



Faculté: Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département des sciences agronomiques

Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Hydraulique agricole

***Influence de la densité de semis sur la
production du blé dur dans la zone semi-aride du
Haut Cheliff***

Soutenu le 03 Juillet 2017

Présenté par :

ALISMAIL Wafia

KHEROUS Aicha

Devant le jury composé de :

Président : M^f. Kelkoulî. M MAA UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana

Promoteur : M^f. Merouche. A MCB UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana

Examineurs:

- M^f Touil. S MAA UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana

- M^f Imessaoudene. Y MAB UNIV Djilali Bounaâma Khemis-Miliana

Année universitaire : 2016/2017

Remerciement

Nous tenons à remercier tout d'abord notre Dieu qui nous a donné le courage et la volonté de poursuivre nos études et accomplir ce mémoire.

Au terme de ce travail, nous adressons nos remerciements les plus sincères et le plus grand respect à notre promoteur, **D^r. Merouche A** pour sa compréhension, sa disponibilité, de savoir faire, ses conseils judicieux, et toute l'aide qu'il nous a rapportée.

Nous tenons également à remercier sincèrement le Directeur de l'ITGC monsieur.... **Nassim** qui nous apporter de l'aide dans la partie pratique pour la réalisation du semi et le battage des épis.

Nous remercions beaucoup les membres du jury:
M^r Kelkouli M, M^r Touil S, M^r Imessouden Y qui nous ont fait l'honneur de participer et de juger notre mémoire malgré leurs plans de charge.

Nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la mise en œuvre de ce travail.

DÉDICACES

Je dédie ce travail à:

La mémoire de ma mère et ma grande mère

Ma sœur Chahrazed et sa fille Fatiha

Mon frère Abasse

Mon mari Nassim

Mon binôme Aicha

Mes amies et mes camarades

ALISMAIL WAFLA

Dédicace

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, et la reconnaissance, c'est tous simplement que : je dédie ce travail a :

A ma tendre mère, qui représente pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cesse de m'encourager, elle a fait plus qu'une mère puisse faire pour ses enfant suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

A mon très cher père, aucune dédicace ne sautait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour lui rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être ce travail est le fruit de ses sacrifices consentis pour mon éducations et ma formation le long de ces années.

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

A mes chère frères : Abd El Hamid, Ahmed, Ayoub.

A mes chère sœurs: Fatma, Hizia, Houria, Wahiba et ses enfants Takiye Eldin , Abde El Madjid et Noufel .

A Mohamed le mari de ma sœur.

A Fatima la femme de mon frère.

A Mon binôme Wafia.

Zherous Aicha

ملخص

أجريت دراسة تأثير كثافة البذر على إنتاج القمح الصلب في المنطقة شبه جافة بسهل الشلف الأعلى على مستوى الحقل التجريبي لجامعة جيلالي بونعامة بخميس مليانة، خلال السنة التجريبية 2016-2017. تمت معاينة مختلف كثافات البذر انطلاقا من 200 حتى 400 حبة للمتر المربع الواحد مرتبة على شكل كتل عشوائية كاملة. تميز الموسم الزراعي بالتوزيع الجدي سيء للأمطار على مدى الدورة الزراعية. تلقت جميع العلاجات الري التكميلي على مرتين للتخفيف من تأثير عجز هطول الأمطار خلال مرحلة الإستطالة و مرحلة تكوين السنابل. خلال مرحلتي تعبئة الحبوب والنضج، كان لدرجات الحرارة المرتفعة جدا تأثير سلبي على المحصول ومكوناته. أقصى مردود لم يتجاوز 35.44 قنطار في الهكتار الواحد على مستوى العلاج الذي به كثافة بذر 400 حبة في المتر المربع الواحد.

وزن ألف حبة كان منخفض بسبب فقدان البذرة للماء العائد لارتفاع درجات الحرارة التي تجاوزت 38 درجة مئوية في المرحلة التي كانت فيها البذرة على شكل حليب عجيني. الكلمات المفتاحية : كثافة البذر، القمح الصلب، شبه جافة.

Résumé

L'étude sur l'influence de la densité du semis sur la production du blé dur a été réalisée dans la zone semi-aride du Haut Chélif sur le terrain expérimental de l'université Djillali Bounaâma de Khemis-Miliana durant la campagne 2016 /2017. Différentes densités de semis ont été testées allant de 200 à 400 grains par mètre carré disposées en blocs aléatoire complets. La campagne agricole étant caractérisée par une très mauvaise répartition pluviométrique sur le cycle de la culture. L'ensemble des traitements ont reçu 02 irrigations de complément pour atténuer l'effet du déficit pluviométrique durant les phases montaison et épiaison.

Durant les phases remplissage du grain et maturation, des températures très élevées ont eu un effet négatif sur le rendement et ses composantes. Le rendement en grain maximal n'a pas dépassé 35.44 q/ha chez le traitement de densité de semis de 400 graines/m².

Le poids de mille grains étant faible à cause du phénomène d'échaudage due aux fortes températures dépassant 38 °C au stade pâteux laiteux.

Mots clé : densité du semis, blé dur, semi –aride.

Summary

The study on the effect of seedling density of durum wheat production was carried out in the semi-arid zone of the upper Cheliff on the experimental plot of the Dijillali Bounaâma University of Khemis-Miliana during the 2016 season. Different Seeding densities were tested ranging from 200 to 400 grains per square meter arranged in complete random blocks. The season agricultural is characterized by a very less distribution rainfall over the crop cycle. All treatments received two amount supplemental irrigations to reduce the effect of deficit rainfall during elongation stage and heading stage.

During the grain filling and maturation stage, very high temperatures had a negative effect on the yield and its components. The maximum grain yield did not exceed 35.44 q/ha on the treatment seedling density of 400 seed per square meter.

The seed thousand weight being low because the shriveling phenomenon due to the high temperatures exceeding 38 ° C during filling grain stage.

Key words: seedling density, durum wheat, semi-arid.

Liste des abréviations

CE : Conductivité Electrique

CIC : Conseil International des Céréales

CM : Carré Moyenne

Ca CO₃ : Carbonate de Calcium

CV : Coefficient de Variation

DDL : Degré De Liberté

DSA : Direction des Services Agricoles

F: Valeur de Fisher

FAO: Food and Agriculture Organisation

ISO: International Organization for Standardization

ITGC : Institut technique des grandes cultures.

NE : Nombre d'Epis

NG : Nombre des Graines

NGE : Nombre des Graines par Epi

P : Probabilité

PMG : Poids de Mille Grains

PPDS : Plus Petite Différence Significative

RB : Rendement biologique

REG : Rendement en Grain

SAT : Surface Agricole Totale

SAU : Surface Agricole Utile

SCE : Somme des Carrés et des Ecarts

Liste des tableaux

Tableau n°01 : Critères de notation des principaux stades de développement de blé.....	10
Tableau n° 02 : Pluviométrie et température moyenne mensuelle (1988 – 2014)	25
Tableau n° 03 : Doses d’irrigation (mm).....	29
Tableau n° 04 : Pluviométrie et températures de la campagne 2016/2017.....	34
Tableau n° 05 : Humidité pondérale au stade montaison.....	37
Tableau n° 06 : Humidité pondérale au stade épiaison.....	37
Tableau n° 07 : Analyses physiques du sol.....	38
Tableau n° 08 : Analyse chimique du sol.....	39
Tableau n° 09 : Valeurs moyennes de la longueur de la tige.....	40
Tableau n° 10 : Analyse de variance de longueur de la tige.....	40
Tableau n° 11 : Valeurs moyennes de la longueur du col.....	40
Tableau n° 12 : Analyse de variance de la longueur du col.....	41
Tableau n° 13 : Valeurs moyennes de la longueur d’épis.....	41
Tableau n° 14 : Analyse de variance de la longueur d’épis.....	41
Tableau n° 15 : Valeurs moyennes de la longueur de la barbe.....	42
Tableau n° 16 : Analyse de variance de la longueur de la barbe.....	42
Tableau n° 17 : Valeurs moyennes du nombre d’épis par mètre carré.....	42
Tableau n° 18 : Analyse de variance de nombre d’épis par mètre carré.....	43
Tableau n° 19 : Valeurs moyennes du nombre des grains par épi.....	44
Tableau n° 20 : Analyse de variance de nombre des grains par épi.....	44
Tableau n° 21 : Valeurs moyennes du poids de mille grains.....	45
Tableau n°22 : Analyse de variance de Poids de mille grains.....	45
Tableau n° 23 : valeurs moyennes du rendement biologique.....	46
Tableau n° 24 : Analyse de variance de Rendement biologique.....	46
Tableau n° 25 : valeurs moyennes du rendement en grain.....	48
Tableau n° 26 : Analyse de variance du rendement en grain.....	48

Liste des figures

Figure n° 01 : Les différents stades de développement du blé.....	09
Figure n° 02 : Retard de la levée avec des profondeurs de semis élevées.....	15
Figure n° 03 : Climagramme d'Emberger de la zone Khemis -Miliana dans la période 2002/2013.....	24
Figure n° 04 : Diagramme Ombrothermique de Bagnoles et Gausсен 1988-2014 (Haut- Chéouiff).....	25
Figure n° 05 : Dispositif expérimental (Blocs aléatoires complets).....	28
Figure n° 06 : Les températures maximales et minimales de la campagne 2016-2017.....	35
Figure n° 07 : La pluviométrie de la campagne 2016-2017.....	35
Figure n° 08 : Les températures extrêmes aux exigences du blé dur.....	36
Figure n° 09 : Profil d'humidité au stade montaison.....	37
Figure n° 10 : Profil d'humidité au stade épiaison.....	38
Figure n° 11 : Diagramme textural.....	39
Figure n° 12 : Nombre d'épis par mètre carré.....	43
Figure n° 13 : Nombre des grains par épi.....	45
Figure n° 14 : Poids de mille grains.....	45
Figure n° 15 : Rendement biologique.....	47
Figure n° 16 : Rendement en grain.....	49

Sommaire

Introduction générale.....	1
Partie bibliographique	
Chapitre I : Importance de la culture du blé dur	
I.1 Introduction.....	4
I.2 Importance du blé dur	4
1.3 Origine géographique.....	5
1.4 Etude botanique.....	5
1.5 Description morphologique.....	6
1.5.1 Partie aérienne.....	6
1.5.2 Partie souterraine.....	6
1.5.3 Grain.....	6
1.6 Croissance et développement de la culture du blé dur.....	7
1.7 Critère de notation des stades.....	10
1.8 Exigences de blé dur	11
1.8.1 Exigences édaphiques	11
1.8.2 Exigences climatiques.....	11
1.8.3 Exigences en eau.....	11
1.9 les principales maladies du blé dur et leurs traitements.....	12
1.10 Conduite de la culture du blé dur	14
Chapitre II: Sécheresse et production du blé dur	
2.1 Introduction.....	18
2.2 Notion de sécheresse.....	18
2.3 Concept du phénomène de la sécheresse.....	18
2.4 Sécheresse et cycle du blé dur.....	19
2.5 Adaptation des cultures à la sécheresse.....	19
2.6 Stress en agriculture.....	19
Partie expérimentale	
Chapitre III: Matériels et méthodes	
3.1 Introduction.....	23
3.2 Matériels.....	23

3.2.1	Présentation du périmètre du Haut Chélif.....	23
3.2.1.1	Situation géographique	23
3.2.1.2	Caractéristiques édaphiques	23
3.2.1.3	Caractéristiques climatiques	23
3.2.1.4	Ressources en eau.....	26
3.2.1.5	Choix du site expérimental	26
3.2.1.6	Matériel végétal	26
3.2.1.7	Matériel d'irrigation	27
3.3	Méthodes	27
3.3.1	Dispositif expérimental	27
3.3.2	Conduite de la culture du blé dur	29
3.3.2.1	Préparation du sol et semis	29
3.3.2.2	Fertilisation.....	29
3.3.2.3	Désherbage	29
3.3.2.4	Irrigation	29
3.3.2.5	Mesure de l'humidité du sol	30
3.3.2.6	Analyses du sol.....	30
3.3.3	Mesure sur la plante	31
3.3.3.1	Paramètres morphologiques	31
3.3.3.2	Humidité du grain.....	31
3.3.3.3	Rendement et ses composantes	31
3.3.4	Analyse statistique	32
Chapitre IV: Résultats et discussion		
4.1	Condition climatiques de la campagne	34
4.1.1	Pluviométrie et température	34
4.1.2	Sévérité thermique durant les phases critiques	36
4.2	Etat d'humidité du sol	36
4.3	Analyses du sol.....	38
4.3.1	Analyses physiques	38
4.3.2	Analyse chimique.....	39
4.4	Paramètres sur la plante.....	40
4.4.1	Paramètres morphologiques	40
4.4.1.1	Longueur de la tige	40
4.4.1.2	Langueur du col.....	40
4.4.1.3	Longueur d'épis.....	41
4.4.1.4	Longueur de la barbe	42

4.4.2 Rendement et ses composantes	42
4.4.2.1 Nombre d'épis par mètre carré	42
4.4.2.2 Nombre de grains par épi	44
4.4.2.3 Poids de mille grains	45
4.4.2.4 Rendement biologique.....	46
4.4.2.5 Rendement en grain.....	47
Conclusion générale.....	50
Références bibliographiques.....	52

Introduction générale

Le blé dur parmi les céréales qui possèdent une grande importance économique pour l'humanité car elle constitue l'une des principales denrées alimentaires chez l'être humain. Elle est caractérisée par une diversité d'utilisation alimentaire. En Algérie, le blé dur occupe une place privilégiée dans les traditions alimentaires des populations. Cependant cette culture est confrontée à différentes contraintes dans sa production.

