

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICHE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



جامعة جيلالي بونعامة خميس مليانة
UNIVERSITE DJILALI BOUNAAMA KHEMIS MILIANA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE VIE ET
DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention
Du diplôme de Master
DOMAINE SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE
Filière : Agro-sciences

Spécialité: Hydraulique agricole

Thème

*Contribution à l'étude de l'effet de la fréquence
d'irrigation sur la production du blé dur sur des
sols lourds en zone semi-aride*

Soutenu le 17 juin 2015

Présenté par :

- Bachir Bey Ilhem
- Soumatia Nesrine

Devant le jury composée de :

Président :	Mr BOUDERBALA Abdelkader	MAA	UDB Khemis-Miliana
Encadreur:	Mr MEROUCHE Abdelkader	MCB	UDB Khemis-Miliana
Examineurs:	Mr KADIR Mokrane	MAA	UDB Khemis-Miliana
	M ^{elle} KARA HAÇANE Hafsa	MAA	UDB Khemis-Miliana

Promotion : 20 14-2015

Remerciements

Nous remercions avant tout ALLAH tout puissant, de nous 'avoir guidé toutes les années d'étude et nous 'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

*Nous adressons l'expression de nos très vives gratitudee et respects à notre encadreur, **Dr MEROUCHE Ab** pour son soutien, pour avoir accepté de bon gré de participer à cette thèse, ainsi que pour ses efforts fournis, pour ses conseils utiles et sa gentillesse et pour ses appréciations sur ce travail.*

Nos profonds remerciements vont aux membres du jury

***Mr BOUDERBALA Ab Mr KADIR M ET M^{elle} KARAHACANE H** qui nous 'ont fait l'honneur de participer et de juger notre thèse malgré leurs plans de charge.*

Nous tenons également à remercier tous ceux et celles qui nous' ont aidé dans la réalisation de ce travail.

Enfin, ce travail n'aurait pas été mené à terme sans les concessions et les encouragements de notre famille, Un grand merci à toute notre famille.

A tous ceux qui nous 'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail, nous disons merci

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents :

Sources de mes joies, secrets de ma force

Vous serez toujours le modèle

Papa, dans ta détermination, ta force et ton honnêteté

Maman dans ta bonté, ta patience et ton dévouement pour

Nous

Merci pour tous vos sacrifices pour que vos enfants

Grandissent et prospèrent

Merci de trimer sans relâche, malgré les péripéties de la vie

Merci d'être tout simplement mes parents

C'est à vous que je dois cette réussite

Et je suis fière de vous l'offrir

A mon frère Ayoub

A mes sœurs Fatma Zohra Et ses enfants Ritaj et mohamed et ma petite sœur Rym

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de

L'affection que je porte pour vous.

A mon très chere tante Rawia

Vous avez toujours été présents pour les bons conseils.

Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours au

Long de ma vie professionnelle et personnelle.

A mes amies mon binôme Nesrine, Imene ,Rahma et Zola et mes camarades

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce

projet soit possible, je vous dis merci.

Ilhem Bachir Bey

Dédicaces

A l'homme de ma vie, depuis que tu nous a quitté, sache que je pense toujours à toi. Que je te porte tous les jours dans mon cœur. tu es pour moi un exemple de père . Merci d'avoir toujours été le père que je rêvais d'avoir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père. «Rabi yerhmek»

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mon frère Sid Ali

A mes sœurs Nassima et ma petite sœur Amina et ma cousine Khadîdja

Je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour

Leurs conseils, aides, et encouragements.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient

Toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnaient durant mon
Chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude,

Et Sœurs de cœur, toi Ilham, Rahma et Zola.

Et a tout ma famille je dit merci

nesrine soumatia

Liste d'abréviations

CE : conductivité électrique

CIC : conseil international des céréales

CM : Carré moyenne

CT : calcaire total

CV : Coefficient de variation

DDL : Degré de liberté

FAO : Food and Agriculture Organisation

GGA : feuille vert

GA : végétation vert et sénescence

ITGC : Institut technique des grandes cultures.

MO : matière organique.

NE : nombre d'épis

NG : nombre des graines

NGE : nombre des graines par l'épi

OAIC : l'Office Algérien Interprofessionnelle des Céréales.

P : probabilité

PMG : poids de mille grains

PPDS : plus petite défiance significatif

Prod : production.

Rdt : Rendement.

SCE : Somme des carrés et des écarts

SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

Partie Bibliographique

Chapitre I : Culture de blé dur

1.1 Importance de blé dur.....	03
1.1.2 Dans le monde.....	03
1.1.3 En Algérie.....	04
1.2 Etude botanique.....	06
1.2.1 Origine géographique.....	06
1.2.2 Origine génétique.....	07
1.3 Caractères morphologiques.....	07
1.3.1 Appareil végétatif.....	08
1.3.2 Appareil reproducteur	08
1.4 Cycle de développement.....	08
1.4.1 Période végétative.....	08
1.4.2 Période reproductrice.....	09
1.4.3 Période de maturation.....	10
1.5 Exigences de blé dur.....	12
1.5.1 Exigences climatiques.....	12
1.5.2 Exigences édaphiques.....	13
1.5.3 Techniques culturales.....	13

Chapitre II : Sécheresse et Irrigation de complément

2.1 Sécheresse.....	16
2.1.1 Notion de sécheresse.....	16
2.1.2 Résistance à la sécheresse.....	16
2.1.3 Symptômes sur la plante.....	17
2.1.4 Sécheresse et déficit hydrique.....	17
2.2 Notion de stress	18
2.2.1 Stress hydrique.....	18
2.2.2 Stress thermique.....	18
2.2.3 Mécanismes d'adaptation des plantes au stress hydrique.....	19
2.3 Irrigation de complément	19
2.3.1 Type de matériel d'irrigation adapté aux céréales	20

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

1.1 Objectif de l'essai	21
1.2 Matériels.....	21
1.2.1 Présentation du périmètre du Haut Chélif.....	21
1.2.1.1 Situation géographique.....	21
1.2.1.2 Caractéristiques édaphiques.....	23
1.2.1.3 Caractéristiques climatiques.....	23
1.2.1.4 Ressources en eaux.....	24
1.2.2 Expérimental.....	24
1.2.2.1 Situation.....	24
1.2.2.2 Caractéristiques du sol.....	25

1.2.2.3 caractéristiques climatiques de la campagne 2014-2015.....	25
1.2.3 Matériel végétal.....	26
1.3 Méthodes.....	27
1.3.1 Dispositif expérimental.....	27
1.3.2 Conduite de la culture.....	28
1.3.2.1 Préparation du sol et semis.....	28
1.3.2.2 Conduite de l'irrigation.....	28
1.3.2.3 Mesures de Humidité du sol.....	29
1.3.2.4 Mesures sur la plante.....	30
1.3.2.4.1 Paramètres morpo physiologiques.....	30
1.3.2.4.2 Rendement et ses composantes.....	31
1.3.2.5 Analyses statistiques.....	31

Chapitre II résultats et discussions

2.1 Paramètres étudiés.....	32
2.1.1 Paramètres morpo physiologiques.....	32
2.1.2 Rendement et ses composantes.....	37
2.1.3 Indices de végétations.....	42
Conclusion.....	43

Liste de figure

Figure 01. Stades repères du cycle de développement du blé (Source: blé hybride HYN0, 2014).	11
Figure 02 : Situation géographique du Haut Chélif	22
Figure 03 : Diagramme Ombrothermique de Bagnoles et Gaussem 1988-2014 (Haut-Chélif)	24
Figure 04 : Dispositif expérimental Split plot	27
Figure 05 : Profil d'humidité traitement irrigué1	29
Figure 06 : Profil d'humidité traitement irrigué 2	30

Liste des Tableaux

Tableau n° 01 : Principaux pays producteurs du blé dans le monde	03
Tableau n° 02 : Principales zones de production En Algérie	05
Tableau n° 03 : Superficies emblavées et production en 2014	05
Tableau n° 04 : Moyenne mensuelle de température et de pluviométrie durant 1988-2014	23
Tableau n° 05 : Caractéristiques chimiques du sol	25
Tableau n° 06 : Pluviométrie et température 2014/2015	26
Tableau n° 07 : Caractéristiques des variétés témoins utilisées	26
Tableau n° 08 : Doses d'irrigation des deux traitements	28
Tableau n° 09 : valeurs moyennes de la longueur de tige	32
Tableau n° 10 : Longueur de tige	32
Tableau n° 11 : valeurs moyennes de la longueur de barbe	33
Tableau n° 12 : Longueur de la barbe	34
Tableau n° 13 : valeurs moyennes de la longueur d'épis	35
Tableau n°14 : Longueur d'épis	35
Tableau n° 15 : valeurs moyennes de la matière sèche total	36
Tableau n°16 : Matières sèches total	36
Tableau n°17 : valeurs moyennes du nombre d'épis	37
Tableau n° 18 : Nombre d'épis	37
Tableau n° 19 : valeurs moyennes du nombre des grains d'épis	38
Tableau n°20 : Nombre des grains d'épis	39
Tableau n° 21 : valeurs moyennes du poids de mille grains	39
Tableau n°22 : poids de mille grains	40
Tableau n° 23 : valeurs moyennes du rendement en grain	41
Tableau n° 24 : rendement en grain	41
Tableau n° 25 : Indices de végétations (GA) et (GGA)	42

ملخص :

تمت دراسة تأثير تكرار جرة الري علي الانتاج لدي ثمانية اصناف من القمح الصلب منها محلية و دخيلة على مستوى الحقل التجريبي لجامعة خميس مليانة . السنة التجريبية تميزت بجفاف متأخر والتي بدالاتها تم تنظيم الري.. كميات الري تم تحقيقها خلال مراحل الانتفاخ و امتلاء الحبوب , العلاجات المروية تحصلت علي نفس الجرعات الاجمالية لكن مع تجزئة مختلفة . النتائج المنحصل عليها , اثبتت اختلافات في مقاومة الجفاف بين الأصناف المدروسة . أحسن الاستجابات تم تسجيلها على مستوى المعالجة التي تحصلت علي الجرعة الغير المجزئة التأثير السلبي للجفاف المتأخر ترجم ايضا بمرود ضعيف جدا لدي المعالجة الغير مروية.

