

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques de l'environnement
Spécialité Biodiversité et sécurité alimentaire



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Impact de l'irrigation d'appoint sur le rendement de blé dur
(Triticum durum desf) dans la région d'EL-kseur, wilaya de
Bejaïa

Présenté par :

Boulanseur Kahina & Bourama Rebiha

Soutenu le : **28 septembre 2021**

Devant le jury composé de :

Mme MANKOU. Nadia	MAA	Présidente
Mme AYOUNI. Zahra	MAA	Encadreur
Mme ZEBBOUDJ. Aicha	Professeur	Examinatrice

Année universitaire : 2020 / 2021

Remerciements

*Avant tout nous remercions **DIEU** tout puissant de nous accorde la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.*

*Nous exprimons également notre gratitude et nos sincères remerciements à notre promotrice Mme **AYOUNI Z** pour son encadrement, ainsi que pour ses efforts fournis, pour ses conseils, sa patience malgré ses charges intenses.*

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à construire ce travail.

*Nous tenons à exprimer nos gratitude et remerciements les plus profonds aux membres du jury :Mme **MANKOU Net Mme ZEBBOUDJ A** enseignantes de l'université **ABDERRHMANE – MIRA- Bejaïa**.*

*Nous tenons à remercier l'agriculture Mr **BENYOUB Hanafi** qui nous a accueilli sur ses terres agricoles pour faire notre expérimentation.*

Enfin :

Nous tenons à remercier chaleureusement nos parents pour leurs sacrifices, leur soutien durant toutes les années d'études.

A tous Merci

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

A ma chère MERE qui souhaite voir mon réussite et m'a donnée toute l'affection pour que je puisse continuer

A mon chère PERE pour tout leur sacrifice, leur amour, leur soutien, leur encouragement pour que je puisse réaliser mes rêves

A mes chères frères : GHILAS ET BOUDJEMAA

A ma petite sœur : LAHNA

A mes cousines : KAHINA ET THIZIRI

A toutes ma famille maternelle et paternelle

A mes amis et collègues : LEILA ET KAHINA

Toute ma promotion en général et toutes les étudiantes de la spécialité

BSA surtout ma binôme REBIHA

Kahina

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

A mes chères parentes

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.

A mon PERE, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Que dieu les gardes et les protèges en bonne santé nachalh.

A mes frères HAKIM, KATIB ; KARIM

A mes sœurs, NASIRA, SABIHA, FATIMA, KARIMA, MOUNIRA

A tout ma famille BOURAMA

A mes amis et collègues cylvia et ibtissam

Toute ma promotion en général et toutes les étudiantes de la spécialité

BSA surtout ma binôme KAHINA

Rebiha

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	
Dédicace	
Sommaire :	
Liste du tableau	
Listes des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	3
I.1.Généralités sur le blé dur	3
I.1.1. Importance économique de la céréaliculture	3
I.1.1.1.Dans le monde	3
I.1.1.2. En Algérie	3
I.1.1.3.A Bejaia	3
I.1.2.Historique et origine de blé dur	4
I.1.2.1.Historique	4
I.1.2.2 Origine	4
I.1.3.Présentation du blé dur	5
I.1.4.Classification botanique du blé dur	6
I.1.5. La description morphologique de la plante	6
I.1.5.1.La graine	6
I.1.5.2. Appareil végétatif.....	8
I.1.5.3.Appareil reproducteur	8
I.1.6.Le cycle de développement de blé	9
I.1.6.1.La période végétative	9
I.1.6.1.1.Phase de semis-levée.....	9
I.1.6.1.2.Phase levée début de tallage	10

TABLE DES MATIÈRES

I.1.6.2.La période reproductrice	10
I.1.6.2.1.Stade de montaison	10
I.1.6.2.2.Stade d'épiaison	10
I.1.6.2.3.Stade de floraison	10
I.1.6.3.La période de maturation	10
I.1.6.3.1.Stade de formation et remplissage du grain	10
I.1.6.3.2.Stade de maturation physiologique	11
I.2. Exigences et pratiques culturelles du blé dur.....	12
I.2.1.Exigences de blé dur	12
I.2.1.1.Exigences climatiques.....	12
I.2.1.2.Exigences édaphiques	12
I.2.2.Pratiques culturelles	13
I.2.2.1.Travail du sol	13
I.2.2.2.Choix de variété	13
I.2.2.3.Le semis	13
I.2.2.4.La fertilisation	14
I.2.2.5.Désherbage.....	14
I.2.2.6.Récolte ou moisson	14
I.2.3.Les maladies et les ravageurs des céréales.....	14
I.3. L'irrigation d'appoint.....	15
I.3.1.Besoins en eau des céréales.	15
I.3.1.1.L'importance et le rôle de l'eau dans le végétale	15
I.3.1.2.Les besoins en eau de blé dur	16
I.3.2.Le stress hydrique	16
I.3.2.1.La sensibilité des plantes au déficit hydrique	16
I.3.2.2.L'effet du déficit hydrique sur le cycle de développement des céréales	17
I.3.3.L'apport de l'irrigation d'appoint	18

TABLE DES MATIÈRES

I.3.3.1. Définition de l'irrigation d'appoint	18
I.3.3.2. Les périodes d'irrigation	19
I.3.3.3. L'intérêt de l'irrigation d'appoint	19
I.3.4. Le bilan hydrique	19
I.3.4.1. Le principe du bilan hydrique	20
I.3.4.2. Les avantages du bilan hydrique	20
I.3.5. Méthode et matériel d'irrigation	20
I.3.5.1. L'irrigation par aspersion	20
I.3.5.2. Type de matériels d'irrigation adapté aux céréales	21
Chapitre II : Matériel et méthode	22
II.1. Localisation géographique de la zone d'étude	22
II.2. Conditions climatiques	22
II.3. Matériel végétal	22
II.4. Échantillonnage	22
II.5. La culture	23
II.6. Paramètres mesurés	25
II.6.1. Paramètres phénologiques	26
II.6.2. Paramètres morphologiques	26
II.6.2.1. Le nombre de plantes par m ²	26
II.6.2.2. Hauteur des plantes	26
II.6.2.3. La longueur de l'épi	26
II.6.3. Paramètres agronomiques	27
II.6.3.1. Nombre de grains par épi	27
II.6.3.2. Le poids de grain par épi	27
II.6.3.3. Poids de mille graines	27
II.6.4. Analyse biochimique	28
Chapitre III : Résultats et discussions	30

TABLE DES MATIÈRES

III.1.Precipitations	30
III.2.Analyse statistique des résultats	30
III.2.1.Au stade « floraison ».....	30
III.2.1.1.Nombre de plants par m ²	30
III.2.2.Mesures au « stade floraison-grain laiteux » avant l'apport de l'irrigation d'appoint .	31
III.2.2.1.Longueur du plant	31
III.2.2.2 Longueur de l'épi	31
III.2.2.3 Nombre de grains par épi (NG/E)	32
III.2.3.Mesures au « stade maturation des grains » après l'apport de L'irrigation d'appoint .	33
III.2.3.1.La longueur du plant (LP)	33
III.2.3.2.La longueur de l'épi (LE).....	34
III.2.3.3. Le nombre de grains par épi	35
III.2.4.Mesures au « stade maturité des grains »	36
III.2.4.1.Poids de grains par épi (PGr/E).....	36
III.2.4.2.Poids de mille grains (PMG).....	37
III.2.4.3.Taux d'humidité	38
III.3.Comparaison des rendements de deux campagnes 2019/2020 et 2020/2021 au niveau de la région d'El-Kseur	39
Conclusion	43
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Evolution de la superficie emblavée, de la production des céréales au niveau de la wilaya de Bejaia durant la période 2010-2020.....	4
Tableau II : Classification botanique de blé dur (triticumdurum)	6
Tableau III : composition chimique du grain de blé.....	7
Tableau IV : Teneur moyenne en eau dans la plante	15
Tableau V : Effet de déficit hydrique sur les différents stades de développement de La plante	18
Tableau VI : Utilisation de deux types de matériel d'irrigation d'appoint existant en Algérie	21
Tableau VII : Répartition de la pluviométrie (2020/2021).....	22
Tableau VIII : Calendrier phénologique de la culture de blé dur observé expérimentalement	26
Tableau IX : La fréquence et dose d'irrigation compagne 2014/2015	41
Tableau X : Superficie céréalières irriguées durant la compagne 2014/2015au niveau de la wilaya de Bejaïa	41

LISTE DES FIGURES

Figure N°1 : Origine génétique de blé dur (<i>triticum durum</i>)	5
Figure N°2 :Structure du grain de blé	7
Figure N°3 :Les différents stades de développement de blé	11
Figure N°4 : Photographie originale d'une parcelle élémentaire échantillonnée (2021)	23
Figure N°5 : Photographies originales des différentes maladies observées sur les parcelles objet d'étude (2021)	24
Figure N°6 : Photographies originales de la moisson battage de la culture de blé suivie (Compagne 2020/2021).....	25
Figure N°7 : photographies originales des appareils utilisés pour peser le poids de mille grains (2021)	27
Figure N°8 : Photographie originale de l'appareillage utilisé pour la mesure du taux d'humidité des grains (2021).....	28
Figure N°9 : Représentation de nombre de plante par m ² au stade floraison	30
Figure N°10 : Représentation graphique de la longueur du plant des deux parcelles au stade floraison et au stade grain laiteux.....	31
Figure N°11 : Représentation graphique de la longueur de l'épi au stade floraison et grain laiteux	31
Figure N°12 : Histogramme représentant le nombre de grain par épi	32
Figure N°13 : Histogramme représentatif de la longueur de plante en cm	33
Figure N°14 : Représentation graphique de l'effet de régime d'irrigation sur la longueur de l'épi en cm.....	34
Figure N°15 : Photographie originale comparant la longueur de l'épi d'une plante saine (A) et d'une autre atteinte (B) d'une fusariose observée durant la compagne suivie (2021)	35
Figure N°16 : Effet de l'apport d'irrigation sur le nombre de grain par épi	35
Figure N° 17 : Effet du régime d'irrigation sur le poids de grains par épi.....	36
Figure N°18 : Effet du régime d'irrigation sur le poids de mille grains (g).....	37
Figure N°19 : Histogramme de taux d'humidité des grains de blé au stade maturité	38
Figure N°20 : Comparaison des deux campagnes 2019/2020 et 2020/2021 au niveau de la région d'EL-Kseur.....	39
Figure N°21 : Photographie originale comparant le nombre de grains par épi d'un plant atteint de fusariose (A) et d'un autre plant sain (B) (2021)	42

LISTE DES ABREVIATIONS

Kg/ha/an : kilogramme/habitat/ans

DSA : direction des services agricoles

Qx : Quintaux

Ha : hectare

Qx/ha : Quintaux par hectare

ETR : évapotranspiration réelle

P/m² : plante par mètre carré

P1 : parcelle pluvial

P2 : parcelle conduite a irrigué

M² : mètre carrée

LE : longueur de l'épi

HP : hauteur de plante

NG/E : nombre de grain par épi

PMG : poids de mille grains

PGr/E : poids de grains par épi

Cm : centimètre

mm : millimètre

BDP : blé dur pluvial

BDI : blé dur irrigué

Kg/ha :kilogramme par hectare

INTRODUCTION

Les céréales jouent un grand rôle dans l'agriculture, cultivées principalement pour leurs graines. Elles sont considérées comme une principale source de l'alimentation humaine et animale. Le blé est parmi les principales céréales la plus représentées devant l'orge et d'autres céréales, se transforme en pâtes alimentaires, semoule, couscous (**Belaid, 1996**).

En Algérie ; les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. La population algérienne se base dans leur alimentation sur ces céréales, le blé dur est la matière première la plus consommée mais sa production reste toujours inférieure à la demande de la population algérienne qui est en croissance démographique permanente, ce qui nous pousse à importer pour couvrir ces besoins. L'Algérie est devenue une grande importatrice de blé, importé de France avec des grandes quantités en moyenne 5 millions de tonnes de blé de ce pays. Les importations constituent une hémorragie de devises. Cela réduit l'investissement productif et peut constituer une menace pour notre économie (**Belaid , 1996**).

Les conditions climatiques par leur caractère très aléatoire conditionnent énormément la production annuelle en céréales. À cause des changements climatiques enregistrés ces dernières années en Algérie ; le régime pluviométrique devenu insuffisant et à mauvaise répartition dans le temps et dans l'espace par conséquent les cultures de blé sont soumises à des déficits de consommation en eau, ce qui ne permet pas l'obtention des rendements compétitifs et suffisants. Donc la culture de blé reste toujours menacée par l'irrégularité des pluies (**Merebet et Bouthiba , 2005**).

Face au changement climatique, et pour augmenter et obtenir des rendements stables dans le temps, comparable aux besoins de la population algérienne et pour notre satisfactions locale pour assurer la sécurité alimentaire, il faut combler le déficit hydrique. Pour pallier ce phénomène, l'irrigation d'appoint du blé s'impose dans notre pays.

Il faut pas dire qu'il n'ya pas de recette magique pour garantir la sécurité alimentaire mais l'irrigation peut s'avérer le moyen rapide d'accroître la production. De là il est nécessaire de lancer les recherches et les expérimentations dans le domaine de l'irrigation d'appoint pour aboutir à de nouvelles techniques et les transmettre aux agricultures pour qu'ils les adoptent (**Zella, 2012**).

INTRODUCTION

Dans la wilaya de Bejaia, les superficies réservées à la céréaliculture sont limitées. Pour augmenter les rendements céréaliers, il est impératif d'intervenir par la pratique des irrigations d'appoint, qui améliorent nettement les rendements. C'est ce que nous avons couvert au cours de notre étude où on a appliqué l'irrigation d'appoint sur la culture du blé dur.

Le but de cette étude est d'évaluer les potentialités de production du blé dur conduit en irrigation d'appoint, comparativement au régime pluvial ainsi qu'aux effets bénéfiques d'un appoint d'eau apporté à différentes phases de production du blé dur.

I.1: Généralités sur le blé dur

I.1.1 Importance économique de la céréaliculture

I.1.1.1 Dans le monde

Les cultures céréalières sont largement présentes sur l'ensemble du globe. Les céréales occupent encore une place très importante dans l'alimentation de certaines populations ; notamment des pays en voie de développement (**Codaccioni, et al., 1989**). Les céréales s'inscrivent parmi les principaux produits consommés directement ou transformés par les animaux d'élevage sous forme de viande, le lait, œufs (**Gendron et ST Pierre ; 1982**).

Les plus grands producteurs de blé au monde sont la Chine, l'Inde ; fédération de Russie, Amérique du nord (USA et Canada) et la France (**Gendron et ST Pierre ; 1982**).

