

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE D'ABBES LAGHROUR-KHENCHELA



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

Master académique

Filière : Biologie

Option : Biotechnologie végétale

Thème

**EFFET DE DIFFERENTES DOSES D'UREE 46 % SUR LES
PERFORMANCES DE PRODUCTION DU BLE DUR
(*Triticum durum* desf.)**

Présenté et soutenu par : MOKDAD Abdelghafour

Devant le jury composé de :

Président: KADI. Kenza-MCA Université ABBES LAGHROUR-KHENCHELA

Examineur : HARRAT. Naassa-MAA Université ABBES LAGHROUR-KHENCHELA

promoteur : BENCHELALI. Soumia-MAA Université ABBES LAGHROUR-KHENCHELA

Année universitaire : 2017/2018

REMERCIEMENTS

*Louanges à Dieu le tout puissant et le miséricordieux qui a guidé mes pas vers
Cette issue.*

*Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à ma promotrice Mlle
BENCHÉLALI. Soumia qui a accepté avec toute modestie de
M'encadrer, m'orienter et me conseiller*

*Mes vifs remerciements les plus chaleureux vont également adresser aux membres
du jury*

*Mme Kadi. kenza, présidente du jury et Mme HARRATH. Naassa,
examinatrice du travail Pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon recherche en
acceptant d'examiner mon travail Et de l'enrichir par leurs remarques et leurs
propositions.*

*Je remercie également le groupe des administrateurs et des agriculteurs de la
pépinière d'E.R.G.R. de kais-Khenchela qui ont accepté de me donner un peu de
leur précieux temps pour m'aider.*

*Je clos enfin ces remerciements en dédiant ce modeste travail de Master à mes
parents et Particulièrement à ma défunte Mère.*

DEDICACE

*À mes chères parents, qui sont toujours près de moi,
m'encouragent, me conseillent, avec tous les moyens, aucun mot,
ne peut exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que
vous n'avez pas cessée de me donner depuis ma naissance, merci
que dieu vous garde et vous protège.*

A mes chères frères walid , achref et khlifa , samir et lokmane

A mes chères sœurs amal , chams el houda et nadjwa ,saloua

*A mes très chers amis ramzi , bilal et bibou ,aymen et youcef
Djihane , souad et sakina , amina et imane , ilham*

Mon binôme nadjjete

TABLE DES MATIERES

<i>REMERCIEMENTS</i>	I
<i>DEDICACE</i>	II
Liste des abréviations.....	VII
Liste des figures.....	VIII
Liste des tableaux.....	IX
Liste des annexes.....	X
Introduction.....	1

Partie bibliographique

Chapitre I : La culture du blé dur : généralités et importance

1. Le blé dur : Historique, origine et classification.....	2
1.1. Historique.....	2
1.2. Origine et classification.....	3
2. Importance de la culture du blé dur dans le monde et en Algérie.....	4
2.1. Dans le monde.....	4
2.2. En Algérie.....	4
3. Généralités sur la culture de blé.....	5
3.1. Description générale de la plante.....	5
3.2. Le cycle de développement du blé.....	6
3.2.1. La période végétative.....	6
3.2.1.1. La phase germination – levée :.....	6
3.2.1.2. La phase levée – tallage :.....	6
3.2.2. La période reproductrice.....	7
3.2.2.1. La phase montaison – gonflement :.....	7
3.2.2.2. La phase épiaison – floraison :.....	7
3.2.3. La période de formation et de maturation du grain.....	7
3.2.3.1. Grossissement du grain :.....	7
3.2.3.2. Maturation du grain :.....	8
4. Exigences physiologiques du blé.....	9
4.1. Exigences pédoclimatiques.....	9
4.1.1. La température.....	9
4.1.2. La lumière.....	9
4.1.3. L'eau.....	9
4.1.4. Le sol.....	9

5. Les contraintes de la production du blé dur en Algérie.....	10
5.1. Les contraintes climatiques	10
5.2. Les contraintes techniques	10

Chapitre II : La nutrition et la fertilisation azotée du blé dur

1. La nutrition azotée du blé dur	12
1.1. Importance et rôle de l'azote dans le végétal	12
1.2. Dynamique de l'azote dans le système sol-plante.....	13
1.3. L'absorption et l'assimilation de l'azote par le blé.....	14
1.4. Les besoins en azote du blé	15
2. La fertilisation azotée du blé dur.....	16
2.1. Les engrais azotés.....	16
2.2. Devenir de l'azote minéral apporté par les engrais	16
2.3. Influence de la fertilisation azoté sur le rendement et la qualité du blé	17
2.3.1. Effet de l'azote sur le rendement.....	17
2.3.2. Effet de l'azote sur la qualité.....	17
2.4. Raisonnement de la fertilisation azotée.....	18

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et Méthodes

1. Objectif de l'expérimentation.....	20
2. Localisation et caractéristiques du site expérimental	20
2.1. Localisation	20
2.2. Analyse du sol	21
2.2.1. Mesure du pH.....	21
2.2.2. Mesure de la conductivité électrique.....	21
2.2.3. Dosage du calcaire	21
2.2.4. Dosage de l'azote total.....	21
2.2.6. La matière organique du sol	21
3. Matériel végétal.....	21
4. Dispositif expérimental	23
5. Mise en place et conduite de l'essai	24
5.1. Préparation des pots	24
5.2. Semis	25
5.3. Entretien et suivi.....	26
6. Application des traitements et l'apport de l'azote.....	27
7. Les paramètres étudiés	27

7.1. Les paramètres morfo-agronomiques	27
7.1.1. Nombre de plants levés/pot	27
7.1.2. Nombre de talles/ pot	28
7.1.3. Hauteur de la végétation (cm)	28
7.1.4. Surface foliaire (cm).....	28
7.2. Les paramètres physiologiques et biochimiques	28
7.2.1. Mesure du taux de chlorophylle par le lecteur de chlorophylle SPAD 502.....	28
7.2.2. Dosage des pigments chlorophylliens	29
7.2.3. Détermination des paramètres de la fluorescence par le fluorimètre OS-30P	30
7.2.4. Dosage de l'azote total par la méthode de KJELDAHL.....	31
8. Étude statistique	31

Chapitre II : Résultats et discussion

1. Résultats de l'analyse du sol	32
2. Les paramètres morfo-agronomique.....	33
2.1. La hauteur (cm)	34
2.1.1. Effet variété	34
2.1.2. Effet dose.....	35
2.2. Le nombre de plants levés/pot.....	36
2.2.1. Effet variété	36
2.2.2. Effet dose.....	37
2.3. Le nombre de talles/pot	37
2.3.1. Effet variété	37
2.3.2. Effet dose.....	37
2.4. Surface foliaire	39
2.4.1. Effet variété	39
2.4.2. Effet dose.....	40
2.5. Le nombre d'épis /pot	41
2.5.1. Effet variété	41
2.5.2. Effet dose.....	42
3. Paramètres physiologique et biochimique.....	43
3.1. Dosage des pigments chlorophylliens	43
3.1.1. Effet variété	43
3.1.2. Effet dose.....	44
3.2. Mesure du taux de chlorophylle par le lecteur de chlorophylle SPAD 502.....	44
3.2.1. Effet variété	44

3.2.2. Effet dose.....	44
3.3. Détermination des paramètres de la fluorescence par le fluorimètre OS-30P	45
3.3.1. Effet variété	45
3.3.2. Effet dose.....	45
3.4. Dosage de l'azote total par la méthode de KJELDAHL.....	45
3.4.1. Effet variété	45
3.4.2. Effet dose.....	45
CONCLUSION.....	47
Références bibliographiques	49
Annexes	62
Résumé	79

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ERGR	Entreprise Régionale du Génie Rural
FAO	Food and Agriculture Organisation
FS	Fourniture du Sol
INRA	L'Institut National de La Recherche Agronomique
ITCF	Institut Technique des Céréales et des Fourrages
MBB	Mohamed Ben Bachir
MT	Millions de Tonnes
N	Azote
PH	Potentiel Hydrogène
PMG	Poids de mille grains
USDA	United States Département of Agriculture
LSD	Least significant difference method)

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Origine géographique du blé. (FEILLET et <i>al.</i> , 2008).....	2
Figure 2: Origine génétique des blés cultivés (blé dur) (MOUELLEF, 2010)	3
Figure 3 : Morphologie de la plante, de l'épi et des fleurs de blé. (SOLTNER, 1998).	6
Figure 4 : Cycle de développement de Blé d'après HENRY et DE BUYSER (2000).	8
Figure 5 : Cycle de l'azote dans le sol. (BARROIN et <i>al.</i> ,1997 in LEMAIRE et NICOLARDOT, 1997).....	14
Figure 6 : Localisation de la pépinière d'E.R.G.R-AURES-Kais-Khenchela	20
Figure 7 : Les huit (8) variétés de blé dur étudiées	23
Figure 8 : Schéma du dispositif expérimental utilisé	24
Figure 9 : Préparation des pots pour le semis.....	25
Figure 10 : Vue générale de l'essai sous la serre galvanisée	26
Figure 11 : Vue générale de l'essai en plein champ.....	26
Figure 12 : Méthode de mesure par le SPAD502.....	29
Figure 13 : Mesure des paramètres de fluorescence par le fluorimètre OS-30P.....	31
Figure 14 : Les valeurs de la hauteur chez les 08 variétés	34
Figure 15: L'effet des quatre doses étudiées sur la hauteur moyenne des huit variétés.	35
Figure 16 : Le nombre de plants levés/pot chez les différentes variétés étudiées.....	36
Figure 17 : Le nombre de talles/pot chez les huit variétés	38
Figure 18: L'effet des quatre doses étudiées sur le nombre de talles/pot des huit variétés.	38
Figure 19: Surface foliaire chez les 08 variétés étudiées (cm).....	39
Figure 20: Effet des quatre doses d'azote étudiées sur les valeurs de surface foliaire (cm).	40
Figure 21: Le nombre d'épi par pot chez les variétés étudiées.	41
Figure 22: Effet des quatre doses d'azote étudiées sur le nombre d'épis par pot.	42
Figure 23 : Effet des quatre doses d'azote étudiées sur les valeurs de SPAD.	44
Figure 24 : Quantité d'azote total absorbée chez les trois premières variétés étudiées.	46
Figure 25 : Effet des quatre doses d'azote étudiées sur la quantité d'azote absorbée au stade floraison.....	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des variétés de blé dur étudiées.	22
Tableau 2 : calcul de densité de semis dans les pots	25
Tableau 3 : Les quantités d'azote apportées pour chaque dose et pour chaque stade.	27
Tableau 6 : Caractéristiques physico-chimiques du sol du substrat préparé.....	32
Tableau 4 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance des paramètres morpho agronomiques.	33
Tableau 5: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance des paramètres physiologiques et biochimiques.	43

LISTE DES ANNEXES

annexes 1: Normes d'interprétation du taux de pH eau.	62
annexes 2: Normes d'interprétation de la conductivité électrique du sol.	62
annexes 3: Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol.	62
annexes 4: Normes d'interprétation pour l'azote (CALVET ET VELLEMIN, 1986).....	62
annexes 5: Méthode de dosage de l'azote total par la méthode Kjeldahl (1838)	63
annexes 6 :valeurs des variances par (SAS 9.1.3) des paramètres morpho agronomique chez les variétés et les doses étudiée.....	64
annexes 7 : Analyse de comparisent des moyenne par (SAS 9.1.3) des des paramètres morpho agronomique chez les doses et les variétés	66
annexes 8 : Valeurs des variances par (SAS 9.1.3) des paramètres physiologiques chez les doses et les variétés	71
annexes 9 : Analyse de comparisent des moyenne par (SAS 9.1.3) des des paramètres physiologiques chez les doses et les variétés	74

INTRODUCTION

Depuis l'antiquité, les céréales ont constitué l'aliment principal dans la ration alimentaire de l'Algérie, cette constance du modèle de consommation dominant, s'explique par les traditions alimentaires et les habitudes de consommation. (CHEHAT, 2005).

Le blé dur parmi les céréales qui possèdent une grande importance économique pour l'humanité car elle constitue l'une des principales denrées alimentaires chez l'être humain. Elle est caractérisée par une diversité d'utilisation alimentaire. En Algérie, le blé dur occupe une place privilégiée dans les traditions alimentaires des populations. Cependant cette culture est confrontée à différentes contraintes dans sa production. Les rendements du blé dur en Algérie sont généralement faibles pour différentes raisons. Ces raisons sont dues principalement aux conditions climatiques défavorables mais aussi à des techniques culturales inadéquates.

Quant on s'intéresse aux techniques culturales, il convient d'évoquer l'élément clé pour l'élaboration des rendements en blé, telle la fertilisation azotée qui nécessite actuellement une gestion plus stricte, qui repose sur la stratégie d'adapter les apports aux besoins de la culture durant ses différents stades de développement (FERTAS, 2007).

La fertilisation raisonnée reste à l'heure actuelle le moyen le plus efficace pour l'obtention d'une productivité optimale. De ce fait, avec l'intensification des cultures, il est impératif de raisonner convenablement les apports d'engrais minéraux pour améliorer les rendements et réduire le risque de pollution des eaux souterraines.

C'est dans ce contexte, nous essayons d'étudier l'effet de différentes doses d'azote (Urée 46%) sur les performances de production du blé dur.

Pour arriver à ce but nous présenterons dans une première partie, l'état des connaissances actuelles sur le fonctionnement du blé en conditions de nutrition azotée variables, durant ses différents stades de développement. La partie matériels et méthodes décrit le dispositif expérimental et les différentes mesures réalisées à fin de répondre à l'objectif du travail déjà cité. La partie résultats et discussions permet d'analyser l'effet des différentes doses azotées sur les performances de production du blé dur.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : LA CULTURE DU BLE DUR : GENERALITES ET IMPORTANCE

1. LE BLE DUR : HISTORIQUE, ORIGINE ET CLASSIFICATION

1.1. HISTORIQUE

Le blé est la principale ressource alimentaire de l'humanité : il assure 15% de ses besoins énergétiques. (FEILLET, 2000). La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ dans la région du croissant fertile. (FELDMAN, 2001)

La saga du blé accompagne celle de l'homme et de l'agriculture; sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans. La plus ancienne culture semble être le blé dur dans le croissant fertile de la Mésopotamie. (FEILLET, 2000). C'est à partir de cette zone que les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe. La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb fut à partir de la péninsule Italienne et de la Sicile. (BONJEAN, 2001 in BOULAL et al., 2007).

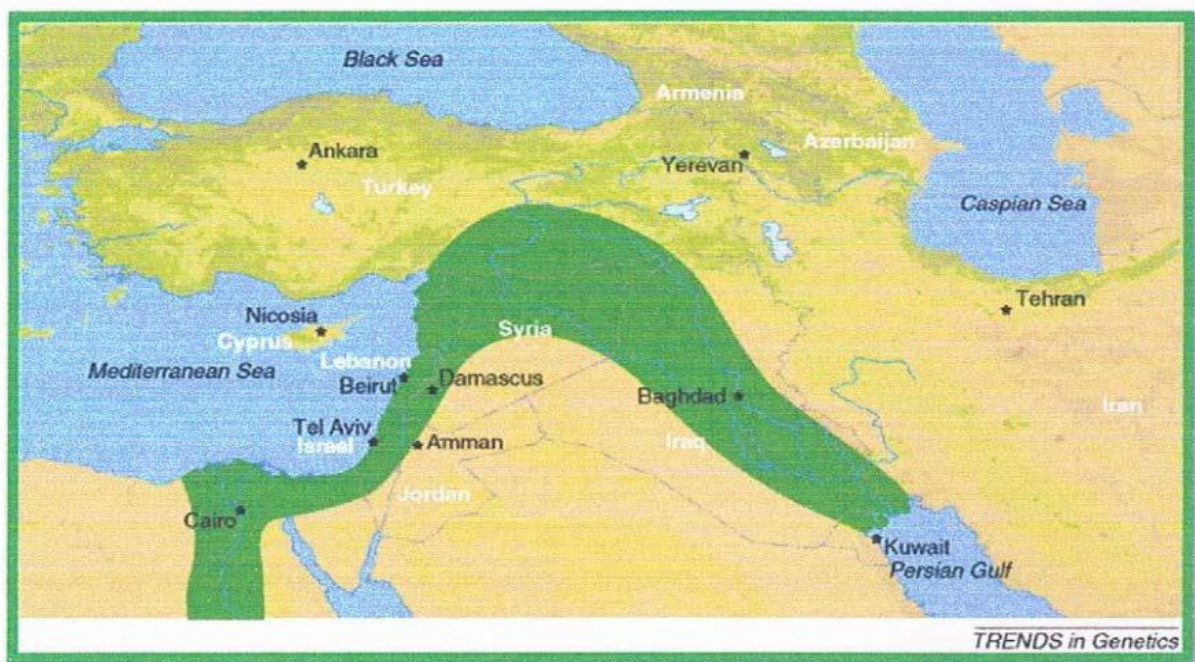


Figure 1 : Origine géographique du blé. (FEILLET et al., 2008).

ÇA1.2. ORIGINE ET CLASSIFICATION

Le blé est une plante herbacée annuelle, cultivée pour son grain dont on tire une farine pour faire notamment le pain et les pâtes alimentaires. Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. (LE PETIT LAROUSSE, 2010); (FEILLET, 2000).

Le genre *Triticum*, se subdivise, en fonction du niveau de ploïdie, en trois groupes: diploïde, tétraploïde et hexaploïde, avec respectivement 14, 28 et 42 chromosomes. (SAKAMURA., 1918; HARLAN., 1975). Le génome de ce genre est organisé en une série basique de 7 chromosomes ($X = 7$ chromosomes), qui au cours de l'évolution, a gardé une certaine homologie, malgré la spéciation chez la famille des *Poaceae*. (AHN et al., 1993). Génétiquement, le blé dur est allo tétraploïde (deux génomes: AABB), comptant au total 28 chromosomes ($2n = 4x = 28$), résulte d'une hybridation interspécifique successive. Le croisement entre *Triticum urartu* (AA) et une espèce proche d'*Aegilops speltoides* (BB) a donné *Triticum turgidum*, lequel a conduit à la naissance de *Triticum turgidum ssp durum* qui est le blé dur (Figure 01). (ADRA, 2010).

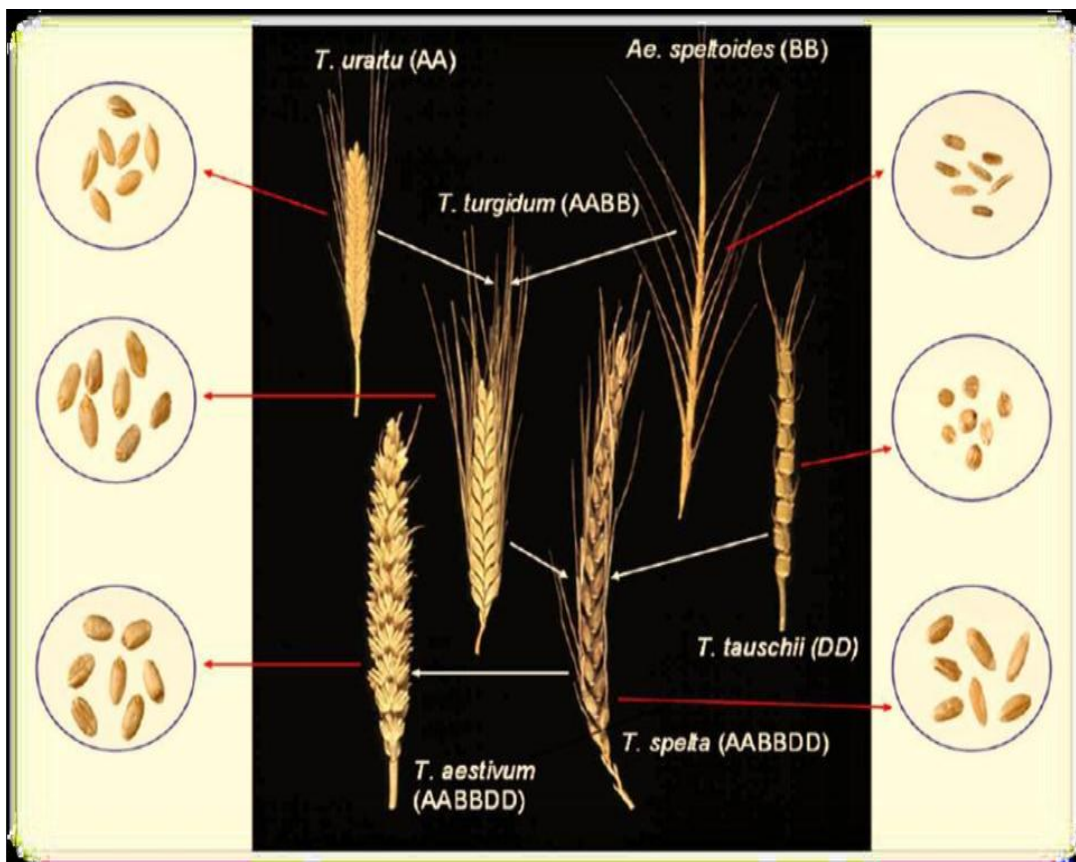


Figure 2: Origine génétique des blés cultivés (blé dur) (MOUELLEF, 2010)

D'après la classification de BONJEAN et PICARD (1990), le blé dur est une monocotylédone classé comme suit :

- Nom scientifique..... *Triticum durum*
- Règne.....végétale
- Embranchement..... Spermaphytes
- Sous-embranchement.....Angiospermes
- Classe.....Monocotylédones
- Ordre..... Poales
- Famille.....Graminées (graminacées) ou (Poacées)
- Genre.....Triticum sp.
- Espèce :*Triticum durum* Desf

2. IMPORTANCE DE LA CULTURE DU BLE DUR DANS LE MONDE ET EN ALGERIE

2.1. DANS LE MONDE

Aujourd'hui le blé est la seconde céréale la plus produite dans le monde et représente 33% de la production céréalière totale, derrière le maïs (46%) et devant le riz blanchi (21%), (USDA, 2016). Au cours de la campagne 2014/2015, une production record a été réalisée avec 730 millions de tonnes (Mt) produites, entraînant une augmentation du stock mondial estimé aujourd'hui à 200 Mt. La France représente environ 6,2% de la production mondiale de blé et se situe à la première place des producteurs au niveau européen et à la 5^{ème} place au niveau mondial, les premiers étant la Chine, l'Inde, les Etats-Unis et la Russie Les principaux exportateurs de céréales sont l'Argentine, l'Australie, le Canada, les États-Unis et l'Union européenne; les principaux exportateurs de riz sont les États-Unis, l'Inde, le Pakistan, la Thaïlande et le Viet Nam. L'écoulement désigne l'utilisation sur le marché intérieur plus les exportations relatives à une campagne donnée. (F.A.O, 2016)

2.2. EN ALGERIE

Le blé étant le produit de consommation de base, les habitants des pays arabes sont les plus gros consommateurs de cette denrée au monde notamment l'Algérie avec près de 600 grammes par personne et par jour. (ABIS, 2012).

