maïs	04 et 10/06	4
Carottes	10 et 17/06	4
Maïs	1 et 8/06	4

Les doses indiquées ne sont qu'indicatives. Elles doivent être adaptées en fonction du type de la culture, du type de sol et des conditions climatiques.

**COMPOSITION**  
Solution Fongique MP (kg)  
3-20 (g)

Actif composé : complexe fongique Seactiv®

**UTILISATION** : Après nettoyage du pulvérisateur le Groupe FERTILEADER® recommande GURCEP® SLAP, le produit de choix pour votre FERTILEADER®. Bien en agitant. Mélanger l'épandeur jusqu'à la fin du traitement. Début dans 100 à 200 l/ha. Ne pas utiliser pendant les périodes de grand froid. En cas de forte chaleur, appliquer en début de matinée ou en fin de soirée.

**COMPARABILITE** : FERTILEADER® peut se combiner avec tous les produits de traitement. Cela doit se faire, respectant un bon principe. Toute responsabilité en agressement émise à la garantie de qualité du produit dans son emballage d'origine.

**STOCKAGE** : Ne pas entreposer à moins de 5°C. Stocker dans un endroit propre et sec.

### FERTILEADER® Start

## Seactiv®

Le complexe SEACTIV® Homologué en tant qu'agent nutritionnel à base d'algues (AMM n°1060004 - matière fertilisante) constitue le principe actif présent dans toute la gamme foliaire FERTILEADER® : la garantie de toujours plus de sécurité et d'efficacité.

→ Les facteurs clés du rendement

- L'ABSORPTION DES NUTRIMENTS**  
Un effet pompe pour une meilleure assimilation des sels fertilisants (azote et de l'eau).
- LE TRANSPORT DES NUTRIMENTS**  
Une système active pour mieux nourrir les organes ou les grains/fruits.
- LA PHOTOSYNTHESE**  
Production d'énergie pour la croissance, effet «stay green».
- LA TOLÉRANCE AUX STRESS CLIMATIQUES**  
Une croissance régulière dès l'implantation.

## LA DYNAMIQUE DE VOS CULTURES

→ La plante : une usine de production

→ Effet homologué : Amélioration du rendement

Activer V  
Accédez au

Figure 01 : Fiche produit « Fertileader Start »

## FERTILEADER® Vital

**Effets observés**

→ Une activité photosynthétique plus intense

Plus de chlorophylle augmente la capacité des cellules végétales à produire plus de sucres pour plus d'énergie et de mise en réserve.

→ Plus d'assimilation racinaire

% d'absorption supplémentaire du traitement FERTILEADER® par rapport au témoin

## FERTILEADER® Vital

Culture	Mode d'application	Dose par hectare (g/l)
Céréales	Couffement de 1er	0
Colza	Clôture des parcelles	4
Mais	0 à 8 feuilles	4

Les doses indiquées ne sont qu'indicatives. Elles doivent être adaptées en fonction du type de culture, du type de sol et des conditions climatiques.

**COMPOSITION CE**  
Solution d'engrais NPK contenant des oligo-éléments NPK 5-5-4

- 2,5 % Azote (N) sous forme d'urée
- 5 % Phosphore (P) sous forme de phosphate mono-basique
- 4 % Potassium (K) sous forme de chlorure de potassium
- 0,2 % Fer (Fe) sous forme de sulfate
- 0,2 % Manganèse (Mn) sous forme de sulfate
- 0,2 % Zinc (Zn) sous forme de sulfate
- 0,2 % Cuivre (Cu) sous forme de sulfate
- 0,2 % Bore (B) sous forme de borate
- 0,2 % Molybdène (Mo) sous forme de sulfate

**Autre composant : complexe homologué Seactiv®**

**DILUTION :** Après nettoyage du pulvérisateur ou Outback 1000 (20 litres), verser 10 litres de Seactiv dans le réservoir à moitié plein avec l'engrais NPK 5-5-4. Mélanger l'engrais jusqu'à ce qu'il soit dissout, puis verser 100 à 1000 litres. Ne pas pulvériser pendant les épisodes de grand froid. En cas de forte sécheresse, appliquer un litre de Seactiv par m² de surface.

**COMPATIBILITÉ :** FERTILEADER® (NPK) est compatible avec tous les produits de traitement et tous les produits d'application du matériel agricole pour les cultures d'été à partir de la date. Dans tous les cas, réaliser un test préalable. Notre responsabilité est limitée à la garantie de qualité du produit dans son emballage d'origine.

**STOCKAGE :** Ne pas entreposer à moins de 10°C. Stocker dans un endroit propre et sec.

© 2013 Timac Agro. Tous droits réservés. Toute réimpression est interdite sans autorisation écrite de Timac Agro.

21, avenue L. Brémond - BP 106 - F - 33407 MÉRIS-les-Bains  
Tel : 03 57 55 18 00 - Fax : 03 57 55 18 01

## Seactiv®

Le complexe SEACTIV® Homologué en tant qu'agent nutritionnel à base d'algues (AMM n°1060004 - matière fertilisante) constitue le principe actif présent dans toute la gamme foliaire FERTILEADER® : la garantie de toujours plus de sécurité et d'efficacité.