I.1.1.2. 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 (**Djremoun, 2009**). Les superficies réservées aux céréales sont de l'ordre de 6 millions d'hectares. Chaque année 3 à 3.5 millions d'hectare sont emblavées. Le reste étant laissée en jachère, c'est-à-dire non cultivée (**Belaid ; 1996**).

La consommation des produits céréalières se situent à un niveau d'environ 205 kg/habitat/an ; les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien. Et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80 % de l'apport protéique de la ration alimentaire, c'est ainsi au cours de la période 2001-2003, un apport équivalent à 1505,5 K cal/personne/jours 45,533 gr de protéines/personne/j et 5.43 g de lipide/personne/jours (**Djremoun, 2009**).

I.1.1.3. A Bejaia

La wilaya de Bejaia est située au nord-est de l'Algérie dans la région de Kabylie, s'étend sur une superficie de 3268 km², la plupart de sa superficie sont des reliefs montagneux, bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux. Au nord de la wilaya se trouve le massif de Bouhatem et le massif du Djurdjura, au centre se trouve la vallée de la Soummam et au sud le massif de Bouselam et les Babors, elle est aussi traversée par plusieurs oueds (rivières) du fait d'une forte pluviométrie

La contribution de la wilaya de Bejaia dans la production des céréales durant les années 2010-2020 est représentée dans le tableau suivant :

Tableau I : évolution de la superficie emblavée, de la production des céréales au niveau de la wilaya de Bejaia durant la période 2010-2020 source (DSA).

Campagnes	Blé dur		Blé tendre		Orge		Avoine	
	Superficie Emblavée (ha)	Production (QX)	Superficie Emblavée (ha)	Production (QX)	Superficie Emblavée (ha)	Production (QX)	Superficie Emblavée (ha)	Production (QX)
2010/2011	4394	79106	100	1577	1825	34834	5	60
2011/2012	4593	82457	100	1577	1825	34834	5	60
2012/2013	4612	82457	34	710	1843	27777	20	200
2013/2014	4560	77009	61	1322	1799	15373	33	148
2014/2015	4844	71090	23	464	1583	28494	18	324
2015/2016	4850,25	92006,50	71,5	1849	1580,5	25545	29	400
2016/2017	5302,5	80719,74	17	600	1118	13884	6	683
2017/2018	5482,5	130867,50	48	569,50	1080	22400	97	770
2018/2019	5652	127069,20	97	2675,00	965,5	21512	139	2245
2019/2020	554,5	115800	245	5450,00	710	12682	91	1070,5

A travers le tableau, ci-dessus on peut dire que la productivité du blé dur est d'une grande importance à Bejaïa, ou sa productivité en 2018 s'élevait à 130867.50 Qx/ha par rapport aux autres céréales (blé tendre, orge, avoine).

I.1.2. Historique et origine de blé dur

I.1.2.1. Historique

Le blé est l'une des premières espèces cueillés et cultivées par l'homme, depuis plus de 7000 à 10000 ans (Croston et William, 1981). Sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique. La plus ancienne culture semble être le blé dur dans le croissant fertile de la Mésopotamie (Feillet; 2000).

I.1.2.2. Origine

Le centre d'origine géographique du blé dur semble être l'ouest de l'Iran, l'est de l'Irak, la Syrie, la Palestine et l'est du Turquie. Après les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe. Le blé dur est une espèce qui appartient au groupe des tétraploïdes, du genre *triticum* qui comprend de nombreuses espèces.

I.1.4. Classification botanique du blé dur

Le blé dur appartient à la classification illustré dans le tableau II.

Tableau II : classification botanique de blé dur (*triticum durum*) source
(Brouillet et *al* . 2006).

Règne	Plantae
Sous –Règne	Tracheobionta
Embranchement	Spermaphytes
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Sous -classe	Commelinidae
Ordre	Cyperales
Famille	Poaceae
Genre	Triticum L
Espèce	Triticum durum desf

I.1.5. Description morphologique de la plante

I.1.5.1. La graine

❖ La structure

Le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse ; de forme ovale, a une couleur variant du roux au blanc selon les conditions climatique. Le grain de blé présente sur sa face dorsale un germe à l'extrémité inférieure ; et la brosse ; et leur nombre par épi dépend du nombre d'épillets. Un grain de blé est formé de trois régions :

- Les enveloppes (13 %-17%) qui sont de l'extérieur vers l'intérieur, la cuticule, le péricarpe de fruit, le tégument (**Gendron et St-pierre, 1982**).
- L'Albumen (appelé endosperme) : constitué de l'albumen amylicé (au sein du quel subis d'une matrice protéique et dont les parois cellulosiques sont peu visibles) et entourée d'une couche à aleurone (80%-85% du grain).
- Le germe : (3%) composé d'un embryon (lui-même forme de la coléoptile ; de la gemmule ; de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum (**Feillet ,2000**).

L'anatomie du grain de blé est représentée dans la figure suivante

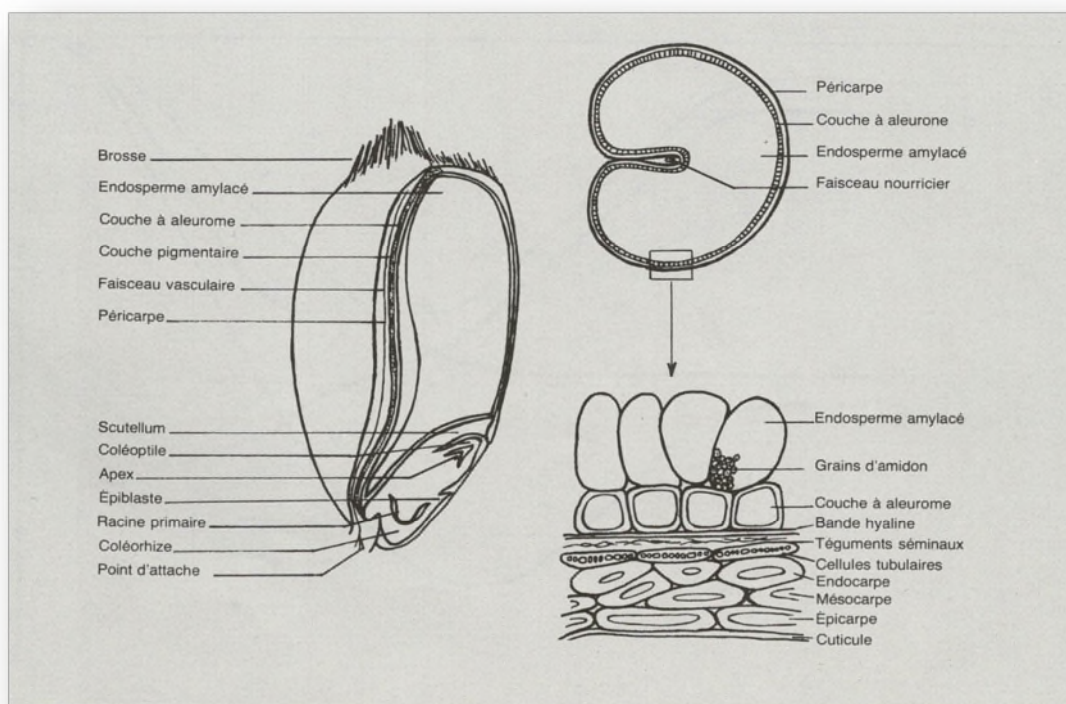


Figure 02 : Structure du grain de blé (Gendron et St-pierre, 1982).

❖ Composition chimique

Le tableau suivant représente la composition chimique du grain de blé :

Tableau III : composition chimique du grain de blé (Feillet, 2000).

Composant	Teneur (% ms)
Protéines	10-15
Amidon	67-71
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucres libres	2-3
Lipides	2-3
Matières minérales	1,5-2,5

D'après le tableau, le grain de blé est composé principalement d'amidon avec un pourcentage de 67 à 71%. Il comprend également 10 à 15% de protéines et 8-10 pentosanes, des lipides (2 à 3%), de la cellulose (2 à 4), des sucres libres (2 à 3%) et des minéraux (1.5-2.5%).

I.1.5.2. Appareil végétatif

A) La partie aérienne

❖ La tige

Sur la partie aérienne des céréales, on distingue une tige principale qui s'appelle le maître brin et des tiges secondaires appelées talles qui naissent à la base de la plante.

La tige du plant de blé est creuse, formée d'entre-nœuds séparées par des nœuds, chacun est le point d'attache d'une feuille. La hauteur de la tige varie de 90 cm à 150 cm, selon les espèces et les conditions de culture (**Cléments-grandcorte et prats, 1970 ; Belaid, 1996**).

❖ La feuille

Les feuilles sont à nervures parallèles, formée de deux parties : la partie inférieure entourant la jeune pousse (la gaine) et la partie supérieure en forme de lame (**Moule, 1971**).

❖ La gaine

Attachée au niveau des nœuds, sont emboîtées les unes dans les autres et forment un tube cylindrique entourant la tige qui se déboîte au fur et à mesure de la croissance des entre-nœuds. A la jonction du limbe et la gaine, on rencontre une petite membrane non vasculaire, plus ou moins longue et dentelée, la ligule de chaque côté de celle-ci ; à la base du limbe se trouvent deux stipules appelées oreillettes (**Annabi, 2012**).

B) La partie racinaire

❖ La racine

Les racines du blé sont de type fascicule peu développées.

-Le système racinaire séminal (primaire) : fonctionne de la germination au tallage et se forme à partir de la coléorhize.

-Le système racinaire coronaire (secondaire) ; apparaît au stade tallage (**Gendron et ST Pierre, 1982**).

I.1.5.3. Appareil reproducteur

Les fleurs sont regroupées en inflorescence correspondant à l'épi. L'unité de base de l'épi est l'épillet, chaque épillet est une grappe de une à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelle (inférieure et supérieure). La fleur est hermaphrodite comprend un ovaire possédant un seul ovule, un stigmate plumeux bifide et trois étamines (**Annabi, 2012**).

I.1.6. Le cycle de développement de blé

Le développement représente l'ensemble des modifications phénologiques qui apparaissent au cours du cycle de la culture. Les dates de déclenchement des stades de développement dépendent essentiellement des températures et des photopériodes accumulées par la culture depuis sa germination (**Guittoum, 2017**).

Le cycle évolutif du blé s'élabore en trois phases : phase végétative, reproductrice, et phase de maturation, ces phases sont marquées par des stades repères qui sont:

I.1.6.1. La période végétative

Elle débute par le passage du grain de l'état de vie ralentie à l'état de vie active. Elle se divise en plusieurs phases :

I.1.6.1.1. Phases de semis-levée

Cette phase englobe trois étapes successives de nature différente

- **La germination**

Celle-ci nécessite certains facteurs de milieu tel que la présence de l'eau (le grain absorbe une quantité d'eau suffisante pour que la germination se produise), l'humidité et la température. Au cours de cette étape, il y a gonflement du grain par absorption d'eau puis à la base de grain (le germe) il se dégage la première feuille, l'émergence de la radicule, et des racines séminales et celle de la coléoptile, et une tige portant les premières feuilles (**Clément-Grandcourt et Prats, 1970**).

- **Élongation de la coléoptile**

Emergence de la première feuille à la surface de sol après avoir percé la coléoptile (**Belaid, 1996**).

- **La croissance de la première feuille**

La coléoptile s'arrête de croître et se dessèche (**Annabi, 2012**).

I.1.6.1.2. Phase levée début de tallage

Au cours de cette étape, il a ramification de la tige, apparition de nouvelles racines et de nouvelles feuilles puis la montée des tiges (**Guittom, 2017**).

La première feuille s'allonge ; puis la deuxième, jusqu'à la quatrième (début tallage) toutes en position alternée, celles-ci imbrique les unes dans les autres, partent toutes d'une zone située au proche de la surface du sol appelée plateau de tallage (**Annabi, 2012**).

Cette phase se caractérise par l'émission des talles à l'aisselle des premières feuilles de blé, des bourgeons axillaire entre alors en activité pour donner de nouvelles pousses : les talles. Dans cette phase, la plante se base dans leur alimentation sur les ressources de la graine et l'azote du sol (**Guittom, 2017**).

I.1.6.2. La période reproductrice

I.1.6.2.1. Stade de montaison

La montaison se manifeste à partir du stade épi à 1cm par l'élongation du premier entre nœud, il se produit un développement de la plante par l'arrêt du tallage et la formation des ébauches d'épillets dans le tiers inférieur du futur épi (**Bourahla et Torki, 2011**).

I.1.6.2.2. Stade épiaison

Le stade recouvre la période des épis, depuis l'apparition des premières épis jusqu'à la sortie complète de tous les épis hors de la gaine de dernière feuille (**Bourahla et Torki, 2011**).

I.1.6.2.3. Stade de floraison

Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison. A ce stade, la croissance des tiges est terminée, la fécondation a déjà eu lieu et le nombre de grains maximum est donc fixé. On remarque au cours de ce stade deux étamines ; la première est le début de floraison (quelques étamines sorties), et la deuxième est la fin du floraison (toutes les étamines sont sorties) (**Bourahla et Torki, 2011**).

I.1.6.3. La période de maturation

Pendant cette période, il n'y a plus de croissance des feuilles et des tiges.

I.1.6.3.1 Stade de formation et remplissage du grain

Cette période comprend deux stades :

- **Grain laiteux**

Il commence de la fécondation, stade identifié par la floraison jusqu'à la phase grain laiteux. Les enveloppes de grain (les téguments) sont formées, la taille potentielle du grain est déterminée. Le grain est vert et la teneur en eau est de 66%.

- **Grain pâteux**

De la phase grain laiteux à grain pâteux, il y a une expansion et un remplissage des cellules, des enveloppes par des sucres sous forme d'amidon. Le stade pâteux correspond à la fin de la migration des réserves. Il est de couleur jaune-vert (**Gate et Giban, 2003**).

I.1.6.3.2. Stade de maturation physiologique

Ce stade marque la fin de la période de remplissage des graines. Le grain atteint sa teneur maximale en matière sèche. Le poids des grains durait et sa coloration passe du vert au jaune (**Annabi, 2012**).

La figure suivante représente les différents stades de développement de blé dur (de stade semis-levée jusqu'à la formation et maturation des graines).