Selon RASTOIN et BENABDERRAZIK (2014), la production de blé se répartit entre blé dur (70 % en 2012) et blé tendre (30%), avec une importante variabilité interannuelle. Le blé dur reste ainsi la céréale prépondérante et demeure la base de l'alimentation en Algérie

(semoule, principalement, et pâtes). On observe cependant une progression rapide du blé tendre (pain, biscuiterie, pâtisserie) avec l'occidentalisation du modèle de consommation.

Généralement bien adapté aux conditions agro-climatiques locales, la production du blé dur progresse au même rythme que celle du blé tendre atteignant les 19 millions de quintaux entre 2008 et 2012 contre 8 millions de quintaux pour le blé tendre (FAOSTAT, 2013 in RASTOIN et BENABDERRAZIK, 2014).

L'écart important entre le niveau actuel de la consommation et celui de la production nationale conduit l'Algérie à importer de grosses quantités de céréales notamment le blé avec 68% des importations. Sur ce total, les importations du blé tendre sont régulièrement plus importantes que ceux du blé dur du fait de l'évolution de la consommation et de la collecte localement. (RASTOIN et BENABDERRAZIK, 2014).

3. GENERALITES SUR LA CULTURE DE BLE

3.1. DESCRIPTION GENERALE DE LA PLANTE

Le blé est une plante herbacée annuelle, à système de reproduction autogame et cléistogame : elle se reproduit par autofécondation et sans ouverture de la fleur (SOLTNER, 1998).. Son appareil végétatif comprend :

Un système racinaire formé de racines séminales produites par la plantule durant la levée et des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante constituant ainsi le système racinaire permanent. (ACIA., 2006; HAMADACHE., 2001).

Un système aérien formé d'une tige creuse ou chaume dont les entre-nœuds ne se sont allongés qu'à la montaison et portant des feuilles alternes et distiques et composées de quatre parties : gaine, limbe à nervures parallèles, stipules et ligules .(SOLTNER, 2005).

L'inflorescence est un épi formé de deux rangées d'épillets situés de part et d'autre du rachis. Chaque épillet est une petite grappe d'une à cinq fleurs dont trois à quatre sont fertiles, enveloppées chacune par deux glumelles (supérieure et inférieure) et comportant typiquement trois étamines et un ovaire à un seul carpelle. (ACIA, 2006; BOULAL et *al.*, 2007). Le fruit est un caryopse nu ou fruit sec indéhiscents dont les parois sont soudées à celles de la graine .(SOLTNER, 2005).

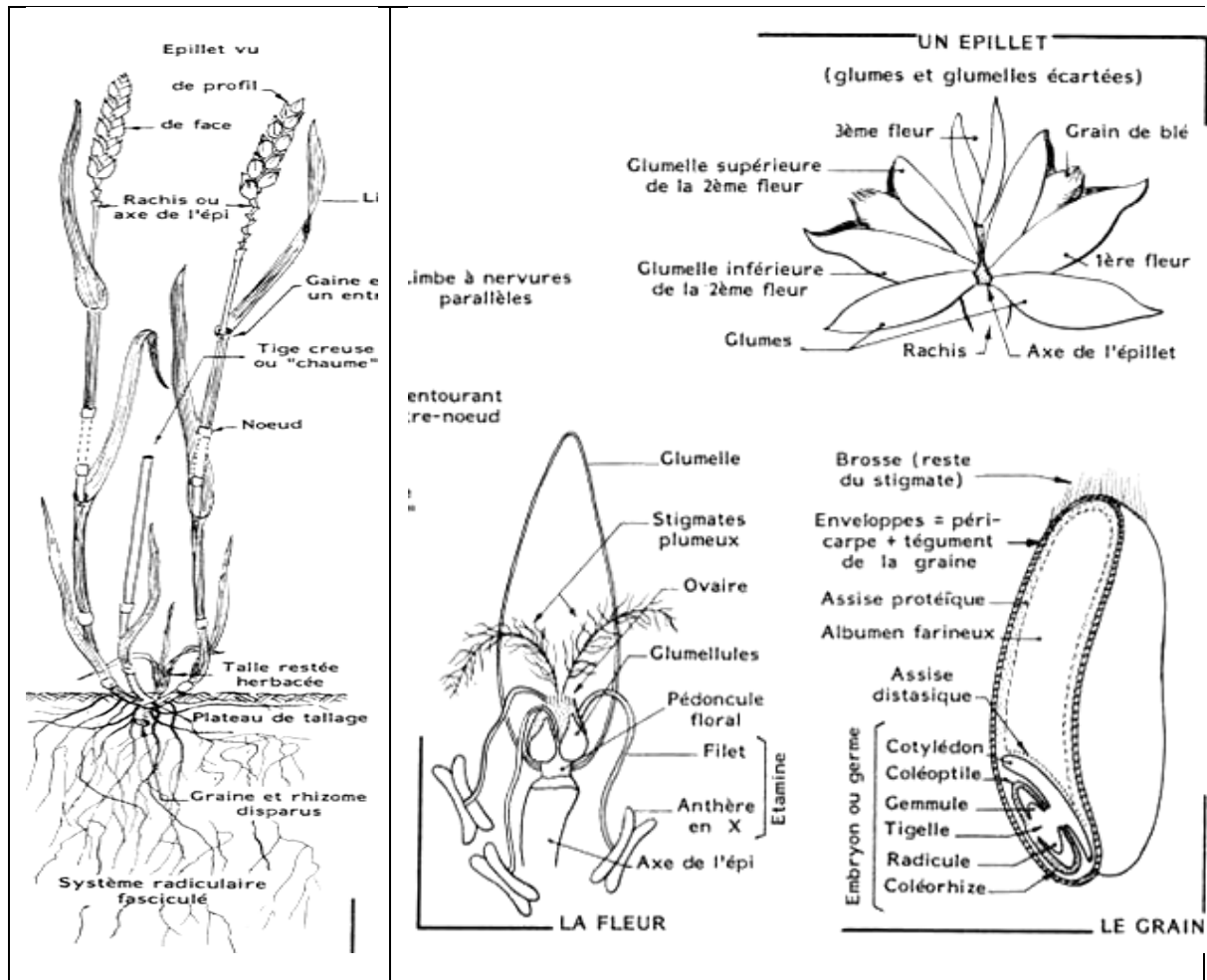


Figure 3 : Morphologie de la plante, de l'épi et des fleurs de blé. (SOLTNER, 1998).

3.2. LE CYCLE DE DEVELOPPEMENT DU BLE

Le cycle biologique du blé est une succession de périodes subdivisées en phases et/ou en stades.

3.2.1. LA PERIODE VEGETATIVE

Elle se caractérise par un développement strictement herbacé et s'étend du semis jusqu'à fin tallage. Elle se divise en deux phases :

3.2.1.1. LA PHASE GERMINATION – LEVEE : La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et de la coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol. Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles. (GATE, 1995).

3.2.1.2. LA PHASE LEVEE – TALLAGE : La production de talles commence à l'issue du développement de la troisième feuille. (MOULE, 1971).

L'apparition de ces talles se fait à un rythme régulier à celui de l'émission des feuilles. A partir des bourgeons situés à l'aisselle des talles primaires initiées à la base du brin maître, les talles secondaires peuvent apparaître et être susceptibles d'émettre des talles tertiaires. Le nombre de talles produites dépend de la variété, du climat, de l'alimentation minérale et hydrique de la plante, ainsi que de la densité de semis. (MASLE-MEYNARD, 1980). La fin du tallage représente la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds. (GATE, 1995).

3.2.2. LA PERIODE REPRODUCTRICE

3.2.2.1. LA PHASE MONTAISON – GONFLEMENT : La montaison débute à la fin du tallage, elle est caractérisée par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales. A cette phase, un certain nombre de talles herbacées commence à régresser alors que, d'autres se trouvent couronnées par des épis. Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus. (CLEMENT-GRANCOURT et PRATS, 1971).

La montaison s'achève à la fin de l'émission de la dernière feuille et des manifestations du gonflement que provoquent les épis dans la gaine.

3.2.2.2. LA PHASE EPIAISON – FLORAISON : Elle est marquée par la méiose pollinique et l'éclatement de la gaine avec l'émergence de l'épi. C'est au cours de cette phase que s'achève la formation des organes floraux (l'anthèse) et s'effectue la fécondation. Cette phase est atteinte quand 50 % des épis sont à moitié sortis de la gaine de la dernière feuille GATE (1995).

Elle correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influencent le nombre final de grains par épi. (MASLE-MEYNARD, 1980).

3.2.3. LA PERIODE DE FORMATION ET DE MATURATION DU GRAIN

3.2.3.1. GROSSISSEMENT DU GRAIN : Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Au début, le grain s'organise, les cellules se multiplient. Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de 3/4 de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aériennes diminue

progressivement. Seulement 10% à 15% de l'amidon du grain peut provenir de réserves antérieures à la floraison. (BOULELOUAH, 2002). A l'issue de cette phase, 40 à 50 % des réserves se sont accumulées dans le grain qui, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore vert et mou, c'est le stade «grain laiteux ». L'autre partie des réserves se trouve encore dans les tiges et les feuilles qui commencent à jaunir. Les réserves du grain proviennent en faible partie de la photosynthèse nette qui persiste dans les dernières feuilles vertes. Chez les variétés tardives, cette quantité est de 12 % contre 25 % chez les précoces. La majeure partie des réserves accumulées vient des tiges et les feuilles jaunissantes, mais non encore desséchées. (BOULELOUAH, 2002).

3.2.3.2. MATURATION DU GRAIN : La phase de maturation succède au stade pâteux (45 % d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades. (GATE, 1995).

Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau qu'il contient (GATE, 1995).

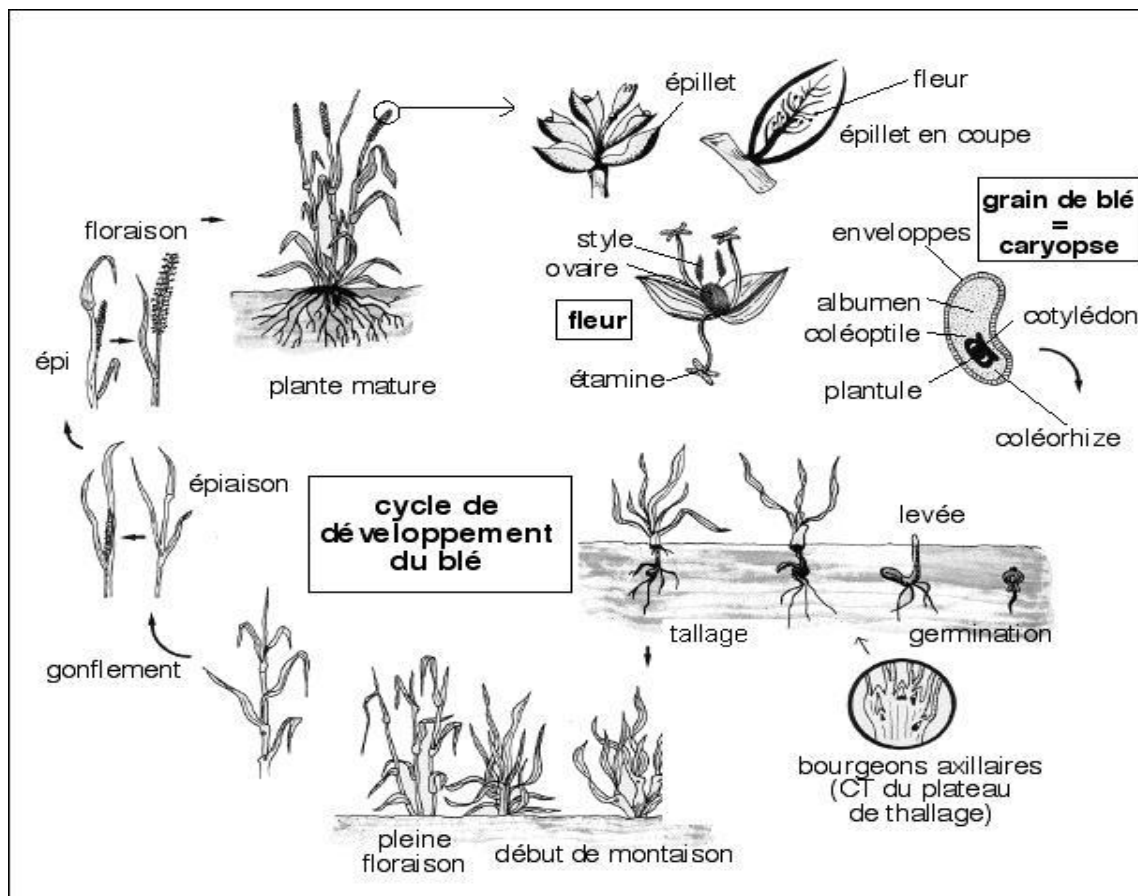


Figure 4 : Cycle de développement de Blé d'après HENRY et DE BUYSER (2000).

4. EXIGENCES PHYSIOLOGIQUES DU BLE

Un bon comportement de la culture durant tout son cycle de développement exige la réunion de certains facteurs qui conduisent à l'observation d'un meilleur rendement et parmi les exigences on peut citer :

4.1. EXIGENCES PEDOCLIMATIQUES

4.1.1. LA TEMPERATURE

La température est l'un des facteurs importants pour la nitrification et l'activité végétative du blé. Une température supérieure à 0° (zéro de végétation du blé) est exigée pour la germination des céréales. Cependant l'optimum se situe entre 20°C et 22°C (SOLTNER, 1988).

4.1.2. LA LUMIERE

La lumière est la source d'énergie qui permet à la plante de décomposer le CO₂ atmosphérique pour en assimiler le carbone et réaliser la photosynthèse des glucides. La lumière est donc un facteur climatique essentiel et nécessaire pour la photosynthèse. En effet, un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement. Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la floraison et le développement des plantes. (NEDJAH, 2015.)

4.1.3. L'EAU

L'eau constitue le véhicule des éléments nutritifs et avec lequel s'effectuent les différentes réactions métaboliques, ce qui le rend par conséquent indispensable pour le développement et la croissance de la plante. D'après MOULE (1980), pour assurer un rendement intéressant le blé a besoin de 550 à 600 mm de pluie, selon le climat et la longueur du cycle végétatif.

4.1.4. LE SOL

Le blé dur préfère les sols limoneux, argilo-siliceux à cause de son système racinaire fasciculé (PRAIT et CLEMENT, 1971; SOLTNER, 2005) détermine trois caractéristiques pour une bonne terre à blés :

1- une texture fine, limono-argileuse, qui assurera aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, et partant une bonne nutrition.

2- une structure stable, qui résiste à la dégradation par les pluies d'hiver. Le blé n'y souffrira pas d'asphyxie et la nitrification sera bonne au printemps.

3- une bonne profondeur, et une richesse suffisantes en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux gros rendements.

5. LES CONTRAINTES DE LA PRODUCTION DU BLE DUR EN ALGERIE

5.1. LES CONTRAINTES CLIMATIQUES

Le blé dur est cultivé, dans le bassin méditerranéen, sous conditions environnementales stressantes et variables. Le climat méditerranéen se caractérise par deux saisons qui se succèdent, l'une froide (octobre-février), brève, et relativement pluvieuse, et l'autre longue (mars-septembre), chaude et sèche. Les stress hydrique et thermique (gel et hautes températures) affectent ainsi le développement de la céréale tout au long de son cycle de développement (BOUZERZOUR et MONNEVEUX, 1992).

Les hautes températures affectent le développement de la plante en réduisant la surface foliaire active. En effet, la chlorophylle se dégrade, l'activité de la photosynthèse est réduite, par suite du dessèchement du couvert végétal. (YANG *et al.*, 2001).

D'autre part, l'altitude et un climat de type méditerranéen imposent un hiver très froid et pluvieux, le froid hivernal limite la croissance au moment où l'eau est disponible et allonge le cycle de la plante pour l'exposer à la sécheresse du début de l'été (CHENAFFI *et al.*, 2006).

La culture de blé dur exige un total pluviométrique au dessus de 450 mm, pour une croissance sans stress hydrique. Une bonne répartition de cette pluviométrie, tout le long du cycle, serait de 350 mm du semis au stade gonflement et 150 mm du stade gonflement à la maturité physiologique. (CHENAFFI *et al.*, 2006).

5.2. LES CONTRAINTES TECHNIQUES

Les contraintes au bon développement sont nombreuses, ainsi l'adoption d'un itinéraire technique adéquat permet l'obtention d'un rendement appréciable. Une mauvaise application des techniques culturales, un semis en dehors des délais techniques et l'absence de lutte contre les mauvaises herbes provoquent une profonde dégradation du milieu correspondant à un appauvrissement excessif des sols et une baisse continue des revenus agricoles. Les sols céréaliers sont pauvres, 60 % des superficies situées sur des terres peu productives. Les efforts d'intensification deviennent très difficiles à cause de morcellement des terres.

La mauvaise pratique de l'agriculture dont la fertilité des sols est affectée par le travail intensif des sols, le faible retour organique et la faible activité biologique, n'aggravant ainsi la dégradation et l'érosion des sols, bien plus, les systèmes de production existant dans ces régions sensibles, sont handicapés par une monoculture de céréale, associée à l'élevage ovin.

Quoi que les engrais soient produits localement, leur utilisation reste inférieure aux normes d'intensification et varie selon les régions, les cultures et la taille de l'exploitation. Sachant qu'une fertilisation raisonnée permettrait non seulement une amélioration de la production, mais également une résistance à la sécheresse (DJAIDJA3).

CHAPITRE II : LA NUTRITION ET LA FERTILISATION AZOTEE DU BLE DUR

1. LA NUTRITION AZOTEE DU BLE DUR

La nutrition azotée est l'un des facteurs important affectant la quantité et la qualité des récoltes. L'utilisation rationnelle des engrais azotés permet l'obtention de hauts rendements surtout en céréaliculture. La nutrition azotée permet de conduire la croissance, le développement et le fonctionnement du blé de la façon à maximiser le niveau des récoltes et la qualité du grain pour un milieu donné. (KARROU, 2001).

1.1. IMPORTANCE ET ROLE DE L'AZOTE DANS LE VEGETAL

L'azote est essentiel à la croissance des plantes, son action positive sur les rendements des céréales fait de lui un facteur limitant quand les autres facteurs sont à leur optimum (eau, conditions climatique, nutrition minérale et techniques culturales). Les agronomes le considèrent comme le pivot de la fumure car son apport au sol peut augmenter sensiblement les rendements des cultures. (POUSSET, 2002; HARRAT, 2005).

D'après BELAID (1986), l'azote est un élément nécessaire à la multiplication cellulaire et au développement des organes végétatifs. Il joue un rôle prépondérant dans la synthèse des glucides et la constitution des réserves azotées ; et aussi dans la multiplication des chloroplastes, expliquant la couleur vert foncé après l'apport d'azote. De plus, il entre dans la composition des nucléoprotéines des noyaux des cellules, il est donc le facteur déterminant de la croissance des organes végétatifs. (SIMON et *al.*, 1989; HAMDI, 1994).

GHOUAR (2006) pense qu'une plante qui est approvisionnée suffisamment en azote se développe rapidement et donne beaucoup de feuilles et de tiges. Par contre, (SIMON et *al.*, 1989 ; GATE, 1995), notent qu'il y a des répercussions sur la plante lorsque l'azote se trouve en excès :

- Par l'augmentation du risque de verse du fait de l'élongation de l'état végétatif de la plante et la diminution du rapport C/N des premiers entre nœuds de la tige ;
- Par l'augmentation de la sensibilité à la sécheresse dans les situations à faibles disponibilités en eau, dans le sens où la production de la biomasse consécutive à l'azote absorbé, se traduit par une plus grande consommation d'eau ;
- Peut entraîner un retard de maturité : la période végétative va être allongée au détriment de la phase reproductrice ;
- Favoriser le développement des maladies cryptogamiques.

La carence en azote, au contraire, se traduit par une réduction de taille et teinte vert jaunâtre. Les végétaux prennent un port dressé. Les bourgeons se développent mal ou n'évoluent pas ; chez les céréales, la réduction du tallage est particulièrement nette. Les racines apparaissent très longues, peu ramifiées et blanches. La croissance des feuilles est réduite ; leur coloration est plus claire ; l'interception du rayonnement solaire diminue et par conséquent la photosynthèse aussi. (VILAIN, 1997; LEMAIRE et *al.*, 1997 in BOUHIDEL, 2006).

1.2. DYNAMIQUE DE L'AZOTE DANS LE SYSTEME SOL-PLANTE

CHRISTIAN et *al.*, (2005), montrent que dans la nature, l'azote est présent sous deux états : à l'état libre (N₂) dans l'atmosphère et à l'état combiné, sous forme minérale (ammoniacale et nitrique) ou organique.

L'azote du sol est présent sous forme organique, qui est la majeure partie de l'azote contenu dans le sol, avec une moyenne de 3 à 5 t/ha pour l'horizon labouré. (NICOLARDOT et *al.*, 1997) , et sous forme minérale qui ne représente, dans le sol, que quelques dizaines de kg/ha, en dehors des périodes d'apport d'engrais ou d'amendements organo-minéraux (NICOLARDOT et *al.*, 1997), et il prend trois états ioniques dans le sol: nitrique (NO₂⁺ ou azote nitreux), ammonium (NH₄ ou azote ammoniacal) et nitrate (NO₃⁻ ou azote nitrique) (LECLECH, 2010). Dans le sol l'azote gazeux est présent sous forme d'azote atmosphérique (N₂), de protoxyde d'azote (N₂O) et d'ammoniac (NH₃). (LECLECH, 2010). Ces différents états ne sont pas figés. Ils évoluent au sein d'un processus appelé 'cycle de l'azote' (Figure 5).