الكلمات الدلالية : تكرار الري, القمح الصلب, الجفاف المتأخر

Résumé :

Une étude sur l'effet de la fréquence d'irrigation sur la production de huit variétés de blé dur locales et introduites a été réalisée au niveau de terrain expérimental de l'université de Khemis-Miiana. L'année expérimentale a été caractérisée par une sécheresse tardive en fonction de laquelle l'irrigation fut organisée. Les apports d'irrigation ont été effectués durant les stades gonflement et remplissage du grain. Les traitements irrigués ont reçus les mêmes doses globales mais avec différents fractionnement. Les résultats obtenus montrent des différences de tolérances à la sécheresse entre les variétés étudiées. Les meilleures réponses ont été enregistrées au niveau du traitement ayant reçu la dose non fractionnée. L'effet néfaste de la sécheresse tardive s'est traduit encore par de très faible rendement chez le traitement conduit en pluvial.

Mot clé : fréquence d'irrigation, blé dur, sécheresse tardive,

Summary :

a study on the effect of the frequency of irrigation on the production of eight local and introduced varieties of durum wheat was carried out on the level of experimental ground of the university. The experimental year was characterized by a late drought according to which the irrigation was organized. The contributions of irrigation were carried out during the stages swelling and filling of the grain. The irrigated treatments received the same whole body doses but with different fractionation. Got results of the differences of the tolerance to the drought between the studied varieties, the best answers were recorded on the level of the treatment having received the split amount. The harmful effect of the late drought still resulted in very poor yield at the treatment leads into rain.

Key words : frequency of irrigation, durum wheat, late drought

Introduction générale...

Introduction générale

La culture du blé dur reste essentiellement conduite en pluviale sur la rive sud de la méditerranée ou elle est soumise à des régimes pluviométriques très variable.

La majorité des zones céréalières appartiennent au climat semi-aride. Les zones semi-arides Algériennes sont caractérisées par une pluviométrie faible et très aléatoire. Elles sont très insuffisantes pour répondre aux besoins de la culture du blé dur.

Cette mauvaise répartition au cours du cycle peut donc être à l'origine de la dégradation des rendements. Ces effets dépendent de la date d'apparition du déficit en relation avec le stade de la culture et de la tolérance de chaque géotype à la sécheresse.

De ce fait, le recours à l'irrigation est devenu une nécessité pour l'élévation et la stabilité des rendements du blé dur en Algérie.

Cependant dans ces même zones, plusieurs priorités à l'utilisation de l'eau existent suivants les secteurs. Pour cela, l'utilisation de l'eau dans le secteur de l'agriculture exige préalablement une maîtrise de l'irrigation afin d'augmenter son efficacité agronomique et économique.

Autrement dit, on doit chercher une meilleure valorisation des apports d'eau par les cultures.

L'objectif de la présente étude est de rechercher l'effet de la fréquence d'irrigation sur la production du blé dur c'est à dire comment optimiser le fractionnement des apports d'eau. Le fractionnement des irrigations permettrait d'assurer des humidités à différentes couches de l'horizon du sol et par conséquent la réduction des apports en augmentant la production finale.

L'objectif de stabiliser ou augmenter le rendement par des apports supplémentaires d'eau durant les phases critiques du cycle végétatif doit être recherché en tenant compte d'une valorisation optimum du facteur le plus précieux et le plus incertain, l'eau (Houaasine, 2004).

On utilise l'irrigation de complément sur la culture de blé pour accomplir son cycle et pour limiter les problèmes de sécheresse aléatoire, et de croissance.

Partie Bibliographique

1. 1 Importance de blé dur

1. 1.1 Dans le monde

Le blé a tenu un rôle d'importance dans la production grainière et destinée en grande partie à l'exportation de certains pays dans le monde.

La production céréalière mondiale de blé s'élève environ à 667 millions de tonne en 2009. Elle est très répandue en vue d'utilisation du grain pour l'alimentation humaine et animale, c'est pour cette raison, le blé est classé en 4^{ème} classe après la canne à sucre, le maïs et le riz (FAO, 2009).

Selon le conseil international des céréales (CIC) et l'Office Algérien Interprofessionnelle des Céréales (OAIC), les principaux pays producteurs de blé en 2007, 2008, 2009 sont classés dans le tableau 01.

Tableau n° 01 : principaux pays producteurs du blé dans le monde

(millions de tonnes)	2007		2008		2009	
	Production	Taux mondiale (%)	Production	Taux mondiale (%)	Production	Taux mondiale (%)
Extrême orient	216.3	35.52	220.60	36.19	226.2	33.92
Chine	109.8	18.05	112.50	16.38	114	17.09
Inde	75.8	12.45	78.60	11.44	80.6	12.08
Europe	124.2	20.40	156.30	22.74	141.3	21.19
Russie	49.4	8.11	63.70	9.27	60	8.99
Nord et contre Amérique	79.4	13.40	100.60	14.64	88.9	13.33
Canada	20.1	3.30	28.60	4.16	24.5	3.67
Etats unis	55.8	9.16	68.00	9.90	60.4	9.05
Iran	15	2.46	10.00	1.45	12	1.79
Turquie	15.5	2.54	17.00	2.47	18	2.69
Sud Amérique	23	3.77	17.20	2.50	16	2.53
Argentine	16.3	2.67	8.30	1.20	7.6	1.14
Brésil	3.8	0.62	6.00	87.00	5.2	0.77
Afrique	18.8	3.03	20.50	2.98	24.4	3.65
Egypte	7.4	1.21	7.90	1.15	8.2	1.22
Maroc	1.9	0.28	3.70	0.53	6	0.89

Océane	13.4	2.20	21.70	3.15	23.3	3.47
Australie	13	2.13	21.40	3.11	23	3.44

Source : CIC, 2008

On constate que la chine est le premier pays producteur du blé avec 17.17 % de la production mondiale durant ces trois années successives, elle est suivie par l'Inde, Etats Unis, et les autres pays, Brésil et l'Argentine produisant des quantités importantes avec un taux mondiale 1.5%.

On remarque la présence des pays africains avec un taux très faible.

1.1.2. En Algérie

En Algérie, les céréales représentent 50% des dépenses des ménages, puisqu'elles constituent la principale source calorique pour les différentes couches de la population quelque soit leur niveau social ou le milieu dans lequel elles vivent (urbain et rural). De se fait, elles constituent 60% de l'apport calorique et 71% de l'apport protéique (Amrani, 2003).

D'après Liams (2001), Sur le plan alimentaire, pour la période décennale de 1992 à 2001 l'Algérie a consommé annuellement en moyenne trois (3) millions de tonnes de blé dur, soit 50%, dont deux (2) millions de tonnes importées. En Année 2000, la consommation de blé dur par habitant, était de 105Kg.

La consommation de céréales n'a pas cessé de croitre et cette augmentation des besoins céréaliers s'explique d'une part par le taux de croissance annuel de la population qui demeure élevé et qui est estimé à 2.5% (Talamali, 2000).

Les principales zones de production En Algérie sont :

Tableau n° 02 : Principales zones de production En Algérie

Zone	Caractéristiques de la zone	Emplacement
la zone semi-aride des plaines telliennes	la pluviométrie est comprise entre 350 et 500 mm, mais avec une distribution irrégulière	Constantine, Bouira, Médéa, Tlemcen, Mila, Souk Ahras, Aïn Defla, Chlef, Aïn Témouchent, Relizane, Sidi Bel-Abbès
la zone subaride des Hauts-Plateaux	une faible pluviométrie (200-350 mm) et un système à prédominance agro-pastorale avec des altitudes supérieures à 1.000 m	Tissemsilt, Tiaret, Sétif, Saïda, Oum El-Bouaghi, Bordj Bou Arréridj
la zone humide et sub-humide	la pluviométrie est supérieure à 600 mm et relativement bien distribuée	régions littorales et sub-littorales Centre-Est du pays (Tipaza, Skikda, Guelma, El Tarf, Béjaïa, Tizi Ouzou, Annaba)
la région du Sud	les périmètres irrigués (10.000 ha) et les cultures oasiennes (35.000 ha).	Biskra, Ghardaïa, Adrar

Source : CIC, 2006

❖ **Superficie et production du blé dur**

La contribution de la Wilaya de Ain Defla dans la production du blé dur au niveau national en 2014 est représentée dans le tableau

Tableau n° 3 : Superficies emblavées et production en 2014

	Superficie		Taux de récolte %	Prod (qx)	Rdt (qx/h)
	Emblavée (ha)	Récoltée (ha)			
Ain Defla	56776	45200	79.6	686500	15.2
National	1465216	1182127	80.7	1844334	15.6

Source : DSA 2015

On constate la Wilaya de Ain Defla contribue avec un taux de 3.78%

1.2 Etude botanique

Comme les autres céréales, le blé est une plante monocotylédone qui appartient à la famille des graminées.