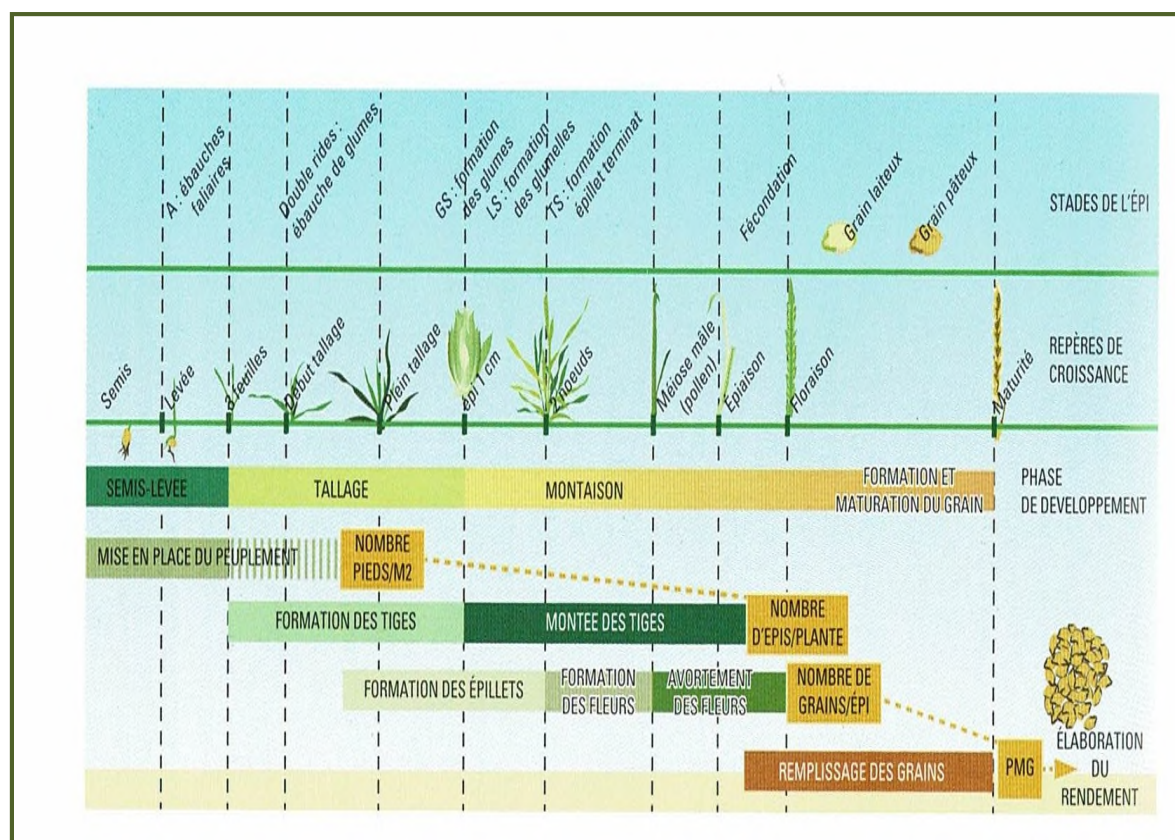


Figure 03 : les différents stades de développement de blé (**Stum, 2017**).

I.2. Exigences et pratiques culturelles du blé dur

I.2.1. Exigences de blé dur

I.2.1.1. Exigences climatiques

o La température

La température est l'un des facteurs importants pour la croissance et l'activité végétative. Le zéro de végétation et de germination est de 0°C. Cependant, l'optimum se situe entre 20 et 22°C entre ces deux extrêmes, une température élevée sera favorable au développement et à la croissance (**Codaccioni et al., 1989**).

o L'eau

Une céréale a besoin d'une quantité importante d'eau pour assurer un rendement intéressant. Durant la phase de la germination, le grain absorbe environ 25 % de son propre poids en eau (**Bernard, 1993**). Jusqu'à la fin du tallage les besoins en eau sont relativement faibles. Par contre, au cours de la phase de montaison et jusqu'à la floraison, les besoins en eau de la culture peuvent s'évaluer à 180 mm entre mars et mai (**Moule, 1971**).

Aussi la demande en eau augmente durant la période d'enrichissement du grain en matière sèche correspondante à la maturation. Un déficit en eau lié à des fortes températures est responsable de l'échaudage des graines (**Codaccioni et al., 1989**).

o La 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'éclairement (**Soltner, 1988**).

I.2.1.2. Exigences édaphiques (sol)

Les caractéristiques physiques et chimiques de sol jouent un rôle important dans la nutrition de la plante. Les sols à texture argileux-calcaires, argileux-limoneux, argileux-sableux sont des textures équilibrées assurent une structure convenable qui influe sur l'aération du sol, l'activité microbiologique, la pénétration des racines, la résistance à l'érosion, elle joue aussi un rôle important dans la fertilité de sol qui assure une bonne nutrition de blé nécessaire en bon rendements (**Audoys et al, 2007**).

I.2.2. Pratiques culturales

I.2.2.1. Travail du sol

Pour obtenir une bonne récolte de blé il faut bien de préparer le sol (**Belaid, 1996**).

○ Déchaumage

C'est un travail très superficiel destiné à enfouir les chaumes laissés après la récolte, il permet de lutter contre le chiendent et d'autres plantes vivaces à rhizomes. Le déchaumage se réalise soit dans les 48 h après la récolte des céréales ou juste avant le labour (**Codaccioni et al., 1989**).

○ Le labour

Le labour consiste à découper et à retourner une bande de terre à l'aide d'une charrue (**Belaid, 1996**). Il s'effectue lorsque le sol est encore humide entre 12 et 25 cm ; des labours trop profonds de 40 à 50cm sont préconisés (**Codaccioni et al., 1989**).

I.2.2.2. Choix de variété

Pour un bon rendement il faut mieux choisir une variété qui s'adapte aux conditions climatiques et au sol de la microrégion. Pour cela il faut tenir compte de plusieurs critères :

- La productivité (exprime la capacité maximum de rendements d'une variété).
- la précocité (la capacité d'une variété d'accomplir son cycle de développement plus ou moins rapidement)
- la résistance aux maladies (variété tardive ou précoce, hiver ou printemps).
- Les risques phytosanitaires (froid, sécheresse, averse) (**Codaccioni et al., 1989**).

I.2.2.3. Le semis

➤ Préparation du lit de semence

La couche superficielle (labour secondaire). l'objectif est d'obtenir un lit de semences peu motteux sans trop de terre fine, qui assure un bon contact entre les grains et le sol qui favorise leur germination. Le lit de semence se réalise à l'aide de herses, cover-crop, de rouleaux ; et de semoir en ligne (**Belaid, 1996**).

➤ La date de semis :

La date de semis varie en fonction du précédent cultural, de la superficie, des espèces et variété cultivées. Les semis effectués entre 15 octobre au 15 décembre, semis avant l'hiver ce qui permettent d'obtenir à la longue phase d'initiation florale, d'où la formation d'épi long à nombreux épillets (**Codaccioni et al., 1989**).

I.2.2.4.La fertilisation

La fertilisation est un facteur améliorant la croissance de la plante et l'augmentation des rendements (**Belaid, 1996**). Il enrichit le sol des éléments nécessaires au développement des plantes tels que : l'azote ; phosphore ; potasse ; soufre et les oligo-éléments magnésium ; calcium (**Le stum, 2017**).

I.2.2.5.Désherbage

Les mauvaises herbes ou adventices envahissent la culture et diminuent leurs rendements (**Belaid , 1996**).

Pour avoir une parcelle propre des adventices (la folle l'avoine, le ray Grass et le Phalaris), on suit une lutte culturale (travail du sol qui détruit les mauvaises herbes) ou bien chimique à l'aide des traitements chimiques par utilisation d'herbicides (**Gendron et ST pierre, 1982**).

I.2.2.6.Récolte ou moisson

Les graines de blé atteignent leur maturation qui correspond : à l'accumulation de l'amidon dans les grains, et la perte de leur humidité, donc devient mur et prête pour la récolte (**Belaid, 1996**) la récolte consiste à amasser les grains et à les déposer dans un entrepôt convenable (**Gendron et ST pierre, 1982**). La récolte nécessite la moissonneuse-batteuse (**Codaccioni et al, 1989**).

I.2.3.Les maladies et les ravageurs des céréales :

Le blé est menacé par de nombreuses maladies occasionnées par des virus, qui influent sur la stabilité du rendement et sur la qualité des grains récoltés, elles peuvent toucher les différentes parties de la plante à savoir les feuille, la tige et les racines (**Belaid ; 1996**).

Les différentes maladies et ravageurs qui attaquent le blé dur et leurs dégâts sont insérées dans les tableaux (voir annexes I et II).

I.3. Irrigation d'appoint

Les céréales occupent les grands terroirs des hauts plateaux Algériens (Zella et al, 2015), leur production reste limitée par le facteur de climat, les caractéristiques du sol, le matériel végétal.

Durant le cycle végétatif des céréales ; toutes les cultures pluviales sont soumises à des déficits de consommation en eau et provoquant parfois de stress hydrique ce qui ne permettant pas l'obtention des rendements compétitifs (Bourahla et Mouhouche, 2007).

I.3.1. Besoins en eau des céréales

L'eau est une ressource fondamentale de notre agriculture et le constituant le plus important de la cellule végétale :

I.3.1.1. L'importance et le rôle de l'eau dans le végétale :

L'eau est le principal constituant des tissus des végétaux dont elle forme de 75 à 95% du poids pendant la croissance, l'importance de l'eau est manifeste dans la comparaison de la production des années successives. Elle est indispensable au fonctionnement normal de l'absorption racinaire, les éléments que la plante puise dans le sol doivent s'y trouver sous forme de solution étendue pour pouvoir pénétrer par osmose dans les racines et être transportés par la sève brute dans les parties aériennes (Aoudoye et al, 2007).

L'eau entre dans la constitution des matières organiques (par exemple dans la photosynthèse). Elle joue aussi un rôle dans la régulation de la température. En effet sous le climat tempéré, 1 kg d'eau produit 3 g de matières sèches qui si elles contiennent 50% de carbone, gardent également 1,5 g d'eau qui reste fixé et la différence traverse la plante s'évapore (Aoudoye et al., 2007).

Le tableau IV montre le pourcentage des teneurs moyennes en eau dans différents organes de la plante.

Tableau IV : Teneurs moyennes en eau dans la plante (Aoudoye et al, 2007).

Organes	Teneur en eau %
Feuilles	75-95
Tiges	75-95
Racines	80-95
Graines	5-10

I.3.1.2. Les besoins en eau de blé dur :

La culture du blé recommande des quantités importantes en eau pour son développement et pour sa croissance pour assurer un rendement optimale. La répartition des besoins en eau reste fonction du stade végétatif, des variétés cultivées et des caractéristiques liées au sol et au climat. En effet la période du stade de la montaison à celle du remplissage du grain est la plus exigeante en eau (Audoye et al., 2007).

Doorenbos et Pruitt (1996), définissaient la demande en eau des cultures par la hauteur d'eau exprimée en mm nécessaire pour couvrir les quantités d'eau perdues sous forme d'évapotranspiration directe du sol et par transpiration à travers la plante, ce qui représente l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, cultivée dans des conditions non limitant en eau et en élément nutritifs (Codaccioni et al., 1989).

Le blé consomme en moyenne 500 litres d'eau pour kilogramme de matière sèche élaborée. Sa culture est très aléatoire pour des pluviométries annuelles inférieures à 450 mm (Codaccioni et al., 1989).

I.3.2. Le stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde. Il influe directement sur la croissance de la plante mais indirectement en limitant l'absorption de l'azote. C'est une situation dans laquelle la demande en eau dépasse les ressources disponibles. Le changement climatique est l'une des causes du stress hydrique (Audoye et al., 2007).

I.3.2.1. Sensibilité des plantes au déficit hydrique

Beaucoup d'espèces cultivées possèdent une sensibilité particulière au déficit en eau, pendant leur cycle végétatif. Il est primordial de satisfaire les besoins hydriques de la plante pendant cette phase, besoins directement liés au potentiel final du rendement. On distingue :

- Des périodes sensibles au cours desquelles les phénomènes végétatifs sont affectés (photosynthèse, taille, etc.).
- Des périodes critiques, généralement lors de la phase de reproduction (floraison, fructification). Car en exemple le blé est très sensible entre le stade de 4 nœuds et le stade grain laiteux (Audoye et al., 2007).

I.3.2.2. Effet du déficit hydrique sur le cycle de développement des céréales

Chez le blé dur, le manque d'eau est une des causes principales des pertes de rendement, le stress hydrique peut intervenir à n'importe quel stade du cycle de la culture

○ **Durant la période végétative** : de la germination jusqu' au tallage

Les effets du déficit hydrique au cours de cette phase sont :

-Arrêt précoce de l'émission des talles

-La réduction du nombre de tiges, qui est défavorable dans le cas des espèces ou de variétés ayant un faible tallage, car elle diminue le nombre potentiel d'épis.

- Affectation de la croissance des racines adventives due à une réduction de la croissance des talles, ce qui a pour conséquences l'augmentation de la sensibilité du blé au manque d'eau en phase de remplissage (**Belhabib et Ouabdelkader, 2000**).

○ **Durant la période de reproduction**

Pendant cette période on remarque :

- La diminution de nombre de grain par m² est due à la chute de nombre d'épi par m² ou due à une baisse de nombre de grain par épi
- Le manque d'eau limite le poids de mille grains (PMG) durant la phase de remplissage (**Belhabib et Ouabdelkader, 2000**).

○ **Durant la période de maturation** :

Cette période correspond au l'accumulation de l'amidon dans les grains. Le grain va recevoir l'amidon provenant de la photosynthèse et de la migration des réserves accumulées dans les tiges et les feuilles, donc durant cette phase la plante est très sensible au stress hydrique car il diminue le poids et la grosseur du grain et le poids de mille grains qui est due à une modification de la vitesse et de la durée de remplissage du grain (**Belhabib et Ouabdelkader, 2000**).

Le tableau V illustre l'impact de stress hydrique sur les le cycle de blé dur et leur conséquence sur le rendement.

Tableau V : Effet de déficit hydrique sur les différents stades de développement de la plante
(Belhabib et Ouabdelkader, 2000).

Stade de développement	Effet du stress hydrique	Conséquence sur le rendement
Germination	Germination réduite et retardée	Réduction de nombre de plantes/m ²
Plantule	Mortalité excessive des talles	Réduction des talles herbacées épi/m ²
Tallage-début montaison	Mort des ébauches florales. Réduction de la longueur de la tige	Réduction du nombre de grain par épis
Anthèse-maturité	Accélération de la sénescence du plant	Réduction de la grosseur du grain et par conséquent du poids de mille grains

I.3.3. L'apport de l'irrigation d'appoint

L'Algérie se caractérise par une insuffisance et une mauvaise répartition interannuelle et saisonnière de précipitations se traduisant souvent par un déficit hydrique qui traduisent par obtention de faible niveau de rendement des céréales.