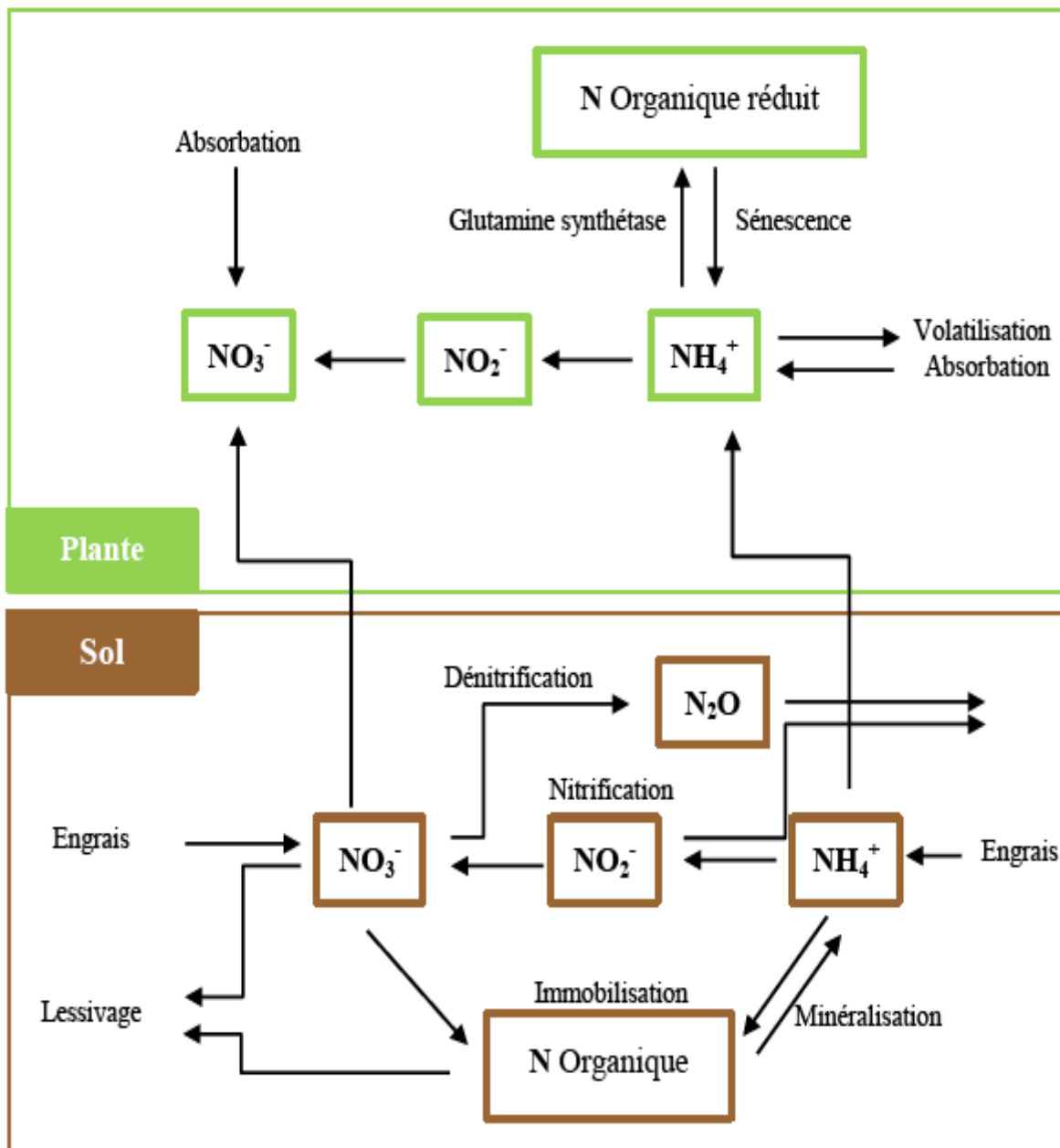


Figure 5 : Cycle de l'azote dans le sol. (LEMAIRE et NICOLARDOT, 1997).

1.3. L'ABSORPTION ET L'ASSIMILATION DE L'AZOTE PAR LE BLE

Le prélèvement de l'azote est extrêmement variable selon la saison, le moment de la saison, le site et la culture, même si la disponibilité de l'azote est suffisante. (LE MAIRE et GASTAL, 1997), Les racines du blé absorbent l'azote principalement sous formes minérale, aussi bien nitrique (NO_3^-) qu'ammoniacale (NH_4^+). (COMIFER, 2011; GATE, 1995). Pour être incorporé dans les structures organiques et assimilé, le nitrate doit d'abord être réduit en ammonium, cette réaction est catalysée au niveau des feuilles par les enzymes nitrate et nitrite réductases. (GATE, 1995; KHIARI, 2011).

Lorsque les besoins en azote de la plante sont peu importants, l'étape de réduction n'a pas lieu, et l'azote est alors stocké dans les vacuoles sous sa forme nitrique pour constituer un pool de réserve. (GATE, 1995; KHIARI, 2011). Le transport de l'azote vers les feuilles s'effectue par le transit vertical de la sève brute dans les vaisseaux du xylème. L'aspiration foliaire, créée par la transpiration est la cause principale de ce transit. (GATE, 1995). Contrairement au nitrate, l'ammonium et surtout son partenaire à l'équilibre, l'ammoniac, sont toxiques à faible concentration et requièrent la formation rapide d'acides aminés, glutamate, glutamine, aspartate, et asparagine, dans les racines pour leur désintoxication. (KHIARI, 2011).

1.4. LES BESOINS EN AZOTE DU BLE

Les besoins d'une culture en azote sont définis comme les quantités que celle-ci doit absorber à chaque instant (besoins instantanés) ou sur l'ensemble du cycle (besoins totaux) pour obtenir le rendement optimum et la meilleure qualité possible. En d'autres termes, c'est la quantité d'azote nécessaire permettant à une culture d'atteindre un objectif de croissance et de rendement. Les besoins en azote du blé sont très variables aux cours de son cycle biologique :

- Au cours de la première partie du tallage herbacé, les besoins sont faibles et peuvent être satisfaits par la minéralisation automnale. Un apport d'azote au semis est donc inutile (GATE, 1995).

- Par la suite, la température de l'air augmente progressivement, plus vite que celle du sol de sorte que la croissance de la plante s'accélère (les entre-nœuds s'allongent, la taille des feuilles augmente et les racines se développent), alors que la minéralisation n'a quasiment pas repris. L'azote minéral du sol a donc toutes les chances de ne pas satisfaire les besoins. Un apport d'engrais est par conséquent nécessaire à la sortie de l'hiver. (SIMOUN *et al.*, 1989).

- Au stade « épi 1 cm », les besoins deviennent importants, et bien que la plante bénéficie de la minéralisation printanière, celle-ci s'avère insuffisante. Un deuxième apport est donc indispensable pour ne pas pénaliser le rendement. Dans le cas de culture à très haut potentiel, où la dose à appliquer est très importante, elle peut être fractionnée en deux fois : les 2/3 au stade « épi 1 cm » et le reste entre les stades 2 nœuds et apparition de la dernière feuille. (BENSEMRA, 1990)

MOREL (2007) confirme que les besoins du blé dur de la levée au stade épi 1 cm sont faibles, ne dépassant pas 10 à 15% des besoins totaux ; alors que 70 à 80% des besoins en N

sont absorbés entre le redressement et la floraison. D'ailleurs, pendant la phase de remplissage du grain, la plante absorbe relativement peu d'azote, de l'ordre 20% de la quantité totale présente à la récolte. La minéralisation de l'azote organique du sol suffit à satisfaire ce faible besoin. (GATE, 1995).

2. LA FERTILISATION AZOTEE DU BLE DUR

2.1. LES ENGRAIS AZOTES

La principale source d'engrais azoté est l'engrais chimique de synthèse. Il existe également des engrais organiques commerciaux provenant de sous-produits de l'industrie des viandes, de la pêche, des bières et de l'agriculture. (COMIFER, 2011; KHIARI, 2011). Les engrais azotés chimiques sont synthétisés à partir de l'ammoniac (NH_3). (KHIARI, 2011; SCHVARTZ *et al.*, 2005).

Selon SCHVARTZ *et al.*, (2005), les engrais azotés sont classés en 4 catégories

1. **Engrais nitriques** : ils contiennent de l'azote sous forme nitrique, NO_3^- , comme le nitrate de sodium (NaNO_3) et le nitrate de calcium [$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$]
2. **Engrais Ammoniaco-nitriques** : ils contiennent de l'azote sous formes, ammoniacal et nitrique ;
3. **Engrais ammoniacaux** : ils fournissent l'azote sous une seule forme ammoniacale, NH_4^+ comme le sulfate d'ammoniaque [$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$].
4. **Autres formes** : L'urée [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] à 46% de N est l'engrais azoté solide le plus concentré. (SCHVARTZ *et al.*, 2005), et le plus utilisé au monde, (KHIARI, 2011) L'urée s'hydrolyse complètement et rapidement au contact du sol en azote ammoniacal sous l'action de l'enzyme uréase. C'est pourquoi elle est considérée comme une forme minérale dans le raisonnement de la fertilisation azotée (COMIFER, 2011) recommande que l'urée soit appliquée avant une pluie et doit être enfouie afin d'éviter des pertes par volatilisation. Les solutions azotées sont fabriquées à partir du nitrate d'ammoniaque, de l'urée et parfois du sulfate d'ammoniaque. (LATIRI, 2002)

2.2. DEVENIR DE L'AZOTE MINERAL APPORTE PAR LES ENGRAIS

Au même titre que l'azote produit par minéralisation de la matière organique du sol, l'azote introduit par l'engrais minéral est impliqué dans le cycle interne de l'azote , (RECOUS *et al.*, 1997). Dans la solution du sol, les formes chimiques sous lesquelles l'azote minéral est apporté par l'engrais évoluent rapidement sous l'influence des micro-organismes et de leurs enzymes, eux même sous le contrôle des facteurs abiotiques tels que l'humidité, la

température et la disponibilité des nutriments (azote, carbone et phosphore). (NICOLARDOT et al., 1997). L'ammonium est en grande partie adsorbé de la phase solide du sol avant d'être absorbé par les micro-organismes et les racines, alors que le nitrate n'est pas ou très peu fixé par la phase solide. La quasi-totalité est donc présente dans la solution du sol (COMIFER, 2011). La nitrification qui conduit à la transformation de l'azote ammoniacal en nitrate est potentiellement rapide, soit 2 à 3kg d'N / ha /jour transformés pour une température de 10°C. (RECOUS et al., 1996). Dans les sols cultivés sans engorgement d'eau et à pH 6,5 à 7 (conditions de bonne nitrification), un engrais apporté sous forme uréique, ammoniacal et/ou nitrique se trouve donc intégralement sous la forme nitrique en quelques semaines. (RECOUS et al., 1997) .

2.3. INFLUENCE DE LA FERTILISATION AZOTE SUR LE RENDEMENT ET LA QUALITE DU BLE

2.3.1. EFFET DE L'AZOTE SUR LE RENDEMENT

Le blé dur comme les autres céréales passent par plusieurs stades durant son cycle de développement, ses besoins en azote diffèrent d'un stade à l'autre. L'azote est un facteur limitant en matière de rendement même si les autres facteurs sont présents et en optimum (HALILAT, 1993). Le rendement en grain est conditionné par la maîtrise de ses composantes. En effet, l'influence de l'azote se manifeste sur la première composante du rendement par l'augmentation du nombre de talles par m² (TOUTAIN, 1979).

BAHLOUL (1989) a rapporté que toute carence en azote au redressement floraison provoque une régression des tiges et diminue la fertilité des épis.

Pour le nombre des grains par épi, (BAHLOUL, 1989) a montré qu'il augmente avec les doses croissantes de l'azote, et l'augmentation de ce dernier réduit la stérilité des épillets de la base de l'épi. (VEZ, 1975).

Pour la dernière composante, HEBERT (1975), déclare que la teneur en azote des grains est un bon indicateur de leur alimentation en poste anthèse, et a un effet sur le poids de milles grains.

COSSANI et al., (2012) ont affirmé que la consommation d'azote est étroitement et positivement liée au rendement et biomasse totale du blé dur.

2.3.2. EFFET DE L'AZOTE SUR LA QUALITE

Les céréales absorbent l'azote pour le stockage des protéines dans les grains. Leur efficacité optimale contrôle leur remobilisation durant la période de maturation des grains. (HAWKESFORD, 2014). La qualité d'un blé dur est essentiellement déterminée par les effets conjugués du génotype et les facteurs agro-climatiques. La variété est un facteur important

dans la détermination de la qualité. Toutefois, l'expression du potentiel génétique est étroitement liée au mode de conduite de la culture dont la fertilisation azotée. (ABDELLAOUI *et al.*, 2008).

La disponibilité ou la carence des éléments nutritifs ont des répercussions variées sur la composition protéique. La fertilisation azotée joue le rôle primordial dans l'accumulation des protéines dans les grains.

Plusieurs études ont montrés que la fertilisation azotée influence significativement la teneur en protéines des grains qui détermine la qualité des produits, (HUNTER *et al.*, 1973). En plus de ça plusieurs auteurs ont affirmés que le mode de fractionnement de la dose d'azote affecte aussi le teneur en protéines , (PELTONEN, 1995; MARTIN *et al.*, 1992).

La fertilisation azotée n'intervient pas seulement sur la quantité des protéines mais aussi comme un paramètre déterminant le taux de ses fractions, surtout glutinine et gliadine (KRUGER *et al.*, 1985)

ABDELLAOUI *et* MARICHE (2008), ont montré sur deux variétés de blé dur, traitées par plusieurs niveaux d'azote que les doses élevées d'azote diminuent le taux de mitadinage et augmentent les autres paramètres liés directement à la qualité du blé, à savoir la coloration brune et jaune, teneur en protéines, gluten sec, la capacité d'hydratation, le volume de sédimentation, ainsi que le taux d'extraction des semoules, et par conséquent sur la qualité des pâtes alimentaires (viscoélasticité, les tests de cuisson et la capacité de fixation de l'eau).

LEBRUM *et al.*, (2001), indiquent que la relation qui existe entre la teneur en protéines et la qualité technologique d'un blé est spécifique à chaque variété. Il existe des variétés dont la qualité augmente avec l'augmentation de la teneur en protéine alors que c'est le contraire pour d'autres.

2.4. RAISONNEMENT DE LA FERTILISATION AZOTEE

BAHLOUL (1989) indique que dans le passé, la fertilisation azotée était pratiquée de manière empirique, voire routinière sur la base de la seule expérience acquise par l'agriculteur.

Pour pallier au manque de précision d'une telle démarche, de nombreux travaux ont été consacrés ces dernières années ; la plupart ont été axées vers la mise au point d'une méthode prévisionnelle dite des bilans dont les principes ont été définis par l'INRA et l'ITCF de France. Elle consiste à compenser les besoins en azote d'une culture par des fournitures équivalentes d'azote (fournitures du sol + apports d'engrais). La méthode de calcul de la dose à apporter sur une culture de céréale sera déterminée de la façon suivante:

$$\mathbf{b \times R = (FS + E) C}$$

b = azote absorbé par les céréales en Kg par quintal produit (grains).

R = Rendement optimum (prendre le meilleur rendement des 5 dernières années).

FS = Fourniture du sol.

E = dose d'engrais apportée par l'Agriculteur.

C = Coefficient d'utilisation de l'azote.

Le même auteur constate que l'utilisation de l'azote provenant des fournitures du sol et de l'engrais apporté n'est jamais complète de ce fait le paramètre " C" est très variable de 10% à 20% suivant la structure du sol, la qualité d'enracinement, la date d'apport, la forme de l'engrais et les conditions climatiques.

D'après HAMDI (1994), les fournitures d'azote (FS) proviennent de trois sources :

- Le reliquat d'azote minéral se trouvant à la sortie de l'hiver sur la profondeur présumé d'enracinement de la culture;
- Minéralisation de l'humus du sol ;
- Minéralisation des résidus culturaux (effet précédent).

Selon THOMAS (2007), il faut considérer la méthode des bilans comme seulement une indication qui manque de beaucoup de précision et qui est peu adaptée aux techniques culturales simplifiées et surtout au semis direct sous couvert. Ainsi, les quantités d'azote restituées par le sol peuvent varier de manière importante en fonction de l'auto fertilité du sol au départ, du mode de simplification mais également du recul.

Le même auteur montre que la fertilisation azotée est donc, surtout en période de transition, un poste qu'il ne faut surtout pas négliger avec souvent un besoin de sur fertilisation au départ pour compenser la réduction de la minéralisation consécutive à la suppression du travail du sol. Ensuite, les doses vont se rapprocher et tendre rapidement vers celles pratiquées en conventionnel. Au printemps et après les premières années, le volant d'auto fertilité couvre facilement les premiers besoins malgré une faible minéralisation. Ainsi, le premier apport, souvent mal valorisé, peut être éliminé et l'on se dirige vers l'apport unique.

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATERIEL ET METHODES

1. OBJECTIF DE L'EXPERIMENTATION

Analyse comparative de paramètres morphologique, agronomiques et physiologiques des génotypes étudiés sous l'effet des différentes doses d'azote urée 46% (0 uN/ha à 120 uN/ha).

2. LOCALISATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE EXPERIMENTAL

2.1. LOCALISATION

L'expérimentation s'est déroulée au niveau de la pépinière d'E.R.G.R-AURES durant la campagne 2017/2018. Cette pépinière est située au Nord-Est de la commune de Kais, wilaya de Khenchela à une altitude de 912 m (Figure 6).

L'expérimentation a été conduite dans des conditions semi-contrôlées en pots.

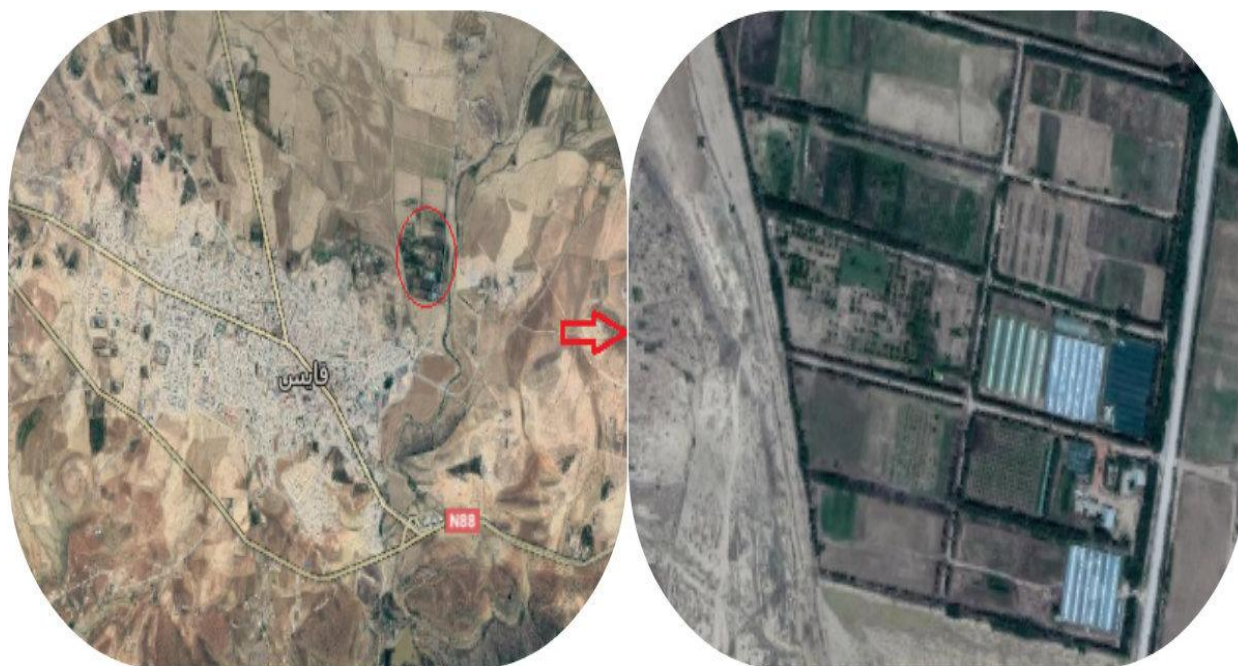


Figure 6 : Localisation de la pépinière d'E.R.G.R-AURES-Kais-Khenchela

2.2. ANALYSE DU SOL

Nous avons débuté l'expérimentation par une analyse du substrat préparé de sol en prélevant trois échantillons composites de 50g pour chacune. Les échantillons, une fois séchés à l'air libre, broyés puis tamisés à 2 mm, subissent une série d'analyses chimiques au laboratoire. Il s'agit des analyses suivantes :

2.2.1. MESURE DU PH

C'est un facteur qui influe directement sur l'absorption des éléments nutritifs. Elle s'effectue à l'aide d'un pH mètre à électrodes et réalisée sur une suspension du sol dans l'eau distillée selon un rapport de 1/5.

2.2.2. MESURE DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

La conductivité électrique c'est une moyenne d'apprécier la teneur globale en sels dans la solution du sol. Elle a été déterminée par le conductimètre sur une suspension avec un rapport de sol/eau de 1/5 à une température de 25°C.

2.2.3. DOSAGE DU CALCAIRE

Dans notre essai il est dosé par la méthode de calcimètre de BERNARD.

2.2.4. DOSAGE DE L'AZOTE TOTAL

La technique adoptée est la méthode KJELDAHL. Cette méthode consiste à attaquer le sol avec l'acide sulfurique pour transformer l'azote organique en sulfate d'ammonium.

2.2.6. LA MATIERE ORGANIQUE DU SOL

Le dosage de la matière sèche se fait par la méthode ANNE décrite par AUBERT.

3. MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal utilisé se compose de huit (8) variétés de blé dur : V1=Bousselam, V2=Waha, V3= Mohamed Ben Bachir (MBB), V4=Sétifis, V5=Megress, V6=Mansourra, V=7 Massinissa et V8= GTAdur.

Ce matériel végétal nous a été remis par l'institut technique des grandes cultures ITGC de Sétif. Les caractéristiques de ces variétés sont rapportées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Caractéristiques des variétés de blé dur étudiées.

Les Variétés	L'origine	Teneur en protéine (%)	PMG	Mitadinage	Qualité de semoule	Epi	Paille	Grain
Bousselam	Syrie	15,01	élevé	Résistance	bonne	-	-	-
Waha	Syrie	13,95	moyenne	Sensible	Très bonne	Demi-lâche à compact	Peu épaisse	Moyenne et demi - allonger
MBB	Algérie	-	élevé	Résistance	bonne	Moyenne compacité, long moyenne	Epaisse	allongée
Sétifis	Algérie	15,89	élevé	Résistance	bonne	Long, pyramidale et compact	-	Forme Demi - allongée
Megress	Algérie	14,77	élevé	Résistance	bonne	Long, forme pyramidale et compacité moyenne	Peu épaisse	Forme Demi-allongée
Mansoura	Algérie	14,77	élevé	Faiblement sensible	bonne	Court, moyenne compact	Peu épaisse	Ovoïde, court
Massinissa	Algérie	15,87	élevé	Résistance	bonne	Moyenne – blanc a maturité	Peu épaisse	ovoïde - court
GTA dur	Mexique	--	--	--	--	-	-	-



Figure 7 : Les huit (8) variétés de blé dur étudiées

4. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental utilisé, est un Split plot à 3 répétitions. Les facteurs étudiés sont :

Facteur 1 : La dose d'azote avec 4 niveaux, de 0 à 120, par palier de 40 uN/ha (0,40,80 et 120 uN/ha), fractionnée en deux apports de 1/3, au stade début tallage et 2/3 au stade début montaison.