Les rendements du blé dur en Algérie sont généralement faibles pour différentes raisons. Ces raisons sont dues principalement aux conditions climatiques défavorables. Le climat des régions céréalières concentrées dans les zones semi-arides est caractérisé par une pluviométrie faible, inférieure à 400 mm et très aléatoire, ne répondant plus aux besoins de la culture du blé dur qui sont de 500 à 600 mm (Moule, 1980).

L'amélioration des rendements dans les zones semi-arides Algériennes nécessite plusieurs alternatives tel que l'irrigation de complément et le choix des géotypes comme le pensent plusieurs auteurs durant ces dernières années. Cependant, ces mesures peuvent être améliorées par l'optimisation d'autres actions techniques telles que la densité de semis. Il est évident que le taux de peuplement a la levée contribue à l'élaboration du rendement et ses composantes. A ce stade, la diminution du nombre de plant levée qui peut avoir lieu à cause de différence contraintes tel que la faible faculté germinative due à une mauvaise semence ou mauvaise préparation du lit de semence.

Ces pertes de peuplement peuvent être compensées par des densités de semis supérieures à ceux adoptées habituellement qui sont équivalent à 130kg /ha (ITGC, 2006).

L'objectif de la présente étude rentre dans cette thématique en testant plusieurs densités de semis sur la variété Ofanto et déterminer leur relation avec la production finale dans la région semi-aride du Haut Chélif.

Partie
Bibliographique

Chapitre I

Importance de la culture du blé dur

I.1 Introduction

En Algérie, le blé dur est considéré comme l'un des principaux aliments pour les populations comme a été la base de l'alimentation des premières civilisations humaines (Feldmen et Sears. 1981). La production et l'amélioration des rendements exigent des connaissances détaillées sur l'origine, géotypes, exigences, maladies et moyens de mise en place et conduite de la culture.

I.2 Importance du blé dur

- **Dans le monde**

Le blé est cultivé largement dans le monde sous des conditions climatiques diverses et a été la denrée alimentaire de base pour la plupart des civilisations en Europe, Asie et Afrique du Nord pendant 8 000 ans.

Dans le monde les céréales constituent la composante de base de l'agriculture. Selon le centre international du commerce en 2017, la production mondiale du blé a atteint 735 Mt contre 752 Mt en 2016. Les perspectives pour la production mondiale de blé en 2017-2018 restent la plupart du temps bonnes avec une légère baisse de 2,7 % par rapport à l'an passé (FAO, 2017).

- **En Algérie**

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). Le blé constitue une espèce de céréale particulièrement importante, occupant une place centrale par rapport aux autres céréales. Les informations issues du ministère de l'agriculture montrent que les superficies emblavées et récoltées en blé dur ont connu une augmentation de 2,4 % et 10,05% respectivement en 2014-2015 comparativement à la campagne écoulée et la moyenne de production de blé dur avait augmenté de 61% au cours de la période 2009-2015 (21 millions de quintaux) par rapport en 2000-2008 (13,5 millions de quintaux).

- **Wilaya d'Ain Defla**

La wilaya d'Ain-Defla s'étend sur une superficie de 4544,28 km². Elle recouvre une superficie agricole totale (SAT) de 235 611 ha soit 51.8% de la superficie totale de la wilaya.

La superficie agricole utile (SAU) est de l'ordre de 181 676 ha soit 77.1% de la SAT. Elle était de 170 384 ha en 1998 soit une augmentation absolue de 11 292 ha de 1998 à 2011.

D'après les statistiques agricoles au niveau de la wilaya, les céréales occupent la plupart de la superficie agricole et représentent 41 % de cette superficie.

Dans la wilaya d'Ain Defla le blé dur est considéré comme le principal produit céréalier, avec une production annuelle de 70 % à celles des autres céréales, (DSA 2015).

1.3 Origine géographique

Selon Feldman (2001) ; le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran.

D'après Lev-Yadum et al (2000) ; l'aire géographique du blé est le Tigre et L'Euphrate (aujourd'hui l'Iraq), qui s'est étendue jusqu'au Nil en Egypte où des variétés de blé ont été découvertes dans les temples égyptiens.

1.4 Etude botanique

Le blé est issu d'une plante sauvage du genre *Triticum* dont la cellule (chromosomes) est diploïde, tétraploïde et hexaploïde.

Les variétés diploïdes sont les plus répandues sous le nom de *Triticum monococum* et le blé dur est le résultat d'un croisement spontané entre le *Triticum monococum* sauvage et *Aegilops speltaoides* (Gallais et Bannerot, 1992).

Selon Feillet (2000) ; le blé dur est une plante annuelle monocotylédone qui appartient à la famille des graminées dont la classification botanique est la suivante :

Règne	Plantae
Sous-règne	Cormophyte
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Ordre	Comméliniflorales
Sous ordre	Poales
Famille	Graminées
Tribu	Triticées
Genre	<i>Triticum sp</i>
Espèce	<i>Durum Wheat</i>

1.5 Description morphologique

1.5.1 Partie aérienne

➤ Tige

La tige commence à prendre son caractère au début de la montaison, c'est-à-dire prend sa vigueur et porte 7 à 8 feuilles, elle présente des bourgeons auxiliaires que servent à l'origine des talles, elle s'allonge considérablement à la montaison.

➤ Feuilles

Selon Soltner (1980), le blé se présente comme une plante herbacée à feuilles assez longues. La feuille se compose de deux parties, partie supérieure en forme de lame (le limbe) et partie inférieure (gaine).

➤ Fleurs

Les fleurs sont groupées en inflorescence. Une inflorescence est composée d'unités morphologiques de base sont les épillets (groupe de fleurs).

Les épillets sont attachés à l'axe ou rachis de l'épi portant de 15 à 25 épillets par épis, et comportant 3 à 5 fleur, chaque fleur est enveloppée de deux glumes l'une à l'intérieur et l'autre à l'extérieur.

➤ Épis

Généralement barbus, compact portant des glumes longues fortement cornées étoilés allongées.

1.5.2 Partie souterraine

➤ Racines

Les racines de blé sont de type fasciculé peu développé. Le système racinaire du blé est caractérisé par :

- Les racines primaires ou secondaires qui assurent la croissance de la plantule jusqu'au tallage.
- Les racines secondaires ou adventices sont émises à partir du plateau de tallage.

La profondeur des racines varie selon le travail du sol ainsi que l'humidité du sol. 50 % du poids total des racines se trouvent entre 0 et 25 cm, 10 % entre 20 et 50 cm, elles peuvent atteindre 1 m à 1.2 m dans un sol bien profond (Soltner, 1980).

1.5.3 Grain

Le blé dur comme la plupart des graminées possède un caryopse il a une forme ovoïde plus ou moins allongée, il a une face dorsale plus ou moins bombée et une face ventrale

comportant un sillon profond, à sa partie supérieure de courts poils qui forment la brosse ; à sa partie inférieure visible sur sa face dorsale se trouve le germe (figure n° 02). Le grain se compose de trois parties principales (Soltner, 1980) :

- **L'enveloppe** : Elle protège le grain pendant sa formation dans l'épi, au cours de sa conservation et aussi pendant la levée, dans le sol, en limitant l'entrée des moisissures et des bactéries. Toutefois le péricarpe n'est pas étanche et permet le passage de l'air et de l'eau. Son contenu est en matières minérales, matières protéiques et en matière grasse. Les pigments donnent la couleur propre des grains.
- **Le germe ou embryon** : comprend deux parties ; le cotylédon ou scutellum riche en lipides et protéines et la plantule plus ou moins différenciée.
- **L'albumen ou amande** : constitue presque tout l'intérieur du grain, est composé de 70 % d'amidon et de 7 % de gluten. Chez le blé dur l'albumen est corné vitreux.

1.6 Croissance et développement de la culture du blé dur

Le cycle de développement du blé (figure n° 03) comporte deux grandes périodes : une période végétative et une période reproductrice.

- La période végétative : Elle est composée de la germination, prés tallage et tallage.
- La période reproductrice : Elle est composée de la montaison, épiaison, floraison et maturation.

Période végétative

❖ Germination

La germination exige certaines conditions de milieu comme l'hydratation du grain qui doit être au moins de 30 %, avec la présence d'O₂ libre et une température de 2 °c. Au cours de cette étape, il y a gonflement du grain par absorption d'eau puis à la base du grain (place du germe) il se dégage la première feuille, les premières racines (séminal) et une tige portant les premières feuilles (Clément, 1971).

❖ Prés tallage « Levée »

La levée commence quand la plantule sort de la terre et que la première feuille pointe au grand jour son limbe (Henry *et al*, 2000)

❖ Tallage

Le tallage vient après la levée, et continue jusqu'à l'apparition du premier nœud. Au cours de cette phase, il y a ramification de la tige et apparition de nouvelles racines appelées adventives, de nouvelles feuilles sur chaque tige (Henry *et al*, 2000).

Période reproductrice**❖ Montaison**

Cette phase débute quand le premier nœud est à 1 cm, l'allongement des talles s'accroissent. Certaines talles régressent et finissent par se dessécher. Cette période correspond à la différenciation des ébauches l'inflorescence. Durant cette étape, les besoins de la culture en fertilisants deviennent importantes, (Prats et Clement, 1971).

❖ Epiaison

Durant cette phase il y a l'apparition de l'épi à partir de la gaine de la feuille drapeau ou de la dernière feuille quand 50 % des épis sont sorties. La durée de la phase épiaison est en moyenne de 32 jours (Prats et Clement, 1971).

❖ Floraison

La floraison débute à partir du moment où quelques étamines sont visibles dans le tiers moyen de l'épi, en dehors des glumelles. Elle marque la fin de l'épiaison et le début de la formation du grain (Gate, 1995).

❖ Maturation

Selon Gate (1995) ; Cette phase comporte trois stades suivants :

- Stade grain laiteux

Durant lequel, il y a un accroissement du poids de l'eau et la matière sèche dans le grain, et qui devient laiteux. La température influe sur la durée qui s'accroît lorsque celle-ci est faible.

- Stade grain pâteux

A ce stade a une dessiccation croissante du grain. La plante est sèche, le grain durci, peut être encore rayé à l'ongle, sa teneur en eau de 40 % à 50 %

- Stade maturation

Le grain durcit, et devient cassant, l'épi s'égrène et la paille est fragile, son humidité de 12 à 13 %.

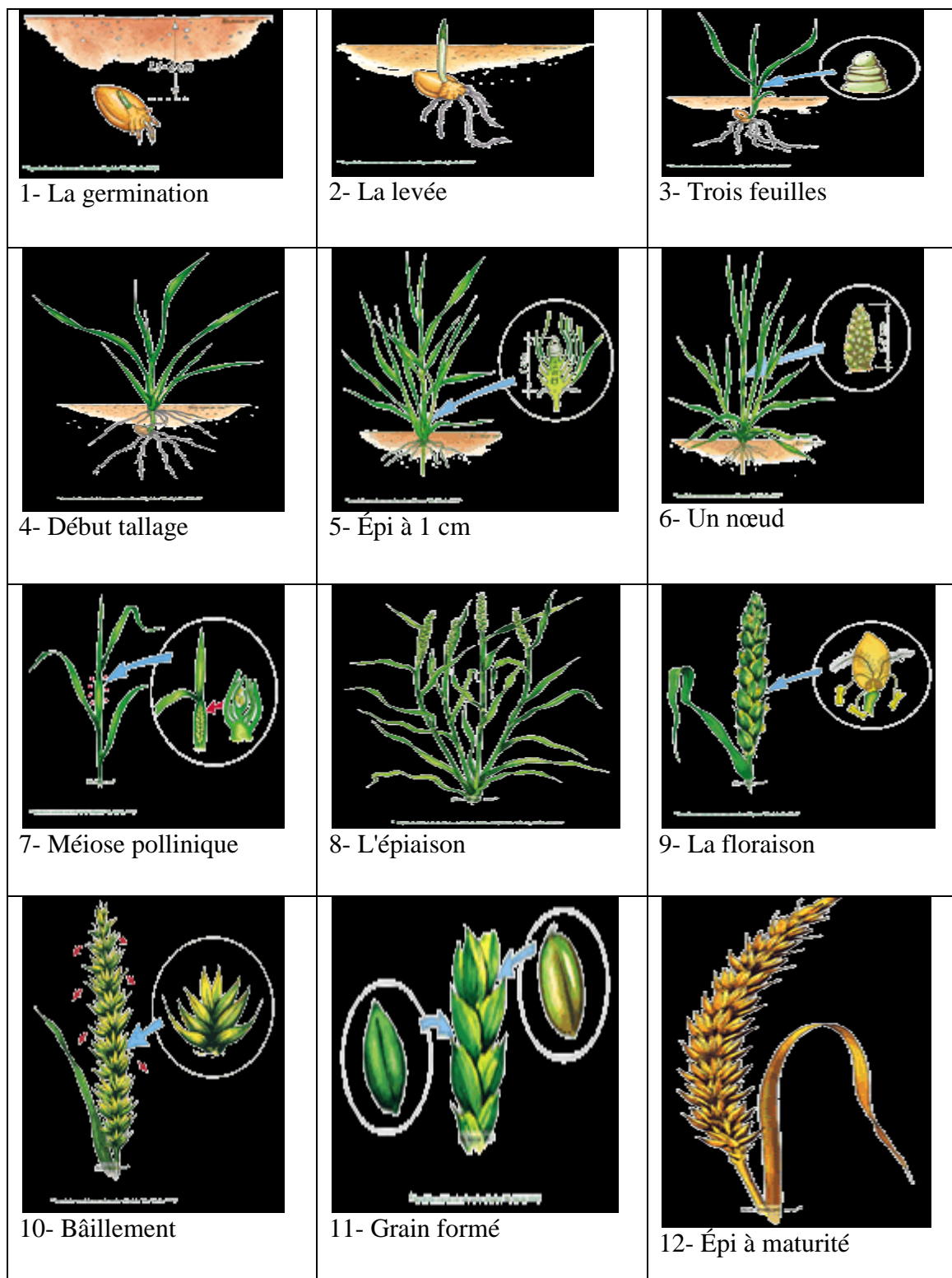


Figure n° 01 : Les différents stades de développement du blé

(Source : blé hybride HYN0, 2014)

1.7 Critère de notation des stades

Selon Boulal et al (2007), les critères de notation des stades de développement du blé sont représentés dans le tableau n° 01.