Embranchement :	angiosperme
Classe :	monocotylédone
Genre :	<i>triticum</i>
Espèce :	<i>triticum durum</i>

I.2.1 Origine géographique des blés

D'après Moule (1980), les trois groupes d'espèces du genre *Triticum* auraient trois centres d'origines distinctes :

- Groupe des diploïdes ayant comme centre d'origine est le foyer Syrien et Nord palestinien.
- Groupe des tétraploïdes dont le centre d'origine l'Abyssinie.
- Groupe des hexoploïdes dont le centre d'origine est le foyer Afghano-indien.

Selon Grignac (1978), le moyen orient est le centre géographique d'origine ou coexistaient les deux espèces parentales.

I.2.2 Origine génétique

Le blé provient de l'origine de croisement entre triticum monococcum

(Espèce donneuse $2n=14$) qui contient le génome A et Aegilops spelloïdes ($2n=14$) qui contient le génome B. cette hybridation interspécifique à donné naissance à tricum turgidum tétraploïde $2n=28$ chromosomes et espèce dans le blé dur.

1.3 Caractères morphologiques

1.3.1 Appareil végétatif

▪ 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 - 25 cm, 10% entre 20 – 50 cm, elles peuvent atteindre 1m à 1.2m dans un sol bien profond (Sotner, 1980).

▪ 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 termine et se compose de deux parties, partie supérieure en forme de lame (le limbe), et partie inférieure (gaine).

1.3.2 Appareil reproducteur

▪ 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 attachées 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.

▪ Grain

Le blé dur comme la plupart des graminées possède un fruit sec (caryopse), celle-ci distingué par un grain étroit allongé à sillon profond à brosse peu développé et à texture souvent vitreuse.

1.4 Cycle de développement

Le cycle de développement du blé (figure1) comprend les périodes suivantes :

- **période végétative** : qui s'étale de la germination à la montaison ;
- **période reproductrice** : qui s'étale du tallage à la fécondation ;
- **période de maturation** : qui s'étale de la fécondation à la maturation du grain.

1.4.1 Période végétative

- **Phase germination - levée**

La date de levée est définie par l'apparition de la première feuille qui traverse le coléoptile, graine rigide et protectrice enveloppant la première feuille (Gate, 1997).

La germination de la graine dépend de trois facteurs importants, l'eau, l'aération et la température (optimum de la germination se situe entre 15 et 25 °C, au-dessous de 0 °C il n'y a pas de germination) (Soltner, 1980)

➤ **Phase levée - tallage**

Cette phase est caractérisée par les étapes suivantes :

- la formation de nouvelles racines (la plante possède 5 ou 6 racines primaires) ;
- formation du plateau du tallage, il se forme presque au niveau de la surface du sol ;
- l'apparition de la première feuille.

➤ **Phase tallage – montaison (plain tallage)**

Le tallage est caractérisé par l'entrée en croissance de bourgeons différenciés de chacune des premières feuilles pour donner de nouvelles pousses ou tige secondaires (les talles).

La première talle apparaît généralement à l'aisselle de la première feuille lorsque la plante est au stade quatre feuilles. Cette talle est constituée de pré-feuille entourant la première feuille fonctionnelle de la talle, celle-ci encapuchonne les autres. Le nombre de talles émises par plante caractérisera le tallage herbacé, celle-ci sera fonction de la variété utilisée, du climat, de l'alimentation azotée et de la profondeur de semis (Djellout, 2001).

1.4.2 Période reproductrice

➤ **Phase montaison**

Durant cette phase l'allongement des talles s'accélèrent et les talles qui n'ont pu monter régressent et finissent par mourir. Au cours de cette période de production, on distingue les phases correspondantes à la différenciation des ébauches l'inflorescence.

➤ Phase d'épiaison

Cette phase correspond à l'apparition de l'épi à partir de la graine de la feuille drapeau ou de la dernière feuille quand 50% des épis sont sorties. La vitesse de croissance de la plante est élaborée et on estime que la plante élabore les trois quarts de sa matière sèche totale entre le tallage et la floraison. La durée de la phase épiaison est en moyenne de 32 jours (Prats et al, 1971).

➤ Phase fécondation – floraison

Cette phase se caractérise par la formation des organes floraux. La floraison correspond à la sortie des étamines, lorsque les anthères sortent des glumelles, cette phase correspond au début de la formation des graines.

1.4.3 Période de maturation

➤ 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'égraine et la paille est fragile, son humidité de 12 à 13%.

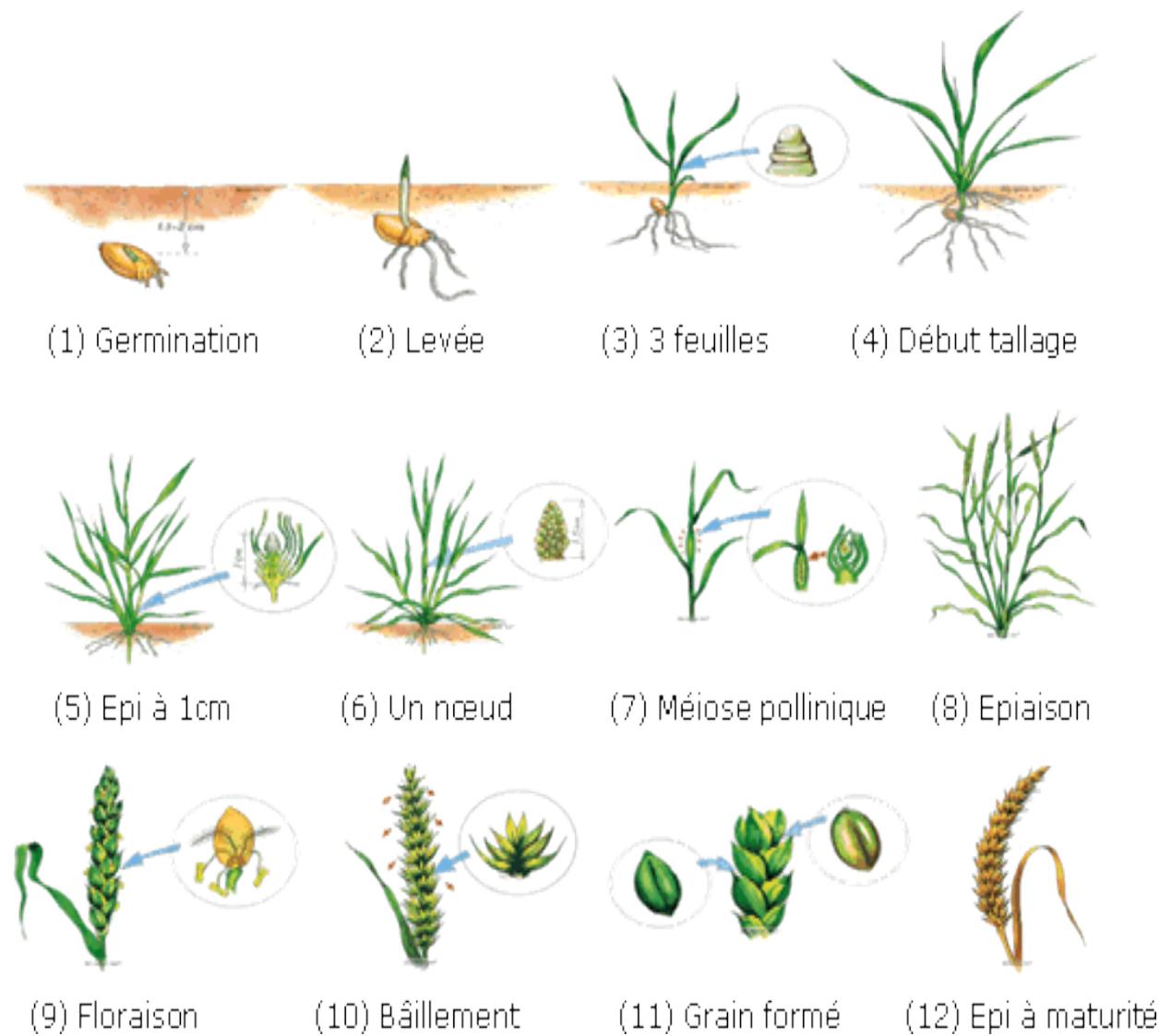


Figure 01. Stades repères du cycle de développement du blé (Source: blé hybride HYN0, 2014).

1.5 Exigences de blé dur

1.5.1 Exigences climatiques

❖ Température

La température est l'un des facteurs importants pour la croissance et l'activité végétative.

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 le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. Un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairage (Soltner, 1988).

❖ Eau

L'eau est un élément vital, il est nécessaire à la croissance de la plante puisque elle entre dans les constitutions des éléments telle que, les synthèses par la chlorophylle, l'eau est le véhicule des éléments minéraux solubles de la sève brute.

Le blé demande 450 à 650 mm de pluie, pour un bon rendement, selon le climat et la longueur du cycle végétatif (Moule, 1980).

Il y a des périodes très sensibles au manque d'eau chez le blé.

La période de sensibilité du blé se situe dans le mois qui précède épiaison et la semaine qui vient après.

Les besoins en eau doublent pendant les quatre semaines qui suivent épiaison.

Selon Moule (1980), la mi-montaison à la floraison, une sensibilité à la sécheresse et un stress de même niveau après la floraison.

I.5.2 Exigences édaphiques

Le blé dur préfère les sols limoneux, argilo-siliceux à cause de son système racinaire fasciculé.

L'important est en fait que la terre soit profonde pour permettre le développement complet de système radicalaire (Prait et Clement 1971).

D'après Soltner (1988), Les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds. Des sols limoneux, argilo-calcaires, argilo- siliceux et avec des éléments fins. Du point de vu caractéristiques climatiques, les blés durs sont sensibles au calcaire et à la salinité ; un pH de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote.