Facteur 2 : La variété avec 8 modalités dont les noms et leurs caractères sont notées au tableau 01.

Notre expérimentation, porte donc au total 32 traitements (4 doses * 8 variétés) à 3 répétitions (96 unités expérimentales ou 96 Pots). Chaque bloc est divisé en 4 sous bloc selon les niveaux du facteur dose et le sous bloc est divisé en 8 pots selon les modalités du facteur variété (Figure 08)

Bloc 3	N2	V5	V6	V8	V3	V7	V1	V2	V4
	N1	V1	V4	V3	V6	V7	V5	V2	V8
	N0	V2	V5	V1	V4	V6	V3	V8	V7
	N3	V7	V1	V5	V2	V8	V4	V6	V3
Bloc 2	N0	V1	V5	V2	V4	V3	V6	V7	V8
	N1	V7	V5	V6	V3	V4	V2	V8	V1
	N3	V3	V1	V7	V4	V6	V2	V5	V8
	N2	V6	V2	V4	V3	V5	V1	V8	V7
Bloc 1	N2	V2	V6	V5	V8	V3	V4	V1	V7
	N0	V6	V5	V4	V1	V7	V2	V3	V8
	N3	V3	V4	V6	V5	V8	V2	V1	V7
	N1	V2	V7	V4	V8	V6	V5	V1	V3

Figure 8 : Schéma du dispositif expérimental utilisé

5. MISE EN PLACE ET CONDUITE DE L'ESSAI

5.1. PREPARATION DES POTS

Des pots en plastique de deux diamètres (pots de 27 cm et pots de 22 cm) ont été utilisés pour notre essai. Le substrat utilisé est un mélange de : 1/3 terreau et 2/3 terre agricole de la pépinière (Figure 09).

Une couche de gravier a été mise au fond de chaque pot pour faciliter le drainage des eaux d'irrigation.



Figure 9 : Préparation des pots pour le semis

5.2. SEMIS

Le semis a été effectué le 24 décembre 2017, avec une densité de semis de 300 grains/m² rapporté en 17 graines (pots de 27 cm) et 11 graines (pots de 22 cm) par poquets de trois (03) graines, à une profondeur de 2 à 3 cm. les détails de calcul de densité de semis sont motionnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : calcul de densité de semis dans les pots

Diamètre: D	rayon: r	r ²	Surface	Densité de semis en pot
0,27	0,135	0,018225	0,06	17
0,22	0,11	0,0121	0,04	11

L'ensemble des pots ont été mis dans une serre galvanisée juste après le semis (Figure.10) afin d'accélérer et d'homogénéiser la germination, plus tard au stade 3 feuilles, les pots ont été déplacés et mis en plein champ.



Figure 10 : Vue générale de l'essai sous la serre galvanisée

5.3. ENTRETIEN ET SUIVI

Après la bonne levée de la majorité des graines semées pour l'ensemble des variétés sous la serre galvanisée, les pots ont été déplacé en plein champ au stade trois feuilles (Figure11).

Pour l'irrigation, les pots ont été soumis à une irrigation d'appoint régulière pour éviter tous les effets d'un stress hydrique sur l'étude à raison d'irriguer 2 fois/semaines.

Pour le désherbage, les plantes adventices ont été éliminées dès leurs apparitions tout au long de la période de l'essai.



Figure 11 : Vue générale de l'essai en plein champ

6. APPLICATION DES TRAITEMENTS ET L'APPORT DE L'AZOTE

L'apport de l'azote a été appliqué sous forme d'urée [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] à 46% de N, qui est l'engrais azoté solide le plus concentré. (KHIARI, 2011)

Les doses d'azote utilisées sont à 4 niveaux, de 0 à 120, par palier de 40 uN/ha, fractionnée en deux apports : 1/3 au stade début tallage et 2/3 au stade début montaison.

Premier apport : Début tallage → 05/03/2018

Deuxième apport : Début montaison → 10/04/2018

Les quantités d'azote apportées pour chaque dose et pour chaque stade sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Les quantités d'azote apportées pour chaque dose et pour chaque stade.

Calcul dose engrais azote N		46 uN: dans 100kg il y a 46u			
Pot 0,06					
100	46				
Unités	Dose (kg,uree/ha)	Superficie 0,06 m ² (kgN/0,06m ²)	Dose 1/3 début tallage	Dose 2/3 début montaison	Quantité totale (kgN)
0	0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40	87	0,000522	0,000174	0,000348	0,012522
80	174	0,001043	0,000348	0,000696	0,025043
120	261	0,001565	0,000522	0,001043	0,037565
Pot 0,04					
100	46				
Unités	Dose (kg,uree/ha)	Superficie 0,04m ² (kgN/0,04m ²)	Dose 1/3 début tallage	Dose 2/3 début montaison	Quantité totale (kgN)
0	0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
40	87	0,000348	0,000116	0,000232	0,008348
80	174	0,000696	0,000232	0,000464	0,016696
120	261	0,001043	0,000348	0,000696	0,025043

7. LES PARAMETRES ETUDIES

7.1. LES PARAMETRES MORPHO-AGRONOMIQUES

7.1.1. NOMBRE DE PLANTS LEVES/POT

La levée est marquée, à l'apparition de 50% de plants levés. Le nombre de plants levés par pot est obtenu par comptage avant le tallage et sans arrachage.

7.1.2. NOMBRE DE TALLES/ POT

Le comptage a été réalisé au stade tallage pour chaque pot (le maitre-brin est parmi les talles comptées).

7.1.3. HAUTEUR DE LA VEGETATION (CM)

La hauteur de végétation a été mesurée à l'aide d'une règle graduée à partir de la base de la tige (Maitre brin) jusqu'à celle de l'épi. La mesure a été effectuée au stade floraison sur trois plants pour chaque pot, et nous déduisons la moyenne par la suite. La hauteur est exprimée en cm.

7.1.4. SURFACE FOLIAIRE (CM)

La feuille étendard est un des derniers organes photosynthétiques qui restent en activité avant la maturité physiologique. Cet organe joue un rôle important au cours du remplissage du grain. Une surface de la feuille étendard foliaire plus large, capte plus de lumière et fixe plus d'hydrates de carbone qui sont favorables à un haut rendement (BENMAHAMED, 2005). Elle a été déterminée par la mesure de la longueur (L) et la plus grande largeur (l) de la feuille étendard. La mesure a été réalisée à l'aide d'une règle graduée sur trois plants pour chaque pot, et nous déduisons la moyenne par la suite.

La surface foliaire est déduite par le produit :

$$SF \text{ (cm}^2\text{)} = 0,76 \text{ (L} \cdot \text{l)} \text{ (ZITOUNI, Z)}$$

Avec :

L : La longueur totale des feuilles exprimée en cm

l : La plus grande largeur moyenne des feuilles échantillonnées exprimée en cm.

0,76 : Le coefficient de régression de la surface foliaire (BENMAHAMED, 2005).

7.2. LES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES ET BIOCHIMIQUES

7.2.1. MESURE DU TAUX DE CHLOROPHYLLE PAR LE LECTEUR DE CHLOROPHYLLE SPAD 502

Le taux de chlorophylle au niveau des feuilles est mesuré directement sur champ au stade floraison à l'aide de chlorophyllomètre SPAD-502, les valeurs de lecture sont obtenues directement après mesure prises sur 5 feuilles (dernière et avant dernière feuille) dans chaque pot et nous déduisons la moyenne par la suite, ces valeurs sont exprimées en unité de SPAD.

Le SPAD-502, est un outil rapide et non destructeur, la mesure s'effectue sur la partie centrale de la dernière feuille ligulée. La mesure SPAD a été réalisée à l'intérieur d'une période relativement courte, le matin ou l'après-midi, afin de minimiser ces sources de variabilité. Dans notre essai, les mesures ont été faites le matin de 7 h à 11 h.



Figure 12 : Méthode de mesure par le SPAD502

7.2.2. DOSAGE DES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS

La chlorophylle est dosée selon la méthode de MACKINNEY (1941), qui consiste à mettre 100 mg des feuilles coupées dans un mélange de l'acétone et de l'éthanol (75 % et 25%); et mises dans des boîtes noires durant 48 heures puis on procède à la lecture des densités optiques des solutions à l'aide, d'un spectrophotomètre, à deux longueurs d'ondes : (645 nm et 663 nm) après l'étalonnage de l'appareil avec la solution témoin (acétone à 75%+ éthanol 25%)

Le calcul des valeurs de la chlorophylle se fait grâce à la formule (d'ARNON, 1949)

$$\text{Chl.a} = (0,0127 * \text{DO } 663) - (0,00269 * \text{DO } 645) \text{ mg/ml.}$$

$$\text{Chl.b} = (0,0229 * \text{DO } 645) - (0,00486 * \text{DO } 663) \text{ mg/ml.}$$

$$\text{Chltotale (Chl.a + Chl.b)} = (0,00802 * \text{DO } 663) + (0,0202 * \text{DO } 645) \text{ mg/ml.}$$

Le taux de chlorophylle est exprimé en mg/ml puis convertie en mg/g MF par multiplication de l'équation par le volume(V) et division par le poids frais.

7.2.3. DETERMINATION DES PARAMETRES DE LA FLUORESCENCE PAR LE FLUORIMETRE OS-30P

La fluorescence chlorophyllienne a été mesurée à l'aide d'un fluorimètre portatif modèle OS-30P, (Figure 16) permettant de mesurer la fluorescence avec une résolution de 10 sec. Les mesures sont effectuées sur les feuilles attachées. Les données sont affichées et stockées dans l'appareil de mesure comme suit.

F_o : Fluorescence minimale ou fluorescence à l'état initial, l'intensité de la fluorescence lorsque tous les centres réactionnels du PSII sont ouverts. Il s'agit de la fluorescence minimale dans l'état adapté à l'obscurité.

F_m : Fluorescence maximale, l'intensité de la fluorescence lorsque tous les centres réactionnels du PSII sont fermés. Il s'agit de la fluorescence maximale dans l'état adapté à l'obscurité.

F_v/m : Rapport de la fluorescence variable sur la fluorescence maximum, calculé comme suit : $F_v/m = (F_m - F_o)/F_m$. Il est proportionnel au rendement quantique de photochimie et montre un degré de corrélation élevé avec le rendement quantique de la photosynthèse nette. Il traduit l'efficacité du PSII à utiliser la lumière pour la conversion photochimique. Sa valeur est d'environ 0.8 chez une plante saine, et diminue en cas de stress.



Figure 13 : Mesure des paramètres de fluorescence par le fluorimètre OS-30P

7.2.4. DOSAGE DE L'AZOTE TOTAL PAR LA METHODE DE KJELDAHL

Le dosage d'azote total a été effectué par la méthode KJELDAHL (1883). Dans cette méthode l'azote organique de l'échantillon est transformé quantitativement en sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, par minéralisation de la prise d'essai (1 à 5 g de broyat) par l'acide sulfurique concentré porté à l'ébullition et en présence d'un catalyseur. L'ammoniac est ensuite déplacé de son sel par la soude, puis entraîné par la vapeur d'eau dans une solution d'acide borique qui le retient, avant d'être dosé par une solution acide titré. Le point de virage de la réaction est apprécié par colorimétrie ou pH-métrie (FEILLET, 2000). La méthode utilisée est détaillée en annexe 04.

8. ÉTUDE STATISTIQUE

Pour étudier l'effet des différentes doses d'azote sur les performances de production des huit variétés du blé dur, une analyse de variance (ANOVA) a été utilisée.

L'analyse de la variance des différentes variables a été effectuée à l'aide de la procédure GLM du logiciel SAS (SAS 9.1.3). L'identification des groupes homogènes a été réalisée avec le test Fisher's LSD (least significant difference method) au seuil de 5% de probabilité.

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION

1. RESULTATS DE L'ANALYSE DU SOL

Les résultats des analyses du laboratoire de l'université Abbes laghrour El-hamma – Khenchela (tableau 08), indiquent que :

- Le sol se caractérise par un pH neutre (7,5), qui améliore la disponibilité des éléments minéraux.
- Riche en matière organique (11.44 %) et en azote (1.82%).
- Le rapport C/N=6,28. Ce rapport indique une minéralisation normale de la matière organique due à une bonne activité biologique.
- Le sol est fortement calcaire (38.63 %) et non salé (CE= 0,46 m mohs/ cm).

Les normes d'interprétation des différents paramètres analysés sont mentionnées dans l'annexe (01 , 02 , 03 et 04)

Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimiques du sol du substrat préparé

Analyse	Caractéristique	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon3	Moyenne
Chimique	pH eau	7.35	7.61	7.7	7.55
	pH Kcl	7.86	7.3	7.5	7.55
	C.E (m mohs/ cm)	0.5	0.3	0.6	0.46
	Matière Organique (%)	17.16	12.87	4.29	11.44 %
	Calcaire total (%)	38.18	39.09	/	38.63 %
	Azote Total (%)	1.99	1.64	/	1.82 %

2. LES PARAMETRES MORPHO-AGRONOMIQUE

La matière sèche élaborée à la maturité est un critère d'appréciation important pour l'agriculteur pour adopter une variété et/ou un itinéraire technique donné. Parmi les paramètres qui déterminent la matière sèche élaborée à la maturité, on cite : Nombre de plants levés/m², Nombre de talles/m², La hauteur de végétation, Surface foliaire et le nombre d'épis/m².

Au cours de notre expérimentation, ces différents paramètres sont étudiés et analysés pour les huit variétés et sous l'effet des quatre doses d'azotes étudiées.

Les valeurs moyennes des différents paramètres cités en haut avec leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Moyennes et résultats de l'analyse de la variance des paramètres morpho agronomiques.

		La hauteur (cm)	Le nombre de plants levés/pot	Le nombre de talles/pot	Surface foliaire (cm)	Le nombre d'épis /pot
Effet Dose (D)	N0=0	65.89 ^A	10.29 ^A	29.95 ^A	18.53 ^A	19.70 ^C
	N1=40	63.47 ^{AB}	10.29 ^A	29.75 ^A	18.17 ^A	26.50 ^B
	N2=80	59.64 ^C	10.12 ^A	30.62 ^A	17.45 ^A	32.83 ^A
	N3=120	61.06 ^{BC}	8.66 ^B	25.62 ^B	18.20 ^A	28.29 ^B
Test F	P	0.0004 **	0.002**	0.004**	0.82^{NS}	<.0001***
Effet Variété (V)	V1	64.25 ^B	8.91 ^{BCD}	27.83 ^{BC}	10.33 ^E	27.75 ^{BC}
	V2	57.95 ^D	8.83 ^{BCD}	25.16 ^C	17.77 ^C	22.91 ^{CD}
	V3	79.16 ^A	7.58 ^D	19.00 ^D	13.71 ^D	18.75 ^{DE}
	V4	62.79 ^{BC}	9.91 ^{BC}	30.08 ^B	10.32 ^E	17.33 ^E
	V5	51.54 ^E	9.91 ^{BC}	27.50 ^{BC}	17.36 ^C	23.75 ^{BCD}
	V6	59.75 ^{CD}	8.66 ^{CD}	26.33 ^{BC}	31.75 ^A	35.25 ^A
	V7	62.00 ^{BCD}	10.08 ^B	29.83 ^B	26.23 ^B	28.91 ^B
	V8	62.70 ^{BC}	14.83 ^A	46.16 ^A	17.21 ^C	40.00 ^A
Test F	P	<.0001 ***	<.0001 ***	<.0001 ***	<.0001***	<.0001***
CV %		8.34 %	17.13 %	17.71 %	22.41 %	25.54 %

NS= Valeur non significatif, *Valeur significatif à P < 0.05, ** Valeur hautement significative à P < 0.01, *** Valeur très hautement significatif à P<0.000 1, CV% : Coefficient de variation.

V1=Bousselam, V2=Waha, V3= Mohamed Ben Bachir (MBB), V4=Sétifis, V5=Megress, V6=Mansourra, V=7 Massinissa et V8= GTAdur.

2.1. LA HAUTEUR (CM)

Une hauteur de paille importante est une caractéristique désirable en zone semi aride, suite à ses effets bénéfiques lors des années sèches. Ces effets sont attribués à la capacité de stockage et de transfert des substrats glucidiques pour la finition du grain (BAHLOULI *et al.*, 2005). De plus son effet sur l'augmentation de la matière sèche paille à la récolte.

Les valeurs moyennes de la hauteur avec leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau 04.

2.1.1. EFFET VARIETE

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il existe des effets très hautement significatifs ($P < .0001$ ***) de génotype sur la hauteur (tableau 04, figure 17).

La hauteur de la végétation varie de 51.54 cm, valeur moyenne V5=Megress, à 79.16 cm pour MBB. La différence est significative au seuil de 5% de probabilité.

Sur les huit variétés évaluées, la plus haute de chaume est V3=MBB avec une hauteur moyenne de 79.16 cm, suivie par V1, V8, V4, V7, V6, V2, V5 qui donnent respectivement des hauteurs moyennes de : 64.25cm ; 62.79cm ; 62.70cm ; 62.00cm ; 59.75cm ; 57.95cm ; 51.54cm.

La comparaison des moyennes par le Test de Fisher à 5% a permis de classer les variétés étudiées en 4 groupes : A (V3) et B (V1) ; D (V2) et E (V5) et un chevauchement des groupes BC (V4, V8) et BCD (V7) ; CD (V6)

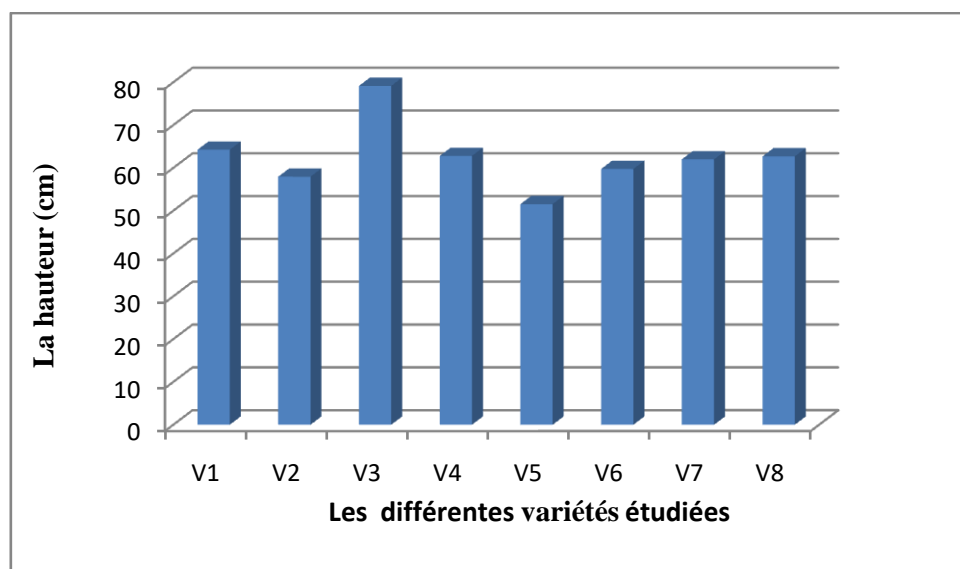


Figure 14 : Les valeurs de la hauteur chez les 08 variétés

2.1.2. EFFET DOSE

D'après nos résultats, l'accroissement des doses d'azote (0-120 uN/ha) a influencé significativement ($P=0.0004$ **) et négativement sur la hauteur des plantes (Tableau 04, Figure 18).

La hauteur la plus élevée a été enregistré par la doses N0 (0 uN/ha Témoin) avec une moyenne de 65.89cm, suivie par les doses suivantes N1 (40uN/ha), N3(80uN/ha), N2(120uN/ha) qui donnent respectivement une hauteur moyenne de 63.47cm ; 61.06cm ; 59.64cm.

Ces résultats sont en contradiction avec la littérature pour l'action de l'azote sur la hauteur de la plante. En effet GATE (1995), rapporte que, l'azote est impliqué directement dans la nutrition carbonée et donc il influe directement sur la croissance de la plante (hauteur).

Le classement des moyennes par le Test de Fisher à 5% met en évidence les doses étudiés en 2 groupes distincts : A (N0) et C (N2) et un chevauchement des groupes AB (N1) ; BC (N3).

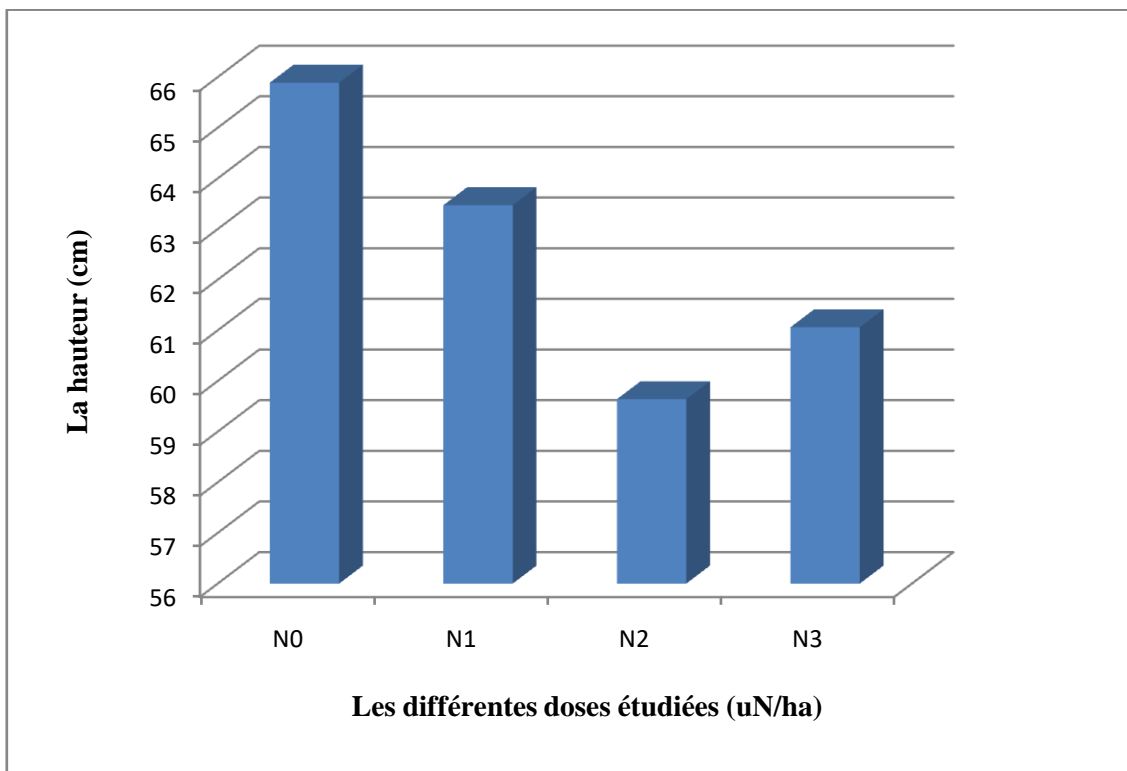


Figure 15: L'effet des quatre doses étudiées sur la hauteur moyenne des huit variétés.