Tableau n°01 : Critères de notation des principaux stades de développement de blé

Stades de développement	Critères de notation des dates d'apparition des stades
Levée	90 % des plantes ont leur première feuille émergée du sol.
Début tallage	50 % des plantes ont leur première feuille visible à l'aisselle de la première feuille.
Début montaison	Apparition du premier nœud sur 50 % des plantes.
Gonflement	50 % des gaines de la dernière feuille sont en état de gonflement.
Début épisaison	50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille.
Début floraison	50 % des épis présentent des étamines sur plus de la moitié des épillets.
Grain laiteux	50 % des épis présentent des gaines qui en s'écrasant laisse apparaître un liquide.
Grain pâteux	50 % épis présentent des grains à l'état pâteux.
Maturité physiologique	90 % des épis ont des grains durs qui se cassent difficilement entre les dents.

1.8 Exigences de blé dur

1.8.1 Exigences édaphiques

D'après Soltner (2000) ; le blé dur préfère les sols du type argilo-calcaire ou limoneux à limono-argileux à cause de son système racinaire fasciculées. Les sols qui conviennent le mieux au blé dur sont :

- 1- Les sols profonds (plus de 60cm de profondeur).
- 2- Les sols suffisamment riches en matières organiques et minérales.
- 3- Les sols bien drainés pour éviter tout développement de maladies.
- 4- Les sols capables de maintenir une réserve en eau suffisant pour assurer une bonne alimentation au moment de l'accumulation des réserves dans le grain.

1.8.2 Exigences climatiques

- **Température**

La température est l'un des facteurs importants pour la nutrition et l'activité végétative du blé. Selon Soltner (1988), Le blé à un zéro de végétation très bas, à 0° c, leur exigence en chaleur est très élevée pour accomplir son cycle végétatif il faut un total de 2300°c, qui se répartissant comme suit :

- ✚ Semi-germination 150 °c
- ✚ Germination- tallage 500 °c
- ✚ Tallage- floraison 85 °c
- ✚ Floraison-maturation 800 °c.

- **Lumière**

La lumière est un paramètre climatique indispensable qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. Selon Soltner (1988) ; le bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement.

1.8.3 Exigences en eau

L'eau constitue le véhicule des éléments nutritifs et avec lequel s'effectuent les différentes réactions métaboliques, ce qui le rend par conséquent indispensable pour le développement et la croissance de la plante.

D'après Moule (1980) ; pour assurer un rendement intéressant le blé a besoin de 550 à 600 mm de pluie, selon le climat et la longueur du cycle végétatif.

Selon Bonnefoy et Moynier (2014) ; les besoins en eau de la culture du blé varient comme suit :

- ✓ 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, elle est de 160 mm
- ✓ Durant la phase (floraison - grain laiteux), d’une durée de 20 à 25 jours, elle est de 140 mm
- ✓ Durant la phase (grain laiteux – maturité), d’une durée de 15 à 20 jours, elle est de 90 mm

1.9 Les maladies principales du blé dur et leurs traitements

Selon Soltner (1980) ; les principales maladies auquel est exposé le blé dur sont les suivantes :

➔ L'oïdium

L'oïdium est un champignon qui attaque les feuilles, les tiges et les épis, il se développe grâce à une hygrométrie élevée et à des températures douces. La maladie cause généralement le manque de talles à partir de la montaison sur toutes la plante d'où perte de rendement (jusqu'à 20 %). On peut traiter si besoin en début montaison

Le traitement de cette maladie se fait par :

- Rotation des cultures.
- Variétés résistantes.
- Traitement de semences.

➔ La fusariose

Elle est due à un champignon forme qui infecte les grains, les semis et les plants adultes. Il existe deux types de souches ; *Fusarium roseum* se trouvera sur les épis et *Microdochium nivale* se situera sur les feuilles.

Le traitement de cette maladie se fait par :

- Rotation des cultures.
- Bonne préparation du sol avec enfouissement léger des matières organiques.
- Traitement des semences.
- Traitement fongicides en végétation (montaison-épiaison)

➔ La septoriose

Il existe deux sortes de souches ; *Septoria tritici* et la *Septoria nodurum*. *Septoria tritici* affecte les feuilles et rarement les épis, on observe des plaques aqueuses, qui prennent rapidement une apparence brune et nécrotique au début décembre, ainsi que tout au long de l'hiver sur les étages foliaires inférieurs. Cette maladie peut causer des pertes allant jusqu'à 40%).

Le traitement de cette maladie se fait par :

- Rotation des cultures.
- Traitement des semences.
- Traitement fongicides en végétation (montaison -épiaison).

Septoria nodurum affecte les plantules, les feuilles, les épis et les tiges ; elle peut se propager par les graines et contaminer les semis, et se manifester par la présence de zones vert foncé mouillées sur la coléoptile, qui devient nécrosé. Elle Peut provoquer de gros dégâts.

Le traitement de cette maladie se fait par :

- Rotation des cultures.
- Traitement des semences.
- Traitement fongicides en végétation (montaison -épiaison).

➔ Piétin verse

C'est un champignon qui s'installe en l'automne et apparait au printemps le temps de l'incubation se produise. Il y a deux souches : *Tapesia yallundae* et *Tapesia acuformis*). Elles causent l'échaudage partiel et la verse de la plante.

Pour traiter contre ces champignons, on peut utiliser du prochloraze ou deu cyprodinil. Sachant toutefois que le premier fongicide c'est le soleil.

➔ La rouille jaune et brune

Ce sont des petites pustules dispersées jaunes ou brunes qui apparaissent sur les faces supérieures des feuilles. Elles agissent négativement sur le bon déroulement de la photosynthèse. Cette maladie apparait en conditions humides et fraiches tandis que la rouille brune apparait en conditions douces et humides. Elle cause des dégâts plus ou moins importants où les pertes peuvent atteindre 25 %. Les triazoles ou strobilurines sont les traitements les plus conseillés.

1.10 Conduite de la culture du blé dur

❖ Préparation de lit de semence

Les séquences de travail du sol à adopter doivent être fonction du précédent cultural. Différentes recommandations en matière de travail du sol pour la préparation du lit de semence du blé sont avancées par les auteurs dans ce sens. Il est recommandé de tasser légèrement le lit de semence avec le rouleau, surtout lorsque le profil est sec en surface pour améliorer le contact des graines avec la terre.

Dans le cas où il y a eu formation d'une croûte de battance, il est recommandé d'utiliser le rouleau adents "Croskills" ou la herse pour aider les jeunes plantules de blé à germer (Alaoui et Andich, 2003).

❖ Installation de la culture

– Date de semis

Les dates de semis doivent être raisonnées de façon à ce que la culture arrive au stade plantule au moment où les températures sont à leurs valeurs minimales. Ceci permet aux plantules de blé dur d'accumuler suffisamment d'énergie leur permettant de reprendre leur croissance après cette période de froid hivernal (Karrou, 2003).

La date de semis conseillée pour les régions semi-arides Algériennes s'étale de la mi-novembre à mi-décembre (ITGC, 2006)

– Profondeur de semis

Selon Karrou, (2003), la profondeur de semis au semoir peut varier de 1,5 à 7,5 cm, selon les conditions de sol. Cependant, on peut amoindrir cet écart de profondeur en utilisant des dispositifs tasseurs, qui retiennent la semence au fond de la raie. Le nivellement du terrain et des vitesses de semis plus lentes aidera à amoindrir l'écart de profondeur. Le rendement des céréales est considérablement influencé par la variabilité de la profondeur du semis.

Profondeur (cm)

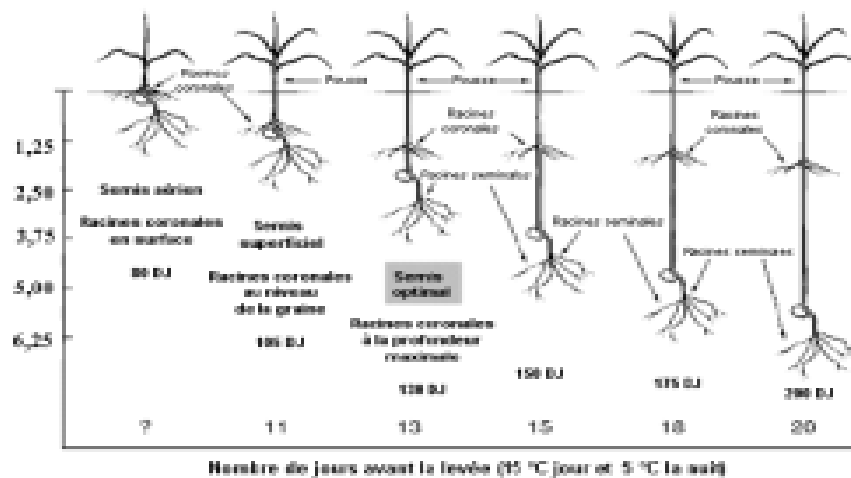


Figure n°02 : Retard de la levée avec des profondeurs de semis élevées.

– Importance du semis mécanique

Dans le cas du semis mécanique :

- ✓ Réglez le semoir à nouveau à chaque fois qu'on procède au changement de la variété, car le poids moyen du grain est différent d'une variété à l'autre.
- ✓ Vérifiez le débit réel du semoir, en semant sur une dizaine de mètres sur une surface plane et suffisamment compacte et en procédant au comptage des grains semés.
- ✓ Vérifiez si le nombre de grains semés par mètre carré correspond à la densité de semis que vous souhaitez avoir.
- ✓ Vérifiez la profondeur de semis en déblayant le sol. La profondeur de semis ne doit pas dépasser 7.5 cm (Karrou 2003), car le respect de la profondeur conditionne la vigueur des plantes, leur capacité de tallage et d'enracinement.

❖ Fertilisation

- Fertilisation azotée

Le blé dur a besoin de la plus grande part de ses besoins en azote pendant la phase tallage-remplissage du grain. La quantité nécessaire peut provenir des réserves d'azote du sol ou d'un engrais de fond (LESOUDER, 2014).

Le blé dur a besoin de 46 à 70 unités par hectare d'azote (ITGC, 2016).

- Fertilisation phospho - potassique

Sachant qu'il faut 1,7 kg de P et 2,2 kg de K pour produire un quintal de blé, les besoins de la culture dépendent du rendement objectif. Or, ce dernier varie essentiellement en fonction des disponibilités en eau (Alaoui et Andich ; 2003).

D'après l'ITGC (2006) les doses conseillées pour le blé dur sont : 46 unités par hectare de phosphore et de potasse.

❖ L'irrigation de complément

L'irrigation de complément est conçue comme des apports d'eau permettant à la culture d'assurer une production en cas de déficit pluviométrique.

Le but de l'irrigation de complément comporte les points suivant :

- Lutte contre le stress hydrique,
- Une bonne germination-levée en cas de retard des pluies automnales,
- Meilleure valorisation de la fertilisation printanière,
- Augmentation du rendement,
- Diminuer le taux des sels dans le sol par le lessivage.

Les doses d'irrigation recommandées tiennent compte des besoins en eau de la culture, de la pluviométrie enregistrée et des réserves en eau dans le sol (nature et capacité de rétention du sol).

❖ Désherbage

La rotation des céréales avec des cultures nettoyantes, comme les légumineuses alimentaires, la betterave à sucre, le tournesol, ...etc, l'utilisation des semences certifiées et propres, parmi d'autres techniques permettent de réduire leur impact sur la culture. La lutte chimique est aussi conseillée comme moyen de lutte sûre et efficace.

❖ Récolte

Le grain de blé dur est mur lorsqu'il casse sous la dent. Un taux d'humidité de 15 %, une hygrométrie de l'air ambiant inférieure ou égale à 70 % et une température de l'air et du grain de 10 °c sont indiqués pour une bonne conservation (Alaoui et Andich ; 2003)

La période de récolte diffère selon l'espèce, la variété et la région : de fin mai à juillet.

Chapitre II
Sécheresse et production
du blé dur

2.1 Introduction

La sécheresse affecte plusieurs variables physiologiques de la plante. Cette affectation se répercute sur croissance et le développement de la culture. Ceci se traduit par une baisse de rendement en grain selon son intensité et sa date d'apparition au cours du cycle de développement.

La sécheresse est à l'origine du stress hydrique et thermique.

2.2 Notion de sécheresse

En agriculture la sécheresse commence à avoir des impacts très négatifs sur la production agricole dans la région méditerranéenne.

La sécheresse se traduit par une absence prolongée avec une faible distribution des précipitations, en relation avec une valeur dite normale (McKee et *al*, 1993).

2.3 Concept du phénomène de la sécheresse

Selon François et Christian (2005) ; On parle de la sécheresse lorsque la pluviométrie est évidemment insuffisante par rapport aux valeurs moyennes ou normales de pluviométrie d'une région, provoque une diminution de quantité d'eau emmagasinée dans le sol ce qui se traduit par des effets négatifs sur les végétaux et les besoins d'eau en agriculture.