Devant cette situation et afin de palier à un éventuel déficit hydrique contraignent un recours à l'irrigation d'appoint est nécessaire pour améliorer la production céréalière soit au niveau de chaque wilaya ou nationale (Assabah , 1997).

I.3.3.1. Définition de l'irrigation d'appoint

L'irrigation d'appoint consiste à apporter un complément d'eau nécessaire au développement de la culture durant un ou plusieurs stades phénologiques. L'eau est apportée en quantité suffisante pour pallier aux déficits pluviométriques temporaires (Assabah, 1997). Elle participe pleinement à la mise à disposition rapide de l'azote de l'engrais quand les printemps sont secs et peut aider à régulariser la minéralisation du sol (Mangin, 2013).

I.3.3.2. Les périodes d'irrigation

La période la plus sensible à la sécheresse (au déficit hydrique) de blé dur se situe entre le stade fin montaison et le stade grain laiteux, tout déficit observé durant cette période doit être compensé par une irrigation (**Assabah, 1997**). Le blé dur consomme entre 400 et 450 mm pour une production de 100 q/ Ha de grain (**Alain et Jean, 2012**).

Le nombre et le moment de d'irrigation ont un effet très significatif sur l'élaboration du rendement. Au début de cycle, les besoins en eau faibles généralement satisfaites par la pluie. S'il y a un déficit hydrique, il faut apporter une légère irrigation ce qui permet une levée précoce et une couverture rapide du sol, diminuant ainsi l'évaporation du sol et augmentant l'efficacité d'utilisation de l'eau (**Bouthiba, 2007**).

Du stade épi 1cm à la maturité du grain, le blé dur consomme entre 400 à 450 mm d'eau pour une production de 100 q/ha de grains. La consommation de blé d'eau à floraison et aussi très importants, estimé environ 35% (**Alain et Jean, 2012**).

I.3.3.3. Intérêts de l'irrigation d'appoint :

- L'irrigation d'appoint permet l'apport d'une quantité limitée d'eau aux cultures quand les précipitations ne fournissent pas suffisamment d'eau par la croissance des plantes afin d'augmenter et de stabiliser les rendements des céréales.
- Simulé des précipitations par des apports d'eau se forme d'irrigation d'appoint afin de ramener le sol à sa capacité de rétention durant les phases de développement de blé (germination, montaison ; épiaison, floraison, et grossissement du grain)
- Amélioration de la qualité de la production.
- Conservation de l'eau et réduction du coût de la culture (**Bourahla et Mouhouche, 2007**).

I.3.4. Le bilan hydrique

Les besoins en eau d'irrigation représentent les volumes des applications d'eau nécessaires pour compenser les déficits éventuels en eau du sol (pluie) pendant le cycle végétatif d'une culture. Ces besoins sont estimés en réalisant le bilan hydrique de la parcelle cultivée (**Rieul et Ruelle, 2003**).

I.3.4.1. Le principe du bilan hydrique

Le bilan hydrique permet de déterminer l'état des réserves en eau du sol. Il est alors possible d'estimer l'évapotranspiration (ETR) réelle de la culture et son évolution afin de comparer l'état de la satisfaction des besoins en eau de la culture aux objectifs fixés, selon les stades végétatifs (**Rieul et Ruelle, 2003**).

I.3.4.2. Les Avantages du bilan hydrique

- constitue un outil efficace pour juger de l'équilibre entre moyens et objectifs de production : choix d'assolement avant la campagne d'irrigation
- permet d'élaborer une gestion prévisionnelle de la sole irriguée, décisions d'ordre stratégique : choix de mode de conduites plus ou moins restrictifs.
- Elaboration de calendriers d'irrigation des différentes productions avec analyse des différents régimes hydriques.
- Lors de l'utilisation en temps réel pour le pilotage de l'irrigation décisions tactiques, il constitue un premier « garde-feu » contre l'usage abusif éventuel de l'eau (**Rieul et Ruelle, 2003**).

I.3.5. Méthode et matériel d'irrigation

Les stratégies d'irrigants pour les céréales paille sont diverses. Elles dépendent de l'espèce irriguée : blé tendre, blé dur ou orge de printemps, et peuvent varier d'une région à une autre.

L'irrigation par aspersion est la méthode utilisée pour l'irrigation de blé dur :

I.3.5.1. L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est un mode d'apport d'eau aux cultures en plein champ. L'eau sous pression est amenée à la parcelle moyennant des conduits, en charge. Cette eau est ensuite pulvérisée, aspergée sur le couvert par des appareils arroseurs dits asperseurs.



Cette méthode consiste à combler les déficits pluviométriques par cet apport artificiel similaire. Elle permet d'améliorer le rendement hydrique en réduisant les pertes d'eau (**Zella, 2013**). Et aussi à l'adaptation au terrain en relief accidenté, évité tout ruissellement et

dégradation des sols, permet de lutter très efficacement contre le gel, permet une économie d'eau, adaptée au sol léger très perméable, assure, assure une répétition homogène de l'eau d'irrigation, assure une meilleure oxygénation de l'eau d'irrigation. Cette technique est le mieux indiquée pour les céréales (Assabah, 1997).

I.3.5.2. Type de Matériels d'irrigation adapté aux céréales

Le tableau VI suivant représente le matériel utilise pour l'irrigation d'appoint :

Tableau VI: utilisation de deux types de matériel d'irrigation d'appoint existant en Algérie (Assabah A, 1997).

Système d'irrigation	Caractéristiques
 <p data-bbox="188 1122 341 1155">Enrouleur</p>	<p data-bbox="639 813 906 846">investissement lourd</p> <ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="639 869 983 902">-consomme plus d'énergie <li data-bbox="639 925 1489 1014">- qualité d'arrosage conditionnée par le réglage du canon et son avancement automatique <li data-bbox="639 1037 1038 1070">- peu exigent en main-d'œuvre <li data-bbox="639 1093 1110 1126">- Ne convient pas au sol peu filtrant <li data-bbox="639 1149 1489 1238">- Nécessite une pression élevée à l'entrée de l'appareil (minimum 10 litres/seconde) <li data-bbox="639 1261 1254 1294">-fonctionnement nécessite une certaine maitrise <li data-bbox="639 1317 868 1350">-Utilisation facile
<p data-bbox="196 1429 536 1462">Rampes d'Asperseurs</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="639 1429 954 1462">_investissement modéré <li data-bbox="639 1485 1166 1518">-convient à tout type de sol (léger, lourd) <li data-bbox="639 1541 1377 1574">-Exigeant en main-d'œuvre (installation et déplacement). <li data-bbox="639 1597 1002 1630">-Epouse tout relief du terrain <li data-bbox="639 1653 1007 1686">-consomme moins d'énergie <li data-bbox="639 1709 1422 1742">-il n'exige aucun réglage, après une installation bien conçue.

II.1. Localisation géographique de la zone d'étude

Ce travail a été réalisé dans une propriété privée appartenant à l'agriculteur BENYOUB Hanafi. Elle est située dans la région près du centre-ville d'El Kseur au lieu dit El-Kherroub, commune de Fenaia à 29 Km du chef-lieu de la wilaya de Bejaïa.

II.2. Conditions climatiques

Cette zone se caractérise par un climat de type méditerranéen ; tempéré et humide avec un hiver doux et une pluviométrie importante comme toutes les villes de la moitié Est du littoral algérien en raison des massifs montagneux qui entourent la ville (**source DSA**).

Les précipitations représentent la principale source d'eau pour la production agricole. Elles sont caractérisées par trois principaux paramètres : leurs volumes, leurs intensités ainsi que leurs périodes.

Le tableau ci-dessous représente la répartition de la pluviométrie dans la région d'El Kseur durant le cycle du blé pour l'année 2020/ 2021.

Tableau VII : répartition de la pluviométrie (2020/2021) source DSA

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	mars	Avr	Mai
Pluie(mm)	54.2	70.1	116.8	104.8	67.8	23.9	157.3	90.74	26.8
Jours	7	3	8	13	10	6	10	8	4

II.3. Matériel végétal

Le matériel végétal qui a fait l'objet de notre étude est l'une des espèces du blé dur (*Triticum durum* desf).

II.4. Echantillonnage :

L'expérimentation a été réalisée en plein champ sur une superficie de 17 ha, divisé en deux parcelles, l'une conduite en irrigué et l'autre en conditions pluviales de 7 et de 10 ha respectivement.

Au niveau de chaque parcelle, on a choisi aléatoirement trois autres parcelles élémentaires de 1 mètre carré chacune comme l'indique la figure suivante (figure n° 4).

Les mesures aux différents stades de développement de la plante ont été effectuées sur 30 plants pris au hasard.



Figure 4 : Photographie originale d'une parcelle élémentaire échantillonnée(2021).

II.5. La culture

- **Le labour**

Le labour a été réalisé à la fin du mois d'octobre 2020 sur une profondeur d'environ 40 cm.

- **Le semis**

Le semis a été réalisé à l'aide d'un semoir expérimental le 15 décembre 2020 avec une dose de 2Qx/ha, cette dose a été évaluée à partir du poids de mille grains et de la faculté germinative de la semence.

- **La fertilisation :**

-Engrais de fond NPK : le même jour que le semis, l'agriculture a appliqué une fertilisation de manière à éviter de la faire avant pour ne pas perdre d'engrais grâce aux pluies. La dose d'épandage utilisée était 3-4 Qx/ha.

-Engrais de couverture : urée

L'engrais fertilisant a été apporté en trois fractions comme suit :

- Un premier apport avant le tallage.
- Un deuxième apport au stade de tallage pour un meilleur développement de la plante.
- Un troisième apport au stade de montaison, à la naissance de l'épi pour garantir un meilleur développement de la plante et bon indice foliaire.

Une bonne application de la fertilisation et un bon choix du moment de fertilisation assure une bonne alimentation de la plante, par conséquent un meilleur développement et rendement de la plante.

- **Désherbage :**

La lutte contre les adventices est très importante à cause du grand nombre d'espèces existantes, de leur capacité à se développer rapidement et la concurrence qu'elle présente vis-à-vis de la culture.

- Le premier désherbage a été assuré par l'agriculteur au début du mois de février.

- Le deuxième désherbage effectué le mois d'avril.

- **Les maladies observées sur le champ :**

La figure ci-dessous (figure n°5) représente les différentes maladies qui ont été observées lors de notre suivi des stades de développement du blé, qui sont apparues en raison de la pluie, des variations de température et d'humidité excessive.

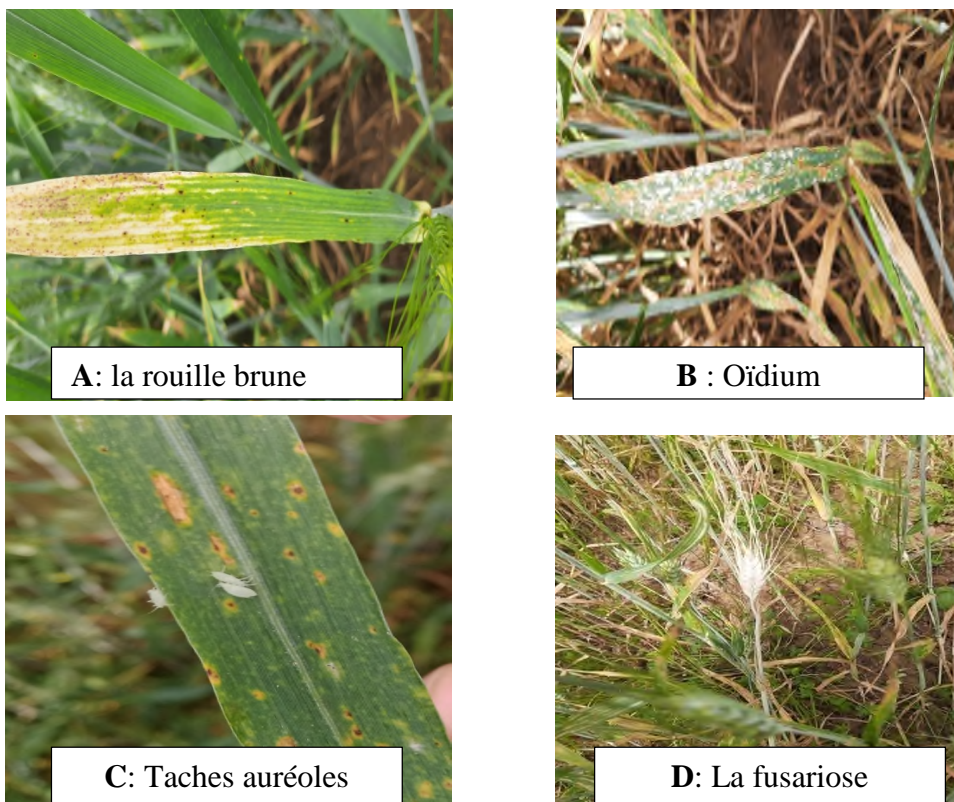


Figure 5: Photographies originales des différentes maladies observées sur les parcelles objet de l'étude (2021)

- **Date et dose d'irrigation :**

En raison de la disponibilité des pluies aux différents stades de développement du blé cette année nous avons irrigué les plantes une fois au stade remplissage des grains le 27 mai 2021, et ce afin de montrer l'effet de cette irrigation d'appoint apportée sur l'augmentation du rendement.

- **La récolte :**

La récolte a été effectuée le 01 juillet 2021, à l'aide d'une moissonneuse –batteuse.



Figure 6 : Photographies originales de la moisson battage de la culture du blé suivie (Campagne 2020/2021).

II. 6. Paramètres mesurés

Les paramètres mesurés sont :

- Caractères phénologiques, du semis jusqu'à la maturation des graines.
- Caractères morphologiques (nombre de plante par m², la longueur de la plante, la longueur de l'épi)
- Caractères agronomiques (nombres de grains par épi, le poids de milles grains).

Et ce durant l'année 2020/2021.

- Analyse biochimique

II.6.1. Paramètres phénologiques :

Le tableau suivant présente le calendrier phénologique de la culture du blé en fonction des jours après le semis.

Tableau VIII: Calendrier phénologique de la culture de blé dur observé expérimentalement

Dates	Stade phénologique
-15 décembre 2020	-Semis
-30 décembre 2020	- Levée
-début février 2021	-Tallage
-20 février 2021	-Montaison
-début mars 2021	-Epiaison
-20 mars 2021	- Floraison
-26 avril 2021	-Stade laiteux
-26 mai 2021	-Stade pâteux
- 20 juin 2021	-Maturation
-1 juillet 2021	-Récolte (moisson)

II.6.2 Paramètres morphologiques

Les différents paramètres mesurés sont :

II.6.2.1. Le nombre de plants par m²

Dans chaque parcelle élémentaire d'un mètre carré chacune que ce soit au niveau de la parcelle irriguée ou celle conduite en pluvial, on a procédé au comptage du nombre de plants correspondant, soit 06 parcelles au total.