2.2. LE NOMBRE DE PLANTS LEVES/POT

Le nombre de plantes/m², c'est la première composante du rendement (les composantes de préfloraison) qui dépend de la dose de semis et du pourcentage de levés (BOULELOUAH, 2002).

Les valeurs du nombre de plants levés par pot avec leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau 04.

2.2.1. EFFET VARIETE

Les résultats de l'analyse de la variance montrent qu'il existe des effets très hautement significatifs ($p < .0001$ ***) de génotype sur le nombre de plants levés par pot (tableau 04, figure 19).

Une variation considérable du nombre de plants levés par pot de végétation est notée entre les variétés étudiées, on remarque que la variété V8= GTAdur a le nombre de plant levés par pot le plus élevé avec une moyenne de 14.83 plants/pot, suivi par V7, V4 et V5, V1, V2, V6, V3 qui donnent respectivement les moyennes suivantes : 10.08 ; 9.91 ; 8.91 ; 8.83 ; 8.66 ; 7.58 plants/pot.

L'analyse des moyennes par le Test de Fisher à 5% a permis de classer les 8 variétés étudiées en 3 groupes distincts : A (V8) et B (V7) ; D (V3), aussi il ya un chevauchement des groupes BC (V4, V5) et BCD (V1, V2) ; CD (V6)

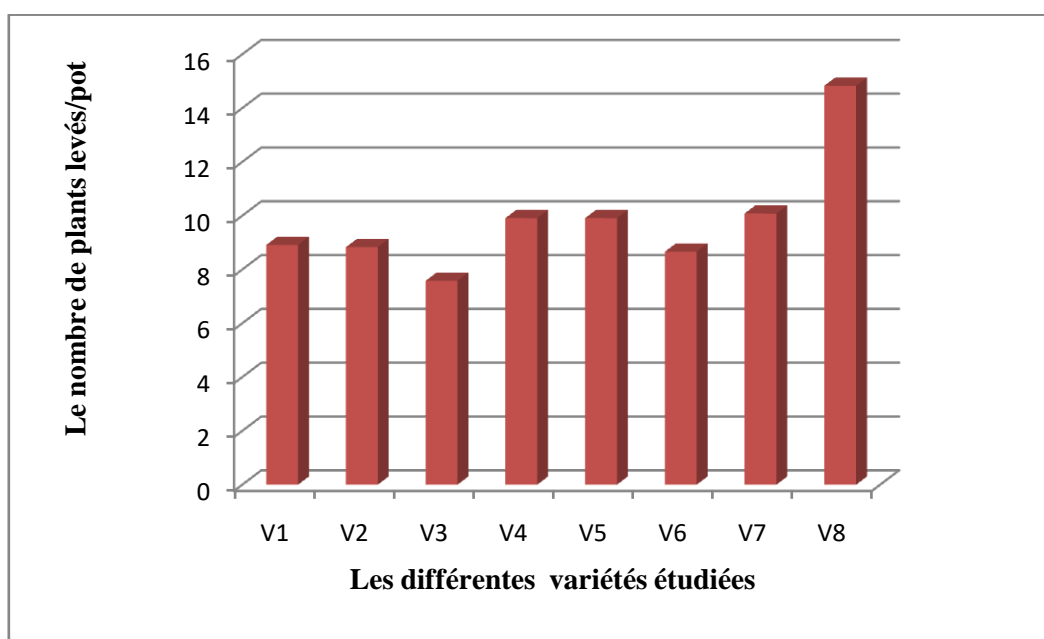


Figure 16 : Le nombre de plants levés/pot chez les différentes variétés étudiées.

2.2.2. EFFET DOSE

Le nombre de plants levés par pot est calculé avant l'application de l'apport d'azote (avant le début tallage). Donc aucun effet de dose d'azote à étudier.

2.3. LE NOMBRE DE TALLES/POT

Le nombre de talles/m², est l'un des composantes de préfloraison du rendement (BOULELOUAH, 2002). Les valeurs du nombre de talles/pot avec leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau 04.

2.3.1. EFFET VARIETE

L'analyse de la variance indique des différences très hautement significatives ($P < 0.0001$ ***) de génotype sur le nombre de talles/pot (tableau 04, figure 20).

Une variation considérable du nombre de talles/pot de végétation est notée entre les huit variétés étudiées, on remarque que la variété V8= GTAdur exprime la plus grande densité de tallage avec une moyenne de 46.16 talles/pot, suivie par V4, V7, V1, V5, V6, V2, V3 qui donnent respectivement les valeurs moyennes suivantes 30.08 ; 29.83 ; 27.83 ; 27.50 ; 26.33 ; 25.16 ; 19.00 de talles/pot.

La comparaison des moyennes par le Test de Fisher à 5% a permis de classer les variétés étudiées en 4 groupes : A (V8) et B (V4 et N7) ; C (V2) et D (V3), aussi il ya un chevauchement des groupes BC (V1, V5, V6).

2.3.2. EFFET DOSE

L'analyse de variance réalisée sur le nombre de talles/pot montre une différence hautement significative ($P = 0.004$ **) de la dose d'azote apportée (tableau 04, figure 21)

Les résultats montre que la dose (N2=80uN/ha) exprime la valeur moyenne la plus élevée du nombre de talles par pot avec une moyenne de 30.62 talles/pot, elle suivie par les doses N0=0uN/ha et N1=40uN/ha, N3=120uN/ha qui donnent respectivement les valeurs moyennes suivantes: 29.95 ; 29.75 ; 25.62 talles/pot.

D'après nos résultats de comparaison des moyennes par le Test de Fisher à 5%, les valeurs moyennes du nombre de talle/pot sont classées en 2 groupes distincts : A (N0 et N1 et N2) et B (N3).

Nos résultats sont en accord avec ceux de MOSSERDAQ et MOUGHLI (1999) et GATE (1995) qui ont montré qu'en dehors des facteurs climatiques, l'azote a un effet majeur sur la montée des talles herbacées.

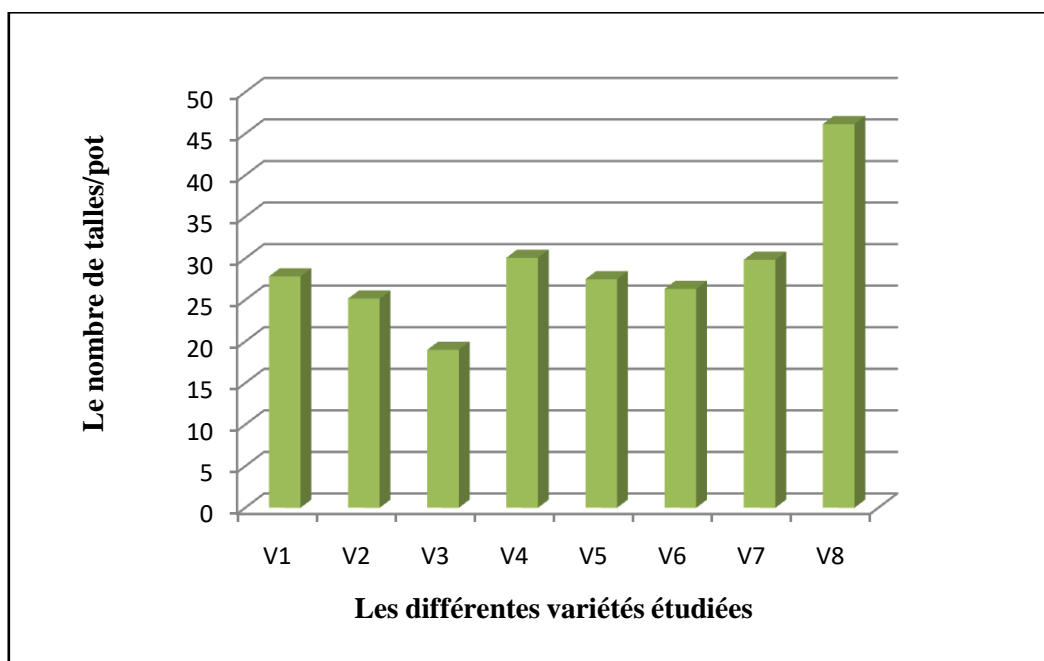


Figure 17 : Le nombre de talles/pot chez les huit variétés

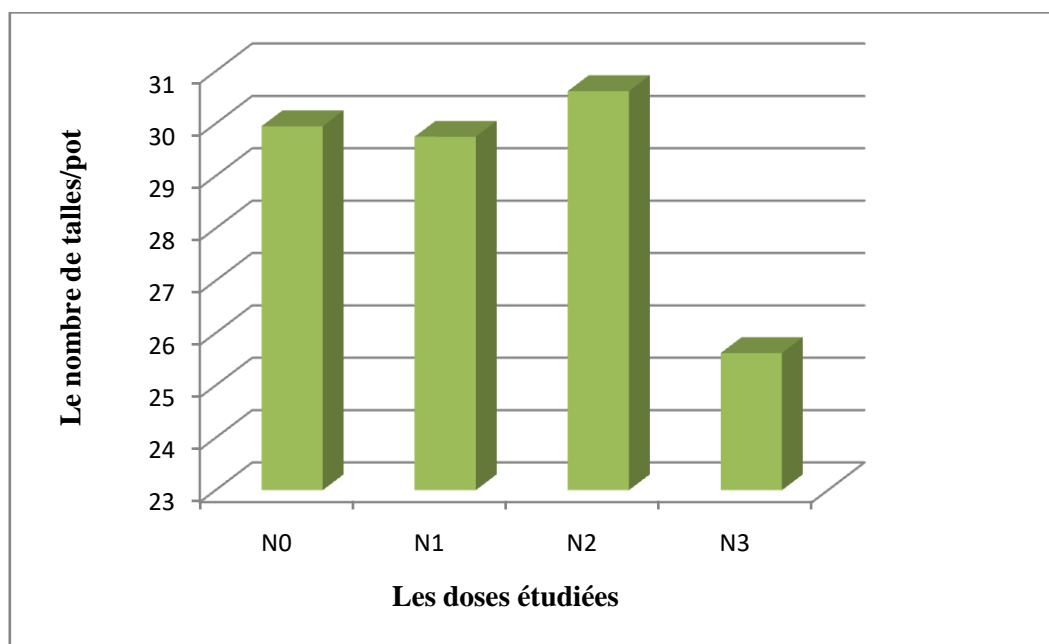


Figure 18: L'effet des quatre doses étudiées sur le nombre de talles/pot des huit variétés.

2.4. SURFACE FOLIAIRE

HAMADACHE (2013) signale que la formation du rendement de blé (grain + paille) dépend de l'interception de la lumière solaire par le couvert végétal, autrement dit de la photosynthèse, d'où l'importance d'un état sanitaire correct de la surface foliaire de la culture. De plus l'intensité de la photosynthèse varie en fonction d'un certain nombre de facteurs internes comme la teneur en chlorophylle. De ce fait, il est impératif d'étudier l'effet des doses d'azote apportées sur la surface foliaire d'une part et le contenu en chlorophylle d'autre part.

Les valeurs moyennes de la surface foliaire avec leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau 04.

2.4.1. EFFET VARIETE

Les résultats de l'analyse de la variance ont montré qu'il y a une variabilité génotypique significative pour la surface foliaire ($p < .0001$ ***).

La variété V8= GTAdur a développé la surface la plus élevée avec un surface foliaire moyenne de 31.75 cm², suivie par V7, V2, V5, V8, V3, V1, V4 qui donnent respectivement les valeurs moyennes de 26.23cm ; 17.77cm ; 17.36cm ; 17.21cm ; 13.71cm ; 10.33cm ; 10.32cm.

Le classement des moyennes par le Test de Fisher à 5% met en évidence les variétés étudiées en 5 groupes distincts : A (V6), B (V7) ; C : (V2, V5, V8), D (V3) et E (V1, V4)

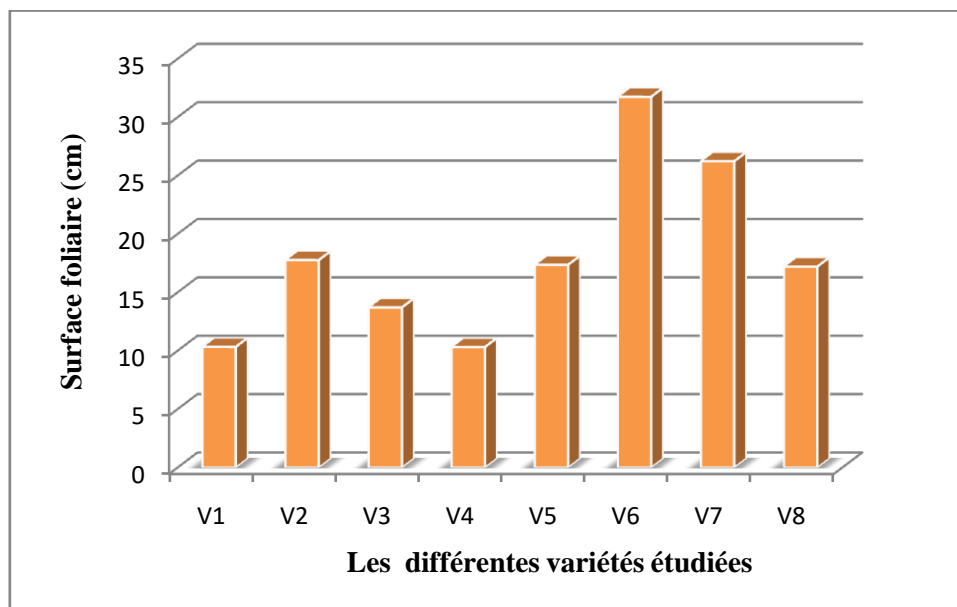


Figure 19: Surface foliaire chez les 08 variétés étudiées (cm)

La surface foliaire détermine progressivement à la fois les quantités d'eau utilisées par la plante sous forme de transpiration et les quantités de carbone fixées par voie photosynthétique. Elle conditionne la résistance à la sécheresse, vu qu'une surface foliaire élevée perdra plus d'eau qu'une faible surface foliaire. En milieux variables, la diminution de la surface foliaire peut avoir des effets bénéfiques en réduisant de la surface évaporant et celle soumise à la radiation solaire. BELKHARCHOUCHE

2.4.2. EFFET DOSE

En ce qui concerne, l'effet dose, l'analyse de variance montre un effet non significatif sur la surface foliaire ($P=0.82$)

La surface foliaire la plus élevée a été enregistré par la doses N0 (0uN/ha)) avec une moyenne de 18.53cm, suivie par les doses suivantes (N3=120uN/ha; N1=40uN/ha; N2=80uN/ha) qui donnent respectivement les valeurs moyennes suivantes : 18.20cm ; 18.17cm ; 17.45cm.

Ces résultats sont en contradiction avec la littérature pour l'action de l'azote sur la surface foliaire de la plante. En effet GATE (1995), rapporte que, l'azote est impliqué directement dans la nutrition carbonée et donc il influe directement sur la croissance de la plante (la surface foliaire).

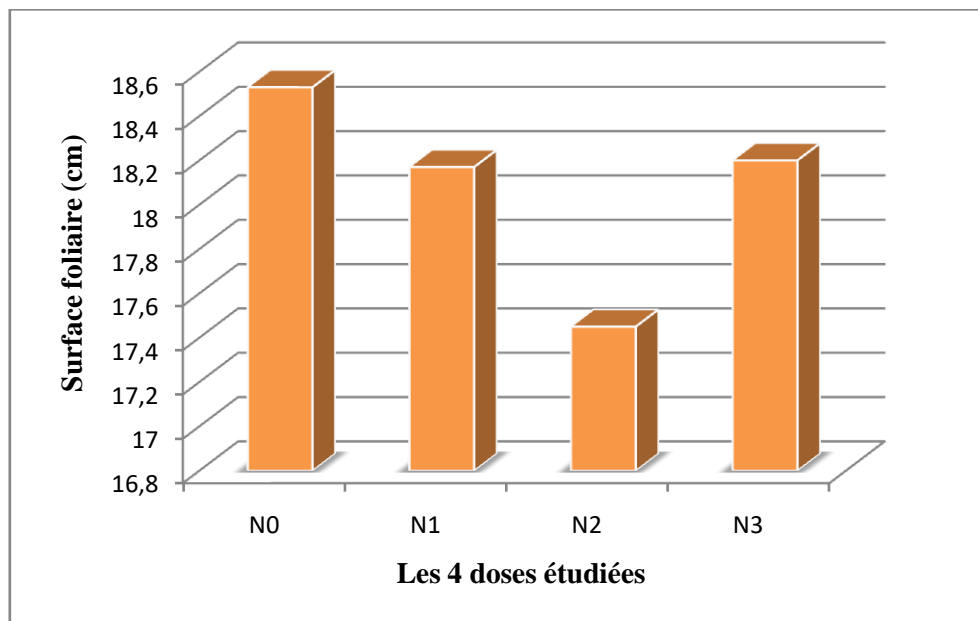


Figure 20: Effet des quatre doses d'azote étudiées sur les valeurs de surface foliaire (cm).

2.5. LE NOMBRE D'ÉPIS /POT

Le nombre d'épis/m², est l'un des composantes de préfloraison du rendement (BOULELOUAH, 2002). Les valeurs du nombre d'épis /pot avec leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau 04.

2.5.1. EFFET VARIETE

D'après les résultats de l'analyse de variance réalisée, un effet très hautement significatif du génotype a été enregistré pour le nombre d'épis /pot ($P < .0001$ ***) (tableau04, figure 24).

Une variation considérable du nombre d'épis /pot est notée entre les variétés étudiées, la variété V8= GTAdur a exprimé le nombre d'épis/pot le plus élevé avec une moyenne de 40.00 épi/pot, suivie par V6, V7, V1, V5, V2, V3, V4 qui donnent respectivement les valeurs moyennes : 35.25 ; 28.91 ; 27.75 ; 23.75 ; 22.91 ; 18.75 ; 17.33 d'épi /pot.

Le classement des moyennes par le Test de Fisher à 5% met en évidence les variétés étudiées en 3 groupes : A (V8, V6) et B(V7) ; E(V4), et un chevauchement des groupes BC(V1) et BCD (V5) ; CD (V2) et DE (V3)

HADJICHRISTODOULOU (1985) a constaté que le nombre d'épis par plante est dépendant de la capacité du tallage herbacée. En effet, le tallage-épi est influencé par les caractéristiques variétales, la date de semis, le peuplement, l'azote disponible dans le sol, l'eau disponible, l'enracinement, la concurrence des adventices et du climat (SOLTNER, 2000).

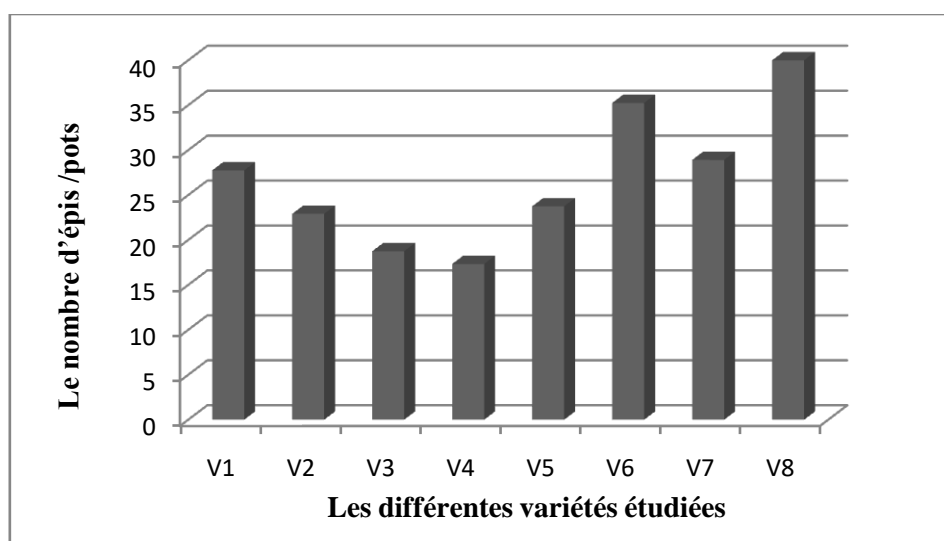


Figure 21: Le nombre d'épi par pot chez les variétés étudiées.

2.5.2. EFFET DOSE

D'après les résultats de l'analyse de variance réalisée, l'accroissement des doses d'azote (0-120 uN/ha) affecte significativement et positivement le nombre d'épis/pot ($p < .0001$ ***) (Tableau 04, figure 25).

Le nombre le plus élevé des épis/pot a été enregistré chez la dose N2=80 uN/ha avec une moyenne de 32.83 épis/pot, pour ensuite diminuer graduellement avec la diminution des doses d'azote respectivement (N3, N1, N0) pour donner les valeurs moyennes suivantes :

28.29 ; 26.50 ; 19.70 épis/pot (figure 25).

La comparaison des moyennes par le Test Fisher à 5% met en évidence 3 groupes distincts : A (N2) et B (N1 et N3) ; C : (N0).

Nos résultats sont en accord avec ceux de GATE (1995) ; MOSSERDAQ et MOUGHLI (1999) qui ont montré que la fertilisation azotée améliore considérablement le nombre des talles épis, comparativement au témoin non fertilisé. Cependant, la capacité de tallage permet à la plante de s'ajuster à un environnement variable pour assurer un minimum de production.