Il existe plusieurs types de sécheresse ; la sécheresse météorologique, hydrologique, agricole et socio-économique (Wilhite et Buchanan ,2005). Celles qui sont en relation avec l'agriculture sont ci-après :

- **La sécheresse météorologique** : Elle est basée sur le degré d'aridité d'une période sèche par rapport à la normale (médiane ou moyenne) et sur la durée de cette période sèche.
- **La sécheresse hydrologique** qui est la diminution des ruisseaux et des rivières. Elle intervient après l'épuisement de la réserve en eau des sols. A ce niveau, on parle de sécheresse hydrologique. Quand cette situation s'aggrave encore, alors les nappes phréatiques, puis souterraines disparaissent au fur et à mesure.
- **La sécheresse agricole** : Elle est attachée au taux d'humidité du sol agricole à 1 mètre de profondeur. Lorsqu'elle a lieu, la réserve utile des sols des végétaux s'épuise et peut entraîner des effets dramatiques sur les plantes. Cela ralentit la montée de la sève.

2.3 Sécheresse et cycle du blé dur

Selon (Benseddik et Benabdelli, 2000). il faut noter que les céréales sont confrontées à plusieurs types de sécheresse qui les affectent au cours de leur cycle de développement, il s'agit de :

- ↳ La sécheresse au début de cycle végétatif et qui affecte l'installation de la culture ;
- ↳ La sécheresse du milieu de cycle végétatif et qui affecte principalement la fertilité des organes reproducteurs de la plante.
- ↳ La sécheresse de fin de cycle végétatif qui affecte la formation et le remplissage du grain.

2.4 Adaptation des cultures à la sécheresse

Les cultures possèdent des capacités de développer des mécanismes d'adaptation avec les contraintes du milieu en adéquation avec leur cycle de développement

Selon (Ben Naceur et *al*, 1999), La précocité constitue un important mécanisme d'esquive de la sécheresse de fin de cycle

Au stade épiaison, la précocité est un moyen d'esquive important du stress de fin de cycle chez le blé dur. Dans les régions arides à semi-arides, l'adoption de variétés à cycle relativement court est nécessaire (Makhlouf et *al*, 2006).

La sécheresse peut engendrer des modifications qui affectent la partie aérienne ou souterraine, réduction de la surface foliaire et du nombre de talles, enroulement des feuilles ainsi que sur le développement du système racinaire (Slama et *al*, 2005).

2.5 Stress en agriculture

Les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (Madhava Rao et *al*, 2006).

Il existe différents types de stress :

- **Stress hydrique**

En agriculture, le stress hydrique s'explique comme un déficit de précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la moyenne pour une région de grande étendue (Bootsma et *al*, 1996). Le déficit hydrique s'installe dans la plante

quand l'absorption ne satisfait pas la transpiration de cette dernière. Une partie des processus physiologique commence à être affectée (Gate ,1995).

Il provoque la mise en place d'un état de régulation hydrique de la plante qui se manifeste par la fermeture stomatique et par une régulation du potentiel osmotique (Brisson et Delecolle, 1992).

Cependant que cette fermeture de stomate qui constitue un moyen de résistance a comme conséquence, une réduction des échanges gazeux qui se traduisent par une réduction de la production chez la culture

- **Stress thermique**

Le stress thermique possède des effets non négligeables sur la croissance du blé dur au cours de ses phases végétatives et sur le rendement et ses composantes s'il apparait en fin de cycle durant les stades de remplissage et maturation.

Selon Gate (1979), les températures élevées réduisent en premier lieu la taille et le poids des organes (comme la hauteur et la biomasse de la tige, le poids des grains...) et diminuent aussi la taille des puits qui sont à leur origine.

L'abaissement brutal de la température, en dessous de 0 °C, provoque de nombreuses perturbations au sein du végétal. Lorsque la température chute fortement, des cristaux de glace se forment dans les espaces intercellulaires déshydratant les cellules dont l'eau est appelée vers ces espaces. La membrane plasmique perd sa perméabilité spécifique et il y a perturbation du fonctionnement cellulaire (Levitt, 1982).

Partie
Expérimentale

Chapitre III

Matériels et méthodes

3.1 Introduction

L'expérimentation présentée tente à expliquer l'influence de la densité de semis sur la production du blé dur dans la zone semis - aride du Haut Cheliff. Elle a été réalisée au niveau du terrain expérimental de l'université Djilali Bounaama de Khemis Miliana qui se situe à la région du Haut Cheliff. Une description climatique de la zone d'étude suivie d'une caractérisation physico-chimique du sol a été réalisée. Une métrologie scientifique a été adoptée pour la réalisation de la présente étude. Elle est basée sur des principes statistiques et recherches bibliographiques sur la thématique.

3.2 Matériels

3.2.1 Présentation du périmètre du Haut Chéiff

3.2.1.1 Situation géographique

Le périmètre du Haut Chéiff est situé à 40 km à vol d'oiseau de la mer, avec une altitude moyenne de 300 m et une superficie de 37 000 ha dont 20300 ha équipés. Ce périmètre est limité par : le massif de l'Ouarsenis au Sud, le massif de Dahra au Nord, le moyen Cheliff à l'Ouest et les piémonts de Djendel à l'Est. La plaine du Haut Cheliff est divisée en deux plaines séparées par le massif de Doui : la plaine de Khemis-Miliana d'une superficie de 27500 ha est la plus importante, et la plaine d'El-Arma-el-Abadia, plus étroite et ne représente que 11300 ha (Legoupil, 1974).

3.2.1.2 Caractéristiques édaphiques

Selon (Legoupil, 1974) ; les sols du Haut Cheliff sont des sols alluviaux récents ou colluviaux dominés par 80 % d'éléments fins caractéristiques des terres fortes. Ces sols lourds, sont caractérisés par une perméabilité faible.

3.2.1.3 Caractéristiques climatiques

Le climat du Haut Cheliff est de type méditerranéen avec un caractère de continentalité marqué par un été chaud et sec, un hiver froid et assez pluvieux, un printemps écourté (avril-mai), un automne très bref en octobre (Legoupil, 1974).

Etage bioclimatique

Nous avons utilisé la formule d'Emberger modifiée par Stewart (1969) adapté pour l'Algérie, pour situer notre zone d'étude dans son étage bioclimatique.

$$Q_r = 3,43 \times P / T_{\max} - T_{\min}$$

Q_r : coefficient d'Emberger

P : précipitation annuelle moyenne (mm)

T_{\max} : température maximale moyenne du mois le plus chaud (°C)

T_{\min} : température minimale moyenne du mois le plus froid (°C)

Application

$$Q_r = 3,43 \times 389,9 / 38,09 - 4,38 = 39,67$$

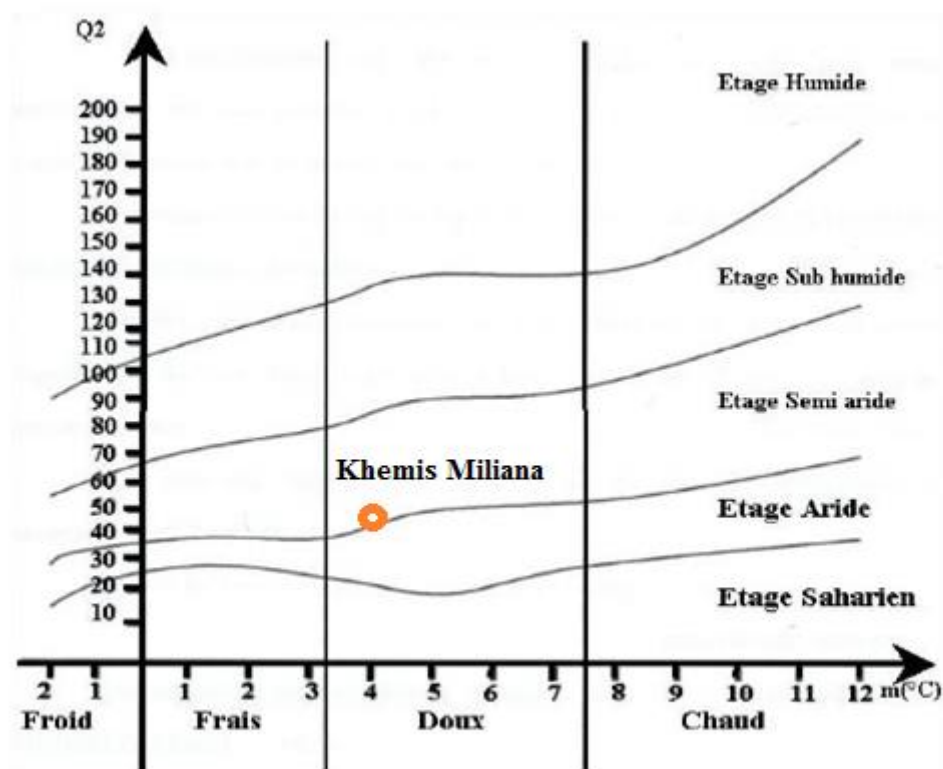


Figure n° 03: Climagramme d'Emberger de la zone Khemis -Miliana dans la période 2002-2013

La valeur d'estimations du quotient pluviométrique ($Q_2 = 39,67$) sur le Climagramme d'Emberger La projection du quotient d'Emberger et la température minimale a permis de situer la région d'étude dans l'étage bioclimatique semi-aride doux.

Période sèche

La pluviométrie et la température moyenne mensuelle enregistrée durant la période de vingt six ans sont représentées dans le tableau n° 02.

Tableau n° 02 : Pluviométrie et température moyenne mensuelle (1988 – 2014).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P (mm)	59.10	58.2	47.64	38.91	29.59	8.76	3.18	6.03	21.24	38.42	56.65	55.98
T moy (°C)	13.17	10.94	15.51	15.54	20.53	25.80	30.16	29.68	25.89	20.59	14.43	10.75

Source : ANRH 2014

La période sèche de la région est déterminée par le diagramme Ombrothermique de Gausson de la période 1988.-2014 (Figure n° 04).

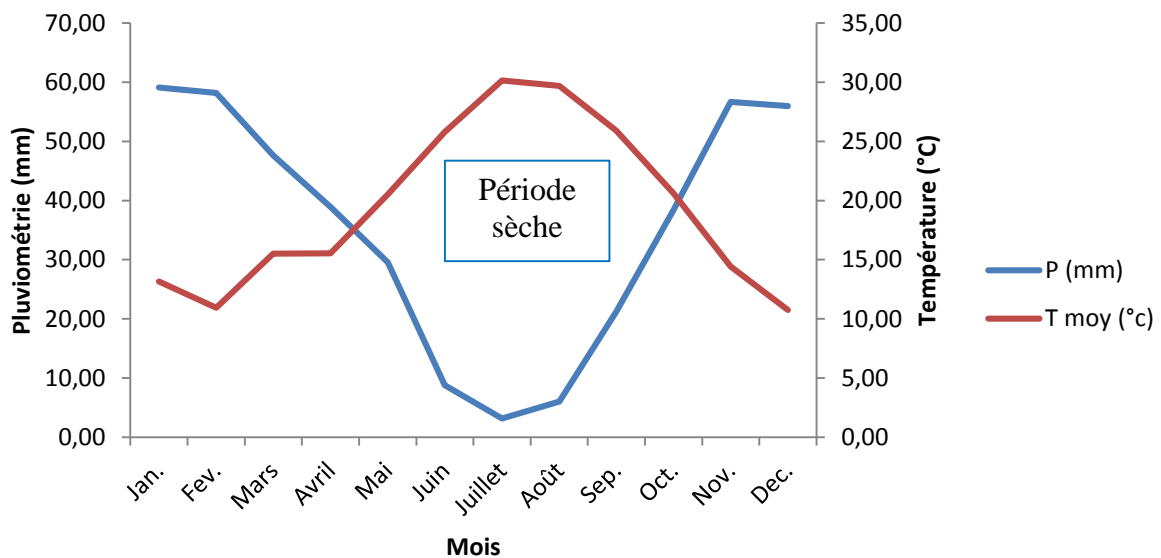


Figure n° 04 : Diagramme Ombrothermique de Bagnoles et Gausson 1988-2014 (Haut-Chélif)

Il ressort donc une longue période sèche qui commence de la moitié du mois du mois d'Avril jusqu'à la moitié du mois d'octobre. Durant cette longue période l'irrigation des cultures est nécessaire

3.2.1.4 Ressources en eau

- **Eaux de surface**

Les principales ressources en eau de surface sont comprises dans cinq barrages avec une capacité cumulée de 491 Hm³ (DSA, 2015).

- **Eaux souterraine**

Les ressources souterraines comprises dans 1342 forages avec un débit moyen 12 l/s par unité, et 2119 Puits avec un débit moyens 1.5 l/s par unité (DSA, 2016).

3.2.1.5 Choix du site expérimental

Notre expérimentation a été réalisée au niveau de l'exploitation agricole de l'université Djillali Bounaâma de Khemis- Miliana de coordonnées géographiques 2°.14' Est, 36°.15' Nord, son altitude est de 282 m.

3.2.1.6 Matériel végétal

La variété utilisée dans cette expérimentation est Ofanto, c'est une variété d'origine Italienne, précoce. C'est une variété qui commence à prendre de la place au sein des agriculteurs de la région malgré le manque de sa vulgarisation. Cette variété possède les principales caractéristiques suivantes (ITGC, 2006) :

- **Caractéristiques morphologiques :**

Compacité de l'épi : compact

Couleur de l'épi : blanc

Hauteur de la plante à la maturité : 90-100 cm

- **Caractéristiques culturales :**

Cycle végétatif : semi-précoce

Tallage : fort

Tolérante au froid et à la sécheresse et résistante à la verse

Tolérante à la rouille jaune et brune, moyennement tolérante à l'oïdium et résistante à la septoriose et la fusariose.