II.6.2.2. Hauteur des plantes

Elle a été déterminée par la mesure de la distance de la base de la tige jusqu'aux barbes de l'épi à l'aide d'une mètreuse (30 plants par parcelle élémentaire ont été choisis). Elle est exprimée en cm.

II.6.2.3. La longueur de l'épi

Elle a été déterminée par mesure de la distance de la base de l'épi jusqu'à leur extrémité sans barbe et ce pour la totalité des plants échantillonnés, soit 180 plants au total.

II.6.3. Paramètres agronomiques

II.6.3.1. Nombre de grains par épi

La fertilité de l'épi est obtenue après battage de 30 épis prélevés aléatoirement dans un mètre carré de chaque parcelle.

II.6.3.2. Le poids de grains par épi

A l'aide d'une balance automatique, on a mesuré le poids des grains par épi pour la totalité des plants échantillonnés.

II.6.3.3. Poids de milles graines

Après la récolte, nous avons prélevé de chaque sac une quantité de grains pour qu'on pèse au compteur à grain afin d'avoir les 1000 grains.

Cette analyse a été effectuée au niveau de l'laboratoire d'usine « les moulins de la Soummam », sise à Sidi Aich ».

➤ **Le principe :**

Le principe de la méthode repose sur le comptage automatique du nombre de grains entiers contenus dans une prise d'essai de masse connue.

➤ **Méthode :**

On utilise l'appareil qui compte 1000 grains (numigral) et on pèse sur la balance

$$\text{PMG (g/ms)} = P \times [(100-H)] / 100$$

P : masse en gramme de 1000 graines

H : teneur en eau des graines



Figure 7 : Photographies originales des appareils utilisés pour peser le poids de mille grains (2021).

II.6.4. Analyse biochimique

➤ Taux d'humidité

Cette analyse a été effectuée au niveau de l'laboratoire d'usine « les moulins de la Soummam-Sidi Aich ».

● Principe

La teneur en eau des grains est la perte de masse exprimée en pourcentage effectuée pendant 2h, dans une étuve réglée à 130-133°C.

● Appareillage

Le matériel utilisé pour mesurer le taux d'humidité est représenté dans la figure suivante :

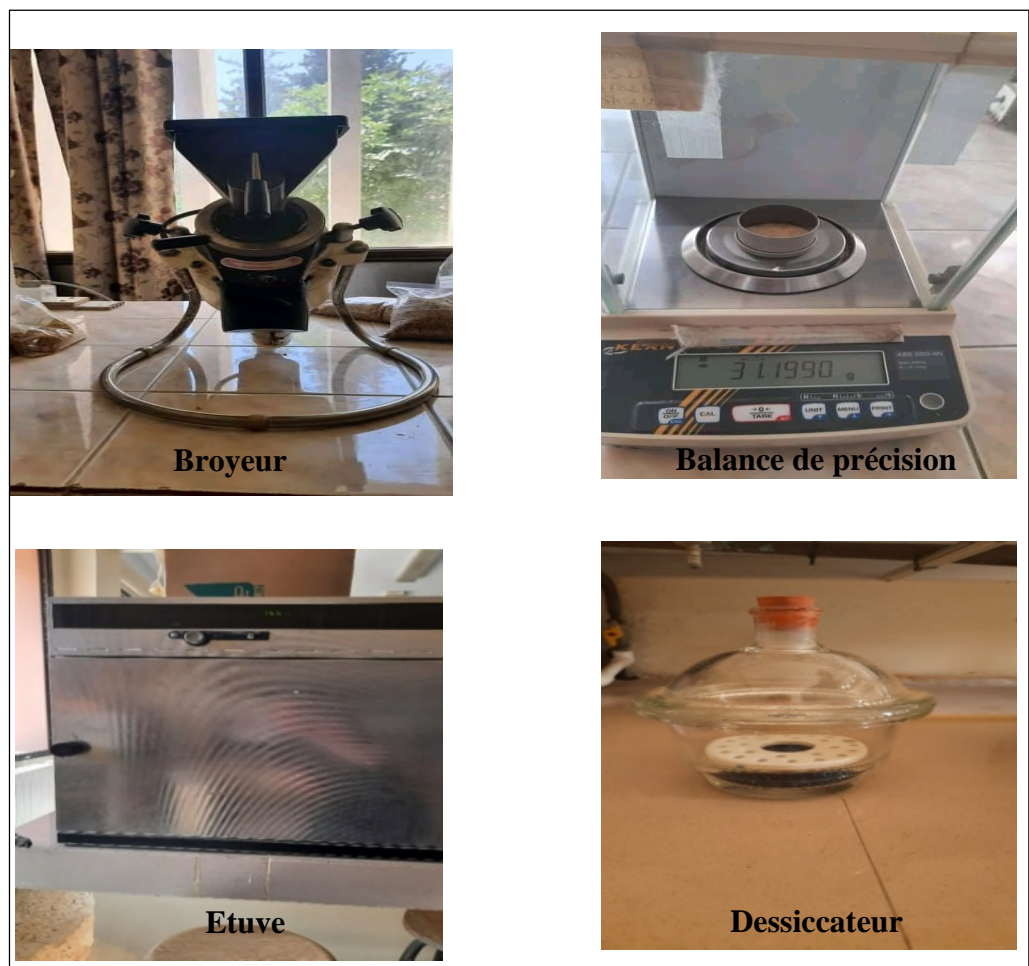


Figure 8 : Photographie originale de l'appareillage utilisé pour la mesure du taux d'humidité des grains(2021)

● Mode opératoire

- Peser des nucelles vides après séchage à l'étuve pendant 15 minutes dans un dessiccateur, noter le poids P1.
- Déposer 5 g de blé broyé à l'aide d'une spatule, le poids de l'ensemble est noté P2.
- Les nucelles sont introduits dans l'étuve préalablement réglée à 130°C pendant deux heures.
- Elles sont ensuite pesés après refroidissement pendant 30 minutes dans un dessiccateur, leur poids est note P3

● Expression des résultats

La détermination de taux d'humidité se fait suivant l'équation ci-dessous :

$$\mathbf{H\% = P2 - P3 / P2 - P1 \times 100}$$

P1 : masse du nucelle vide (g).

P2 : masse du nucelle et de l'échantillon avant séchage (g).

P3 : masse du nucelle et de l'échantillon après séchage (g).

H : Humidité (%).

III.1. Précipitations :

D'après les données pluviométriques insérées dans le tableau (VII), le total des précipitations enregistrées durant la campagne 2020-2021 s'élève à 712.44 mm du mois de décembre jusqu'au mois de mai, avec une bonne répartition dans le temps, il est variable d'un mois à l'autre pour la période allant de septembre à avril.

Cette campagne agricole considérée comme pluvieuse. Contrairement au mois de mai qui n'était pas pluvieux (26.8 mm pendant 4 jours) et qui a coïncidé avec le stade de remplissage du grain. La pluviométrie la plus élevée a été enregistrée pendant les mois de décembre et mars. D'ailleurs, elle a assuré un excellent tallage.

III.2. Analyse statistique des résultats

III.2.1. Au « Stade Floraison »

III.2.1.1. Nombre de plants par m²

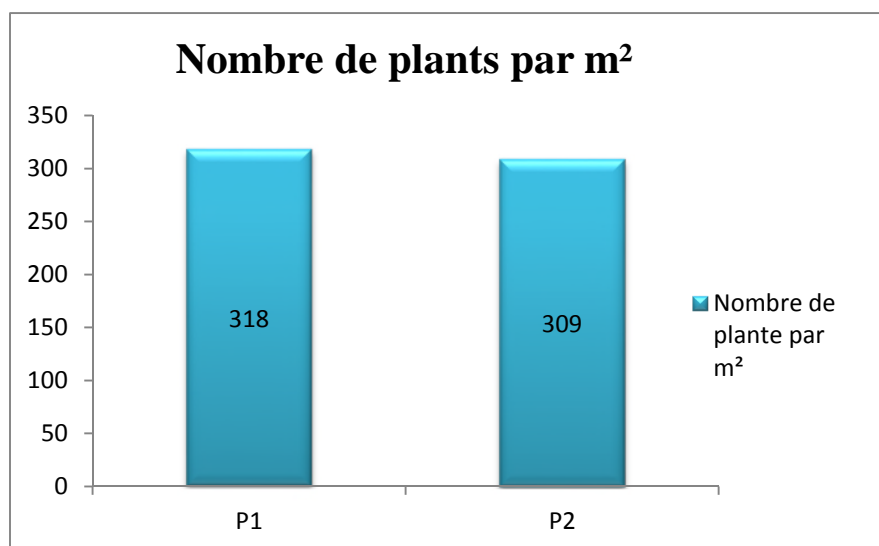


Figure 9 : Représentation du nombre de plants par m² au stade floraison.

La comparaison du nombre de plants par m² entre les deux parcelles (P1 : parcelle pluviale et P2 : parcelle conduite en irrigué), à montre une légère différence. Cependant la parcelle 1 a enregistré un nombre de plante par m² le plus élevé (318P/m²) par rapport à la parcelle 2 (309 P/m²). Il n y a pas une importante différence entre les deux parcelles car elles n'étaient pas irriguées vu les quantités de précipitations jugées, largement suffisantes à ce stade.

III.2.2. Mesures au « stade floraison-grain laiteux », avant l'apport de l'irrigation d'appoint

III.2.2.1. Longueur du plant

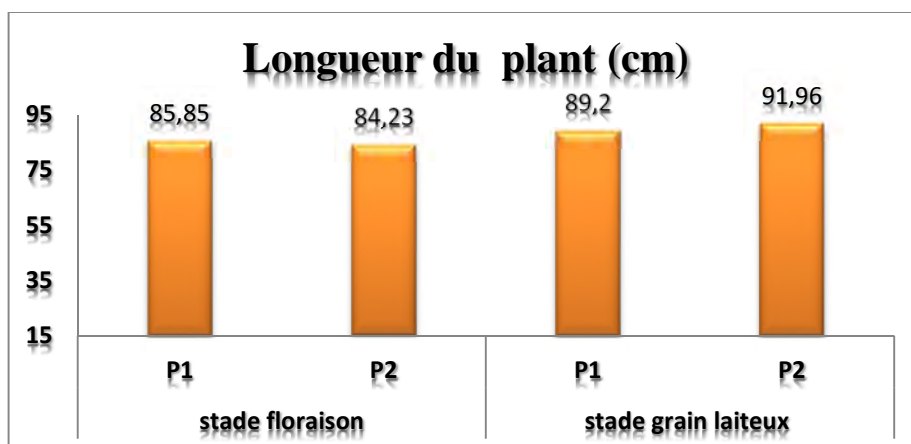


Figure 10 : Représentation graphique de la longueur du plant des deux parcelles au stade floraison et au stade grains laiteux.

D'après la figure n°10, la longueur du plant pour les deux parcelles soit au stade floraison ou bien au stade grain laiteux, a enregistré une différence non significative. Au stade floraison, la longueur du plant constaté est de 85.85cm pour P1 et 84.23cm pour P2, et au stade grain laiteux la longueur du plant varié de 89.2 cm pour P1 et 91.96 pour P2.

III.2.2.2. Longueur de l'épi

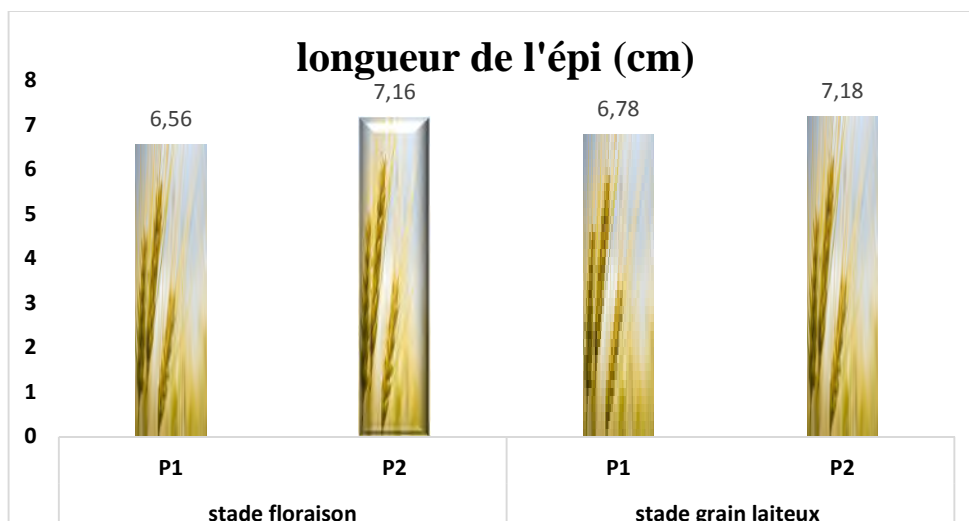


Figure 11: Représentation graphique de la longueur de l'épi au stade floraison et grain laiteux.

La longueur d'épi présente une légère différence, au stade de floraison la moyenne de la longueur de l'épi passe de 6.56 cm pour P1 à 7.16 cm pour P2. Ce qui est même constaté au stade grain laiteux, la longueur de l'épi varie entre 6.78 cm et 7.18 cm (figure 11).

A travers les deux figures 10 et 11, on remarque une différence significative entre les stades de floraison et stade grains laitoux, concernant la hauteur de plante et la longueur de l'épi. Le passage de la hauteur de la plante pour P1 de 85.85 cm au stade floraison à 89.2 cm au stade de grain laitoux, et aussi pour P2 de 84.23 cm au stade floraison à 91.96 cm au stade grains laitoux à été expliqué par le bon développement végétatif de la culture du blé grâce à la disponibilité des pluies.