Les carences des phosphores provoquent :

-  Les plantes vertes foncées développent une couleur rouge à violée.
-  Tige courte et mince.
-  le potassium K entre dans l'amélioration de la résistance au froid

I.5.3 Techniques culturales

❖ Préparation de lit de semence

Selon la précédent cultural il y'a deux cas :

Les céréales et les cultures fourragères : (sol difficiles à travailler en automne :

- Au printemps (mai – juin)

Faire un labour à l'aide d'un chisel après la récolte de la culture précédente. Cela facilite la préparation du lit de la semence en automne et permet de semer tôt pour faire profiter la culture des premières pluies automnales.

- En automne (octobre –novembre)

Faire un passage d'un vibroculteur ou d'un chisel en cas ces deux derniers ne sont pas disponible, faire deux passage croises du couver croup suivi d'une herse ou d'un rouleau en cas de besoin.

❖ **Semis**

C'est une opération culturale qui consiste à mettre le grain dans une terre bien préparée.

✓ Epoque de semis : choisir la date optimale de semis en tenant compte des conditions climatiques de la région.

✓ Dose de semis : pour déterminer la dose de semis il faut :

- Utiliser des semences certifiées.
- Faire le test de germination (la faculté germinative)
- Si le semis est tardif, augmenter la densité de semis 30%

❖ **Fertilisation**

• L'azote, le phosphore, et le potassium sont trois éléments majeurs dont l'importance est particulière.

• La fertilisation phospho-azotée est un facteur d'accroissement de la production de blé

• La fertilisation phospho-azotée son humidité de 12 à 13% ho-azotée est un facteur agro-technique qui valorise les autres facteur tel que l'irrigation d'appoint et la lutte contre les adventices.

❖ **Désherbage**

- Les mauvaises herbes concurrencent la céréale pour :
- L'alimentation hydrique.
- La nutrition minérale.
- La lumière et l'espace.
- Mauvaises herbes pouvant aussi :
- Entre des foyers pour prédateurs et parasites.

- Entre des sources de toxines.
- Déprécier la qualité marchande du produit.
- Gêner la récolte.

❖ **Récolte**

Récolter au bon moment, c'est attendre la maturité complète d'une céréale.

On peut dire qu'une céréale est mûre si :

- La paille de l'épi présente une couleur jaunâtre.
- La tige se casse facilement.
- Les graines se détachent facilement de l'épi par frottement entre les mains.
- L'humidité du grain varie de 12% à 14%
- Le grain n'est pas rayable à l'ongle et se casse sous la dent.

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

Chapitre II :

Sécheresse et Irrigation de complément

2.1 Sécheresse

2.1.1 Notion de sécheresse

La sécheresse est l'état du sol au environnement correspondant à un manque d'eau, sur une période significativement longue pour laquelle ait des impacts sur la flore naturelle ou cultivée.

Une sécheresse se définit comme un déficit en pluie, conjoncturel, significatif, pendant une période assez longue (saison, année, voire plusieurs années).

Il y a sécheresse des lors que l'eau devient facteur limitant de la croissance de rendement (Deraissac, 1992).

Selon Gate (1997), le stress hydrique (ou le déficit hydrique) s'installe dans la plante quand l'absorption ne peut pas satisfaire la demande de la transpiration. La plante perd une partie de son eau d'imbibition et la majeure partie des processus physiologiques commencent à être affectés.

2.1.2 Résistance à la sécheresse

La tolérance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à croître et, du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (Slama et al, 2005).

Il existe une large gamme de mécanismes de tolérances à la sécheresse qui ne sont pas exclusifs les uns des autres et qui peuvent même être complémentaires (Jones et al, 1980). Ces mécanismes sont d'ordre phénologique, morphologique et physiologique.

Selon Gate (1997), Il n'existe pas de résistance absolue à la sécheresse, et toutes les variétés ne répondent pas de la même manière au manque d'eau, car certaines d'entre elles présentent des niveaux différents de tolérance à la sécheresse.

Alors pour s'adapter, la plante présente des stratégies de résistance à la sécheresse qui sont :

- L'esquive : c'est la capacité que la plante d'échapper aux périodes de sécheresse, en particulier, le stade le plus sensibles de sont développement.

- L'évitement : c'est la capacité que la plante de résister a une période de sécheresse par le maintien d'un l'équilibre hydrique interne favorable.

- La tolérance : c'est la capacité que la plante de récupérer, après une période de la sécheresse.

2.1.3 Symptômes sur la plante

Le premier effet du déficit hydrique est sur le limbe de la feuille. Il a le plus souvent une taille réduite. Visuellement, la feuille se redresse, se replie selon le type de variété.

Le deuxième symptôme remarquable est sur la hauteur des tiges. Un déficit de début montaison affecte l'allongement des premiers entre-nœuds tandis qu'un déficit de fin de montaison, plus fréquent réduit la longueur des derniers entre-nœuds et du col de l'épi. En plus de la hauteur, on observe aussi des peuplements épis anormalement faibles (Gate,1997)

2.1.4 Sécheresse et déficit hydrique

L'évitement de la sécheresse peut être réalisé soit par la plante elle même, soit par des techniques culturales telle que précocité variétale.

L'une des périodes critiques, chez le blé est le stade laiteux à cette période, le déficit hydrique du sol s'accroît et à tout moment le grain peut s'échauffer. Ce phénomène est spectaculaire en milieu méditerranéen. Pour l'éviter, il a toujours été préconisé de cultiver des variétés précoces, ces variétés ayant d'avantage l'échapper aux fortes chaleurs estivales' il semble même que les effets d'un stress hydrique sur la croissance végétative lors de la montaison soit rapidement compensée chez les variétés précoces

Le déficit hydrique peut engendrer des pertes de rendement à n'importe quel stade de développement du blé. Chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.), en région méditerranéenne, la sécheresse est une des causes principales des pertes de rendement, qui varient de 10 à 80% selon les années (Nachit et al, 1998).

Selon Watts et Mouride (1988), La sécheresse de début de cycle coïncide avec le démarrage de la culture (levée, tallage) et celle de fin du cycle, qui est la plus fréquente et qui affecte le remplissage des grains.

À la fin de la montaison, 10-15 jours avant l'épiaison, la sécheresse réduit le nombre de fleurs fertiles par épillet (Debaeke et al 1996).

D'après Tribio (1990), Le manque d'eau après la floraison, combiné à des températures élevées, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et/ou de la durée de remplissage.

Au cours du remplissage des grains, le manque d'eau a pour conséquence une réduction de la taille des grains (échouage), réduisant par conséquent le rendement (Gate, 1993)

2.2 Notion de stress

Le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante (Levitt, 1982).

Tsimilli-Michael *et al.* (1998) considèrent que le stress a une signification relative, avec un contrôle comme état de référence, ils considèrent le stress comme une déviation du contrôle à une contrainte.

2.2.1 Stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde (Boyer, 1982).

Le déficit hydrique s'installe dans la plante quand l'absorption ne peut pas satisfaire la demande de la transpiration. Une partie des processus physiologique commence à être affectée (Gate ,1995).

2.2.2 Stress thermique

- **Haute température**

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 a leur origine

D'après Rawson (1988). l'effet pénalisant de l'élévation de la température est surtout dû au fait que la plante n'arrive pas à absorber les éléments nutritifs et l'eau et les utiliser au rythme imposé par le stress thermique.

- **Basses températures**

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).

2.2.3 Mécanismes d'adaptation des plantes au stress hydrique

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (esquive, évitement et tolérance) (Turner, 1986 a).

Selon Hsissou, (1994) La résistance globale d'une plante au stress hydrique apparaît comme le résultat de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de production.

2.3 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).

2.3.1 Type de matériel d'irrigation adapté aux céréales

Mise à part le pivot qui est destiné à l'irrigation totale des cultures, on recommande l'utilisation de deux types de matériel d'irrigation d'appoint existant en Algérie.

Système d'irrigation	Caractéristiques
<p>Enrouleur</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Investissement lourd. ● Consomme plus d'énergie. ● Qualité d'arrosage conditionnée par le réglage du canon et son avancement automatique. ● Peu exigeant en main d'œuvre. ● Ne convient pas au sol peu filtrant. ● Nécessite une pression élevée à l'entrée de appareil. ● Utilisation facile.
<p>Rampes d'asperseurs</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Investissement modéré. ● Convient à tout type de sol (léger, lourd) ● exigeant en main d'œuvre. ● Epouse tout relief du terrain. ● Consomme moins d'énergie. ● N'exige aucun réglage, après une installation bien conçue

Source : ITGC, 2012

Chapitre I :

Matériels et méthodes

1.1 Objectif de l'essai

L'objectif de la présente étude est de rechercher l'effet de la fréquence d'irrigation sur la production du blé dur c'est à dire comment optimiser le fractionnement des apports d'eau. Le fractionnement des irrigations permettrait d'assurer des humidités à différentes couches de l'horizon du sol et par conséquent la réduction des apports en augmentant la production finale.

1. 2 Matériels

1.2.1 Présentation du périmètre du Haut Chélif

1.2.1.1 Situation géographique

Le périmètre du Haut Chélif est situé à 40 km à vol d'oiseau de la mer, avec une altitude de 289 mètre et une superficie de 37 000 hectares. Ce périmètre est limité par : le massif de l'Ouarsenis au Sud, le massif de Dahra au Nord, le moyen Cheliff à l'Ouest, 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 avec 40 km de long est la plus importante des deux et couvre 27500 hectares, et la plaine d'El-Arma-el-Abadia, plus étroite et ne représente que 11300 hectares (Legoupile, 1972).