- **Caractéristiques qualitatives :**

Poids de mille grains (PMG) : moyen

Qualité semoulière : bonne

Mitadinage : résistante

Mouchelure : sensible (en zone littorale)

3.2.1.7 Matériel d'irrigation

La parcelle d'essai est équipée d'une installation d'irrigation par aspersion "classique" avec un robinet d'arrêt en tête de la canalisation principale de diamètre de 60 mm. Deux tuyaux secondaires porteurs d'asperseur couvrant la parcelle.

Le matériel d'aspersion est placé en dispositif fixe de manière à assurer une couverture totale de la superficie irriguée et ce pour éviter le piétinement.

3.3 Méthodes

3.3.1 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est du type Blocs aléatoires complets (figure n° 05). Il est constitué d'un seul facteur qui est la densité de semis. Ce facteur comporte cinq niveaux comme suit : D1 (200 grains/m²), D2 (250 grains/m²), D3 (300 grains/m²), D4 (350 grains/m²), D5 (400 grains/m²). Le dispositif contient 3 répétitions.

Chaque niveau est un traitement statistique qui est représenté par une parcelle élémentaire. Chaque parcelle élémentaire est composée de six lignes de 5 m de long avec un interligne de 20 cm, faisant donc une largeur de 1.2 m. La superficie donc de la parcelle élémentaire de forme rectangulaire est de 6 m².

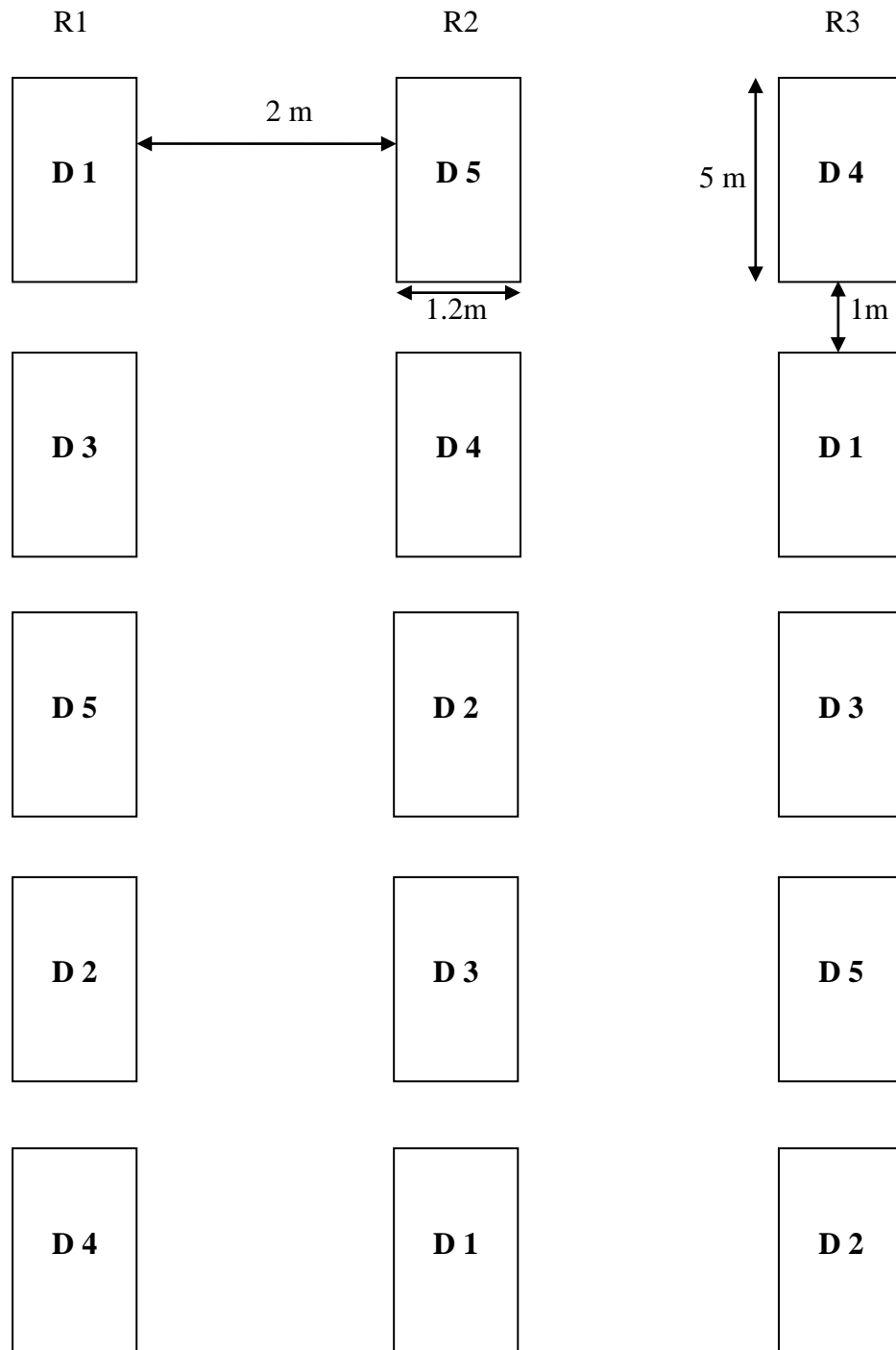


Figure n ° 05 : Dispositif expérimental (Blocs aléatoires complets).

3.3.2 Conduite de la culture du blé dur

3.3.2.1 Préparation du sol et semis

Labour est effectué au 10 Décembre 2016 avec une charrue à soc, puis un passage de couvrir le 18 Décembre 2016.

Le semis est effectué au 03 Janvier 2017 par un semoir expérimental avec plusieurs densités de semi de 200 jusqu'à 400 grains/m². Une faculté germinative a été préalablement faite au laboratoire et prise en considération avec une majoration de 5 % dans la réalisation du semis en plein champ.

3.3.2.2 Fertilisation

Un premier apport d'engrais de 70 unités/ha fertilisante a été effectué le 15-12-2016 après labour à partir du NPK 15-15-15.

Un deuxième apport de 50 unités/ha d'azote à partir de l'urée 46 % a été effectué le 13-03-2017 au stade fin tallage. Au total, les quantités apportées sont comme suit :

70 unités / ha de phosphore ;

70 unités/ha de Potasse ;

120 unités/ha d'azote.

3.3.2.3 Désherbage

Un désherbage manuel régulier est réalisée au cours de l'expérimentation.

3.3.2.4 Irrigation

Les doses d'irrigation apportées ont été réalisées après avoir déterminé la densité d'aspersion in situ à l'aide d'un pluviomètre placé au centre de la portée de l'asperseur. Deux irrigations ont été effectuées durant les périodes déficitaires où l'humidité moyenne du sol étant de 13.12 % avant la première irrigation et de 10.64 % avant la deuxième sur une profondeur de 60 cm du profil du sol.

Les doses d'irrigation apportées sont représentées dans le tableau n° 03.

Tableau n° 03 : Doses d'irrigation (mm)

Phase	Montaison	Maturation (stade laiteux)
Dose (mm)	15	30

3.3.2.5 Mesure de l'humidité du sol

L'humidité du sol est réalisée à l'aide d'une tarière manuelle, les échantillons sont à 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm, à partir de la surface du sol, subiront une première pesée à l'état humide, puis un séchage à l'étuve à 105 °C pendant 48 heures et une deuxième pesée de l'échantillon à l'état sec, d'où l'obtention de l'humidité pondérale Hp. Ces profils d'humidité sont réalisés avant et après 24 heures de l'irrigation pour déterminer la variation du stock d'eau.

Humidité pondérale

Le calcul de l'humidité pondérale est suivant la réalisation :

$$Hp (\%) = \frac{PH - PS}{PS} \times 100$$

Avec :

Hp : humidité pondérale (%)

PH : poids humide (gramme)

PS : poids sec (gramme)

3.3.2.6 Analyses du sol

Les analyses du sol pour la campagne 2016 / 2017 ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'université de Khemis Miliana. Ces analyses ont porté sur la granulométrie, le pH, CE, calcaire total.

- ◆ **Analyse granulométrique** : Elle est réalisée par la méthode de tamisage et de sédimentation conformément à la norme internationale ISO. (Numéro de référence : ISO 11277 ; 1998), pour déterminer les proportions physiques de trois particules primaires du sol (sable grossière, sable fin, et limon+ argile). Elle est basée sur l'utilisation du Pipette de robinson.
- ◆ **Mesure du pH** : C'est un facteur qui influe directement sur l'absorption des éléments nutritifs. Il a été mesuré à l'aide d'un pH mètre à électrodes et réalisée sur une suspension du sol dans l'eau distillée selon un rapport de 1/5 par la norme internationale ISO (Numéro de référence : ISO 10390).
- ◆ **Mesure de la conductivité électrique** : La conductivité électrique est un moyen d'apprécier la teneur globale en sels dans la solution du sol. Elle a été déterminée par le conductimètre sur une suspension avec un rapport de sol/eau de 1/5 rapporté à une

température de référence 25°C, selon la norme internationale ISO (Numéro de référence : ISO 11265).

- ◆ **Mesure du calcaire total (CaCO₃ Total) :** La teneur en carbonate de calcium dans le sol est déterminée par la méthode volumétrique conformément à la norme internationale de normalisation ISO (Numéro de référence : ISO 10693).

3.3.3 Mesure sur la plante

3.3.3.1 Paramètres morphologiques

- **Longueur de la tige**

La longueur de la tige est mesurée depuis le sol jusqu'à la base de l'épi.

- **Longueur du col**

La longueur du col est mesurée de la dernière feuille jusqu'à la base de l'épi, cette opération a été faite le 17/05/2017, sur 3 plants pris aléatoirement pour chaque parcelle.

- **Longueur de l'épi**

La longueur de l'épi est mesurée depuis sa base jusqu'à l'extrémité. Cette mesure a été effectuée le 17/05/2017 sur 6 plants choisie aléatoirement pour chaque parcelle.

- **Longueur de la barbe**

La longueur de la barbe est réalisée sur trois épis pris aléatoirement sur chaque parcelle.

3.3.3.2 Humidité du grain

L'humidité du grain est déterminée au stade de maturation sur trois épis de chaque traitement, subiront une première pesée à l'état humide, puis un séchage à l'étuve à 28 °C pendant 24 heures et une deuxième pesée de l'échantillon à l'état sec, d'où l'obtention de l'humidité du grain optimale pour faire la récolte.

3.3.3.3 Rendement et ses composantes

- **Nombre d'épis par mètre carré**

Le nombre d'épis par mètre carré a été déterminée au stade de maturation pour chaque élémentaire.

- **Nombre de grains par épi**

Le nombre de grains par épi sur 6 épis pris aléatoirement sur chaque parcelle.

- **Poids de mille grains**

Le poids de 1000 grains est réalisé après la récolte à l'aide d'une balance de précision pour tous les traitements.

- **Rendement biologique**

Le rendement biologique est déterminé à l'aide de la relation suivante :

Rendement biologique = Nombre d'épis par mètre carré × Nombre des grains par épi × Poids d'un grain.

- **Rendement réel**

Le calcul du rendement est basé sur le calcul du poids des grains par mètre carré puis rapporté à l'hectare.

3.3.4 Analyse statistique

Une analyse de variance au seuil de 5 % à un facteur a été réalisée avec le logiciel statistique « statistix 9 » suivi d'une comparaison et classement des moyennes en groupes homogènes à l'aide du test de Newman-Keuls.

Chapitre IV

Résultats et discussions

4.1 Condition climatiques de la campagne

4.1.1 Pluviométrie et température

Les températures maximales et minimales moyennes décadaires ainsi que la pluviométrie cumulée enregistrées durant l'année expérimentale sont représentés dans le tableau n° 04. Ces valeurs sont illustrées dans les figures n° 06 et n° 07.

Tableau n° 04 : Pluviométrie et températures de la campagne 2016/2017

Mois	Décade	T _{max} °c	T _{min} °c	Pluviométrie (mm)	Stade phénologique
Javier	1	13.12	2.81	31.8	Semis
	2	10.62	5.34	188	-
	3	14.59	5.91	73.4	Levée
Février	1	16.95	7.33	2.6	3 Feuilles
	2	19.16	6.27	1	3-4 Feuille
	3	19.89	8.54	6	Début tallage
Mars	1	21.84	8.68	8.8	Tallage
	2	20.37	7.12	6.2	Début montaison
	3	20.68	5.33	14.2	Montaison
Avril	1	21.79	6.37	0.4	-
	2	26.2	10.1	0	Début épiaison
	3	26.23	11.8	0.4	Epiaison
Mai	1	30.74	13.5	0	Début maturation
	2	30.8	13.6	0	Maturation
	3	35.75	11.74	0.2	Récolte

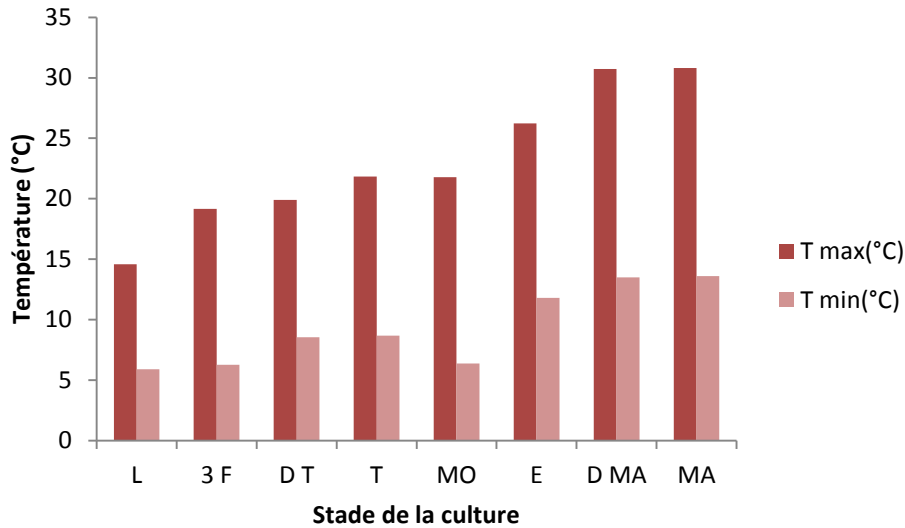


Figure n° 06 : Les températures maximales et minimales de la campagne 2016-2017.