III.2.2.3. Nombre de grains par épi (NG /E)

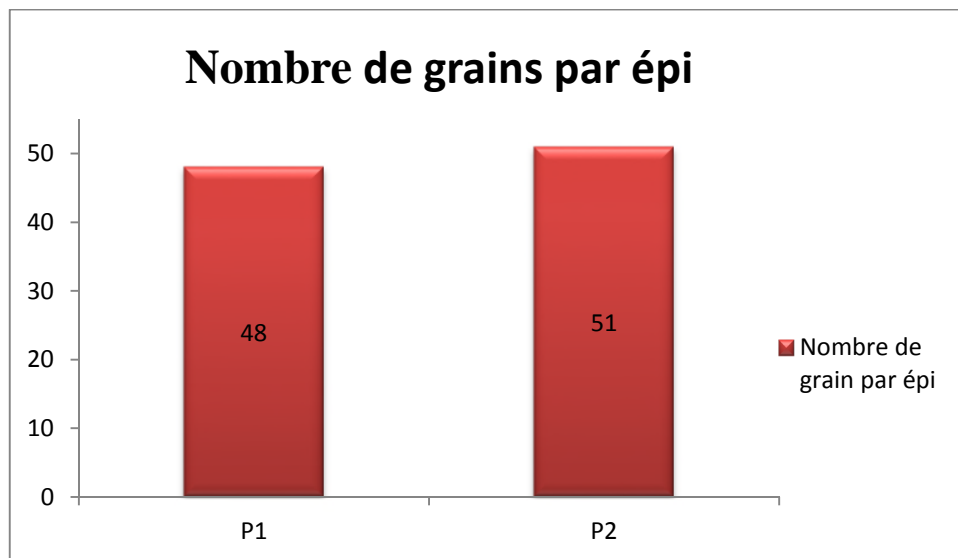


Figure 12 : Histogramme représentant le nombre de grains par épi.

Les résultats indiqués sur la figure 12, montrent que le nombre de grains par épi obtenu pour les deux parcelles représente une faible différence, 48 grains/épi enregistrés dans la parcelle pluviale contre 51 grains dans la parcelle conduite en irrigué.

Discussion :

Les résultats obtenus sur le terrain concernant, le nombre de plante par m², la longueur de plante, la longueur d'épi, le nombre de grain par épi) au cours du cycle de développement du blé, allant du stade de semis jusqu'au stade de grain laitoux n'ont pas donnés de différences importantes car les deux parcelles (P1 et P2) n'ayant pas encore reçu d'irrigation d'appoint grâce à la disponibilité des pluies durant cette période. En effet l'eau soit toujours bien disponible dans la profondeur, couvrant ainsi les besoins de la plante donc aucun apport en eau n'était jugé nécessaire en ce moment.

En comparaison avec les résultats trouvés par **Mekliche et al, (2003)** qui ne sont pas similaire à nos résultats où ils ont appliqué plusieurs apports d'eau aux différents stades de développement de blé. Leur expérimentation a été réalisé au champ a institut national agronomique d'Alger sur deux essai l'un conduit avec irrigation de complément et l'autre en conditions pluviales. Trois irrigations de complément ont été apportées durant la période qui s'étale de l'épiaison à la fin de floraison.

D'après cette étude, ils ont trouvé que l'effet d'irrigation de complément a été très hautement significative pour les caractères : la longueur de l'épi, la surface foliaire, la hauteur de tige, la teneur relative en eau. Par conséquent, les rendements obtenus à la condition pluviale sont faibles par rapport à ceux obtenus sous l'effet de l'irrigation de complément.

III.2.3. Mesures au « stade maturation des grains » après l'apport de l'irrigation d'appoint

III.2.3.1. La longueur du plant (LP):

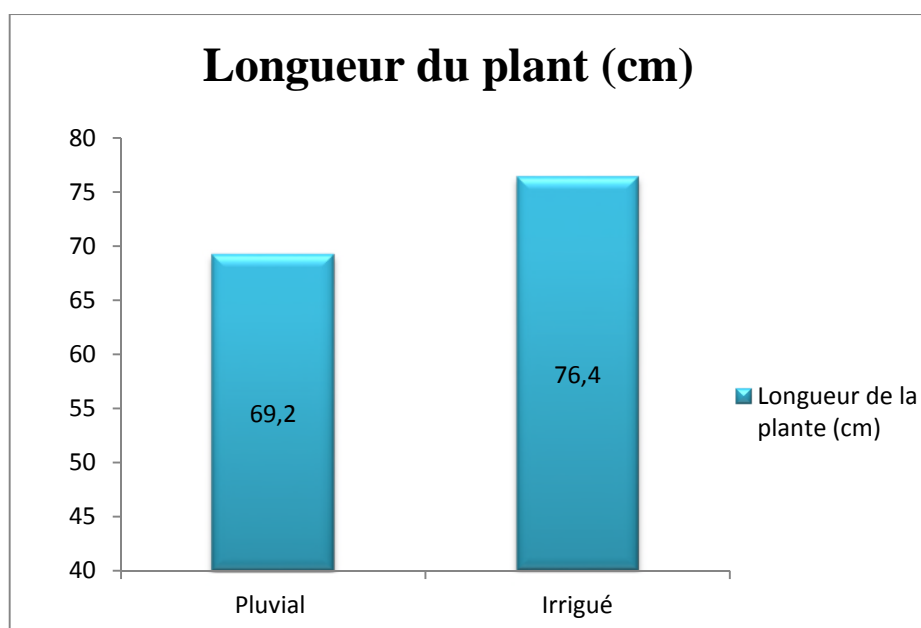


Figure 13: Histogramme représentatif de la longueur de plante en cm.

L'analyse statistique de la hauteur de la plante a indiqué une différence évidente. Pour la parcelle irriguée, la hauteur de la plante a enregistré une valeur moyenne élevée de 76,4 cm contre la parcelle pluviale d'une valeur moyenne de 69.2 cm.

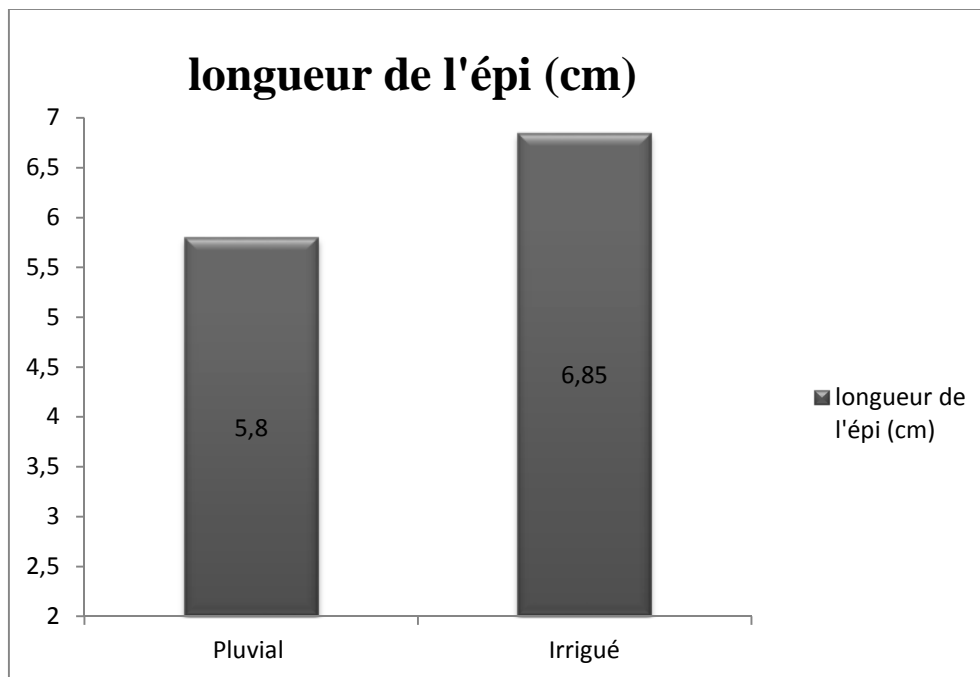
III.2.3.2. La longueur de l'épi (LE) :

Figure 14: Représentation graphique de l'effet du régime d'irrigation sur la longueur de l'épi en cm.

La longueur de l'épi moyenne passe de 6.85 cm dans la parcelle irriguée à 5.8 cm dans la parcelle pluviale. D'après les résultats obtenus, on peut dire que la longueur des épis est influencée par le facteur de régime hydrique. Par conséquent, l'apport d'eau à ce stade est vraiment conseillé.

Discussion :

Le faible réserve en eau et le manque de précipitations se répercutent négativement sur les caractères morphologiques et agronomiques de n'importe quelle culture, notamment la culture du blé qui présente une grande sensibilité vis-à-vis du stress hydrique. Ceci nous a incités à apporter une irrigation au stade remplissage du grain afin de pallier aux besoins en eau de la culture pour un meilleur rendement.

A

Aussi, et d'après les observations régulières effectuées sur le terrain, nous avons constaté que la propagation de certaines maladies (figures 05 et 15) a influencé négativement sur le bon développement de l'épi.



Figure 15 : Photographie originale comparant la longueur de l'épi d'une plante saine(A) et d'une autre atteinte(B) d'une fusariose observée durant la campagne suivie(2021)

III.2.3.3. Le nombre de grains par épi

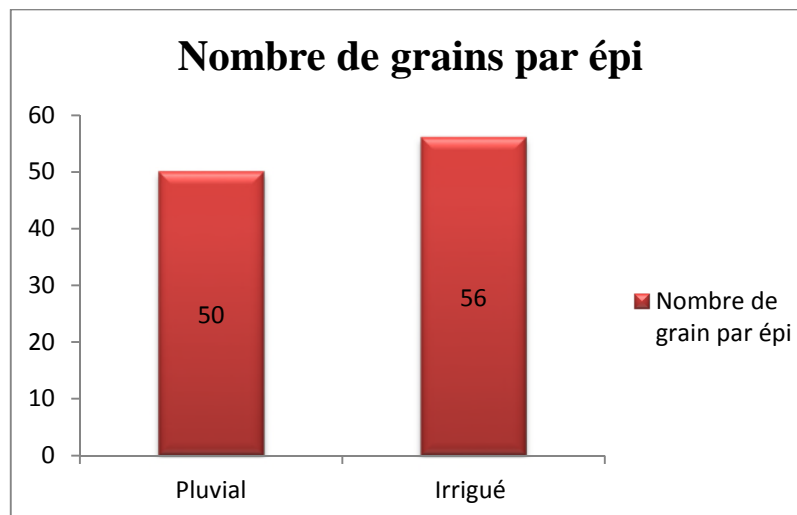


Figure 16 : Effet de l'apport d'irrigation sur le nombre de grain par épi

Le nombre de grains par épi est déterminé par le nombre de grains/ épillets. Pour la parcelle pluviale, nous avons obtenu le nombre minimal de grain par épi, tandis qu'en parcelle irriguée le nombre de grain par épi est maximal.

Le nombre de grains par épi moyenne enregistré est de 50 grains par épi pour la parcelle pluviale et de 56 pour la parcelle irriguée.

D'après l'analyse statistique des résultats obtenus, l'apport de l'irrigation d'appoint au stade remplissage du grain a un effet non négligeable sur le nombre de grain par épi au stade de remplissage de grain.

III.2.4. Mesures au « Stade maturité des grains »

III.2.4.1. Poids de grains par épi (PGr/E):

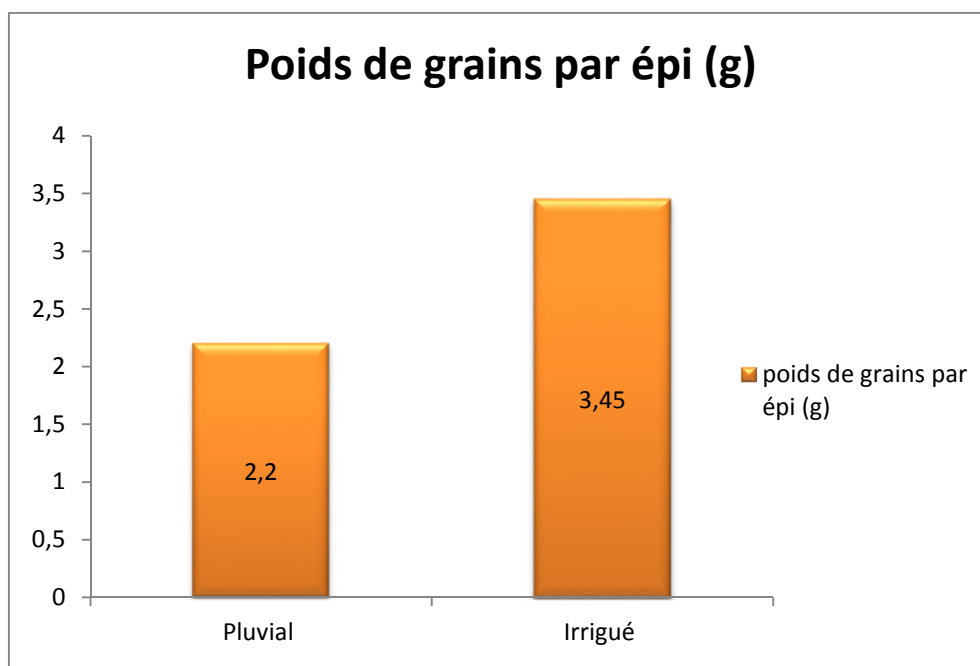


Figure 17: Effet du régime d'irrigation sur le poids de grains par épi.

Pour l'ensemble des deux parcelles, le poids de grains par épi enregistré varie de 3.45g pour la parcelle irriguée et 2.2 pour la parcelle pluviale. L'apport d'eau montre un effet marquant sur le poids de grains par épi (figure 17), elle a enregistré une augmentation par rapport au témoin (parcelle pluviale).

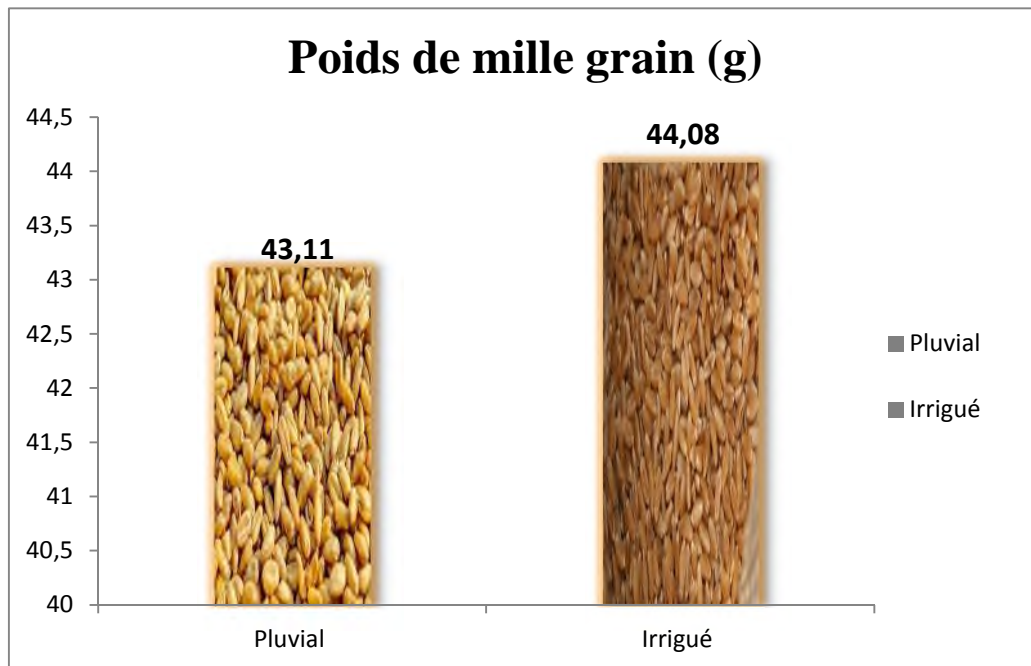
III.2.4.2. Poids de mille grains (PMG) :

Figure 18: Effet du régime d'irrigation sur le poids de mille grains (g).