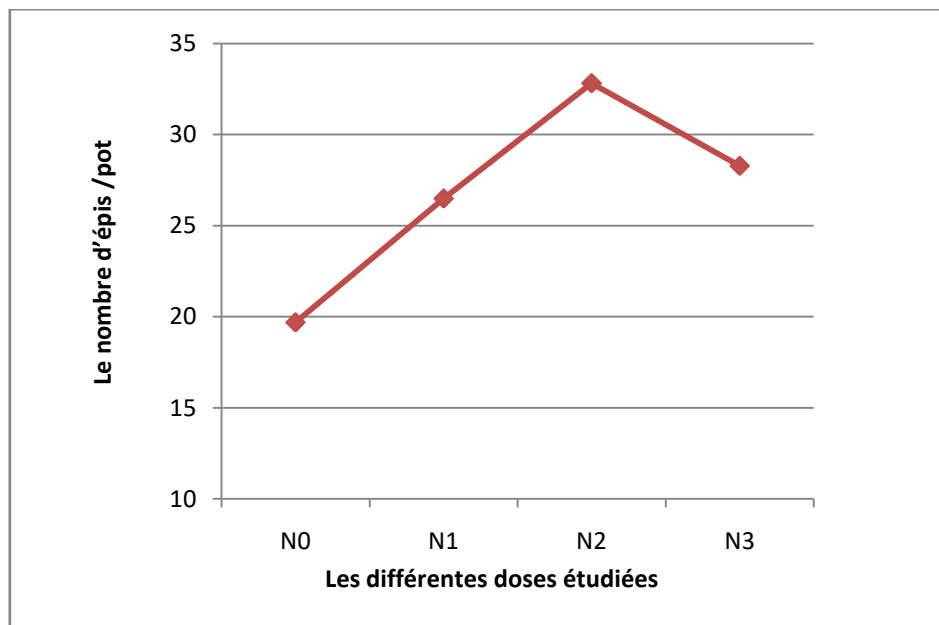


Figure 22: Effet des quatre doses d'azote étudiées sur le nombre d'épis par pot.

3. PARAMETRES PHYSIOLOGIQUE ET BIOCHIMIQUE

L'intensité de la photosynthèse varie en fonction d'un certains nombre de facteurs internes. À l'échelle expérimentale, l'étude de l'intensité de la photosynthèse peut être estimée par la mesure de la teneur en chlorophylle et de la fluorescence chlorophyllienne du photosystème II (PSII).

De ce fait, il est impératif d'étudier l'effet des différentes doses d'azote apportées sur la teneur en chlorophylle et la fluorescence chlorophyllienne PSII.

Les valeurs moyennes des différents paramètres physiologiques et biochimiques avec leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6: Moyennes et résultats de l'analyse de la variance des paramètres physiologiques et biochimiques.

		Chl a	Chl b	Chl-T	Valeurs SPAD	Fv/o	Fv/m	Azote total N%
Effet Dose (D)	N0=0	0.77 ^A	0.30 ^A	1.09 ^A	39.47 ^B	1.01 ^A	0.48 ^A	5.25 ^B
	N1=40	0.85 ^A	0.35 ^A	1.22 ^A	45.13 ^A	1.16 ^A	0.52 ^A	8.32 ^A
	N2=80	0.85 ^A	0.32 ^A	1.19 ^A	46.79 ^A	1.01 ^A	0.48 ^A	9.11 ^A
	N3=120	0.81 ^A	0.32 ^A	1.19 ^A	45.19 ^A	1.11 ^A	0.50 ^A	7.42 ^A
Test F	P	0.48^{NS}	0.26^{NS}	0.46^{NS}	<.0001***	0.79^{NS}	0.043^{NS}	0.0016***
Effet Variété (V)	V1	0.83 ^A	0.32 ^A	1.16 ^A	44.43 ^A	1.14 ^{AB}	0.52 ^A	8.72 ^A
	V2	0.86 ^A	0.35 ^A	1.22 ^A	44.25 ^A	0.88 ^B	0.44 ^B	7.57 ^{AB}
	V3	0.77 ^A	0.31 ^A	1.13 ^A	43.75 ^A	1.21 ^A	0.53 ^A	6.28 ^B
Test F	P	0.21^{NS}	0.22^{NS}	0.44^{NS}	0.83^{NS}	0.10^{NS}	0.76^{NS}	0.017*
CV%		14.75	15.18	15.38	6.46	36.16	19.45	26.02

NS= Valeur non significative, *Valeur significatif à $P < 0.05$, ** Valeur hautement significatifs à $P < 0.01$, *** Valeur très hautement significatif à $P < 0.0001$, CV% : Coefficient de variation.

V1=Bousselam, V2=Waha, V3= Mohamed Ben Bachir (MBB), V4=Sétifis, V5=Megress, V6=Mansourra, V7=Massinissa et V8=GTAdur.

3.1. DOSAGE DES PIGMENTS CHLOROPHYLLIENS

Les valeurs moyennes de la teneur en chlorophylle des feuilles et leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau 5.

3.1.1. EFFET VARIETE

Les résultats de l'analyse de la variance montrent un effet non significatif du génotype pour les différents pigments chlorophylliens Cha, Chb et ChT (Tableau 5). Cela veut dire que les huit variétés expriment les mêmes teneurs des différents pigments chlorophylliens.

3.1.2. EFFET DOSE

Les résultats de l'analyse de la variance montrent un effet non significatif de dose d'azote pour les différents pigments chlorophylliens Cha, Chb et ChT (Tableau 5).

3.2. MESURE DU TAUX DE CHLOROPHYLLE PAR LE LECTEUR DE CHLOROPHYLLE SPAD 502

Les valeurs moyennes SPAD des feuilles et leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau 5.

3.2.1. EFFET VARIETE

Les résultats de l'analyse de la variance montrent un effet non significatif du génotype pour les valeurs moyennes SPAD des feuilles (Tableau 5). Cela veut dire que les huit variétés expriment les mêmes valeurs moyennes SPAD.

3.2.2. EFFET DOSE

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'effet des doses croissantes d'azote est très hautement significatif sur les valeurs moyennes SPAD des feuilles ($P < .0001^{***}$) (Tableau 5, Figure 23). De plus, la comparaison des moyennes par le Test Fisher à 5% a permis d'identifier deux groupes distincts A (N1, N2 et N3) et B (N0).

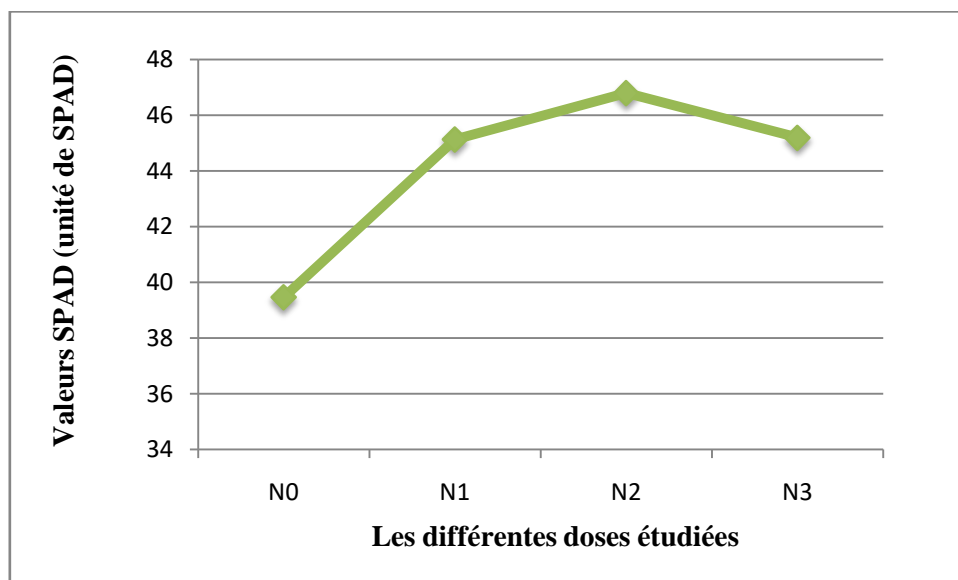


Figure 23 : Effet des quatre doses d'azote étudiées sur les valeurs de SPAD.

3.3. DETERMINATION DES PARAMETRES DE LA FLUORESCENCE PAR LE FLUORIMETRE OS-30P

Les valeurs moyennes de fluorescence F_v/o et F_v/m des feuilles et leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau 5.

3.3.1. EFFET VARIETE

Les résultats de l'analyse de la variance montrent un effet non significatif du génotype pour les valeurs moyennes de fluorescence F_v/o et F_v/m des feuilles (Tableau 5).

3.3.2. EFFET DOSE

Les résultats de l'analyse de la variance montrent un effet non significatif de dose d'azote pour les valeurs moyennes de fluorescence F_v/o et F_v/m des feuilles (Tableau 5).

Ces résultats montrent que le rendement quantique photochimique maximal F_v/F_m n'est pas significativement affecté par la dose d'azote, indiquant que le PSII n'est pas endommagé par le stress azoté.

3.4. DOSAGE DE L'AZOTE TOTAL PAR LA METHODE DE KJELDAHL

Les valeurs moyennes des quantités d'azote total absorbées au stade floraison et leurs interprétations statistiques sont mentionnées dans le tableau 5.

3.4.1. EFFET VARIETE

Les résultats de l'analyse de la variance montrent un effet significatif du génotype pour la quantité d'azote total absorbée au stade floraison ($P=0.017^*$) (Tableau 5, Figure 24). Cela veut dire que les huit variétés expriment des aptitudes différentes pour la capacité d'absorption de l'azote.

De plus, la comparaison des moyennes par le Test Fisher à 5% a permis d'identifier deux groupes distincts A (V1) et B (V3) et un chevauchement des groupes AB(V2).

3.4.2. EFFET DOSE

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que la quantité totale d'azote absorbée au stade floraison est significativement améliorée par l'accroissement des doses azotées ($P=0.0016^{**}$) (Tableau 5, Figure 25).

Le classement des moyennes par le Test de Fisher à 5% met en évidence les doses étudiées en 2 groupes : A (N1, N2 et N3), B (N0).

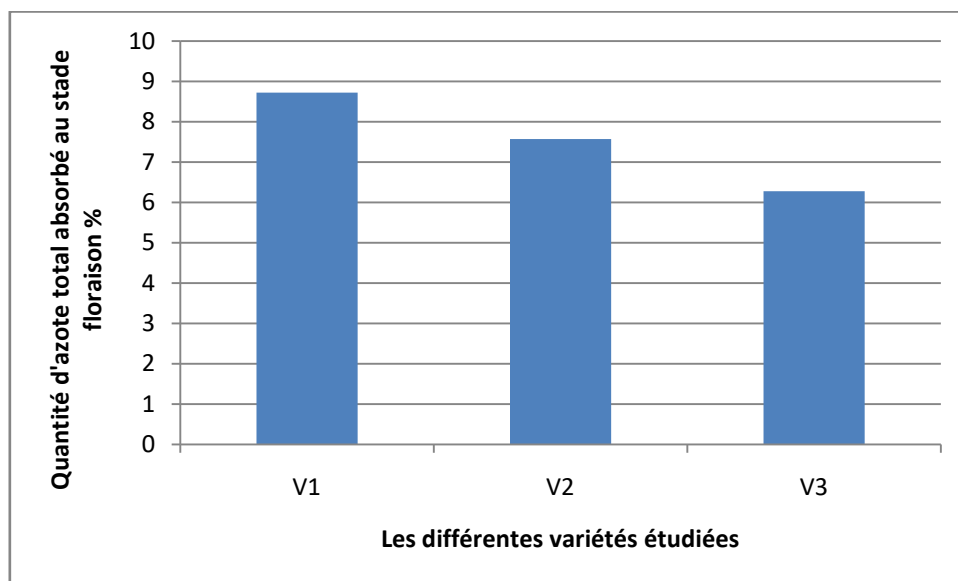


Figure 24 : Quantité d'azote total absorbée chez les trois premières variétés étudiées.

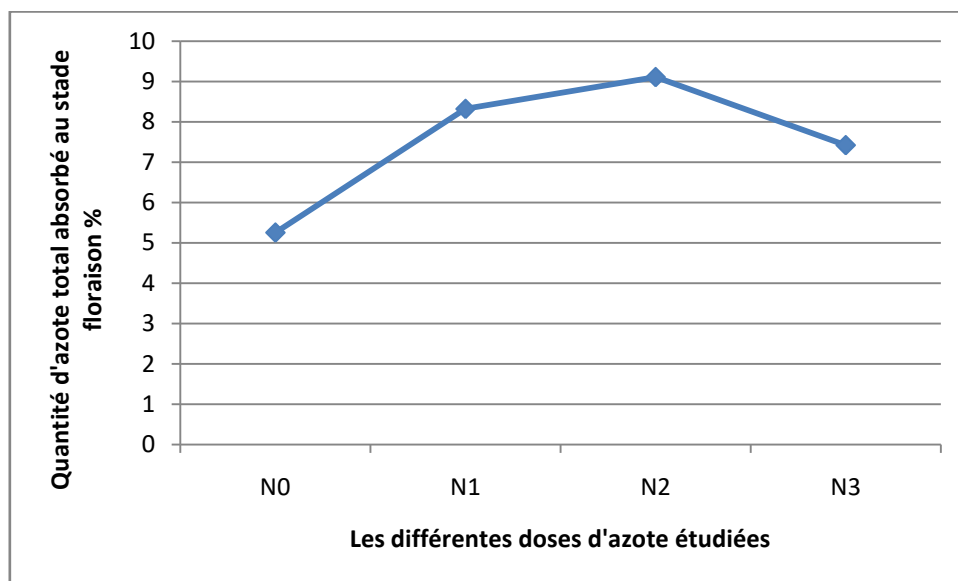


Figure 25 : Effet des quatre doses d'azote étudiées sur la quantité d'azote absorbée au stade floraison.

CONCLUSION

Notre étude a pour but de déterminer l'effet d'application des différentes doses d'azote d'urée 46% sur les performances de production de huit variétés du blé dur cultivés en zone semi-aride, afin d'identifier des doses proches de l'optimum permettant l'amélioration du rendement.

Au terme de cette étude et à travers les résultats obtenus, nous avons pu déduire que les doses croissantes d'azote ont améliorées significativement les paramètres morpho agronomiques à savoir le nombre de plants levés/pot, le nombre de talles/pot et le nombre d'épis/pot.

La hauteur maximale (65,89cm) est obtenue par la N0 (témoin), la surface foliaire est en moyenne de 18 cm² pour les quatre doses étudiées (N0-N3), le nombre de plants levés/pot le plus élevé est de 10 plants levés/pot, il est obtenu par les doses N0, N1 et N2.

Le nombre de talles/pot le plus élevé est 31 talles/pot, il est obtenu par la dose N2, alors que pour le nombre d'épi/pot le plus élevé est 28 épis/pot, il est obtenu par la dose N3.

Pour les paramètres physiologiques et biochimiques, aucun effet dose a été enregistré pour les pigments chlorophylliens (Cha, Chb et ChT) et les valeurs de fluorescences chlorophyllienne (Fv/m et Fv/o). Par contre un effet dose significatif a été remarqué pour les valeurs SPAD et la quantité d'azote total absorbée au stade floraison.

Nous avons pu aussi détecter chez certains génotypes une supériorité apparente significative par rapport aux autres pour l'ensemble des paramètres morpho-agronomiques et les paramètres physiologiques et biochimiques.

La variété la plus haute est V3=MBB avec une moyenne de 79 cm, la variété qui a la surface foliaire la plus élevée est V6=MANSSOURA avec une moyenne de 32 cm², pour le nombre de plants levés/pot, le nombre de talles/pot et le nombre d'épi/pot, la variété V8=GTadur semble être la meilleur variété qui exprime les moyennes les plus élevés respectivement : 15 plants levés/pot, 46 talles/pot et 40 épis/pot.

Pour les paramètres physiologiques et biochimiques, aucun effet génotype a été enregistré pour l'ensemble des paramètres étudiés (Cha, Chb, ChT, les valeurs SPAD, Fv/m et Fv/o), sauf pour la quantité d'azote total absorbée au stade floraison. Cela veut dire que les huit variétés expriment des aptitudes différentes pour la capacité d'absorption de l'azote.

En perspectives des travaux portant sur la fertilisation azotée, doivent être poursuivis et encouragés pour parvenir à des résultats fiables. En effet des analyse du sol et du végétale doivent appuyer tout apport pour dresser des repères de doses par rapport aux stades, au climat, au cycle de la culture considérée et des techniques culturales appropriées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **ABBASSENNE F., H. BOUZERZOUR H ET HACHEMI L. 1998.** *Phénologie et production du blé dur (Triticum durum Desf.) en zone semi-aride d'altitude.* Ann. Agron. INA.18 : 24-36.
- **ABDELLAOUI Z., MARICHE O. (2008).** Effet de la fertilisation azotée sur l'expression de la qualité technologique du blé dur : propriétés physico-chimiques. Céréaliculture, n°50 : 18-28.
- **ABDELLAOUI, Zakia. 2007.** « Etude de l'effet de la fertilisation azotée sur les propriétés techno-fonctionnelles des protéines de blé ». Alger: institut national agronomique el- harrach.
- **ABIS S., 2012.** Le blé en Méditerranée : sociétés, commerce et stratégies. Économie et territoire, relations commerciales. CIHEAM. Paris. 241-247.
- **ACIA. 2006.** « La biologie de *Triticum turgidum* ssp. *Durum* ». Agence Canadienne d'Inspection des Aliments.
- adapter. Rev TCS. n°44. Septembre/Octobre 2007. 12 p.
- **Adra M., 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire de magistère en Biotechnologie végétale. Université Mentouri-Constantine. 93pages.
- **AHN S., ADDERSO J.A., ME.SORRELLS ET TANKSLEY SD.,1993.** Homologue relationships of rice, Wheat and maize chromosomes .Mol.Gen.Genet241.483-490.
- **AIBAR J. 2005.** La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : Principaux problèmes. Options Méditerranéennes, Série A, Numéro 69, 8p.
- **AIT-SLIMANE-AIT-KAKI S.** Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie thèses de Doctorat en Sciences université Badji Mokhtar Annaba p 26.
- **AL-KHATIB K ET PAULSEN G.M. 1984.** *Mode of high temperature injury to wheat during grain development.* Physiol. Plant., 61: 363-8
- **AMRANI B. AVRIL 2013. N° 2.** FDPS de Saïda
- **ANONYME. 2002.** Conseil international des céréales. International Grains Council. World Grains Statistics. p 17

- **ANONYME. 2005 «A».** documents algériens Serie économique : agriculture les cereales en Algerie, 8p
- **ANONYME. 2008.** L'Algérie couvre seulement 25 % de ses besoins en céréales. <http://www.liberte-algerie.com/edit.php?id=102098&titre=L'Algérie%20couvre%20selement%2025%%de%20ses%20en%20céréales>.
- **APS, 05 OCTOBRE 2016 13:21**
- **ARNON D., 1949** -Copper enzymes in isolated chloroplasts. Poly-phenoloxidase in beta vulgaris. Plant Physiology, (24): 1- 15.
- **AUSTIN RB. 1998.** *Yield of Wheat in the United Kingdom: Recent Advances and Prospects.* Crop Science 39 : 1604-1610.
- **AYKROYD W.R ET DOUGHTY J. 1970.** Le blé dans l'alimentation humaine. Ed. FAO, Rome, 185 p.
- **BAHLOUL A. (1989).** Contribution à l'étude de la fertilisation azotée en méditerranée, méthode des bilans. Thèse D.E.A. INRA et ITCF Montpellier – France, 65 p +annexes
- **BAHLOULI, F., BOUZERZOUR, H., BENMAHAMMED, A., HASSOUS, K., 2005.** Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semi-arid conditions. Journal of Agronomy, 4: 360–365.
- **BARRALIS G. 1984.** Adventices des cultures 50 à 500 millions de semences/ha. Cultivar, spécial désherbage, p.17.
- **BAUMONT M. 1949.** Le blé. Edit. Que sais- je. n° 22 109, paris, 127 p.
- **BELAID D. 1996.** Aspects de la cerealiculture Algerienne. Ed. Office des publications universitaires, Ben Aknoun .Alger, 206 p.
- **BELAID D, 1986.** Aspect sur la céréaliculture Algérienne. Ed. OPU. pp 75-86.
- **BELKHARCHOUHE, H., FELLAH, S., BOUZERZOUR, H., BENMAHAMMED, A., CHELLAL, A. (2009).** Vigueur de croissance, translocation et rendement en grains du blé dur (*Triticum durum* desf) sous conditions semi arides. Courrier du Savoir, (09): 17–24.
- **BENARAB H. 2008.** Contribution a l'étude des mauvaises herbes des vergers de la région nord de Sétif. Thèse de Mag. Univ., Ferhat Abbas, Sétif, p. 66.
- **BENBELKACEM A ET KELLOU K. 2001.** *Évaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur (Triticum turgidum L. var. durum) cultivées en Algérie.* Options méditerranéennes. 6: 105-10.