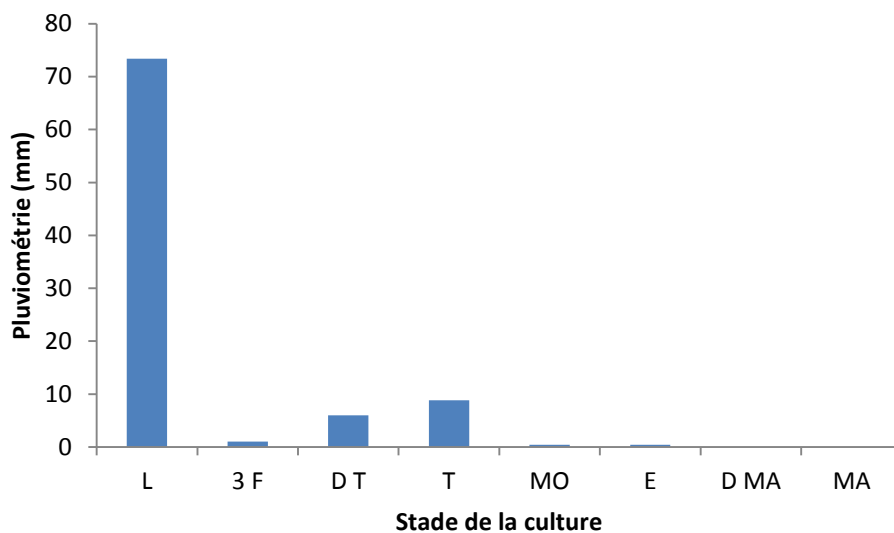


Figure n° 07 : La pluviométrie de la campagne 2016-2017.

Les températures maximales moyennes décadaires ne posaient pas de problèmes majeurs durant les phases végétatives de la culture : levée, tallage et montaison. Seulement des températures basses de 2.81 °c ont été enregistrées et qui permet une germination optimisée de la culture qui est de 16 °c. Cependant que durant la période de reproduction les températures ont augmenté considérablement.

On constate que la plus grande quantité de pluie de 188 mm a été enregistrée juste après le semis et au stade de la levée durant le mois de Janvier. Cette quantité de pluie a créée des conditions de saturation du sol prolongées défavorables pour une bonne germination et démarrage normale de culture.

4.1.2 Sévérité thermique durant les phases critiques

La campagne d'étude à été caractérisée par des températures extrêmes nettement supérieures aux exigences de la culture du blé dur durant ses phases critiques (figure n° 08).

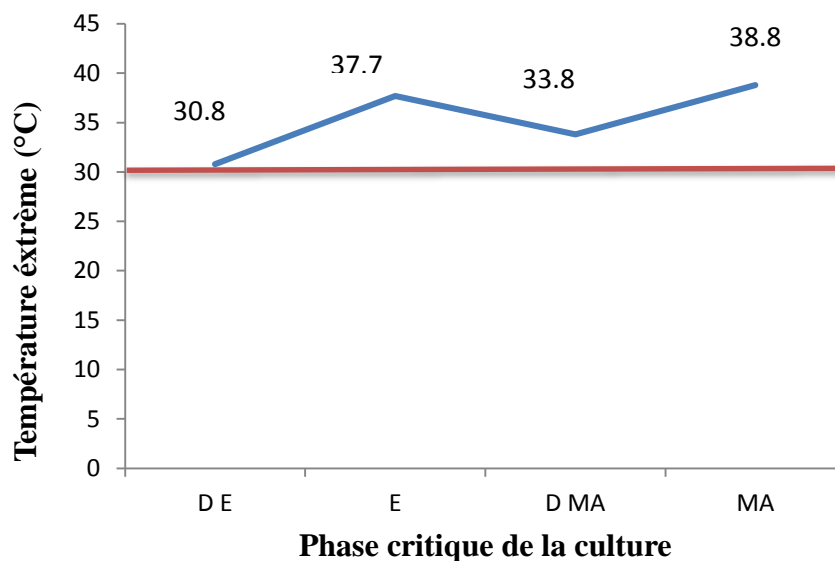


Figure n° 08 : Températures extrêmes aux stades épiaison et maturation

On constate l'existence de valeurs de températures très élevées au cours des stades, début d'épiaison, épiaison, début maturation, maturation. Ces valeurs sont supérieures à 30 °c d'où généralement débutent les dégâts tel que l'échaudage. Un effet dépressif sur le rendement et ses composantes a été donc enregistré, traduit par un très faible remplissage de grain suite à ce stress thermique.

4.2 Etat d'humidité du sol

4.2.1 Au stade montaison

Les valeurs d'humidité pondérale du sol obtenues au stade montaison avant et après l'irrigation pour les différentes couches de profondeur sont représentées dans le tableau n°05.

Le profil d'humidité correspondant est illustré dans la figure n° 09.

Tableau n° 05 : Humidité pondérale au stade montaison

Profondeur (cm)	10	20	30	40	50	60
Avant l'irrigation (%)	11.88	11.6	12.20	11.68	17.01	14.37
Après l'irrigation (%)	16.73	15.55	16.69	15.26	14.40	13.68

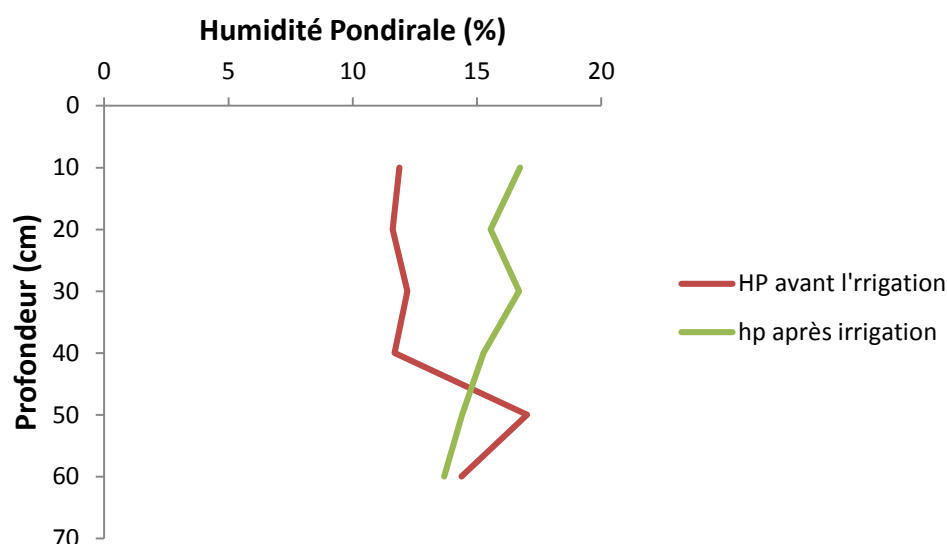


Figure n° 09 : Profil d'humidité au stade montaison

Au stade montaison, on constate qu'avant l'irrigation, l'humidité du sol étant au seuil de la survie qui commence à partir d'environ 12%. Alors qu'en profondeur l'humidité est plus importante où la réserve du sol est facilement utilisable.

Après l'irrigation, l'humidité a significativement augmenté sur tout le profil.

4.2.2 Au stade épiaison

Les valeurs d'humidité pondérale du sol obtenues au stade épiaison avant et après l'irrigation pour les différentes couches de profondeur sont représentées dans le tableau n°06.

Le profil d'humidité correspondant est illustré dans la figure n° 10.

Tableau n° 06 : Humidité pondérale au stade épiaison

Profondeur (cm)	10	20	30	40	50	60
Avant l'irrigation (%)	8.65	8.38	9.79	10.66	8.49	12.90
Après l'irrigation (%)	10.54	12.36	13.42	14.52	17.22	17.98

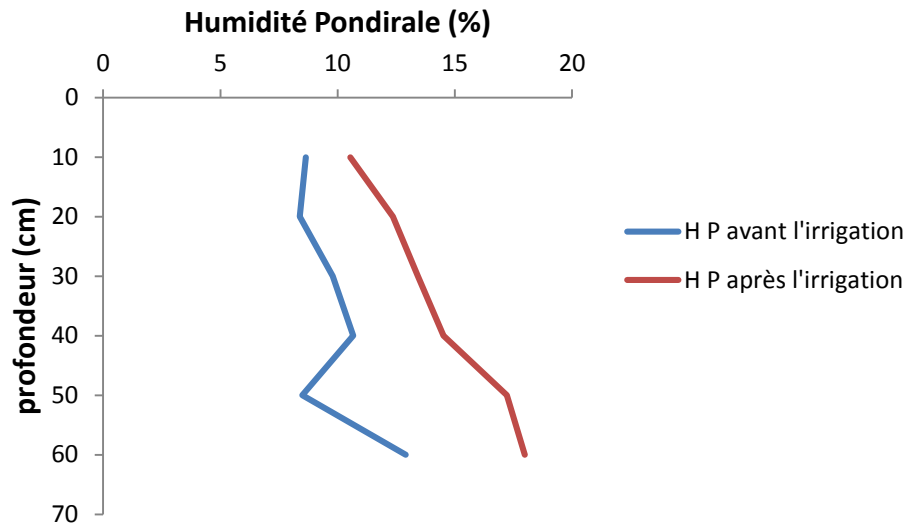


Figure n° 10 : Profil d'humidité au stade épiaison

Au stade épiaison, on constate qu'avant l'irrigation, l'humidité du sol étant plus basse que le nouveau de flétrissement (12%) dans les cinquante premiers centimètres. Cependant après l'irrigation, l'humidité a augmenté significativement surtout en profondeur où le sol a atteint presque toute sa réserve facilement utilisable.

Durant cette période la plante a profité provisoirement de l'eau pour répondre à ses besoins

4.3 Analyses du sol

4.3.1 Analyses physiques

Les résultats des analyses physiques du sol sont représentés dans le tableau n° 07.

Tableau n° 07 : Analyses physiques du sol.

Profondeur (cm)	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)
0 - 25	33.56	48.67	20.15
25 - 50	34.51	47.95	21.69

Les valeurs des fractions obtenues sont projetées sur le diagramme textural (figure n°11).

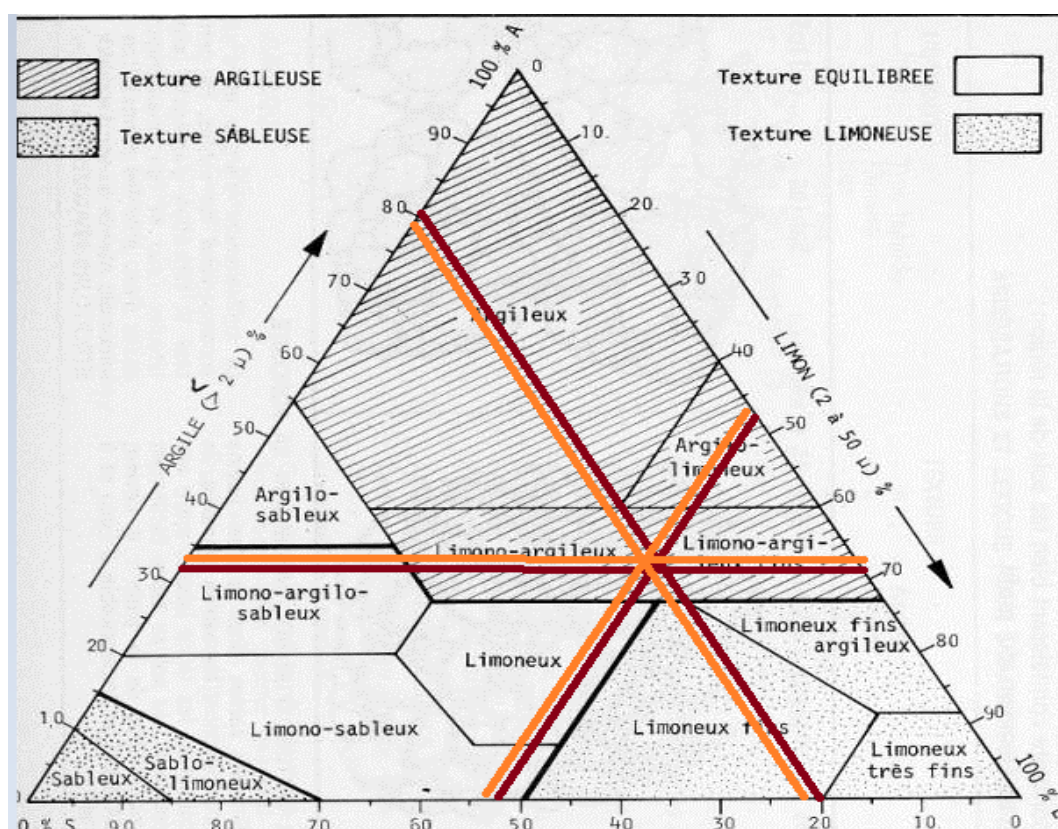


Figure n° 11 : Diagramme textural (USDA).

Les valeurs des fractions projetées sur le diagramme textural montrent que le sol possède une texture limoneux-argileux dans les deux horizons.

Ce type de sol, de texture limono - argileux, est considéré lourd possède une bonne rétention pour l'eau. Nous pouvons dire qu'il est favorable au blé dur (Soltner, 2000).