La taille du grain est une caractéristique essentiellement variétale, mais elle dépend également des conditions de culture. La masse de mille grains est une des composantes des rendements agronomiques des céréales. Elle est donc un bon indicateur du mode d'élaboration du rendement et des problèmes rencontrés par la plante lors de son développement : échaudage, attaques des maladies ou les insectes (**Christine ; 2001**).

Le poids de mille grains enregistrés, varie de 43,11 dans la parcelle pluviale et de 44,08 dans la parcelle irriguée.

Le poids de mille grains est influencé par l'apport d'eau. Le PMG de la parcelle irriguée est plus élevé en le comparant à celui de la parcelle pluviale.

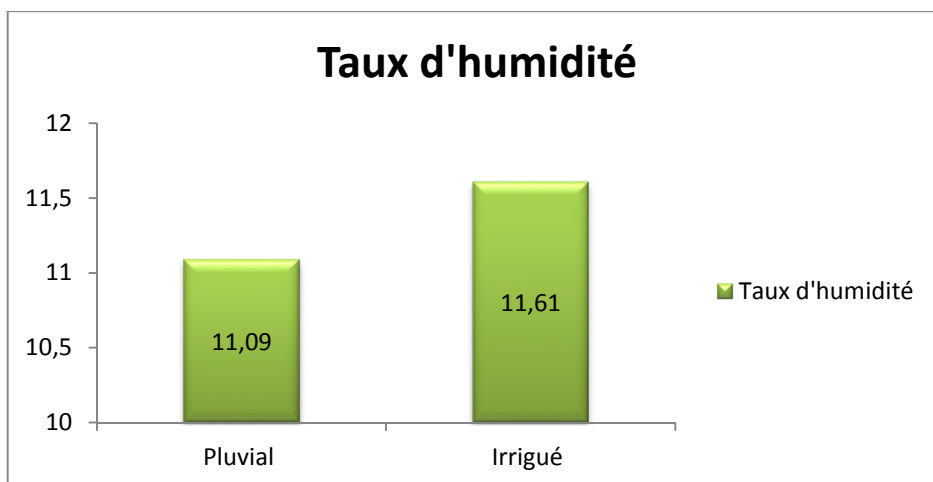
III.2.4.3. Taux d'humidité :

Figure 19 : Histogramme de taux d'humidité des grains de blé au stade maturité.

A Partir de la figure 19 la teneur en eau de la parcelle irriguée est légèrement élevée par rapport de la parcelle pluviale. la moyenne de taux d'humidité varie de 11.61 % pour la parcelle irriguée à 11.09% pour la parcelle pluviale. Ceci justifie l'apport d'eau et son effet sur ce caractère.

Discussion :

D'après les résultats qu'on a obtenus, on suppose qu'un seul apport d'eau au stade de remplissage de grain dans le cas où le stress hydrique se présente, permet d'améliorer les composantes de rendement en grain (soit nombre de grain par épi, poids de mille grains).

L'irrigation a enregistré une amélioration importante vis-à-vis du poids des grains par épi (figure 17) et du PMG.

Les résultats des travaux menés par **Daroui et al (2011)** au Maroc pour déterminer l'effet de l'irrigation d'appoint réalisée au stade remplissage de grain sur le rendement d'une culture de blé affirment que l'irrigation d'appoint améliore les rendements en grain de 307.60%. Compte tenu de ces résultats obtenus dans cette étude, il ressort que l'irrigation d'appoint améliore significativement le rendement en grain.

Aussi (**Boulassel, 1997**), montre que la production passe par l'amélioration de chaque composant du rendement du blé, celle-ci dû à l'application de l'irrigation d'appoint. En effet, l'irrigation d'appoint à améliorer le rendement.

Cependant, cette amélioration reste dépendante de la phase d'apport et de la quantité apportée. Le rendement de grain en régime pluvial été 41.73 Qx/ha par contre en irriguée, elle est de 64.29 Qx/ha (irrigation au tallage 12 mm), 56.68Qx /ha (irrigation au stade redressement 40 mm), 55.85Qx /ha (stade gonflement-épiaison 50 mm). Ceci, justifie l'efficacité de l'irrigation pendant les phases de développement du blé.

III.3.Comparaison des rendements de deux campagnes2019/2020 et 2020/2021 au niveau de la région d'ELKSEUR

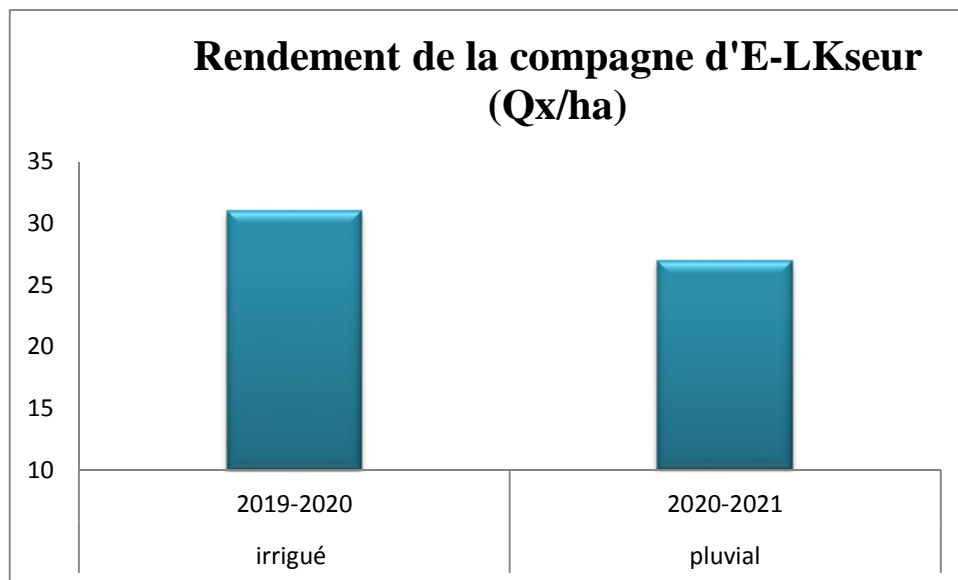


Figure 20: Comparaison des deux campagnes2019/2020 et 2020/2021 au niveau de la région d'El-Kseur

En raison de manque de précipitation au mois février de la campagne 2019/2020, et pour accroître la production, l'agriculture avez eu recours à l'irrigation d'appoint pour la même parcelle étudiée cette année, pour diminuer au maximum l'effet du stress hydrique sur le rendement, à cet effet ils ont fait plusieurs apports d'irrigation comme suit : ils sont appliqué l'irrigation de début de février jusqu'à la fin de ce mois trois fois par jour une seul fois chaque semaine.

L'application de l'irrigation d'appoint durant l'année à augmenter les rendements à 31Qx/ha par contre pour cette année 2020/2021 qui est pluvial les rendements enregistrée est de 27Qx/ha.

Discussion :

On constate d'après ces résultats obtenus, que l'irrigation d'appoint augmente le rendement. Même résultat a été constaté dans d'autres régions (voir annexe X) comme la commune de Tazmalt qui attient des rendements de 32qx/ha en irrigué.

L'application des irrigations d'appoint au moment de déficit hydrique vise à satisfaire le besoin en eau de blé dur au cours des phases critiques du cycle cultural et à stabiliser et améliorer le rendement en quantité et qualité.

Selon les études réalisés par **Bouthiba, (2007)** au niveau de la région de Chlef , l'utilisation de l'eau par la culture et les stratégies d'irrigation adaptées ont des effets significatifs sur les rendements.

Des rendements de 7500 kg/ha pour la variété Virton, 6210 kg/ha pour Waha et 5419 kg/ha pour Chen's sous irrigation permanente (de levée à la maturité physiologique), il est de même pour les irrigations précoces (de la levée jusqu'à épiaison) en 1998. Par contre, l'année 2000 qui a caractérisé par une sécheresse tout au long de la saison de croissance de blé, un rendement de l'ordre 9.4 kg/ha a été enregistrée en condition pluvial. Donc les rendements sont très variables d'une variété à une autre et d'une stratégie d'irrigation à une autre (**Bouthiba, 2007**).

D'après **Merrouche, (2015)**, l'irrigation d'appoint mise en œuvre permet d'accroître le rendement de blé dur .Les rendements en régime pluvial varie de 9 à 28qx/ha pour l'année 2009, et en irrigué le rendement atteint 45qx/ha. Cette variabilité observée est à relier à la diversité des stratégies d'irrigation testées.

Le témoin :

Pour montrer la validité de ce que nous avons évoqué précédemment au cours de notre période de recherche et à travers les résultats obtenus, ces tableaux présentés ci-dessous les prouvent quant à l'importance de l'irrigation d'appoint dans l'augmentation de la valeur du produit.

Tableau IX : la fréquence et dose d'irrigation campagne 2014/2015 (source DSA)

Wilaya de Bejaïa	Prés irrigation			Irrigations					Total 2015
	Oct 2014	Nov 2014	Déc 2014	Janv 2015	Fevr 2015	Mars 2015	Avril 2015	Mai 2015	
Fréquence d'irrigation (nombre)	0	0	0	0	0	0	02	01	03
Dose d'irrigation (en mm)	0	0	0	0	0	0	50	25	75

Tableau X : superficie céréalière irriguée durant la campagne 2014/2015 au niveau de la wilaya de Bejaia. (Source : La DSA).

Objectif wilaya prévu d'être mené à l'irrigué (en ha)		Superficie réellement irriguée (en ha)					Rendement moyenne escompte en (qx/ha)	
Total	Dont multiplication de semences	Par submersion	Par aspersion	totale	Dont multiplication des semences	Dont G.P.I	En pluvial	à l'irrigué
130	90	0	307	307	100	0	18	40

Discussion :

Compte tenu du déficit hydrique constaté durant le mois d'avril -mai, des céréaliculteurs sont procédé à des irrigations d'appoint dépassant ainsi leur objectifs (130 ha année 2015).

A cet effet, il est à noter que pendant cette campagne 100 ha des céréales en multiplication et 207 ha d'intensification, ont été irrigués.

Les conditions climatiques par leur caractère très aléatoire conditionnent énormément la production annuelle en céréales. Malgré le déficit remarqué au mois d'avril-mai, les emblavures céréalières au titre de la campagne 2014-2015 appliquent des irrigations d'appoint. Quant aux superficies irriguées, elles ont atteint 40 Qx/ha contre 18 Qx/ha pour les superficies non irriguées (lisser au régime pluvial).

Le rendement en irrigué observe était meilleur que le rendement en pluvial à cause de l'irrégularité et la mauvaise répartition des précipitations enregistrés dans la région, donc le rendement de blé en pluvial est faible et l'irrigation d'appoint s'est avérée indispensable pour l'améliorer.

Les résultats obtenus durant la campagne 2014-2015 ont montré que la stratégie d'irrigation d'appoint adoptée à améliorer significativement le rendement dans le cas du blé dur

D'après les observations insérées dans les figures 15 et 21, nous concluons aussi que n'importe quelle maladie peut affecter la productivité du blé dur, car la plante saine donne deux fois plus de grains que la plante malade, ce qui a été confirmé par nos résultats où la parcelle saine a donné un meilleur rendement comparativement à la parcelle atteinte d'une fusariose.



Figure 21 : Photographie originale comparant le nombre de grains par épi d'un plant atteint de fusariose(A) et d'un autre plant sain(B) (2021).

CONCLUSION

L'Algérie est alimentaires dépendante de la culture du blé dur, le niveau de production actuel renforce la dépendance vis-à-vis de l'importation pour s'en défaire il est possible d'étudier plusieurs solutions qui pourraient accroître la production qui se situeraient en amont de l'irrigation.

Cette recherche visait à étudier l'effet du régime pluvial et de l'irrigation d'appoint sur les composantes de rendement du blé. Les résultats obtenus des deux essais, souligne une grande importance de l'apport d'eau pour le bon développement de la culture de blé dur et l'amélioration des rendements. Et ce, malgré l'unique irrigation d'appoint apportée au stade de remplissage du grain car aux premiers stades, la quantité d'eau était suffisante pour les principales composantes du rendement.

Au vu de ces études faites, notamment en matière d'irrigation d'appoint des céréales et pour atteindre l'objectif de sécurité alimentaire dans la filière céréalière, nous encourageant l'ensemble des céréaliculteurs à adopter cette pratique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

-A-

- ❖ **Audoye P, Chossat, JC. Mathieu C (2007).** Bases techniques de l'irrigation par aspersion. Paris. ISBN : 978-2-7430-0946-5.
- ❖ **Annabi F.(2012).** prévision du rendement du blé dans la région de Sétif en utilisant le logiciel agromestchell mémoire de fin d'étude université de Bejaia p 7-11.
- ❖ **Alain B, Deswarte j-c, Deumier –M. (2012).**Irrigation des céréales blé tendre, blé dur, orge de printemps institut des végétaux. Paris. ISBN : 978-2-8179-0049-0.
- ❖ **Assabah. (1997).**L'irrigation d'appoint des céréales d'hiver ITGC : el-Harrach-Alger P6-13.