→ Les facteurs clés du rendement

- L'ABSORPTION DES NUTRIMENTS**  
Un effet pompe pour une meilleure assimilation des nutriments azotés et de l'eau.
- LE TRANSPORT DES NUTRIMENTS**  
Une synergie active pour mieux nourrir les organes ou les grains/fruits.
- LA PHOTOSYNTHESE**  
Production d'énergie pour la croissance, effet stay green.
- LA TOLÉRANCE AUX STRESS CLIMATIQUES**  
Une croissance régulière dès l'implantation.

## LA DYNAMIQUE DE VOS CULTURES

→ La plante : une usine de production

→ Effet homologué : Amélioration du rendement

1 APPRO

2 FABRICATION

3 STOCKAGE

4 COMMERCIALISATION

Production de Matières sèches

Production grains

Activer \ Accédez as

Figure 02 : Fiche produit « Fertilizer Vital »



- Solubilité maximale en condition de haute salinité et de dureté de l'eau.
- Des oligo-éléments chélatés pour une assimilation optimale par les plantes.
- Développement de la vie microbienne du sol pour une meilleure minéralisation.
- Effet tampon sur le pH du sol afin de mobiliser les éléments minéraux du sol.
- Plante activée par l'action des facteurs de croissance et des antistress.



**COMPOSITION**

	Macro-éléments	Méso-éléments	Micro-éléments
KSC PHYT-ACTYL I	14-40-5	13% SO <sub>3</sub>	0,1% B + 0,05 % Cu + 0,1% Fe + 0,01% Mo + 0,1% Zn
KSC PHYT-ACTYL II	23-5-5	29% SO <sub>3</sub>	0,1% Fe + 0,05% Mn + 0,1% Zn
KSC PHYT-ACTYL III	15-5-35	-	0,1% B + 0,1% Fe + 0,01 Mo
KSC MIX	-	15% MgO + 28% SO <sub>3</sub>	0,5% B + 0,5% Cu + 2,5% Fe + 2% Mn + 0,2% Mo + 1,5% Zn
KSC SULFACID	15-0-0	41% SO <sub>3</sub>	-

**RECOMMANDATIONS**

Etape du cycle	Mise en place de la culture	Développement végétatif		Finition	
		Croissance	Floraison	Grossissement	Maturation
KSC PHYT-ACTYL I	X	X			
KSC PHYT-ACTYL II		X	X		
KSC PHYT-ACTYL III				X	X
KSC Mix		X	X	X	
KSC SULFACID (Acidifiant de la solution mère)	X	X	X	X	X

**Dilution :**  
Diluer dans la solution mère avec une concentration de 10-20% (10-20kg/100L). Ne pas acidifier la solution mère en dessous de pH 6.

**Compatibilité :**  
Compatible avec la majorité des engrais solubles. Dans tous les cas, réaliser un test préalable.

Figure 03 : Fiche produit « Ksc Mix »

### Annexe 03 : Résultats d'analyse statistique de la variance

**Tableau 01** : Analyse de la variance de la date d'épiaison

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	99,852	49,926	19,536	0,000	2.36	
Traitement	2	26,963	13,481	5,275	0,016	1.22	1.22%
Interaction	4	2,148	0,537	0,210	0,929		
Résiduelle	18	46,000	2,556				
Totale	26	174,963					

**Tableau 02** : Analyse de la variance de la date de floraison

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	266,000	133,000	4,439	0,027	3.84	
Traitement	2	228,222	114,111	3,808	0,042	3.56	3.96%
Interaction	4	94,444	23,611	0,788	0,548		
Résiduelle	18	539,333	29,963				
Totale	26	1128,000					

**Tableau 03** : Analyse de la variance de la surface foliaire

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	104,329	52,164	1,306	0,274		
Traitement	2	1116,648	558,324	13,982	0,000	3.52	27.57%
Interaction	4	274,446	68,612	1,718	0,150		
Résiduelle	126	5031,423	39,932				
Totale	134	6526,846					

**Tableau 04** : Analyse de la variance de la hauteur du plant

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	197,366	98,683	1,835	0,164		
Traitement	2	3802,902	1901,451	35,360	0,000	6.50	8.82%
Interaction	4	1201,896	300,474	5,588	0,000		
Résiduelle	126	6775,623	53,775				
Totale	134	11977,788					

**Tableau 05** : Analyse de la variance de la longueur de l'épi

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	16,409	8,205	7,685	0,001	0.43	
Traitement	2	43,273	21,637	20,268	0,000	0.69	13.95%
Interaction	4	10,655	2,664	2,495	0,046		
Résiduelle	126	134,509	1,068				
Totale	134	204,846					

**Tableau 06** : Analyse de la variance de la longueur des barbes

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	18,404	9,202	4,863	0,009	0.45	
Traitement	2	21,611	10,805	5,711	0,004	0.49	13.73%
Interaction	4	18,305	4,576	2,419	0,052		
Résiduelle	126	238,404	1,892				
Totale	134	296,724					