4.3.2 Analyse chimique

Les résultats de l'analyse chimique du sol sont représentés dans le tableau n° 08

Tableau n° 08 : Analyse chimique du sol.

Profondeur (cm)	C.E (ds/m)	pH	Ca CO ₃ Total (%)
0 - 25	0.60	7.30	2.56
25 - 50	0.78	7.85	1.71

D'après de ces résultats on constate que le pH du sol est légèrement alcalin, considéré élevé par rapport aux exigences optimales de la culture du blé qui sont situées entre 6,5 et 7,5 et la conductivité électrique du sol inférieure de 1.2 ds/m, qui montre que ce sol n'est pas salé (USSS, 1981). Le taux de calcaire est moyen, donc le risque de chlorose est très faible.

4.4 Paramètres sur la plante

4.4.1 Paramètres morphologiques

4.4.1.1 Longueur de la tige

Les valeurs moyennes de la longueur de tige pour les différentes densités appliquées sont représentées dans le tableau n° 09

Tableau n° 09 : Valeurs moyennes de la longueur de la tige.

Densités	D1	D2	D3	D4	D5
Moyennes de la longueur de la tige (cm)	55.33	53.83	57.16	49.66	51.33

Analyse de variance

L'analyse de variance est résumée dans le tableau n° 10

Tableau n° 10 : Analyse de variance de la longueur de la tige

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
Répétition	2	23.43	11.7167			
Densité	4	108.900	27.2250	1.35	0.3307	
Erreur	8	160.900	20.1125			
Total	14					8.39

On constate que les différences observées ne sont pas significatives ($P > 0.05$). Ce résultat s'explique par les conditions pédoclimatiques très favorables pour l'ensemble des traitements qui ont compensé la consommation concurrentielle au niveau des différentes densités. On peut donc penser que les besoins de la culture ont été atteints chez l'ensemble des traitements.

4.4.1.2 Longueur du col

Les valeurs moyennes de la longueur du col sont représentées dans le tableau n°11

Tableau n° 11 : Valeurs moyennes de la longueur du col

Densités	D1	D2	D3	D4	D5
Moyennes de la longueur du col (cm)	5.66	4	6.33	3.66	4.66

Analyse de variance

L 'analyse de variance est résumée dans le tableau n° 12.

Tableau n° 12 : Analyse de variance de la longueur du col

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
Répétition	2	3.3333	1.66667			
Densité	4	15.0667	3.76667	1.19	0.3853	
Erreur	8	25.3333	3.16667			
Total	14					36.57

On constate que les différences observées ne sont pas significatives ($P>0.05$). Ce résultat semble très naturel car ce paramètre dépend beaucoup plus du caractère génotypique qui ne varie pas dans cette étude comportant une seul variété (Ofanto).

4.4.1.3 Longueur d'épis

Les valeurs moyennes de la longueur d'épis sont représentées dans le tableau n° 13

Tableau n° 13 : Valeurs moyennes de la longueur d'épis.

Densités	D1	D2	D3	D4	D5
Moyennes de la longueur d'épis (cm)	7.33	7.33	7.83	7.5	7

Analyse de variance

L 'analyse de variance est résumée dans le tableau n° 14.

Tableau n° 14 : Analyse de variance de la longueur d'épis.

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
Répétition	2	1.90000	0.95000			
Densité	4	1.10000	0.27500	1.05	0.4405	
Erreur	8	2.10000	0.26250			
Total	14					6.92

On constate que les différences observées ne sont pas significatives ($P>0.05$).

4.4.1.4 Longueur de la barbe

Les valeurs moyennes de longueur de la barbe sont représentées dans le tableau n° 15.

Tableau n° 15 : Valeurs moyennes de la longueur de la barbe.

Densités	D1	D2	D3	D4	D5
Moyennes de la longueur de la barbe (cm)	16.83	15.33	16.16	15.33	15.66

Analyse de variance

L'analyse de variance est résumée dans le tableau n° 16.

Tableau n° 16 : Analyse de variance de la longueur de la barbe

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
Répétition	2	5.8333	2.91667			
Densité	4	4.9000	1.22500	0.75	0.5828	
Erreur	8	13.0000	1.62500			
Total	14					8.03

On constate que les différences observées ne sont pas significatives ($P > 0.05$). Ce résultat s'explique par l'effet du caractère génotypique de la variété (Ofanto).

4.4.2 Rendement et ses composantes

4.4.2.1 Nombre d'épis par mètre carré

Les valeurs moyennes du nombre d'épis par mètre carré sont représentées dans le tableau n° 17

Tableau n° 17 : Valeurs moyennes du nombre d'épis par mètre carré

Densités	D1	D2	D3	D4	D5
Moyennes du nombre d'épis	260.67	266	296.33	343.33	351.67

Analyse de variance

L 'analyse de variance est résumée dans le tableau n° 18

Tableau n° 18 : Analyse de variance du nombre d'épis par mètre carrée

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
Répétition	2	673.6	336.80			
Densité	4	21596.9	5399.23	15.94	0.0007	
Erreur	8	2709.1	338.63			
Total	14					6.06

Les différences constatées sont très hautement significatives ($P < 0.001$).

La comparaison des moyennes effectuées par le test de tukey a donné les groupes homogènes suivants sur la base d'une ppds de 34,64.

Densité	Moyenne	Groupes homogènes
D5	351.67	A
D4	343.33	A
D3	296.33	B
D2	266.00	BC
D1	260.67	C

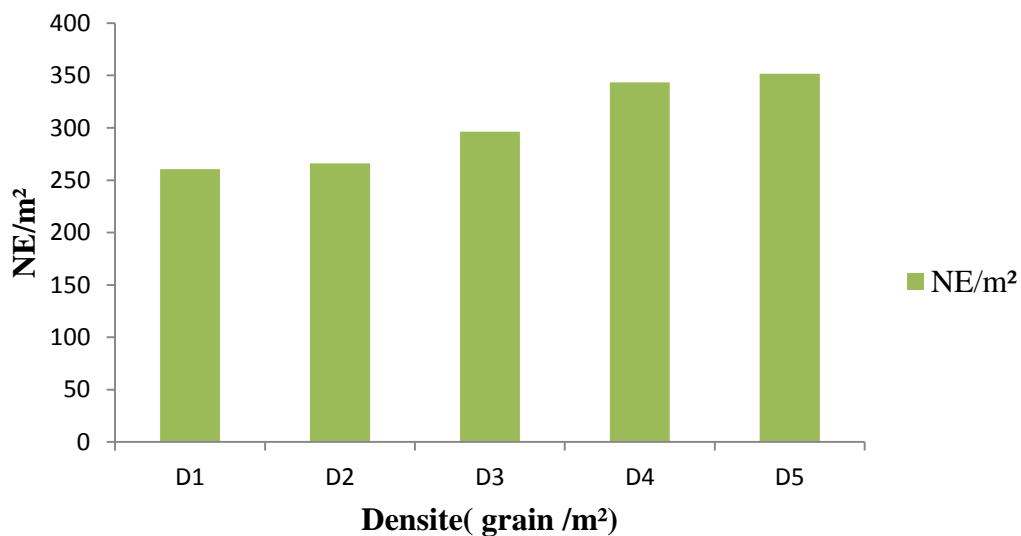


Figure °12 : Nombre d'épis par mètre carrée

On constate que le facteur de la densité a eu un effet sur le nombre d'épis par mètre carré. Cet effet est visible à partir de la densité 250 grains par mètre carré. Il est devenu plus important au niveau de la densité 400 grains par mètre carré comparativement aux autres densités.

4.4.2.2 Nombre de grains par épi

Les valeurs moyennes du nombre de grains par épi sont représentées dans le tableau n°19

Tableau n° 19 : Valeurs moyennes du nombre de grains par épi

Densités	D1	D2	D3	D4	D5
Moyennes du nombre de grains par épi	49	52.33	56	54.33	61

Analyse de variance

L'analyse de variance est résumée dans le tableau n° 20.

Tableau n° 20 : Analyse de variance du nombre de grains par épi

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
Répétition	2	93.733	46.8667			
Densité	4	238.400	59.6000	7.27	0.0090	
Erreur	8	65.600	8.2000			
Total	14					5.25

On note après cette analyse que les différentes enregistrées sont hautement significatives ($P < 0.01$).

La comparaison des moyennes effectuées à l'aide du test de tukey a donné les groupes homogènes suivants sur la base d'une ppds de 5,39.

Densité	Moyenne	Groupes homogènes
D5	61.000	A
D3	56.000	AB
D4	54.333	BC
D2	52.333	BC
D1	49.000	C

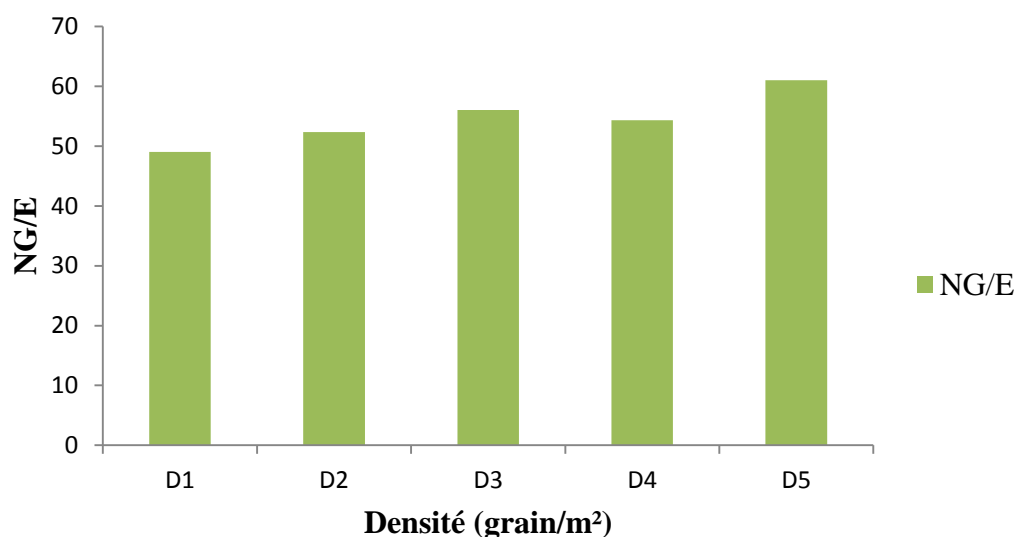


Figure n° 13 : Nombre de grains par épi

On constate que le facteur de la densité eu un effet sur le nombre des grains par épi. Cet effet est visible à partir de la densité 300 grains/m². Il est devenu plus important au niveau de la densité 400 grain /m² comparativement aux autres densités.

4.4.2.3 Poids de mille grains

Les valeurs moyennes du poids de mille grains sont représentées dans le tableau n° 21.

Tableau n° 21 : Valeurs moyennes du poids de mille grains.

Densités	D1	D2	D3	D4	D5
Poids de mille grains (g)	36.73	37.41	37.31	45.63	32.56

Analyse de variance

L 'analyse de variance est résumée dans le tableau n°22

Tableau n° 22 : Analyse de variance du poids de mille grains

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
Répétition	2	104.894	52.4472			
Densité	4	270.535	67.6338	2.63	0.1136	
Erreur	8	205.449	25.6811			
Total	14					13.36

Les différences enregistrées ne sont pas significatives ($P > 0.05$).

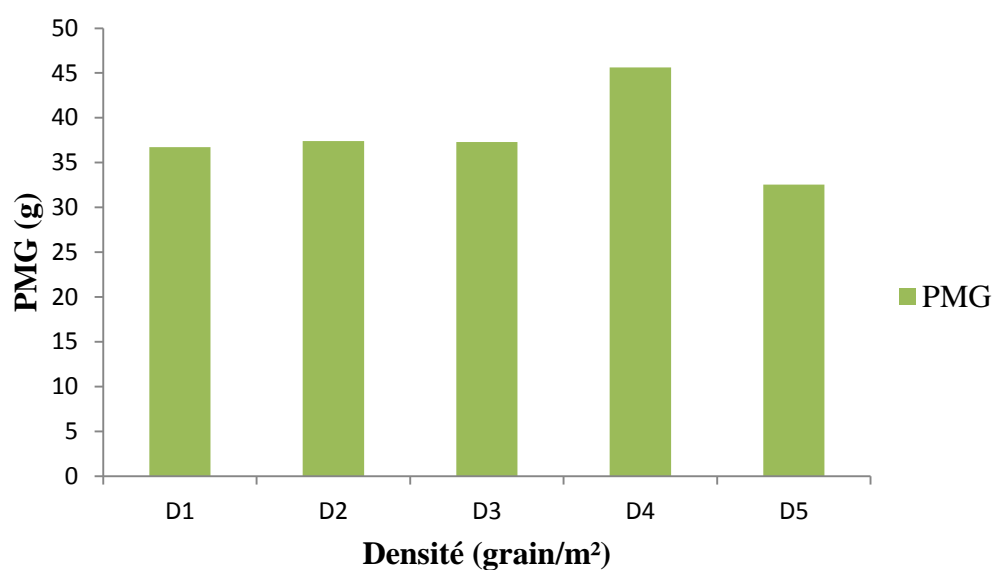


Figure n° 14 : Poids de mille grains

Le facteur de la densité n'enregistre aucun effet sur le poids de mille grain. Ce résultat est dû à l'effet des hautes températures sur l'ensemble des traitements. La culture a connu un échaudage généralisé sur tous les traitements ce qui a empêché d'observer les différences attendues

4.4.2.4 Rendement biologique

Les valeurs moyennes du rendement biologique sont représentées dans le tableau n° 23

Tableau n° 23 : valeurs moyennes du rendement biologique

Densités	D1	D2	D3	D4	D5
Rendement biologique (q/ha)	39.34	43.49	51.54	70.81	57.50

Analyse de variance

L'analyse de variance est résumée dans le tableau 24

Tableau n° 24 : Analyse de variance du rendement biologique

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
Répétition	2	207.43	103.715			
Densité	4	1862.28	465.571	4.48	0.0342	
Erreur	8	831.99	103.998			
Total	14					19.41

On observe que les différences enregistrées sont significatives ($P < 0.05$).