Source : Google Earth 2014

Figure 02 : Situation géographique du Haut Chélif

1.2.1.2 Caractéristiques édaphiques

La quasi-totalité des sols du Haut Cheliff, sont des sols alluviaux récents ou colluviaux. Leur caractère physique essentiel est dominé par des éléments fins (80%), ce qui permet de les classer dans les catégories de terres fortes (**Legoupil, 1972**). Il s'agit de sols lourds, avec une perméabilité faible et une mauvaise stabilité.

1.2.1.3 Caractéristiques climatiques

En générale, 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, 1972**). Cependant, les dernières décennies la pluviométrie moyenne est d'environ de 400 mm c'est-à-dire une diminution d'environ 100 mm par rapport à SELTZER (471 mm).

Période sèche

La période sèche caractéristique de la région est déterminée par le diagramme Ombrothermique de Gaussen de la période 1988-2014 (Figure 03)

Tableau 04: Moyenne mensuelle de température et de pluviométrie durant 1988-2014

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P (mm)	59.10	58.02	47.64	38.91	29.59	8.76	3.18	6.03	21.24	38.42	56.65	55.98
T (°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

ITGC, 2014.

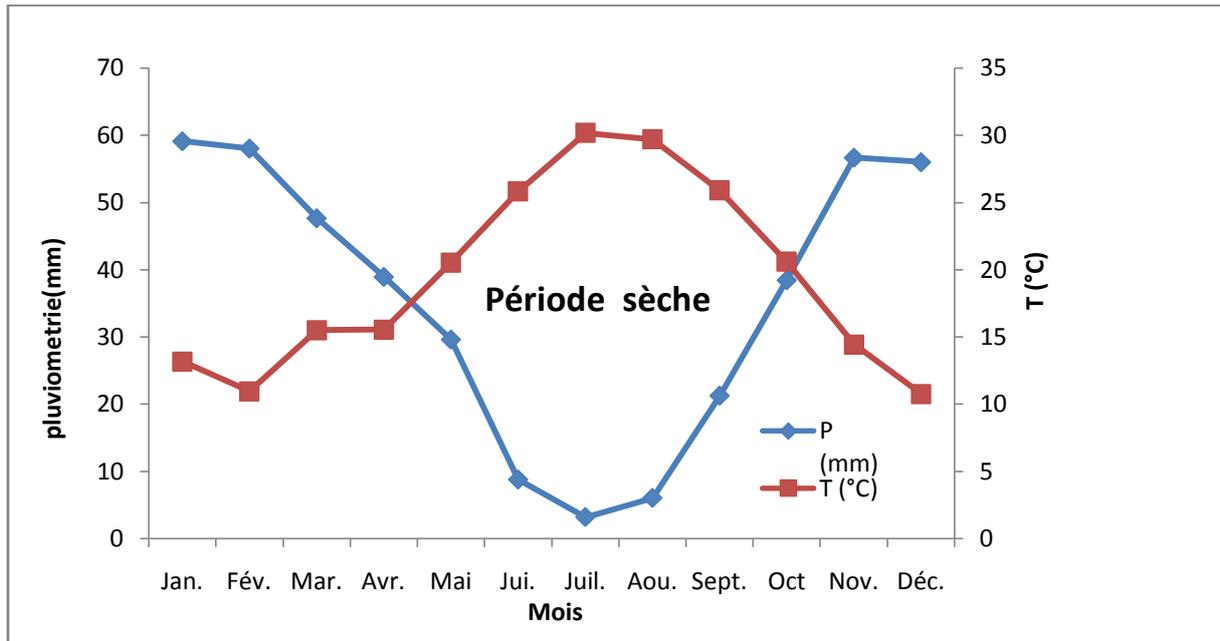


Figure 03 : Diagramme Ombrothermique de Bagnoles et Gausse
1988-2014 (Haut-Chéliff)

D'après ce diagramme on peut ressortir une période sèche qui s'étale du mi-avril jusqu'au mi-octobre. Durant cette longue période l'irrigation des cultures est indispensable.

1.2.1.4 Ressources en eaux

Les principaux barrages de Haut Cheliff et de capacités différentes, le plus grand barrage est celui de Ghrib d'une capacité réelle de 175 hm^3 , Deurdeur 105.12 hm^3 , Harraza 76.65 hm^3 , Sidi M'Hamed Ben Taiba, 75 hm^3 .

1.2.2 Site expérimental

1.2.2.1 Situation

L'expérimentation a été réalisée au niveau du terrain expérimental de l'université de Khemis- Miliana.

1.2.2.2 Caractéristiques du sol

Les analyses de sol ont été effectuées aux niveaux de laboratoire de l'université de Khemis Miliana.

Les résultats des analyses physiques du sol effectuées sur les trentes centimètres ont montré une composition granulométrique du type argilo-limoneux sableux avec les fractions suivantes : Argile (45 %), Limon (37%) et sable (18%).

Cependant les analyses chimiques sont représentées sur le tableau 05.

Tableau n° 05 : Caractéristiques chimiques du sol

paramètre Profondeur	CE (dS/m)	pH	CT%	MO%
0 – 10	0.111	8.1	8.49	1.91
10 – 25	0.111	7.91	9.76	1.56
25 – 40	0.112	7.67	8.06	1.97
40 – 55	0.103	7.86	9.33	2.16
55 – 75	0.112	7.63	8.49	0.11

On constate que le pH actuel du sol est alcalin, considéré élevé par rapport aux exigences optimales de la culture du blé qui sont situées 6,5 et 7,5 (Soltner, 1988). La teneur de la matière organique est moyenne à satisfaisant en surface et excessivement faible au-delà de 55 cm. Le taux de calcaire est moyen, risque de chlorose est donc très faible.

Une conductivité de 0.5 dS/m montre que le sol est peu salé.

1.2.2.3 Caractéristiques climatiques de la campagne 2014-2015

Pluviométrie et température

La température et la pluviométrie enregistrée durant l'année expérimentale sont représentés dans le tableau 06.

Tableau n° 06 : Pluviométrie et température 2014/2015

Moi s	Déc			Jan			Fév			Mar			Avr		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
T °c max	17	20	18	19	21	17	18	18	16	26	28	26	28	32	30
T °c min	1	3.6	1	0.6	0	1.6	0	4.2	1.4	3	2	5.8	7.2	11	10
P (mm)	69.6	5.4	32. 4	0.7	13.2	53.2	19.8	29.2	57.8	0	0	39. 5	0	0	0

Source: ARNH (Khemis Miliana), 2015

On constate que les mois les plus chauds et sec sont le mois d'Avril avec une valeur de 32 °c, et un déficit hydrique, ce qui a coïncidé avec la période Post anthère. Cette sécheresse un effet sur le remplissage des grains et affecté le nombre d'épis par mètre carré.

La moyenne des précipitations durant le cycle atteint 320 mm. Les plus grandes quantités de pluie tombent durant le mois de Décembre avec 69.6 mm, après le semis.

1.2.3 Matériel végétal

Huit variétés de blé dur ont été étudiées : quatre variétés locales et quatre introduites à savoir : Belikh (V1), Bidi 17 (V2), Bousselam (V3), Hedba 03 (V4), Mexicali (V5), Ofonto (V6), Siméto (V7), Zidane (V8).

Les caractéristiques de ces génotypes sont représentées dans le tableau ci dessous.

Tableau 07 : Caractéristiques des variétés témoins utilisées.

Variété	Origine	Lignée	Précocité
Bousselam	Syrie	Pure	Précoce
Belikhe	I carda- Syrie	Pure	Précoce
Hedba 03	Local	Pure	Tardive
Bidi 17	Locale	Pure	Tardive
Simeto	Italie	Pure	Précoce
Ofanto	Italie	Pure	Précoce
Mexicali	Arizona (USA)	pure	Précoce
Zidane	Local	pure	Précoce

Source : ITGC, 2015

1.3 Méthodes

1.3.1 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est du type split plot (figure 4) avec deux facteurs. Le facteur principal est l'irrigation tandis que le second est la variété du blé dur. Le premier facteur est composé de trois niveaux : Un traitement conduit en pluvial, un traitement (irrigué 1) où chaque irrigation est apportée en une seule fraction et un traitement (irrigué 2) où chaque irrigation est fractionnée en deux apports espacés de 8 jours.

Le facteur variétal est constitué des huit variétés concernées par l'étude. Chaque traitement est composé de six lignes avec un interligne de 20 cm et une longueur de trois mètres faisant une superficie de 3.6 m².