- **BENCHELALI, S., 2015.** Détermination de l'effet de différents régimes azotés sur la qualité protéiques des variétés locales du blé dur (*Triticum durum* Desf) cultivées en zone semi-aride. Mémoire de Magister. Université Amar Telidji, Laghouat. 116pages.
- **BENMAHAMMED A., NOUAR H., HADDAD L., LAALA Z., OULMI A., BOUZERZOUR H. 2010.** Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14: 177-186.
- **BENNIOU R ET BRINIS L. 2006.** Diversité des exploitations agricoles dans la région semi-aride de l'Algérie, *Sécheresse* vol 17- n°03 :2006.
- **BENSEMRA M, 1990.** Effet de la fertilisation azotée et de la densité de semis sur le rendement de la variété de blé dur « WAHA » cultivée en zone subhumide. *Mem Ing. Agro. INA. Alger.* 77p.
- **BEPOULOS N. 1997.** *Environnement et développement économique de l'espace rural : La contribution de l'agriculture biologique.* The Greek Review of Social Research, N°92-93, Athens : 183-205.
- **BONJEAN ET PICARD. 1990.** Les céréales à paille : origine, histoire, économie, Sélection. Soft Word –Groupe ITM, Paris, 208p.
- **BOUGUENDOZ A. 2011.** Effet de trois itinéraires techniques sur l'élaboration du rendement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous conditions semi-arides des hautes plaines Sétifiennes. *Options Méditerranéennes* 96 : 83-89.
- **BOUHIDEL I, 2006.** Etude expérimentale de l'influence de gypse sur la minéralisation de l'urée et la cinétique d'absorption. Thèse. Mag. Agro. Batna. 180p.
- **BOULAL H., ZAGHOUANE O., EL MOURID M ET REZGUI S. 2007.** *Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie).* Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, pp 176-180 .
- **BOULECHFAR M. 2010.** Les politiques publiques d'intensification de la céréaliculture dans la wilaya de Sétif: Enquête auprès des acteurs céréaliers. Thèse de Mag. Univ., Ferhat Abbas, Sétif, pp : 82-90
- **BOULELOUAH, N. 2002.** « Analyse de la variabilité génotypique de l'absorption de l'azote chez le blé tendre ». Diplôme d'Agronomie approfondie, France: INRA.
- **BOUTHIBA A A., DEBAEKE P ET HAMOUDI SA. 2010.** *Varietal differences in the response of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) to irrigation strategies in a semi-arid region of Algeria.* *Irrigation Science* 26 : 239-251

- **BOUZERZOUR H., B. REFOUFI. 1993.** *Effect of sowing date and rate, and site environment on the performance of barley cultivars grown in the Algerian high plateaus.* *Rachis* 11: 19-24.
- **BOUZERZOUR, H., MONNEVEUX. (1992).** Analyse des facteurs de stabilité du rendement de l'orge dans les conditions des Hauts Plateaux de l'Est algérien, in *Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale*, INRA, Montpellier (France), (64):139–158
- **BOZZINI, A.1988.** Origin, distribution, and production of durum wheat in the world. In: Fabriani, G., & Lintas, C. (eds.). *Durum - Chemistry and technology.* American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA: 1-16.
- **BRISSON, N., DELECOLLER, R. 1992.** *Développement et modèles de simulation des cultures.* *Agronomie*, 12(3): 253-263.
- **C. MOULE C. 1971.** *céréales, la maison rustique.* PARIS, 96 p
- **CALDERINI D.F., REYNOLDS, M.P ET SLAFER, G.A. 1999.** Genetic gains in wheat yield and associated physiological changes during the twentieth century. In: Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.), *Wheat: Ecology and Physiology of Yield Determination.* The Haworth Press Inc., New York, pp: 351–377.
- **CALVEL R. 1984.** *La boulangerie moderne.* Edition EYROLLES, Paris, 20 p.
- **CAPISANO. 1997.** *Orges de brasserie, les préférées des malteurs-* *Cultivar*, no 392 : 27-28.
- **CHACHA F. 2011.** Profil métabolique et fécondité en élevage bovin laitiers (Wilaya de Setif). Thèse de Mag. Centre Universitaire d'El-Tarf, 1-10p.
- **CHALABI A. 2001.** *L'Algérie Antique.* www.iquebec.com. Email tasacora@iquebec.com.
- **CHEHAT, F. 2005.** les politiques céréalières en Algérie. Rapport annuel. Agri-Med. Agriculture, pêche, alimentation et développement rural durable dans la région Méditerranéenne, CIHEAM 2006.
- **CHELLALI B. 2007.** *Marché mondial des céréales : L'Algérie assure sa sécurité alimentaire.* <http://www.lemaghreb.dz.com/admin/folder01/une.pdf>.
- **CHENAFFI H., AÏDAOUI A., H. BOUZERZOUR H., A. SACI A. 2006.** *Yield response of durum wheat (Triticum durum Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions.* *Asian Journal of Plant Sciences* 5 : 854-860.

- **CLARK J.M., NORVELL W.A., CLARK F.R ET BUCKLEY T.W. 2002.** *Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines.* Can. J. Plant Sci./Revue canadienne de phytotechnie. 82 : 27-33.
- **CLEMENT G ET PRAT. 1970.** *Les céréales.* Collection d'enseignement agricole. 2ème Ed : 351-360.
- **COMIFER. 2011.** « Calcul de la fertilisation azotée ». Groupe Azote COMIFER.
- **CORNELL. H, J ET HOVELLING, A.W. 1998 ,** *Wheat. Chemistry and Utilization.* Technomic publishing Company, Lancaster, Basel.
- **COSSANI C.M., SLAFER G.A., SAVIN R. (2012).** Nitrogen and water use efficiencies of wheat and barley under a Mediterranean environment in Catalonia, *Field Crops Research* (128); pp 109–118.
- **CRETOIS A. 1985.** *Valeur technologique de quelques variétés de blé.* Bull. Industries des céréales N°20 : 26, 32.
- **DEBECHE E. 2010.** Analyse des facteurs affectant la variabilité des performances de la vache laitière en milieu semi aride. Thèse de Mag. Ecole nationale d'agronomie El-Harrach, Alger: 16-20.
- **DIRECTION DES SERVICES AGRICOLES (DSA) DE LA WILAYA DE SETIF. 2016.** Divers documents statistiques. Sétif (Algérie).
- **DJAIDJA., Z ., 2013.** Influence des systèmes de cultures et des rotations sur le sol et le végétal en zone semi-aride. Mémoire de magistère en Amélioration des productions végétales. Université Saad Dahlab de blida. 125pages.
- **DJERMOUN A.2009.** La distribution des produits céréaliers en Algérie: les principales caractéristiques, Univ-Hassiba Ben Bouali, Département d'Agronomie, Chleff. Ed. SEPEC, Paris, 569p.
- **DOUSSINAULT, G., KANAN F., LECOMTE C. ET MONNEVEUX P. 1992.** Les céréales à paille: présentation générale. In : Gallais A. et Bannerot H. (Eds.), *Amélioration des espèces végétales cultivées.* Ed. INRA, Paris, pp. 13-21.
- **DOUVILLE Y. 2000.** Prévention des mauvaises herbes en grandes cultures. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation. Québec. Saint-Laurent. 23p.
- **DROUAI H. 2011.** cours céréaliculture (3ème année classique).Univ. Mohamed khider Biskra, Département d'Agronomie, p 22.
- **ELLIS F. 2000,** *Rural livelihoods and diversity in developing countries.* Oxford University Press: Oxford and New York, 296 p.

- **EVANS L.T. ET RAWSON H.M. 1975.** Photosynthesis and respiration by the flag leaf and components of ear during grain development in wheat. *Aust.J. Biol.* 227 p.
- **EYAL Z., SHAREN A.L., PRESCOT J.M., ET VAN GINKEL M. 1987.** The Septoria diseases of wheat: concepts and methods of disease management. Mexico, D. F: CIMMYT, 52 p.
- **FAOAST . 2016.** Données de la base statistique de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture sur site :[http :apps.fao.org](http://apps.fao.org).
- **FARIH, A. 1992.** Components of partial resistance, mode of inheritance of resistance to Sep1992, toria tritici blotch and status of septoria diseases in Morocco. PhD Thesis, Oklahoma State Univ., Stillwater, OK, USA, 89 pages.
- **FEILLET, Pierre. 2000.** Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris.
- **FELDMAN M.2001.** Origin of cultivate wheat. In: Bonjean, A.P., Angus, W.J. (eds.). The world wheat book-A history of wheat breeding. Lavoisier Publishing; Paris; France. Pp.3- 55.
- **FELLAH A., BOUZERZOUR H., BENMAHAMMED A ET DJEKOUN A.2002.** *Sélection pour améliorer la tolérance aux stress abiotiques chez le blé dur (T. durumDesf.)*. Actes de l'IAVHII, 64: 35-42.
- **FERTAS K, 2007.** Essais d'optimisation du fractionnement et de la période d'apport de l'azote pour la culture du blé dur (variété waha) en zone semi – aride irriguée. Thèse. Mag. Agro. Univ. Batna. 78p.
- **FOLKE C., BERKES F ET COLDING J. 1998.** Ecological practices and social mechanisms for building resilience and sustainability. Cambridge University Press: Cambridge.
- **GATE P.H.1995.** Ecophysiologie du blé ; Technique et documentation : Lavoisier, Paris 429 p...
- **GAUTRONNEAU Y., DAVID C., NOCQUET J., GAILLARD C ET GODET J. 1997.** Conversion to organic stockless systems, on Farm Research in South East of France. Final Report. Contrat AIR3 CT 93-0852, CEF DG VI/ISARA-CEREF.
- **GOMEZ G. 2005.** Histoire de l'Algerie. Chronologie de la prehistoire a l'indépendance.
- **GONDE H., CARRE G., JUSSIANX PH ET GONDE R.1968.** *Cours d'agricultures modern*.8eme edition .Nouvelles leçons d'agricultures .Ed. La maison Rustique, Paris ; pp 151-169.
- **GHOUAR W, 2006.** Effet du cumul de pluie hivernale sur la réponse du cultivar

« Waha » (*Triticum durum* Desf.) à la fertilisation azotée. Thèse. Mag. Agro.Batna. 66p.

- **HADJICHRISTODOULOU A., 1985** - The stability of the number of tiller of barley varieties and its relation with consistency of performance under semi- arid conditions. *Euphytica* (34) :641-649.
- **HALILAT M. . (1993)**. Etude de la fertilisation azotée et potassique sur blé dur en zone Saharienne. Thèse Magister, INES d'agronomie de Batna, 108p.
- **HAMADACHE A ET BELLOULA B. 1990**. Effet de la fertilisation phospho-azotée et du travail superficiel du sol sur la végétation de jachère pâturée en zone semi-aride. ITGC, Céréaliculture, 34p.
- **HAMADACHE, A. 2001**. stades et variétés de blé. ITGC. Alger.
- **HAMADACHE, A., 2013**. Eléments de phytotechnie générale -Grandes cultures- Tome I, 256p
- **HAMDI F, 1994**. Etude de fertilisation azotée du blé dur (*Triticum durum* Desf) en Mitidja. Mem. Ing. Agro. INA. Alger. pp 19-24.
- **HAWKESFORD M.J. (2014)**. Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production, *Journal of Cereal Science* (59); pp 276-283.
- **HARLAN J.R 1975**. Our vanishing genetics resources.science;188:618-621
- **HARRAT W, 2005**. Fertilisation azotée du blé dur (*Triticum durum* Desf) variété simeto, en Mitidja : comparaison des formes et modalités d'apport de l'azote (au sol et foliaire). Mem. Ing. Agro. INA. Alger. 16p.
- **HEBERT J. (1975)**. Techniques nouvelles de production du blé. Document I.T.C.F, 16p.
- **HEBRARD J.P. 1996**. Des pâtes épatantes ! In : Braun P et Hébrard J.P. (Eds), Blé dur objectif qualité. Ed. ITCF, Paris, pp. 6-11.
- **HENCHI B. 1987**. Effets des contraintes hydriques sur l'écologie et l'écophysiologie de *Plantago albicans*. L. Thèse de doctorat d'État, univ Tunis.
- <http://www.boulangeries-net/MP/Infoblefar>
- **HENRY Y ET BUYSER J., 2000**.L'origine du blé. *Pour la Science* 26 :60-62.
- **HUNTER A.S., STANFORD G. (1973)**.Protein content of winter wheat in relation to rate and time of nitrogen fertilizer application.*Agron. J.*65: pp 772-774.
- **I.T.A. 1972**. Unite Céréales. Tome! (1 et 2eme Partie). POLY / Céréales. ETU 1/6 1. D/1402/1.T.A. 05-72. Pages 3 et 4. IBRGR. Bulletin / 80/59, 37 p.

- **IFOAM. 2001.** Basic standards for organic production and processing 2002. 2nd Draft, status Octobre 2001. Available from: www.ifoam.org.
- **INRA. 2008.** filiere des cereales a paille, recherches a l'INRA et positionnement International.
- **JEAN L R ET EL HASSAN B. MAI 2014.** l'Institut de prospective économique du monde mediterraneen (Ipemed)
- **JEANTET R., CROGUENEC T., SCHUCK P ET BRULE G. 2006.** Science des aliments : Biochimie- Microbiologie- Procédés- Produits. V2. Technologie des produits alimentaires. (éd).TEC & DOC. Paris.
- **JLIBENE M. 1990.** Inheritance of resistance to Septoria tritici blotch (*Mycosphaerella graminicola*) in hexaploid wheat. PhD Thesis Univ. Missouri-Columbia, USA, 86 p
- **KARROU , M ., 2000.** Contribution a la mise en place d'une approche intégrée de lutte contre la sécheresse chez le blé dur au maroc département d'agronomie.CRRA-INRA.B.P.589,settat,maroc,pp :559-567
- **KHEBBEB A. 1999.** L'Algerie dans la prehistoire. www.htp/men.
- **KHIARI, Lotfi. 2011.** « Fertilisation des sols SLS-3000 ».
- **KING J.E., COOK R.J ET MELVILLE S.C. 1983.** *A review of Septoria diseases of wheat and barley.* Ann. Appl. Biol., 103(2): 345-373.
- **KRUGER J.E., MARCHYLO B.A. (1985).** Selection column and operating conditions for reversed-phase high-performance liquid chromatography of proteins in Canadian wheat. Can. J. Plant Sci. N°64, pp 285-298.
- **LANCEL S. 2004.** L'Algerie dans l'Antiquite. De Massinissa a Saint Augustin. Edi. Menges, 260 p.
- **LATIRI K, 2002.** La fertilisation : Engrais et production agricole. INRA.Tunisie. pp1-2.
- **LATOCHE K., RAINELLI P ET VERMERSCH D. 1998.** Quel prix pour la securite alimentaire? Une evaluation contingente suite a la crise europeenne de la « vache folle ». Doc INRA, 19p.
- **LEBRUM D., L'HELGOUACH C. (2001).** Fertilisation azotée. Quelles conséquences sur la qualité des protéines du blé tendre. Perspectives agricoles N° 266 Mars 2001

- **LECLECH, N. 2010.** « Stratégies de fertilisation des cultures en Lorraine ». Rendez-vous technique et agronomique des Missions de Recyclage Agricole des Boues. France.
- **LEMAIRE, G., GASTAL, F., PLENET, J., LE BOT, J., 1997.** Le prélèvement d'azote par les
- **LERY F. 1982.** L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 338 p.
- **LEV-YADUN S., GOPHER A ET ABBO S. 2000.** The cradle of agriculture. Science. 288 : 1602- 1603p.
- **MACKEY J. 1968.** *Species relations in Triticum*. Proc. 2nd International Wheat Genetic Symposium, Hereditas, 2: 237-276.
- **MACKINNEY Y.G., 1941** -New flurometrie method for deternination of chlorophyll a/b ratio. Photosynthetica, (26): 533-539.
- **MARTIN R.J., SUTTON K.H., MOYLE T.H., HAY R.L., GILLESPIE R.N. (1992).** Effect of nitrogen fertilizer on the yield and quality of six cultivars of autumn-sown wheat. Crop Hortic.Sci, N°20, pp 273-282.
- **MASLE ET MEYNARD J. 1980.** L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de Docteur- Ingénieur. INA-PG, Paris, 274p.
- **MAZOUZ L. 2006.** Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi-aride. Thèse de magister. Institut d'Agronomie, Université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna, 65 p
- **MEFTI A., ABDELGUERFI A ET CHEBOUTI A. 2000.** Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.). Field Crops Research 66: 165-174.
- **MEKHLOUF A., BOUZERZOUR H., BENMAHAMMED A., HADJ SAHRAOUI A., HARKATI N. 2006.** *Adaptation des variétés de blé dur (Triticum durum Desf.) au climat semi-aride*. Sécheresse, 17 : 206-2013.
- **MOLINIE, A. ET PFOHL L. 2003.** Les mycotoxines dans les cereales les points importants de controle de la production au stockage, le devenir dans les produits

derives. Laboratoire de Toxicologie et securite alimentaire-Auzeville Tolosane. Note de l'ASEDIS SON° special Mycotoxines (2003), 9 p.

- **MOREAU J-M. 2008.** Lutte contre les maladies. Livre Blanc « Céréales » F.U.S.A. et CRA-W Gembloux – Février 2008.6. Pp.29-39
- **MOREL, A., 2007.** Gestion de l’exploitation “Fertilisation azotée: fractionnement indispensable en 2007”. L’hebdo du paysan breton, (23).
- **MORGAN J.M. 1984.** *Osmoregulation and water stress in higher plants.* Plant Physiol.; 35 : 299-319.
- **MOSSEDDAQ, F., MOUGHLI, L., 1999.** Fertilisation azotée des céréales. Cas des blés en Bour et en irrigué (Bulletin mensuel d’information et de liaison du PNTTA N° 62). Institut Agronomique et Vétérinaire HassanII, Rabat-Maroc, 4p.
- **MOUELLEF A., 2010.** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*T. durum* Desf.) au stress hydrique. Mémoire magister Université Constantine 82 pages.
- **MOUGHLI, Lhousseine. 2010.** « Analyses végétales pour une optimisation dynamique des apports de l ’azote », no 42: 66-70.
- **MOULE C., 1971.** Céréales 2. Phytotechnie spéciale. Ed. La maison rustique, Paris, 236p.
- **NEDJAH, I,** “Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb)”, Thèses de doctorat, département de biologie, Université BADJI Mokhtar de Annaba, 2015.
- **NICOLARDOT, B, B MARY, S HOUOT, et S RECOUS. 1997.** « La dynamique de l’azote dans les sols cultivés ». In Maitrise de l’azote dans les agrosystèmes, INRA, 87-101. Reims-France.
- **NOUAR H., HADDAD L., LAALA Z., OULMI L., ZERARGUI H., BENMAHAMMED A., BOUZERZOUR H. 2010.** Performances comparées des variétés de blé dur : Mohammed Ben Bachir, Waha et Boussalem dans la wilaya de Sétif. Céréaliculture, 54: 23-29.
- **OIRD. 1977.** Bilan des opérations intégrées de recherche et développement de la daïra d’El Eulma. IDGC. Tome I, 70 p.
- **OUFROUKH F ET HAMADI M. 1993.** Maladies et ravageur des céréales. In benchabane K.D. et Ould-Mekgloufi L. 1998. Evaluation phénologique de quelques

variétés d'orge (hordeum vulgare L.) et leur sensibilité vis-à-vis de drechslera graminea Rab.Mém. Ing Agro.INA.El-harrach : 59-62.

- **PALA M., HARRIS HC., RYAN J., MAKBOUL R., DOZOM S. 2000.** Tillage systems and stubble management in a Mediterranean-type environment in relation to crop yield and soil moisture.Experimental Agriculture, 36: 223- 242.
- **PASTRE ET ROA. 1993.** The control of insectes pests in oil seed rape: deltamethrin file: 192-201.
- **PELTONE J. (1995).** Grain yield and quality of wheat a affected by nitrogen fertilizer application timed according to apical development. Acta. Agri. Scand. Sect. B. Soil and plant science, N°45, pp 2-14.
- **PIONNIER H. 1937.** La culture du ble sur les hauts plateaux algeriens. Ses conditions climatologiques, agronomiques et ecologiques. These Ing-Doct., Uni., Alger, 184 p. RGA. 2001. Rapport general RGA., Minist., Agri., CD-ROM.
- **POUSSET J, 2002.** Engrais vert et fertilité des sols. 2ème édition. Ed Agri décisions Groupe France Agricole. Paris. 303p.
- **PRESCOTT J.M., BURNETT PA, SAARI E E., RANSOM J., BOWMAN J., DE MILLIANO W., SINGH R P ET BEKELE G. 1987.** Maladies et ravageurs du blé. Guide identification au champ. CIMMYT, Mexico. 135p.
- **RASTOIN J.-L., BENABDERRAZIK H., (2014),** Céréales et oléoprotéagineux au Maghreb : pour un co-développement de filières territorialisées, Paris : IPEMed. Chapitre : Algérie : une agriculture sous fortes contraintes.
- **RECOUS, S, P LOISEAU, J.M MACHET, et B MARY. 1997.** « Transformation et devenir de l'azote de l'engrais sous cultures annuelles et sous prairies ». In Maitrise de l'azote dans les agrosystèmes, INRA, 105-20. Reims-France.
- **RÖLLING N. G. ET JIGGINS J. 1998.** The ecological knowledge system. Cambridge University Press: Cambridge : 283-311.
- **ROUVEROU P. 1930.** Statistique de la production des cereales en Algerie. Cereales d'Algerie. Gouv., Gen., Alg., Direct., Agric., Colon : 2-58.
- **SAKAMURA T , 1918.**KurzeMitteilungueber die Chromosomenzahalen und die Verwandtschaftsverhaelnitsse der TriticumArten. Bot. Mag ; Tokyo. 32:151-154
- **SAYOUD, R., EZZAHIRI, B ET BOUZNAD, Z. 1999.** Les maladies des céréales et des légumineuses alimentaires au Maghreb. Projet maghrébin sur la surveillance des

maladies et le développement de Germoplasme résistant des céréales et des légumineuses alimentaires. PNUD RAB/91/007. Maroc -Algérie- Tunisie. 64p

- **SEBILLOTTE M. 1985.** La jachère. Éléments pour une théorie. In à travers champs, agronomes et géographes. Cahiers ORSTOM, 175-229
- **SI BENNASSEUR A. NON DATE.** Référentiel pour la Conduite Technique de la Culture du blé dur, (*Triticum durum*),30 p
- **SIMON H., CODACCIONI P ET LECOEUR X. 1989.** Produire les céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui, science, techniques, applications Ed. J.B. Baillière, 333 p.
- **SJFI. 1998 ACCOUNT STATISTICS OF ORGANIC FARMING 1996/1997.** Serie G n°1. Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics, Copenhagen, 1998, 95p.
- **SLAMA A., BEN SALEM M., BEN NACEUR M. ET ZID E. D. 2005.** Les cereales en Tunisie : production, effet de la secheresse et mecanismes de résistance. Sécheresse (16) 3 :225-9.
- **SMADHI D ET ZELLA L. 2009.** Cerealiculture en sec et précipitations annuelles : le cas de l'Algerie du Nord. Rev. Sech., n°20 : 199- 203.
- **SOLTNER., 1988.** Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16ème éditions 464P.
- **SOLTNER D. 1998.** Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.
- **SOLTNER D.2005.** Les bases de la production végétale 24eme Ed : coll.sci et Tec Agri, 77p.
- **SPAMPINATO R. G. 2000.** Organic agriculture in Mount Etna Park. In Stolton et al. 2000 (the Relationship Benwee Nature Conservation, Biodiversité and Organic Agriculture, IFOAM. Germany).
- **ŠRAMKOVÁ Z., GERGOVIA E ET ŠTURDÍKA E.2009.** Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. Acta Chimica Slovaca, vol. 2, 130p.
- **STOLTON S ET GEIER B. 2002.** Biodiversite et agriculture biologique. Conference paneuropeenne a haut niveau sur l'agriculture et la biodiversite. Maison de l'UNESCO. Paris (France). 5-7 juin 2002.