La comparaison des moyennes effectuées par le test de tukey a donné les groupes homogènes suivants sur la base d'une ppds de 19,20.

Densité	Moyenne	Groupes homogènes
D4	70.819	A
D5	57.509	AB
D3	51.844	AB
D1	43.191	B
D5	39.347	B

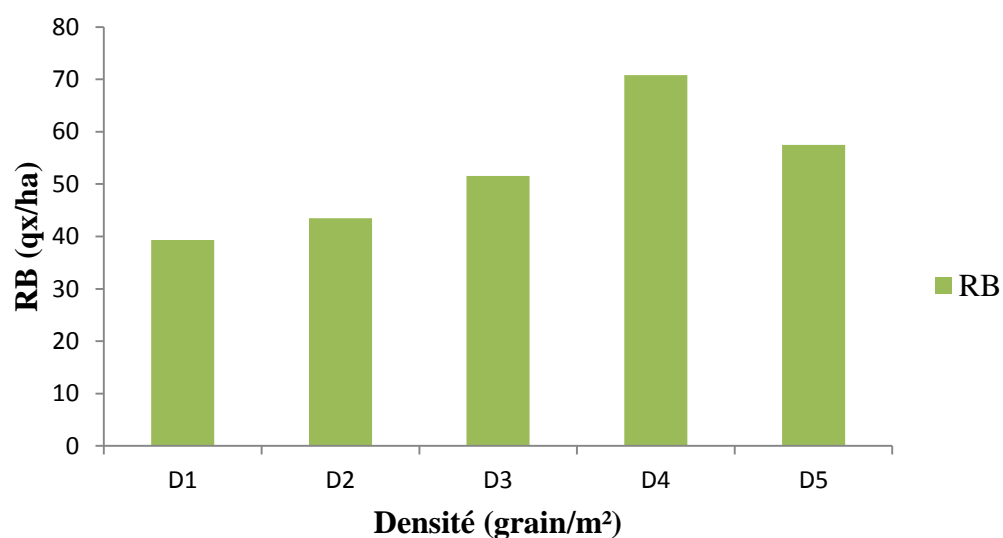


Figure n° 15 : Rendement biologique

Le facteur de la densité a eu une influence sur le rendement biologique. Le plus grand rendement correspond à la densité 350 grain/m² tandis que le plus petit est au niveau de la densité de 200 grains/m².

4.4.2.5 Rendement en grain

Le suivi de l'humidité du grain a été déterminé quelques jours avant la récolte finale et qui a été évalué à 13 %. C'est une humidité qui indique la maturation du grain qui a permis de décider la récolte.

Les valeurs moyennes du rendement en grain sont représentées dans le tableau n° 25

Tableau n° 25 : valeurs moyennes du rendement en grain

Densités	D1	D2	D3	D4	D5
Rendement en grain (q/ha)	16.17	24.93	26.46	30.41	35.44

Analyse de variance

L'analyse de variance est résumée dans le tableau 26.

Tableau n° 26 : Analyse de variance du rendement en grain

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
Répétition	2	1.169	0.584			
Densité	4	613.103	153.276	42.26	0.0000	
Erreur	8	29.017	3.627			
Total	14					7.14

La valeur de la probabilité est inférieure à 0.001, cela veut dire que les différences enregistrées sont très hautement significatives.

La comparaison des moyennes à l'aide de test de tukey a abouti aux groupes homogènes ci-après sur la base d'une ppds de 3.58.

Densité	Moyenne	Groupes homogènes
D5	35.447	A
D4	30.417	B
D3	26.466	C
D2	24.935	C
D1	16.170	D

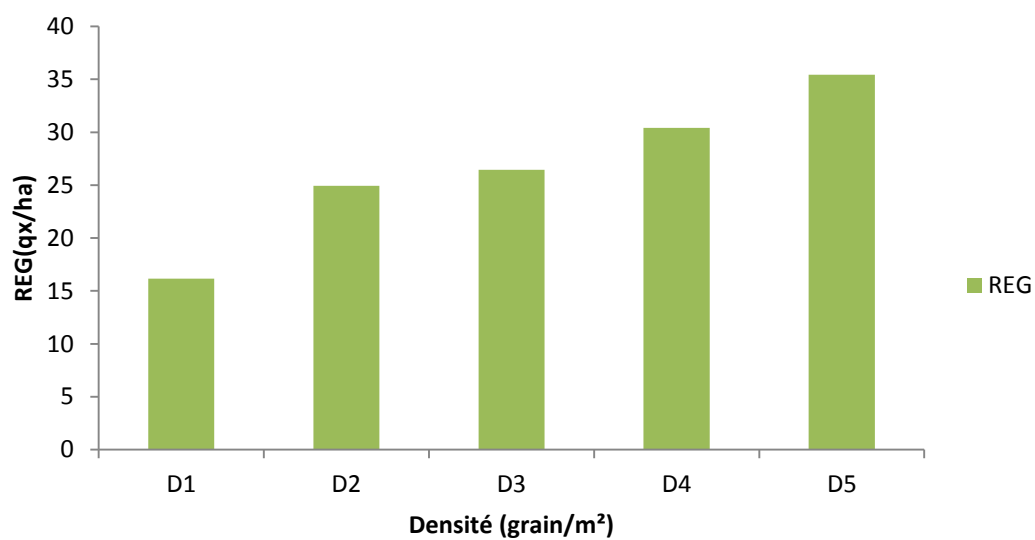


Figure n° 16 : Rendement en grain

On constate que le facteur de la densité eu une influence sur le rendement en grain. Le plus haut rendement est enregistré au niveau du traitement de densité de 400 grains/m².

Conclusion générale

A, l'issue de la présente étude expérimentale sur l'influence de la densité du semis sur la production du blé dur, réalisée dans la zone semi-aride du Haut Chélif, au sein du terrain expérimental de l'université Djillali Bounaâma de Khemis-Miliana durant la campagne 2016-2017, ont été retenus les points ci-après :

Le climat du Haut Chélif est du type méditerranéen appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride chaud, caractérisée par des précipitations annuelles faibles, inférieures à 400 mm, avec des répartitions très aléatoires. Ceci fait que la sécheresse dans cette région peut être précoce, tardive ou même prolongée durant le cycle de la culture du blé dur.

- ◆ Durant la présente campagne agricole, la sécheresse était très longue, allant de la fin montaison jusqu'à la récolte. Presque la totalité de la pluie a été enregistrée durant le stade initial semis-levée, elle est de 293.2 mm. Cette pluie a eu un effet à double tranchant. Elle a constitué une bonne réserve de départ pour la plante, stockée dans le sol ayant atteint sa capacité au champ d'une part mais a rendu le sol gorgé d'eau sur plusieurs jours d'autre part. Cet engorgement a eu un effet négatif sur le démarrage normal de la culture, par la création de la mauvaise aération ainsi que la baisse de température du sol.
- ◆ Durant les phases critiques épiaison et maturation, le sol a atteint des niveaux d'humidité proche du seuil de flétrissement à cause de l'absence de pluie et le fort pouvoir évaporant de l'air en présence de températures très élevées parfois dépassant 38 °c.
- ◆ Les fortes températures ont agi négativement sur le remplissage du grain, un échaudage généralisé a été observé sur l'ensemble des traitements malgré l'irrigation de complément réalisée. Cet impact climatique a fait baisser significativement le potentiel de production de la culture en agissant sur les différentes composantes du rendement de la culture. Le plus haut rendement enregistré n'a pas dépassé le 35.44 q/ha au niveau du traitement de densité 400 grain par mètre carré. Des rendements encore plus faibles de 16.17.q/ha ont été obtenus au niveau du traitement de densité de 200 grains par mètre carré.

- ◆ En année climatiquement défavorable tel que la présente campagne, les fortes densités de semis ont compensé relativement les pertes de rendement dues à l'effet négative des paramètres climatiques. Cette compensation reste modeste devant nos attentes sur le niveau de production de la culture qui aurait été nettement meilleure si le climat fut moins sévère.
- ◆ Il est donc recommandé de poursuivre la présente recherche sur cette importante thématique au futur pour aboutir à des résultats répondant à la variabilité climatique interannuelle caractéristique de la région d'une part et d'autres génotypes de blé dur pour leur différence de tolérance à la sécheresse d'autre part.

Références bibliographiques

- Benlaribi . M (1990)** ; Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*). Etude des caractères morphologiques et physiologiques. Thèse Docteur d'Etat, Université de Constantine.
- Ben Naceur M, Gharbi. M.S., Paul. R (1999)** ; L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse*; 10: 27-33.
- Benseddik. B, Benabdelli. K (2000)** ; Impact du risque climatique sur le rendement du blé dur (*Triticum durum Desf.*)
- Bonnefoy. M Moynier J-L (2014)** ; Besoins en eau des céréales. Colloque au champ- Irrigation-le Magneraud, Arvalis, France.
- Bootsma. A, Boisvert. J B, Dejong. R et Baier. W (1996)** ; La sécheresse et l'agriculture canadienne. *Sécheresse*: 277 - 285 p.
- Boulal. H, Zaghouane. O, EL Mourid. M et Rezgui. S (2007)** ; Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. ITGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176 p
- Bouzerzour. H et Oudina. M (1989)** ; Association de certains caractères morphologiques au rendement grain chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*) en conditions semi-arides. *Ann. Inst. Nat. Agron. El Harrach*, 13(1) : 157-167.
- Boyldieu (1982)** ; Blé tendre. Techniques agricole Tome 1.
- Brisson. N, Delecalle. R (1992)**; Utilisation des modèles mécanistes de la culture comme outils de raisonnement de la composante génétique de la résistance à la sécheresse. In : Monneveux P, Ben Salem M, eds. Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale. Les colloques, n°64. Paris : Inra éditions, 1992.
- Clement. M (1971)** ; Les céréales ED : collection d'enseignement agricole, édition Baillere, France, p 80, 85.
- Djermoun. A (2009)** ; La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques
- Eliard J.L (1974)** ; Manuel d'agriculture générale. Bases de la production végétale. *Ed. Baillièrè*. Paris, p 344.
- FAO** ; article publié le 06-04-2017
- Feillet. P (2000)** ; Le grain de blé : composition et utilisation. *INRA*. Paris : pp 23-25.
- Feldman et Sears (1981)** ; Les ressources génétiques du blé. Pour la science N°42 pp.35-38.

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, pp3-58.

François. L, Christian. P (2005). Appréhender le niveau de sécheresse dans le cadre des études stationnelles et de la gestion forestière à partir d'indices bioclimatiques, Rev. For. Fr. LVII - 4-2005

Gallais. A et Bannerot. H (1992) ; Amélioration des espèces végétales cultivées –Objectifs et critères de sélection, Ed : INRA éditions. Paris. P768.

Gate. P (1993) ; 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. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale, Montpellier (France), 15-17 décembre 1992. Les colloques, n°64. Paris: Inra éditions.

Gate. P (1995) ; Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation. Lavoisier, Paris, Pp 203-205-419.

Gate. P (1979) ; Ecophysiologie de blé, 53p

ITGC 2006 ; Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie 2006

Henry. Y J, Buysen (2000) ; L'origine du blé. *Pour la Science* 26 : pp60-62.

Legoupil Jean-Claude (1974) ; L'Agronomie Tropicale. Série 3, Agronomie Générale. Etudes Scientifiques, 29 (12) : 1212-1227

LESOUDER. C ; (ARVALIS - Institut du végétal), article publié le 18 décembre 2014

Levitt. J (1982); Responses of plants to environmental stresses. Academic Press. New York San Francisco –London: 607p.

Lev-Yadun. S, Gopher. A, Abbo. S, (2000); The cradle of agriculture. *Science*, pp 288-1602-1603.

Madhava Rao K.V, Raghavendra A. S. et Janardhan Reddy. K (2006) ; Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer1-14 p.

McKee. T, Doesken. N; Kleist. J (1993); The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eight Conference on Applied Climatology, Anaheim (California), 17-22 January.

Mekhlouf. A; Bouzerzour H; Benmahammed. A; Hadj Sahraoui. A ; Harkati. N (2006) ; Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. Sécheresse. Vol 17, Num 4, 507-1 3.

Moule. C (1980) ; Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N° 35. « La mécanisation de l'irrigation par aspersion », pp91-92.

Prats et Clement. M (1971) ; Les céréales, 13ème édition collection sciences et technique agricole.

S.B. Alaoui et Andich K (2003) ; Elaboration d'un référentiel d'aide à la décision pour les céréales d'automne, Dalil Al Fallah. Version 1.0.

Slama. A, Ben Salem. M, Ben Naceur. M, Zid. B (2005) Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Secherresse; 16 (3): 225-9.

Soltner. D (1980) ; Les grandes productions végétales, collections de sévices des techniques agricoles.

Soltner.D (1988) ; Les bases de la production végétale. Troisième édition p566.

Karrou. M (2003) ; Conduite du blé au Maroc. INRA Editions. 57 pages.

Anonyme. Non daté. La fumure azotée du blé au Maroc. S.P.I.E.A. N°2056 -12-59. 10 pages.

Soltner.D (2000) ; Phytotechnique générale : les bases de la production végétales. Tome 1 : le sol et son amélioration. Ed. Collection sciences et techniques agricoles, p 467.

Wilhite et Buchanan-Smith (2005); ONU/SIPC, 2009

<http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/blepain/1ble/11plant/plante.htm>