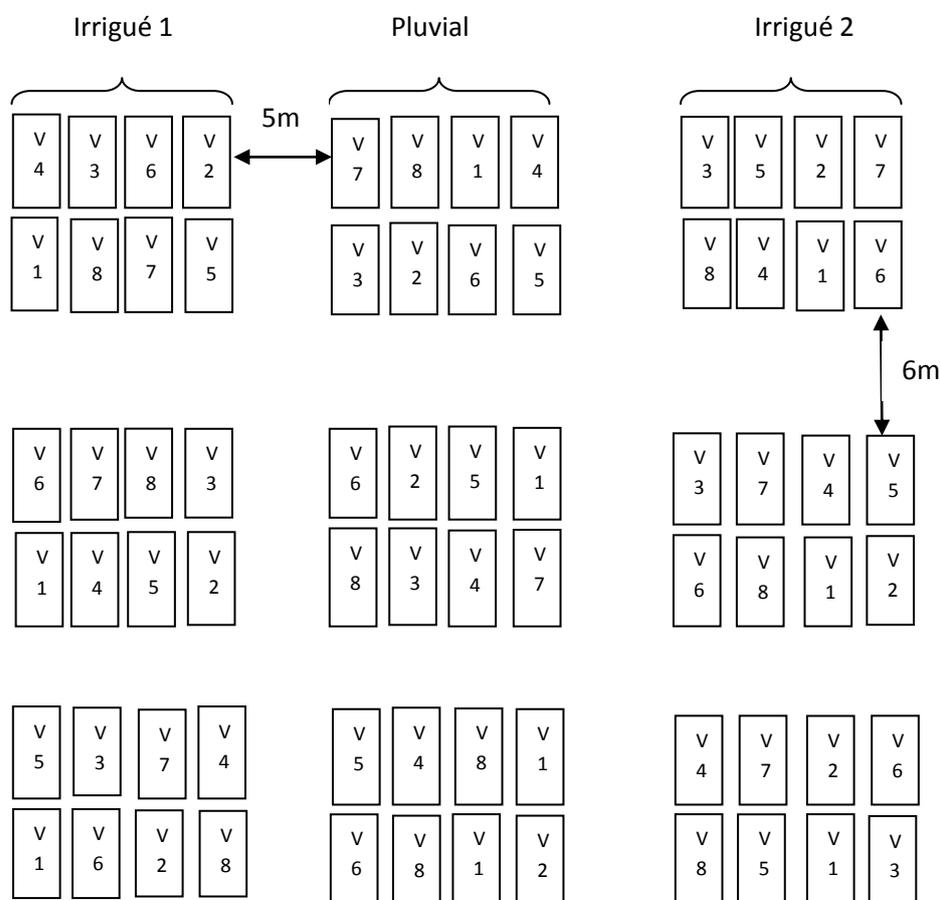


Figure 04 : Dispositif expérimental Split plot

1.3.2 Conduite de la culture

1.3.2.1 Préparation du sol et semis

Un labour est réalisé avec un cover crop le 20 décembre sur une profondeur d'environ 30 cm. Le même jour un épandage d'engrais du type 15 15 15 (**NPK**) a été effectué manuellement à raison de 70 unités par hectare. Un deuxième apport d'azote de 30 unités a été effectué le 12 avril au stade gonflement épiaison à partir de l'urée 46 %.

Le semis est réalisé manuellement le 22 décembre avec une densité de 300 grains par mètre carré. 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.

1.3.2.2 Conduite de l'irrigation

Deux doses d'irrigation ont été apportées en post épiaison et début maturation. Les deux traitements irrigués ont reçus les mêmes doses globales durant tout le cycle. Ces doses sont fractionnées en deux apports pour le traitement irrigué 2. Les détails de conduite de l'irrigation sont rapportés dans le tableau 08.

L'irrigation a été effectuée par le système aspersion classique. La densité d'aspersion est de 5 mm/h. Cette densité a été mesurée in situ par le pluviomètre associatif d'une section de 400 cm². Les deux rampes d'aspersion ont été installées de part et d'autre des traitements irrigués.

Tableau n° 08 : Doses d'irrigation des deux traitements

Traitement	Stade et date	Dose (mm)	Total
Irrigué 1	Post anthère (15/04)	30	70
	Stade laiteux (04/05)	40	
Irrigué 2	Post anthère (16/04)	15	30
	Début maturation (23/04)	15	
	Stade laiteux (7/05)	20	40

	Stade pâteux (13/05)	20	
--	----------------------	----	--

1.3.2.3 Mesure de l'humidité du sol

Des prélèvements d'échantillons de sol ont été réalisés à la tarière pour la mesure de l'humidité pondérale. Les profondeurs de prélèvement suivant le profil sont : 5, 20, 40, 60 et 80 cm. Ces profils d'humidité sont réalisés avant et après 48 heures de l'irrigation pour déterminer la variation du stock d'eau.

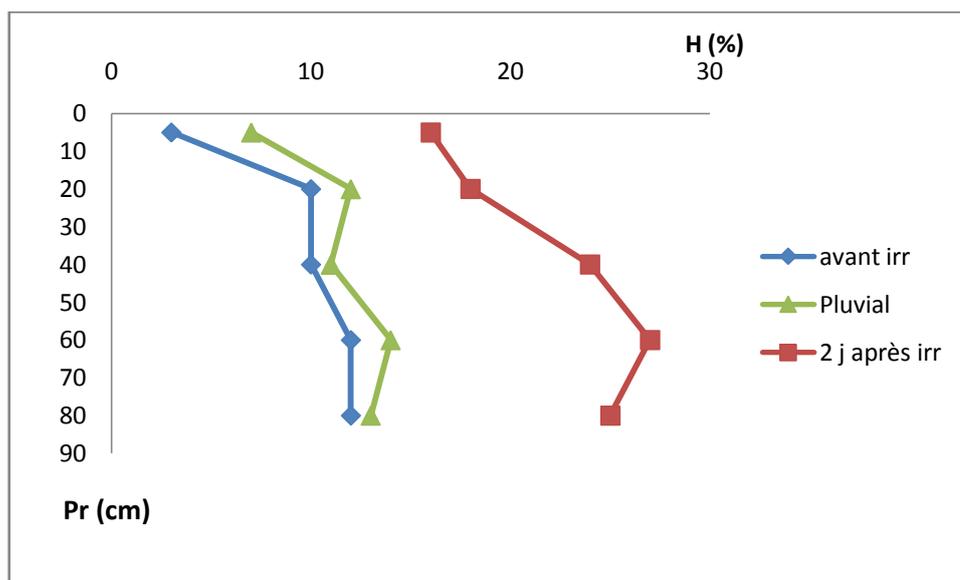


Figure 04 : Profil d'humidité de traitement irrigué1 et pluvial

A travers le taux d'humidité qui sont (3%) au traitement irrigué 1 et (7%) conduit a pluvial, l'irrigation a fait augmenté le stock d'eau à 273 mm. On constat que le dessèchement est très rapide en surface sous l'effet les conditions climatiques pouvoir évaporant.

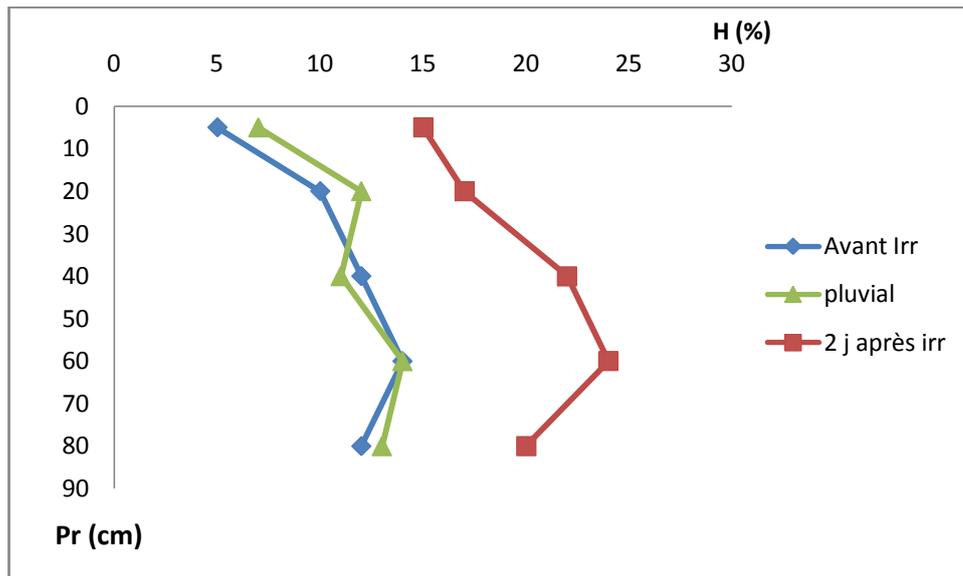


Figure 05 : Profil d'humidité de traitement irrigué et pluvial

A travers le taux d'humidité qui sont (5%) au traitement irrigué 2 et (7%) conduit à pluvial, l'irrigation a fait augmenter le stock d'eau à 259 mm. On constate que le dessèchement est très rapide en surface sous l'effet des conditions climatiques pouvant être évaporant.

1.3.2.4 Mesures sur la plante

1.3.2.4.1 Paramètres morpho physiologiques

-Longueur du col : a été mesuré à la base de la plante jusqu'à la base d'épis.

-Longueur de la barbe : mesure la longueur des barbes.

-Longueur d'épis : a été mesuré à la fin de col jusqu'à la fin d'épis.

-Matière sèche : on a pesé les poids des pailles plus les poids d'épis vides.

-Indice de végétation

Au stade épiaison, des photos prises verticalement sur une superficie de un mètre carré sur l'ensemble des traitements du dispositif, faisant 72 parcelles. Ces photos ont traitées par un logiciel spécifique.

1.3.2.4.2 Rendement et ses composantes

Les paramètres mesurés concerne le rendement et composantes sont : Le nombre d'épi par mètre carré (**NE/m²**), le nombre de grain par épi (**NGE**), le poids de mille grain (**PMG**) et le rendement final (**RG**). Les valeurs du PMG et RG sont reportés à un taux d'humidité de 13 %.

1.3.2.5 Analyses statistiques

Les analyses sont effectuées à l'aide d'un logiciel statistix version 9. Des analyses de variances à deux facteurs et des comparaisons de moyennes à l'aide du test de Tukey sont réalisées.

Références bibliographiques

2.1 Paramètres étudiés

2.1.1 Paramètres morpho physiologiques

❖ Longueur de tige

Les valeurs moyennes de la longueur de tige sont représentées dans le tableau 09.

Tableau n° 09 : valeurs moyennes de la longueur de tige

Variété	BE	BI	BO	HE	OF	SI	ME	ZI
Irrigué1 (cm)	70	100	66	85	70	68.5	62	64
Pluvial (cm)	60	78	55	75	59	56.66	58	58.16
Irrigué 2 (cm)	62	86	64	81	67	62	60	60

BE : Belikhe, BI : Bidi 17, BO : Bousselam, HE : Hedba 03, OF : Ofanto, SI : Siméto, ME : Mexicali, ZI : Zidane

❖ Analyse de variance

L'analyse de variance est résumée dans le tableau 10.