**Tableau 07 : Analyse de la variance du diamètre de talle**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	5,125	2,563	12,574	0,000	0.08	
Traitement	2	5,733	2,866	14,064	0,000	0.10	12.08%
Interaction	4	3,430	0,858	4,208	0,003		
Résiduelle	126	25,679	0,204				
Totale	134	39,967					

**Tableau 08 : Analyse de la variance du diamètre du col de l'épi**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	0,565	0,283	10,335	0,000	0.08	
Traitement	2	0,887	0,443	16,218	0,000	0.10	10.59%
Interaction	4	0,571	0,143	5,220	0,001		
Résiduelle	126	3,445	0,027				
Totale	134	5,468					

**Tableau 09 : Analyse de la variance de la matière sèche des racines**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	726,527	363,263	1,074	0,347		
Traitement	2	138,948	69,474	0,205	0,815	ns	38.74%
Interaction	4	129,146	32,287	0,095	0,984		
Résiduelle	72	24352,923	338,235				
Totale	80	25347,544					

**Tableau 10 : Analyse de la variance de matière sèche de biomasse.**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	18,921	9,461	0,213	0,809		
Traitement	2	98,356	49,178	1,105	0,337	ns	20.63%
Interaction	4	127,925	31,981	0,718	0,582		
Résiduelle	72	3205,290	44,518				
Totale	80	3450,492					

**Tableau 11 : Analyse de la variance de la température de couvert végétale**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	12,052	6,026	3,003	0,056		
Traitement	2	67,926	33,963	16,926	0,000	1.12	5.58%
Interaction	4	28,233	7,058	3,518	0,011		
Résiduelle	72	144,469	2,007				
Totale	80	252,680					

**Tableau 12 : Analyse de la variance du nombre de pieds levés par mètre carré**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	5224,0741	2612,0370	4,4355	0,0272	17.04	5.81
Résiduelle	22	23111,1111	962,9630				
Totale	26	28335,1852					

**Tableau 13 : Analyse de la variance du nombre de tiges herbacées**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	3198621,111	1599310,556	6,145	0,003	188.52	
Traitement	2	5453263,333	2726631,667	10,476	0,000	246.15	43.11%
Interaction	4	1250725,556	312681,389	1,201	0,314		
Résiduelle	126	32795163,333	260279,074				
Totale	134	42697773,333					

**Tableau 14 : Analyse de la variance du nombre d'épis par mètre carré**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	346367,778	173183,889	1,209	0,302		
Traitement	2	4768071,111	2384035,556	16,641	0,000	230.17	46.00%
Interaction	4	768357,778	192089,444	1,341	0,258		
Résiduelle	126	18050926,667	143261,323				
Totale	134	23933723,333					

**Tableau 15 : Analyse de la variance du nombre total d'épillets par épi**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	265,615	132,807	48,178	0,000	1.72	
Traitement	2	40,948	20,474	7,427	0,001	0.67	9.07%
Interaction	4	32,652	8,163	2,961	0,022		
Résiduelle	126	347,333	2,757				
Totale	134	686,548					

**Tableau 16 : Analyse de la variance du nombre de grains par épi**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	973,644	486,822	16,545	0,000	3.29	
Traitement	2	2562,978	1281,489	43,554	0,000	5.34	13.50%
Interaction	4	65,778	16,444	0,559	0,693		
Résiduelle	126	3707,333	29,423				
Totale	134	7309,733					

**Tableau 17 : Analyse de la variance du poids de mille grains**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	667,608	333,804	8,764	0,000	3.52	
Traitement	2	412,859	206,430	5,420	0,006	2.77	15.50%
Interaction	4	77,684	19,421	0,510	0,729		
Résiduelle	72	2742,344	38,088				
Totale	80	3900,496					

**Tableau 18 : Analyse de la variance du rendement biologique**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	247,854	123,927	0,114	0,893		
Traitement	2	9940,676	4970,338	4,589	0,025	23.50	28.32%
Interaction	4	981,053	245,263	0,226	0,920		
Résiduelle	18	19494,027	1083,001				
Totale	26	30663,610					

**Tableau 17 : Analyse de la variance du rendement en paille**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	407,578	203,789	0,227	0,799		
Traitement	2	5495,719	2747,860	3,064	0,072	ns	36.40%
Interaction	4	463,757	115,939	0,129	0,970		
Résiduelle	18	16140,988	896,722				
Totale	26	22508,042					

**Tableau 19 : Analyse de la variance du rendement réel**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	30,566	15,283	0,459	0,639		
Traitement	2	728,186	364,093	10,946	0,001	6.36	16.99%
Interaction	4	115,632	28,908	0,869	0,501		
Résiduelle	18	598,730	33,263				
Totale	26	1473,114					

**Tableau 20 : Analyse de la variance de l'indice de récolte**

Sources de variation	DDL	S.C.E.	C M	F	PROBA	E.T.	C.V.
Variétés	2	36,134	18,067	0,303	0,742		
Traitement	2	75,008	37,504	0,630	0,544	ns	25.30%
Interaction	4	23,509	5,877	0,099	0,982		
Résiduelle	18	1071,909	59,551				
Totale	26	1206,560					