-B-

- ❖ **Belaid D. (1996).** Aspect de la céréaliculture algérienne. Université Ben Aknoun-Alger.
- ❖ **Bourahla w, Torki k (2010-2011).** L'évaluation de l'efficacité d'utilisation de l'eau comme un critère de sélection chez le blé dur. Mémoire de fin de cycle. Université Msila.
- ❖ **Bernard le Clech, (1993).** Production végétale grand cultures. Ed, synthèse agricole 82-84 avenue d'arés 33000 BORDEAU.P 83.
- ❖ **Belhabib A, Ouabedelkader A, (2000).** Effet du déficit hydrique sur quelques paramètres morphologiques et physiologiques du blé dur (*triticum aestivum Desf*) et du blé tendre (*triticum aestivum L*) mémoire de fin d'étude P3-6.
- ❖ **Bouthiba A. (2007).**Optimisation de l'irrigation de complément du blé dur dans la région de Chleff. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de docteur d'état en sciences agronomiques. Institut national agronomique El-Harache (Alger) 112P.
- ❖ **Bourahla A, Mouhouche B.(2007).** Optimisation de l'irrigation d'appoint apportée à différentes phases phénologiques d'une culture de blé dur (*triticum durum*). Institut national agronomique EL8-Harache Alger. Université Constantine Algérie PP.53-58.
- ❖ **Boulassel A. (1997).** Contribution a l'effet de l'irrigation d'appoint sur deux variétés de blé dur (Waha et acsad 65). Recherche agronomique INRAAC.0.59-68.
- ❖ **Bouakaz K, Oussaid Y.(2013).**Reconnaissance et identification des principales maladies cryptogamiques du blé et de l'orge. Institut national de protection des végétaux. ISBN : 978-9961.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ❖ **Brouillet L, F coursol, M. Favreau. (2006).** Vascan. The database of canadian vascularplants. Herbar Marie-victorin, Institute de recherche en biologie végétale, université de Montréal <http://data.canadaensys.net/vascan/about>.

-C-

- ❖ **Croston RP, William JT. (1981).** Aword survey of wheat genetic resources. IBRG R .Bulletin.
- ❖ **Codacioni H, Simon P, lecoeur (1989).** Produire des céréales a paille. Paris. .
- ❖ **Christine B. (2001).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux, guide pratique, laboratoire qualité des céréales 2 ème édition. Paris ISBN n°2.86492.43.6.6.

-D-

- ❖ **Djermoun A. (2009).** La production céréalière en Algérie : les principes caractéristiques. Université de hassiba ben Bouali de Chleff. P 45-53.
- ❖ **Doorenbos J, Pruitt. (1996).** Les besoins en eau des cultures, bulletin F.A.O d'irrigation et drainage N°24.

-E-

- ❖ **Draoui E, Boukroute A, Kaejou M, Kouddane N, Berrichi A, (2011).** Effet de l'irrigation d'appoint sur le rendement d'une culture de blé tendre (*triticum aestivium L*) (variété Rajae) au Maroc oriental. Université Mohamed premier, Bd Med VI. BP. Oujda Maroc.

-F-

- ❖ **Feillet P. (2000).** le grain de blé : composition et utilisation. INRA France.

-G-

- ❖ **Glement –Grandcourt M, Prats J.(1970).** les céréales. Deuxième édition .Paris. P.22
- ❖ **Guittoum S. (2017).** Etude de l'efficience de l'irrigation d'appoint sur les céréales au niveau de wilaya de Sétif. Mémoire de fin d'étude.
- ❖ **Gate P, Giban M.(2003).** Stades de blé. paris : 68P.
- ❖ **Gendron G, ST-Pierre C.(1982).** Les céréales et le maïs. Ed. presses de l'université de Laval. PP : 25-40 P 37-38.

-H-

- ❖ <https://www.interieur.gov.dz/index.php/fr/actualit%C3%A9s/2130-wilaya-de-b%C3%A9jaia-richesses-et-diversification.html>

-L-

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ❖ **Le Stum H. (2017).** Le blé. Paris. Edition France agricole.

-M-

- ❖ **Merouche A. (2015).** Besoins en eau et maîtrise de l'irrigation d'appoint du blé dur dans la vallée du Chéouiff. En vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences agronomiques. Ecole nationale supérieure agronomique 115P.
- ❖ **Moule C. (1971).** Céréales, Ed. la maison rustique.Paris.
- ❖ **Mangin M.(2013).** Produire de blé tendre de qualité en agriculture biologique. Edition arvalis.Institut du végétal . Paris.
- ❖ **Mekliche A. Boukechaad D. Hanfi I. Mekliche L.(2003).** Etude de la tolérance a la sécheresse de quelques variétés de blé dur (triticum durum Desf). Effet de l'irrigation de complément sur les caractères phénologiques, morphologiques et physiologiques. Annales de l'institut National agronomique –el harrache- vol.24.N°1 et 2.
- ❖ **Merabet .A. Boutiba A.(2005).** L'irrigation du blé dur. Influence de la nature du matériel végétal et de la variabilité climatique interannuelle dans une plaine semi-aride d'Algérie. Université M'entourai, Constantine, Algérie PP72-79.

-R-

- ❖ **Rieul L, Ruelle P.(2003).** Irrigation –Guide pratique-troisième Edition. Paris cedex 01 ISBN : 2-85362-592 P64-65.

-S-

- ❖ **Soltner.(1988).** Les bases de la production végétales. troisième Edition .P 566.

-Z-

- ❖ **Zella L et al. (2015).** L'irrigation des céréales en Algérie : quels scenario envisagés. Institut national de la recherche agronomique d'Algérie.
- ❖ **Zella L. (2013).** L'irrigation par aspersion. Université Ben Aknoun, Alger. ISBN : 978-9961.0.
- ❖ **Zella L.(2012).** Les bases de l'irrigation. Université Ben Aknoun, Alger. ISBN : 978-9961.0

Annexes I : Les ravageurs

Ravageurs	Dégâts
« lamouche mineuse »	-les adultes sortent au printemps (avril à juin) et s'alimentent sur les céréales à paille provoquant des piqures. - les plages de feuille minées, creuses par la larve sur les feuilles supérieures, limitent la photosynthèse essentielle à la bonne alimentation de l'épi, peuvent provoquer des pertes de rendement jusqu'à 7q/ha.
« le puceron »	-le principal vecteur qui transmette le virus de la jaunisse nanisant (Mangin, 2013)
« la cécidomyie »	-pond ses œufs au niveau des graines, du début de l'épiaison à la fin floraison (Mangin, 2013). -se nourrit de graines ce qui provoque la déformation des grains et la perte de poids de mille grains et - se nourrit des étamines et des ovaires provoque avortement de la fleur, ces dégâts entraines des pertes de rendements jusqu' 10q/ha.
« La cicadelle »	-le principal vecteur de la maladie des pieds chétifs (la transmission de virus) qui est responsable de graves pertes de rendements dépasse 20-25plantes/m ² (20q/ha) -les symptômes observent à mi- tallage.
« les pucerons d'épi »	-avant tout prélèvement de sève par piqure des épis, il provoque une diminution du nombre de grains par épi (perdre jusqu'à 30q/h de rendement).
Les tordeuses	-attaque les feuilles, les tiges et les contenu des épillets, ce qui ne permettent plus a une alimentation complète des épis, et provoquant destruction d'épillets.
Les limaces « mollusque »	-germes dévorés -feuilles effilochés et troués (Mangin; 2013). - tout spécialement en terres très humides.
Les taupins	-les semis de blé peuvent touchés par l'activité de larves (Codaccioni et al 1989).
Les nématodes	Attaquent le système racinaire ou des parties aériennes (Mangin; 2013).
Les oiseaux	Provoquer d'importantes pertes a la levée (Codaccioni et al, 1989).

Annexe II : les maladies de blé dur

Maladies des céréales	Symptômes
La rouille brune (Puccinia recondita)	Sur la partie supérieure des feuilles apparaissent des pustules de petite taille, circulaires ou ovales, oranges ou brunâtres (Bouakaz, Oussaid, 2013).
La rouille jaune (Puccinia striiformis) :	Se développent sur les feuilles, peut être présente dès la première moitié de la montaison (Mangin, 2013). Le climat est la cause principale du développement de cette maladie (le Stum 2017). Provoqués par les champignons lors des conditions climatiques favorables comme une forte humidité et température élevées (Codaccioni et al, 1989).
La Septoriose :	Septoria nondorum attaqué le blé, des taches ovales brunes sur les feuilles (Belaid, 1996). La maladie progresse des parties basses vers les parties hautes des plantes. Elle se manifeste sur les feuilles et même sur les épis. (Bouakaz , Oussaid , 2013).
La fusariose :	La fusariose touche les épis et les pourritures du pied provoques par plusieurs champignons comme : fusarium nivale, fusarium culmorum, et fusarium (Codaccioni et al, 1989). La plante attaqué par cette maladie finir par mourir (Belaid ; 1996)
La carie :	Apparais à l'épiaison, les épis prennent une couleur vert bleutés. A maturité, les grains apparaissent trapus, légers et remplis d'une poudre brune noir à odeur de poisson pourri (Codaccioni et al, 1989).
Le charbon nu (ustilago tritici) :	Les symptômes de charbon nu apparaissent à l'épiaison (Codaccioni et al, 1989). Avant le moment ou l'épi sont de la graine, les épillets dès la sortie de l'épi apparaissent détruits et remplacés par une poudre noire (spores).
Oïdium :	Feutrage blanc envahissant la surface de la feuille, tige et épis et devenant gris et se parsemant de points noirs, puis évoluant en croutes blanchâtres à grisâtres. Se développent dans des conditions favorables comme l'alternance de jours chauds et humide et forte hygrométrie nocturne et temps sec (Bouakaz, Oussaid, 2013).
piétin :	Attaquent à la base des chaumes et des racines, il existe essentiellement deux parasites : le piétin verse et le piétin échaudage (Clément-Grandcourt, Prats ; 1970).

Annexe III : le nombre de plante par m²

Mètre carrée	Parcelle pluvial (P1)	Parcelle prévu a irrigué (P2)
1	378	354
2	232	290
3	344	285
Moyenne	318	309

Annexe IV : la longueur de plante durant les stades floraison et grains laiteux

M ²	La longueur de la plante (cm)		La longueur de la plante (cm)	
	Stade de floraison		Stade grain laiteux	
	P1	P2	P1	P2
1	88.63	83.76	91.6	91.4
2	84.26	84.93	88.8	92.4
3	84.66	84	87.2	92.1
Moyenne	85.85	84.23	89.2	91.96

Annexe V : la longueur de l'épi durant les stades floraison et grain laiteux

M ²	La longueur d'épi (cm)		Longueur d'épi (cm)	
	Stade floraison		Stade grain laiteux	
	P1	P2	P1	P2
1	6.4	7.31	7	6.5
2	6.6	7.01	6.55	7.5
3	6.7	7.15	6.8	7.55
moyenne	6.56	7.15	6.78	7.18

Annexe VI : Nombre de grain par épi au stade floraison.

M ²	P1	P2
1	49.9	47
2	44.5	54.6
3	53.2	52.5
Moyenne	49	51

Annexe VII : l'effet de l'irrigation sur les caractères morphologiques et agronomique

M ²	Longueur de la plante (en cm)		Longueur d'épi (en cm)		Nombre de grain par épi	
	Pluvial	Irrigué	Pluvial	irrigué	Pluvial	Irrigué
1	69.8	77.6	5.9	6.88	49	57
2	69.4	75.3	5.8	6.85	52	55
3	68.4	76.3	5.7	6.83	50	56
Moyenne	69.2	76.4	5.8	6.85	50	56

Annexe VIII : effet de l'irrigation sur le nombre de grain par épi et le poids de grain

	Nombre de grain par épi	Poids des graines
Parcelle pluvial	46	2.2
Parcelle irrigué	56	3.45

Annexe IX : les résultats des analyses biochimiques

Teste	BDP	BDI	Les normes
Humidité (g/100g)	11.09	11.61	10-14.5
1000 graines	43.11	44.08	33.5-54.75

Annexe X: Effet de l'irrigation d'appoint sur le rendement de blé durant la campagne 2020/2021 (source DSA).

Commune	Localité (ferme)	Superficie a mene en irrigué (ha)	Mode d'irrigation	Superficie irrigue mois de mai	Rendement (qx/ha)
Tazmalt	Hamimi	20	Aspersion	20	32
Tazmalt	Hamimi	10	Aspersion	10	32
El kseur	Ammzal	30	-	-	28
El kseur	Benyoub	10	-	-	27

Résume :

Le manque de pluies durant certains mois se répercute négativement sur le rendement global du blé, il suffit de combler ce manque par l'apport des irrigations d'appoint pour pallier aux besoins et avoir un meilleur rendement.

L'étude qu'on a menée à comme objectif principal de montrer l'effet de l'irrigation d'appoint sur la culture du blé dur (*triticum durum desf*) conduite sous deux régimes différents à savoir le pluvial et la conduite en irrigué et ce afin d'améliorer les rendements céréaliers de la culture.

Notre étude s'est basée sur la mesure des paramètres morphologiques (longueur de plante, longueur de l'épi), et agronomiques (le nombre de grain par épi, le poids de mille grains) au cours des différentes stades de croissance (floraison, grains laiteux, remplissage des grains) de la culture.

Les résultats obtenus affirment que la pratique de l'irrigation d'appoint au stade remplissage du grain améliore nettement les rendements.

Mots clé : blé dur, irrigation d'appoint, pluvial, rendement, stade de croissance

Abstract :

The lack of rains during certain months affects negatively on the wheat yield. To fill this lack and cover the needs, it is enough to refer to supplement irrigation.

The main objective of the study is to show the effects of supplement irrigation on the wheat cultivation of (Durum wheat) conducted under two different regimes, pluvial and irrigated driving in order to improve the cereal yields crop.

Our study was based on the measurement of morphological parameters (plant length, length of the ear), and agronomic (the number of grains per ear, the weight of a thousand grains) during the different stages of growth (lowering milky grains, grain filling) of the culture.

The results obtained confirm that the practice of supplemental irrigation at the grain filling stage clearly improves yields.

Key-words : Durum wheat, supplemental irrigation, rainfed, yield, growth stage.

المخلص : إن قلة الأمطار خلال أشهر معينة لها انعكاسات سلبية على محصول القمح الصلب، فمن الضروري سد هذا النقص من خلال توفير الري التكميلي لتلبية الاحتياجات و الحصول على محصول أفضل. الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو إظهار مدى تأثير الري التكميلي على زراعة القمح الصلب تحت نظامين مختلفين المطري و الري التكميلي ، من أجل تحسين إنتاجية الحبوب. استندت دراستنا على قياس التغيرات المرفولوجية (طول النبتة، طول السنبل)، والزراعية (عدد الحبوب في كل سنبل، وزن ألف حبة) خلال مراحل النمو المختلفة (الإزهار، الحبة الحليبية، و مرحلة ملء الحبوب) من محصول القمح. تؤكد التي تم الحصول عليها ممارسة الري التكميلي في مرحلة ملء الحبوب تحسين المردودية بشكل واضح.