Tableau n°10 : Longueur de tige

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
rep	2	175.03	87.51			
eau	2	1587.44	793.72	18.43	0.0096	
Error rep*eau	4	172.31	43.08			
var	7	7168.67	1024.10	28.55	0.0000	
eau*var	14	1311.67	93.69	2.61	0.0082	
Error rep*eau*var	42	1506.67	35.87			
Total	71					
(rep*eau*var)						8.88

PPDS= 2.6134

Groups homogènes

var	Moy	Groups
HE	85.889	A
BI	83.000	A
ME	65.000	B
BE	63.333	B
BO	61.889	B
SI	60.778	B
ZI	60.222	B
OF	59.444	B

Après analyse on not que la probabilité est inférieur a 0.01, pour les facteurs eau et interaction cela veut dire que les différences enregistré sont hautement significatif, et la probabilité est inférieur a 0.001, pour le facteur variétés c'est-à-dire que les différences enregistré est très hautement significatif. On peut donc que les facteurs eaux, variétés et interaction sont influence sur la longueur de tige.

❖ **longueur de barbe**

Les valeurs moyennes de longueur de barbe sont représentées dans le tableau 11.

Tableau n° 11 : valeurs moyennes de la longueur de barbe

Variété	BE	BI	BO	HE	OF	SI	ME	ZI
Irrigué1 (cm)	20	18	15	19	12	14	13	8
Pluvial (cm)	18	14	13	14	6	12	11	5
Irrigué 2 (cm)	19	15	12	15	8	13	12	7

❖ **Analyse de variance**

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

Tableau n° 12 : Longueur de la barbe

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
rep	2	2.250	1.1250			
eau	2	37.750	18.8750	2.63	0.1869	
Error rep*eau	4	28.750	7.1875			
var	7	597.056	85.2937	28.21	0.0000	
eau*var	14	130.694	9.3353	3.09	0.0024	
Error rep*eau*var	42	127.000	3.0238			
Total	71					
(rep*eau*var)						13.64

PPDS= 2.7596

Groups homogènes

var	Moy	Groups
BE	17.556	A
BI	13.778	B
BO	13.444	B
HE	13.333	B
OF	12.667	B
SI	12.444	B
ME	12.444	B
ZI	6.333	C

L'analyse de variance sort que le facteur eau a un effet non significatif sur la longueur des barbes par mètre carré (probabilité 0.18), et que le facteur variété a un effet déférence très hautement significatif (probabilité =0.0000), et que le facteur interaction a un effet différent hautement significatif.

❖ longueur d'épis

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

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

Variété	BE	BI	BO	HE	OF	SI	ME	ZI
Irrigué1 (cm)	9	7	7.6	10.3	7.3	7	7	12
Pluvial (cm)	7.3	5.6	6.6	8.3	6	6	6	9.3
Irrigué 2 (cm)	8.6	6.6	7	9.6	6.6	6.6	6.3	10.3

❖ Analyse de variance

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

Tableau n°14 : Longueur d'épis.

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
rep	2	10.7500	5.37500			
eau	2	7.5833	3.79167	10.71	0.0248	
Error rep*eau	4	1.4167	0.35417			
var	7	66.1667	9.45238	6.94	0.0000	
eau*var	14	32.4167	2.31548	1.70	0.0921	
Error rep*eau*var	42	57.1667	1.36111			
Total	71					
(rep*eau*var)						16.47

PPDS= 0.6126

Groups homogènes

var	Moy	Groups
ZI	9.2222	A
HE	7.7778	A B
BE	7.4444	B
BO	6.6667	B
BI	6.5556	B
ME	6.4444	B
SI	6.3333	B
OF	6.2222	B

D'après l'analyse de variance, on peut dire que les facteurs eau et interaction a un effet hautement significatif (probabilité < 0.01), et le facteur variété a un effet très hautement significatif (probabilité < 0.001). Donc, on dit que la longueur de épis on eu

influence a ces facteurs.

❖ **matières sèches**

Les valeurs moyennes de la matière sèche sont représentées dans le tableau 15.

Tableau n° 15 : valeurs moyennes de la matière sèche total

Variété	BE	BI	BO	HE	OF	SI	ME	ZI
Irrigué1 q/h	52	56	59	50	47	52	45	44
Pluvial q/h	34	35	43	31	32	26	24	32
Irrigué 2 q/h	43	38	47	38	39	30	28	34

❖ **Analyse de variance**

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

Tableau n° 16 : Matières sèches total

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
rep	2	380.36	190.18			
eau	2	2135.44	1067.72	5.09	0.0796	
Error rep*eau	4	839.39	209.85			
var	7	2246.87	320.98	8.26	0.0000	
eau*var	14	1433.00	102.36	2.63	0.0078	
Error rep*eau*var	42	1632.25	38.86			
Total	71					
(rep*eau*var)						15.74

PPDS= 14.911

Groups homogènes

var	Moy	Groups
BO	50.444	A
BE	42.000	A B
BI	41.111	A B
HE	39.889	B
ME	39.000	B
ZI	38.667	B

OF	36.778	B C
SI	28.889	C

La valeur de probabilité est supérieure à 0.05 cela veut dire que les différences enregistrées ne sont pas significatives, en d'autres termes que le facteur eau n'influence pas la matière sèche. Par contre ce dernier est influencé par le facteur variété (probabilité < 0.001 différent très hautement significatif), et le facteur interaction (probabilité < 0.01 différent hautement significatif).

2.1.2 Rendement et ses composantes

❖ Nombre d'épis

Les valeurs moyennes du nombre d'épis sont représentées dans le tableau 17.

Tableau n° 17 : valeurs moyennes du nombre d'épis

Variété	BE	BI	BO	HE	OF	SI	ME	ZI
Irrigué1	180	164	178	170	204	100	177	170
Pluvial	81	75	62	53	82	66	67	87
Irrigué 2	173	141	99	88	170	87	95	124

❖ Analyse de variance

L'analyse de variance est résumée dans le tableau 18.

Tableau n°18 : Nombre d'épis

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
rep	2	256	128.0			
eau	2	105181	52590.6	269 50.3	0.0000	
Error rep*eau	4	8	2.0			
var	7	34080	4868.5	76.52	0.0000	
eau*var	14	19300	1378.5	21.67	0.0000	
Error rep*eau*var	42	2672	63.6			
Total	71					
(rep*eau*var)						6.64

PPDS = 1.4379

Groups homogènes

var	Moy	Groups
OF	151.56	A
BE	148.22	A
ZI	126.33	B
BI	125.89	B
ME	112.44	C
BO	112.11	C
HE	102.78	C
SI	81.22	D

La valeur des probabilités est inférieure à 0.001, cela veut dire que les différences enregistrées sont très hautement significatives. On peut donc dire que les facteurs eaux, variétés et leur interactions ont eu influence sur le nombre d'épis.

Globalement, les résultats atteints sont très faibles à ceux habituellement obtenus dans la région qui sont autour de 220 épis. Ceci s'explique par la sévérité de la sécheresse enregistrée durant cette campagne.

❖ **Nombre des graines d'épis**

Les valeurs moyennes du nombre des graines d'épis par mètre carré sont représentées dans le tableau 19.

Tableau n° 19 : valeurs moyennes du nombre des graines d'épis

Variété	BE	BI	BO	HE	OF	SI	ME	ZI
Irrigué1	38	34	32	34	26	37	38	40
Pluvial	28	21	23	27	20	30	27	26
Irrigué 2	32	23	29	30	24	32	31	30

❖ **Analyse de variance**

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

Tableau n°20 : Nombre des graines d'épis

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
rep	2	564	282.1			
eau	2	106918	53458.8	165.81	0.0001	
Error rep*eau	4	1290	322.4			
var	7	29812	4258.8	9.03	0.0000	
eau*var	14	18883	1348.8	2.86	0.0043	
Error rep*eau*var	42	19816	471.8			
Total	71					
(rep*eau*var)						18.15

PPDS= 18.483

Groups homogènes

var	Moy	Groups
BE	150.22	A
OF	141.00	A B
ZI	127.00	A B C
BI	126.44	A B C
ME	119.00	A B C
BO	108.78	B C D
HE	103.00	C D
SI	81.89	D

Après l'analyse on note que le facteur eau et variété a un effet différence très hautement significatif (probabilité < 0.001), et que le facteur interaction a un effet différence hautement significatif (probabilité < 0.01). on dit que le nombre d'épis par mètre carré sont influencé a ces facteurs.

❖ Poids de mille grains

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

Tableau n° 21 : valeurs moyennes du poids de mille grains

Variété	BE	BI	BO	HE	OF	SI	ME	ZI
Irrigué1 (g)	34	37	40	35	34	35	45	47
Pluvial (g)	30	31	33	22	29	30	32	37
Irrigué 2 (g)	32	35	38	33	32	33	40	44

❖ **Analyse de variance**

L'analyse de variance est résumée dans le tableau 22.

Tableau n°22 : poids de mille grains

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
rep	2	1.36	0.681			
eau	2	450.36	225.181	107.37	0.0003	
Error rep*eau	4	8.39	2.097			
var	7	1667.94	238.278	136.00	0.0000	
eau*var	14	176.97	12.641	7.22	0.0000	
Error rep*eau*var	42	73.58	1.752			
Total	71					
(rep*eau*var)						3.71

PPDS= 1.4906

Groups homogènes

var	Moy	Groups
SI	43.667	A
ZI	42.778	A
BO	37.000	B
BI	35.222	B
OF	32.889	C
BE	31.556	C D
ME	31.556	C D
HE	30.444	D

D'après les résultats la probabilité est inférieure à 0.001, on peut dire que les facteurs eau, variété et interaction ont un effet très hautement significatif ce qui veut dire que le poids de mille grains est influencé par ces facteurs. **(Grignac, 1980)** affirme que le poids de mille grains diminue considérablement sous l'effet des fortes températures et d'un déficit hydrique au moment du remplissage du grain.

❖ **rendement en grain**

Les valeurs moyennes du rendement en grain sont représentées dans le tableau 23.

Tableau n° 23 : valeurs moyennes du rendement en grain

Variété	BE	BI	BO	HE	OF	SI	ME	ZI
Irrigué1 (q/ha)	15	13	16	9	13	12	10	14
Pluvial (q/ha)	8.3	7	12	6	10.3	9	7	10
Irrigué 2 (q/ha)	11	10.5	13	7	12	10	8.3	12.3

❖ **Analyse de variance**

L'analyse de variance est résumée dans le tableau 24.

Tableau n° 24 : rendement en grain

Source	DDL	SCE	CM	F	P	CV
rep	2	4.083	2.0417			
eau	2	176.583	88.2917	605.43	0.0000	
Error rep*eau	4	0.583	0.1458			
var	7	280.833	40.1190	76.59	0.0000	
eau*var	14	33.417	2.3869	4.56	0.0001	
Error rep*eau*var	42	22.000	0.5238			
Total	71					
(rep*eau*var)						6.95

PPDS= 1.9892

Groups homogènes

var	Moy	Groups
BO	13.444	A
ME	12.000	B
ZI	11.889	B
BI	10.444	C
OF	10.333	C
BE	10.111	C
SI	8.222	D
HE	6.889	E

La valeur des probabilités est inférieure à 0.001, cela veut dire que les différences enregistrées sont très hautement significatives. On peut donc que les facteurs eaux, variétés et interaction on eu influence sur le rendement en grain.

2.1.3 Indices de végétation

Les résultats des deux indices de végétation obtenus sont représentés dans le tableau 25.

Tableau n° 25 : Indices de végétations (GA) et (GGA)

Traitements	irrigué 1		irrigué 2		Pluvial	
	GA	GGA	GA	GGA	GA	GGA
Belikh	0.78	0.71	0.66	0.54	0.56	0.45
Bodi 17	0.96	0.90	0.55	0.45	0.41	0.29
Bousselame	0.91	0.84	0.74	0.64	0.50	0.40
Hedba 03	0.69	0.65	0.64	0.60	0.63	0.45
Mexicali	0.83	0.73	0.78	0.68	0.73	0.62
Ofonto	0.65	0.56	0.62	0.48	0.63	0.43
Simito	0.95	0.91	0.67	0.55	0.51	0.36
Zidane	0.72	0.63	0.68	0.54	0.56	0.45

Cet indicateur de végétation mesure au stade épiaison montre bien l'effet de l'humidité de l'eau sur le feuillage ; que se soit la partie verte ou sénescente. Le traitement irrigué 1 porte les valeurs les plus élevées de GA ; c'est-à-dire l'ensemble des feuilles vertes et desséchées et de GGA, c'est-à-dire les feuilles vertes. Les écarts entre les deux sont faibles au du traitement irrigué 1 suite à l'effet de cette irrigation relativement avancée, ayant donc retardé le dessèchement.

Cet indice est moyen au niveau du traitement irrigué2 et plus faible globalement au niveau du traitement conduit en pluvial à cause du dessèchement du sol.

Conclusion générale

Conclusion générale

A, l'issue de la présente étude, on peut retenir les points suivants :

- L'expérimentation s'est déroulée durant une campagne qui a connue une sécheresse tardive sévère. Cette sécheresse a démarré au mois coïncidant avec la fin montaison, début épiaison. Un cumul de 320 mm de pluie du semis à l'épiaison. Cette quantité enregistrée représente 58.18 % des besoins théorique du blé (Moule, 1980)
- Egalement, de fortes températures ont enregistrées. Des valeurs des températures de 32 °c. durant la phase du début remplissage du grain. Cette température a été à l'origine du phénomène d'échaudage.
- Le nombre d'épis par mètre carré a été fortement affecté par cette sécheresse. De très faibles valeurs ont été élaborées par la culture. La valeur maximale n'a pas dépassée 220 épis. Chez le traitement irrigué sans fractionnement de dose, le nombre est 207 épis tandis que chez le traitement irrigué avec fractionnement est de 174 épis et n'est que de 96 épis chez le traitement conduit en pluvial.
- Les conditions climatiques défavorables durant les stades post anthères n'ont permis une bonne efficience agronomique de l'eau. Les rendements maximum chez les traitements irrigués sont faibles et varient de 10 à 15 q/ha.
- Cet effet néfaste de sécheresse s'est traduit encore par de très faible rendement chez le traitement conduit en pluvial qui varie de 5 à 12 q/ha.
- La variété Bouselame a montré une meilleure tolérance à la sécheresse traduite avec le plus grand rendement en grain suivi de Mexicali et Zidane.
- Globalement les paramètres de rendement ainsi que le rendement final en grain sont obtenu au niveau du traitement ayant reçu la dose non fractionnée.
- Les doses d'irrigation apportées s'avèrent insuffisantes pour parer au déficit pluviométrique durant les phases critiques du blé dur ainsi les grandes chaleurs.
- Durant cette année de sécheresse tardive exceptionnelle, les attaques par les oiseaux sont très fortes mais à des degrés variables sur les différentes variétés à cause de leur décalage de date en maturité du grain. Evidement, en année défavorable les oiseaux seront systématiquement drainés vers les parcelles de blé irriguées où le minimum de production a été atteint.

Références bibliographiques

- Anonyme, 1996.** Comportement du blé dans le climat méditerranée. Ed : INRA Paris, p 114.
- Amrani, 2003.** Le blé dur Qualité, Importance eu utilisation dans la région des Hauts-Plateaux (Tiaret et Tissemsilt).
Proj de rech inté et étude socio-économiques sur le blé dur
- Belaid, D, 1986.** Aspects de la céréaliculture Algérienne.
Ed : Office de publication universitaire, pp9-28.
- Benmansour , R. 1993.** Etude de la fertilisation azotée du blé dur (WAHA) avec complément d'irrigation à différent stockes de la culture dans le Haut Chélif. Thèse d'ing-Agr. INFSA Chélif.
- Boyer, J. 1982.** Plant productivity and environment. Sci, New series. 218: 443 - 448 p.
- C I C :** Conseils Internationales des céréales.
- Debaeke, P., Cabelguenne, M., Casals, M.L., Puech, J. 1996.** Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées: Epicphase-blé. Agronomie; 16 : 25-46.
- Draissac, M. 1992.** Mécanisme d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivés l'agronomie tropicale,N°1, 30-37p
- Djellout, 2001.** Etude phréologique comparative entre quatre variétés étrangères et deux variétés locales de Blé dur (Triticum Durum Desf). Thèse DUEA, pp47-48.
- Gate, P. 1979.** Ecophysiologie de blé, 53p
- Gate, P. 1995.** Ecophysiologie du blé, 203-205p
- 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.
- Grinac, P. 1978.** Le blé dur monographie succincte. Ed : Annals INA, El Harrach INRA, pp33-97.

Houaasine, D. 2004. Adaptation au stress hydrique de quelques variétés de blé dur (*Triticum Durum* DESF) 42,29-33. Revue technique et scientifique de L'ITGC.

Hsissou, D. 1994. Sélection In vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.

Jones, M., Osmon, B., et Turner, N.C. 1980. Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. *Aust J Plant Physiol*, 7: 193-205.

Liams, B. 2001. Le marché mondial des pâtes alimentaires, des progrès et des interrogations. *Agro-ligne*, n°16, 65p.

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

Levitt, J. 1980 : Responses of plants to environmental stresses. Vol II, Water, radiation, salt and other stresses, Academic Press, Inc, 606 p.

ITGC : Institut technique des grandes cultures.

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. Springer: 1-14 p.

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

Nachit, M., Picard, E., Monneveux, P, 1998. Présentation d'un programme international d'amélioration du blé dur pour le bassin méditerranéen. *Cahiers Agric.*, 7 : 510-515.

Prats, 1971. Demande alimentaire mondiale en céréales et en viande.

Prats et Clement. M, 1971. Les céréales, 13^{ème} édition collection sciences et technique agricole.

Soltner, 1988. Les bases de la production végétale. Troisième édition p566.

Soltner, 1980. Les grandes productions végétales, collections de sévices des techniques agricoles.

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

Rawson, H. 1988. High temperature effect on the development and yield of wheat and practices to reduce deteriorious effects. In conf. On wheat production constraints in tropical environment. Eds klatt. UNDP- Cimmyt : 44-62.

Talamali, L. 2000. La libération du marché des céréales en Algérie. Actes du premier symposium international sur la filière blé. Enjeux et stratégie. Alger 7-9/02/2000. OAIC-MA. pp11-19.

Tsimilli-Michael M. M., Pêcheux R. J. et Strasser. 1998. Vitality and stress adaptation of the symbionts of coral reef and temperate foraminifers probed in hospite by the fluorescence kinetics O-J-I-P. Archs. Sci. Genève.51: 205 - 240 p.

Triboï, E. 1990. Modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre. Agronomie; 10

Turner N. C. 1986. Adaptation to water deficit: a changing perspective. Australian Journal of Plant Physiology .13: 175- 90 p.

Watts, D., El Mourid, M. 1988. Rainfall patterns and probabilities in the semi-arid cereal production region of Morocco. USAID Project No. 608-0136. Settat : Aridoculture Center INRA.