- **SUTTON J.C. 1990.** Maladies des feuilles du blé d'automne. Université de Guelph; L.A. Hunt .fiche technique .Imprimeur de la Rein pour l'Ontario ; site internet : www.omafra.gov.on.ca/.../crops/farts/90-008.htm
- **THOMAS F, 2007.** L'azote en TCS et SD. Beaucoup de bénéfices mais une gestion à
- **TOUTAIN G., 1979** . Elément d'agronomie saharienne de la recherche au développement.Document INRAF, 138p.
- **USDA 2016 :** United States Department of Agriculture. www.USDA.fr
- **VEZ A., 1975.** La fumure azotée du blé d'automne sur la base d'expériences récentes. Revue suisse dagri. 7, pp 177-188.
- **VIAUX P. 1999.** Une 3ème voie en grande culture : Environnement, Qualité, Rentabilité. Ed. Agridécisions. Paris. p. 211.
- **VILAIN., 1997.** La production végétale. Les composantes de la production. Ed 13ème 478p..
- **WALL A.M., RIPLEY R et GALE M.D. 1971.** The position of a locus on chromosome 5B of *Triticum aestivum* affecting homoeologous meiotic pairing. Genet Res ,339 p .
- **WARDLAW I.F., DAWSON I.A., MUNIBI P et FEWSTER R. 1989.** The tolerance of wheat to high temperatures during reproductive growth. ISurvey procedures and general response patterns. Aust. J. Agric. Res. 40: 1-13. www.fao.org/wairdocs/X5163F/X5163FOI.GIF
- **YANG J., ZHANG J., WANG Z., ZHU Q. ET LIU L. 2001.** Water deficit induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. *Agronomy Journal* 93:196-206.
- **ZHANG J., NGUYEN HT et BLUM A. 1999.** Genetic analysis of osmotic adjustment in crops plants. *J Exp Bot*;50: 291-302.
- **ZILINSKY F.J. 1983.** Maladies des céréales à paille: guide d'identification: CIMMYT, Mexico.
- **ZITOUNI, Z., 2006.** Cinétique de quelques paramètres physiologiques du blé dur (*Triticum durum* Desf) (Variété Vitron) sous contrainte hydrique dans la plaine de Mitidja. Mémoire de Magister. INA-EIHarrach, Alger. 177pages.

ANNEXES

Annexe 1

Annexes 1: Normes d'interprétation du taux de pH eau.

pH eau	<5.5	5.5– 6.5	6.5 – 6.8	6.8 - 7.2	7.2 - 7.5	7.5 -8.5	>8.5
Appréciation	Fortement acide	Acide	Très légèrement acide	Voisin de la neutralité	Légèrement alcalin	Alcalin	Fortement alcalin

Source : GAGNARD et al. (1988) in BERGHEUL et DJAID(2010).

Annexes 2: Normes d'interprétation de la conductivité électrique du sol.

Mmhos.cm ⁻¹	0.6		1	2	3	4
CE 1/5	Non salé		Légèrement salé	Salé	Très salé	Excessivement salé
CE 1/10	Non salé	Légèrement salé	Salé	Très salé	Extrêmement salé	

Source: MATHIEU et PIELTAIN (2003) in BERGHEUL et DJAID(2010).

Annexes 3: Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol.

Taux de calcaire	<1%	1 à 5%	5 à 25%	25 à 50%	50 à 80%	>80%
Appréciation	Non calcaire	Peu calcaire	Modérément calcaire	Fortement calcaire	Très fortement calcaire	Excessivement calcaire

Source: BAIZE (1988) in BERGHEUL et DJAID(2010).

Annexes 4: Normes d'interprétation pour l'azote (CALVET ET VELLEMIN, 1986).



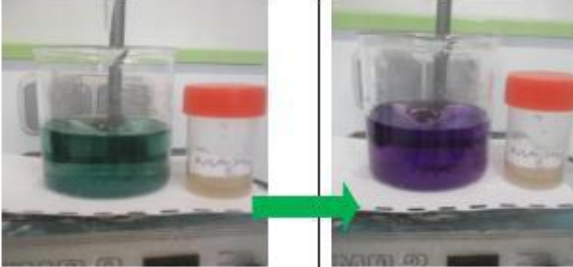
Azote (%)	Très pauvre	Pauvre	Moyen	Riche	Très riche
KJELDAHL	< 0.05	0.05- 0.1	0.1- 0.15	0.15- 0.25	> 0.25

Annexes 5: Méthode de dosage de l'azote total par la méthode Kjeldahl (1838)

Produits utilisés :

- Acide sulfurique H₂SO₄ /95-97%(SIGMA-ALDRICH)
- Hydroxyde de sodium NaOH (6 fois normale : 240g*1L)
- Acide borique H₃BO₃ (4%)
- Indicateur (rouge de méthyle et bleu de méthylène)
- Catalyseurs (0,5 g de mélange de Sulfate de potassium : K₂SO₄ et Sulfate de cuivre : CuSO₄ / 80g de K₂SO₄ et 20g de CuSO₄)
- L'eau distillée (mono-distillée)

Protocole expérimental

<p>1-Minéralisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Peser 0,5 g de l'échantillon MS. -Ajouter 20 ml d'acide sulfurique H₂SO₄ et 0,5 g de catalyseur. -Laisser minéraliser pendant une moyenne de 2h et 30 (jusqu'à l'obtention d'une couleur vert claire comme indiqué dans la photo de la chaine de dosage) en mettant le thermostat sur le bouton 8 (+ de 400°C). 	
<p>2-Distillation : extraction de l'ammoniac de l'échantillon</p> <ul style="list-style-type: none"> -placer un bécher contenant 20ml d'acide borique à 4% avec quelques gouttes d'indicateur coloré. -Lancer la distillation pendant 3 minutes. Le mélange d'acide borique, vire au vert ou bleu lorsque l'ammoniac s'ajoute, comme indiqué dans la photo de la chaine de dosage. 	
<p>3-Titrage de l'ammoniac :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Après distillation, récupérer le bécher d'acide borique. Faire un titrage avec une solution titrante d'acide sulfurique à 0,05 mol/L. Noter le résultat du titrage lorsque l'indicateur vire au mauve clair, comme indiqué dans la photo de la chaine de dosage. 	

Annexes 6 : Résultats de l'ANOVA des paramètres morpho agronomique (SAS 9.1.3)

```

Dependent Variable: Nbre_plts_lev_s_pot   Nbre plts levés/pot

Source              DF              Sum of
Squares              Mean Square      F Value      Pr > F
Model                10             444.8541667       44.4854167     15.64      <.0001
Error                85             241.8020833       2.8447304
Corrected Total      95             686.6562500

R-Square      Coeff Var      Root MSE      Nbre_plts_lev_s_pot Mean
0.647856      17.13405      1.686633      9.843750

Source              DF      Type III SS      Mean Square      F Value      Pr > F
Vari_t_s           7       400.0729167       57.1532738      20.09      <.0001
Doses              3       44.7812500       14.9270833      5.25      0.0023
02:43 Thursday, June 4, 2018 3

1

The GLM Procedure
Dependent Variable: Nbre_talles__pot   Nbre talles /pot

Source              DF              Sum of
Squares              Mean Square      F Value      Pr > F
Model                10             5436.020833       543.602083      20.60      <.0001
Error                85             2242.968750       26.387868
Corrected Total      95             7678.989583

R-Square      Coeff Var      Root MSE      Nbre_talles__pot Mean
0.707908      17.71986      5.136912      28.98958

Source              DF      Type III SS      Mean Square      F Value      Pr > F
Vari_t_s           7       5063.739583       723.391369      27.41      <.0001
Doses              3       372.281250       124.093750      4.70      0.0044
02:43 Thursday, June 4, 2018 4

The GLM Procedure
Dependent Variable: La_hauteur__cm_   La hauteur (cm)

Source              DF              Sum of
Squares              Mean Square      F Value      Pr > F
Model                10             5698.708333       569.870833      20.93      <.0001
Error                85             2314.750000       27.232353
Corrected Total      95             8013.458333

R-Square      Coeff Var      Root MSE      La_hauteur__cm_ Mean
0.711142      8.346758      5.218463      62.52083

Source              DF      Type III SS      Mean Square      F Value      Pr > F
Vari_t_s           7       5153.875000       736.267857      27.04      <.0001
Doses              3       544.833333       181.611111      6.67      0.0004
02:43 Thursday, June 4, 2018 5

```

Dependent Variable: SF_cm_ SF(cm)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	4741.816303	474.181630	28.83	<.0001
Error	85	1398.014812	16.447233		
Corrected Total	95	6139.831115			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	SF_cm_ Mean
0.772304	22.41722	4.055519	18.09109

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Vari_t_s	7	4727.137704	675.305386	41.06	<.0001
Doses	3	14.678599	4.892866	0.30	0.8271

1 02:43 Thursday, June 4, 2018 6

The GLM Procedure

Dependent Variable: Nbre_d__pi_pot Nbre d'épi/pot

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	7293.91667	729.39167	15.53	<.0001
Error	85	3993.41667	46.98137		
Corrected Total	95	11287.33333			

Dependent Variable: SF_cm_ SF(cm)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	4741.816303	474.181630	28.83	<.0001
Error	85	1398.014812	16.447233		
Corrected Total	95	6139.831115			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	SF_cm_ Mean
0.772304	22.41722	4.055519	18.09109

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Vari_t_s	7	4727.137704	675.305386	41.06	<.0001
Doses	3	14.678599	4.892866	0.30	0.8271

1 02:43 Thursday, June 4, 2018 6

The GLM Procedure

Dependent Variable: Nbre_d__pi_pot Nbre d'épi/pot

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	10	7293.91667	729.39167	15.53	<.0001
Error	85	3993.41667	46.98137		
Corrected Total	95	11287.33333			

	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Nbre_d__pi_pot	Mean
	0.646204	25.54396	6.854296		26.83333

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Vari_t_s	7	5157.833333	736.833333	15.68	<.0001
Doses	3	2136.083333	712.027778	15.16	<.0001

1 02:43 Thursday, June 4, 2018 7

Annexes 7 : Analyse de comparaison des moyennes des paramètres morpho agronomique (SAS 9.1.3)

t Tests (LSD) for Nbre_plts_lev_s_pot

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	85
Error Mean Square	2.84473
Critical Value of t	1.98827
Least Significant Difference	1.3691

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	14.8333	12	V8
B	10.0833	12	V7
B			
C B	9.9167	12	V5
C B			
C B	9.9167	12	V4
C B			
C B D	8.9167	12	V1
C B D			
C B D	8.8333	12	V2
C D			
C D	8.6667	12	V6
D			
D	7.5833	12	V3

1 02:43 Thursday, June 4, 2018 10

t Tests (LSD) for Nbre_talles__pot

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	85
Error Mean Square	26.38787
Critical Value of t	1.98827
Least Significant Difference	4.1697

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	46.167	12	V8
B	30.083	12	V4
B	29.833	12	V7
B	27.833	12	V1
C B	27.500	12	V5
C B	26.333	12	V6
C	25.167	12	V2
D	19.000	12	V3

1

02:43 Thursday, June 4, 2018 11

t Tests (LSD) for La_hauteur__cm_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	85
Error Mean Square	27.23235
Critical Value of t	1.98827
Least Significant Difference	4.2359

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	79.167	12	V3
B	64.250	12	V1
B	62.792	12	V4
C B	62.708	12	V8
C B	62.000	12	V7
C D	59.750	12	V6
D	57.958	12	V2
E	51.542	12	V5

1

02:43 Thursday, June 4, 2018 12

t Tests (LSD) for SF_cm_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	85
Error Mean Square	16.44723
Critical Value of t	1.98827
Least Significant Difference	3.2919

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	31.755	12	V6
B	26.233	12	V7
C	17.778	12	V2
C	17.369	12	V5
C	17.214	12	V8
D	13.715	12	V3
E	10.339	12	V1
E	10.326	12	V4

02:43 Thursday, June 4, 2018 13

t Tests (LSD) for Nbre_d__pi_pot

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	85
Error Mean Square	46.98137
Critical Value of t	1.98827
Least Significant Difference	5.5637

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	40.000	12	V8
A	35.250	12	V6
B	28.917	12	V7
C	27.750	12	V1
C	23.750	12	V5
C	22.917	12	V2
E	18.750	12	V3
E	17.333	12	V4

1

02:43 Thursday, June 4, 2018 14

t Tests (LSD) for Nbre_plts_lev_s_pot

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	85
Error Mean Square	2.84473
Critical Value of t	1.98827
Least Significant Difference	0.9681

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Doses
A	10.2917	24	N0
A			
A	10.2917	24	N1
A			
A	10.1250	24	N2
B	8.6667	24	N3

1

02:43 Thursday, June 4, 2018 15

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for Nbre_talles__pot

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	85
Error Mean Square	26.38787
Critical Value of t	1.98827
Least Significant Difference	2.9484

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Doses
A	30.625	24	N2
A			
A	29.958	24	N0
A			
A	29.750	24	N1
B	25.625	24	N3

1

02:43 Thursday, June 4, 2018 16

t Tests (LSD) for La_hauteur_cm_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	85
Error Mean Square	27.23235
Critical Value of t	1.98827
Least Significant Difference	2.9952

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Doses
A	65.896	24	N0
A			
B A	63.479	24	N1
B			
B C	61.063	24	N3
C			
C	59.646	24	N2

1

02:43 Thursday, June 4, 2018 17

t Tests (LSD) for SF_cm_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	85
Error Mean Square	16.44723
Critical Value of t	1.98827
Least Significant Difference	2.3277

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Doses
A	18.531	24	N0
A			
A	18.202	24	N3
A			
A	18.172	24	N1
A			
A	17.459	24	N2

02:43 Thursday, June 4, 2018 18

t Tests (LSD) for Nbre_d_pi_pot

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	85
Error Mean Square	46.98137
Critical Value of t	1.98827
Least Significant Difference	3.9341

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Doses
A	32.833	24	N2
B	28.292	24	N3
B	26.500	24	N1
C	19.708	24	N0

Annexes 8 : Résultats de l'ANOVA des paramètres physiologiques et biochimiques (SAS 9.1.3)

Dependent Variable: Cha__mg_gMF_ Cha (mg/gMF)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.08516933	0.01703387	1.15	0.3554
Error	30	0.44359410	0.01478647		
Corrected Total	35	0.52876343			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Cha__mg_gMF_ Mean
0.161073	14.75134	0.121600	0.824329

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Vari_t_s	2	0.04778644	0.02389322	1.62	0.2155
Doses	3	0.03738289	0.01246096	0.84	0.4813

1

16:47 Thursday, June 8, 2018 3

The GLM Procedure

Dependent Variable: Chb__mg_gMF_ Chb (mg/gMF)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.01850709	0.00370142	1.47	0.2292
Error	30	0.07558670	0.00251956		

Corrected Total	35	0.09409378				
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Chb__mg_gMF_ Mean		
	0.196688	15.18316	0.050195	0.330598		
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Vari_t_s	2	0.00794914	0.00397457	1.58	0.2231	
Doses	3	0.01055794	0.00351931	1.40	0.2630	

16:47 Thursday, June 8, 2018

The GLM Procedure

Dependent Variable: ChTotale__mg_gMF_ ChTotale (mg/gMF)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	5	0.13928929	0.02785786	0.85	0.5255	
Error	30	0.98311398	0.03277047			
Corrected Total	35	1.12240327				
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	ChTotale__mg_gMF_ Mean		
	0.124099	15.38238	0.181026	1.176841		
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Vari_t_s	2	0.05387147	0.02693573	0.82	0.4492	
Doses	3	0.08541782	0.02847261	0.87	0.4681	

16:47 Thursday, June 8, 2018 5

The GLM Procedure

Dependent Variable: SPAD SPAD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	5	281.6371556	56.3274311	6.92	0.0002	
Error	30	244.3328000	8.1444267			
Corrected Total	35	525.9699556				
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	SPAD Mean		
	0.535462	6.464136	2.853844	44.14889		
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F	
Vari_t_s	2	3.0107556	1.5053778	0.18	0.8322	
Doses	3	278.6264000	92.8754667	11.40	<.0001	

16:47 Thursday, June 8, 2018 6

The GLM Procedure

Dependent Variable: fv_m fv/m

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F	
Model	5	0.07702078	0.01540416	1.63	0.1829	

Error	30	0.28385511	0.00946184		
Corrected Total	35	0.36087589			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	fv_m Mean	
	0.213427	19.45656	0.097272	0.499944	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Vari_t_s	2	0.06618422	0.03309211	3.50	0.0431
Doses	3	0.01083656	0.00361219	0.38	0.7669

16:47 Thursday, June 8, 2018 7

The GLM Procedure

Dependent Variable: fv_o fv/o

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	0.89224103	0.17844821	1.17	0.3454
Error	30	4.56412994	0.15213766		
Corrected Total	35	5.45637097			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	fv_o Mean	
	0.163523	36.16674	0.390048	1.078472	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F

Vari_t_s	2	0.73366072	0.36683036	2.41	0.1069
Doses	3	0.15858031	0.05286010	0.35	0.7912

16:47 Thursday, June 8, 2018 8

The GLM Procedure

Dependent Variable: N_ N%

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	5	110.8450608	22.1690122	5.78	0.0008
Error	30	115.0925781	3.8364193		
Corrected Total	35	225.9376389			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	N_ Mean	
	0.490600	26.02222	1.958678	7.526944	
Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Vari_t_s	2	35.83933160	17.91966580	4.67	0.0171
Doses	3	75.00572917	25.00190972	6.52	0.0016

16:47 Thursday, June 8, 2018 9

Annexes 9 : Analyse de comparaison des moyennes es paramètres physiologiques et biochimiques (SAS 9.1.3)

t Tests (LSD) for Cha__mg_gMF_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	0.014786
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	0.1014

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	0.86393	12	V2
A	0.83307	12	V1
A	0.77598	12	V3

1

16:47 Thursday, June 8, 2018 12

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for Chb__mg_gMF_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	0.00252

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	0.35161	12	V2
A	0.32041	12	V1
A	0.31978	12	V3

1

16:47 Thursday, June 8, 2018 13

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for ChTotale__mg_gMF_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	0.03277
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	0.1509

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	1.22866	12	V2
A	1.16611	12	V1
A	1.13575	12	V3

1

16:47 Thursday, June 8, 2018 14

t Tests (LSD) for SPAD

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	8.144427
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	2.3794

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	44.437	12	V1
A			
A	44.257	12	V2
A			
A	43.753	12	V3

1

16:47 Thursday, June 8, 2018 15

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for fv_m

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	0.009462
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	0.0811

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	0.53783	12	V3
A			
A	0.52200	12	V1
B	0.44000	12	V2

1

16:47 Thursday, June 8, 2018 16

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for fv_o

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	0.152138
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	0.3252

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	1.2142	12	V3
A			
B	1.1401	12	V1
B			
B	0.8812	12	V2

1

16:47 Thursday, June 8, 2018 17

t Tests (LSD) for N_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	3.836419
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	1.6331

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Vari_t_s
A	8.7252	12	V1
A			
B A	7.5731	12	V2
B			
B	6.2825	12	V3

1 16:47 Thursday, June 8, 2018 18

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for Cha__mg_gMF_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	0.014786
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	0.1171

t Grouping	Mean	N	Doses
A	0.85249	9	N2
A			
A	0.85171	9	N1
A			
A	0.81966	9	N3
A			
A	0.77345	9	N0

1 16:47 Thursday, June 8, 2018 19

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for Chb__mg_gMF_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	0.00252
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	0.0483

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Doses
A	0.35721	9	N1
A			
A	0.32853	9	N2
A			
A	0.32726	9	N3
A			
A	0.30940	9	N0

t Tests (LSD) for ChTotale__mg_gMF_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	0.03277
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	0.1743

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Doses
A	1.22187	9	N1
A			
A	1.19696	9	N3
A			
A	1.19395	9	N2
A			
A	1.09459	9	N0

1

16:47 Thursday, June 8, 2018 21

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for SPAD

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	8.144427

t Grouping	Mean	N	Doses
A	46.798	9	N2
A			
A	45.196	9	N3
A			
A	45.131	9	N1
B	39.471	9	N0

1

16:47 Thursday, June 8, 2018 22

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for fv_m

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	0.009462
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	0.0936

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Doses
A	0.52400	9	N1
A			
A	0.50889	9	N3
A			
A	0.48411	9	N2
A			
A	0.48278	9	N0

t Tests (LSD) for fv_o

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	0.152138
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	0.3755

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Doses
A	1.1698	9	N1
A			
A	1.1137	9	N3
A			
A	1.0199	9	N2
A			
A	1.0106	9	N0

1

16:47 Thursday, June 8, 2018 24

The GLM Procedure

t Tests (LSD) for N_

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	30
Error Mean Square	3.836419
Critical Value of t	2.04227
Least Significant Difference	1.8857

Means with the same letter are not significantly different.

t Grouping	Mean	N	Doses
A	9.1117	9	N2
A			
A	8.3242	9	N1
A			
A	7.4200	9	N3
B	5.2519	9	N0

RESUME

Les performances de production de huit variétés du blé dur : Bousselam, Waha, Mohamed Ben Bachir, Sétifis, Megress, Mansourra, Massinissa et GTAdur ont été évaluées durant la campagne 2017-2018 dans des conditions semi-contrôlées en pots sous l'effet des différentes doses d'azote (0, 40, 80 et 120 u N/ha), fractionnée en deux apports : 1/3 au stade début tallage et 2/3 au stade début montaison).

Les résultats montrent que les doses croissantes d'azote améliorent significativement et positivement les paramètres morpho-agronomiques à savoir le nombre de plants levés/pot, le nombre de talles/pot et le nombre d'épis/pot et négativement la hauteur de végétation. Pour les paramètres physiologiques et biochimiques, aucun effet dose a été enregistré pour les pigments chlorophylliens (Cha, Chb et ChT) et les valeurs de fluorescences chlorophyllienne (Fv/m et Fv/o). Par contre un effet dose significatif a été remarqué pour les valeurs SPAD et la quantité d'azote total absorbée au stade floraison.

Nous avons pu aussi détecter chez certains géotypes une supériorité apparente significative par rapport aux autres pour l'ensemble des paramètres morpho-agronomiques et les paramètres physiologiques et biochimiques.

Mots-clés : fertilisation azotée, blé dur, dose urée 46%, performance de production.

ملخص

أداء إنتاج ثمانية أصناف من القمح القاسي (الواحة، محمد بن البشير، ستيفيس، مغرس، المنصورة، ماسينيسا، ج ت الصلب) جرى تقييمها في شروط شبه مراقبة خلال موسم 2017-2018 تحت تأثير جرعات مختلفة من تراكيز النيتروجين (اليوريا 46%)، 0، 40، 80، 120 وحدة ازوتية / هكتار. قسمت على جزئين (3/1 التفرع المبكر و3/2 في بداية الاستطالة الجذعية). أظهرت النتائج أن زيادة معدلات النيتروجين يحسن بشكل كبير وإيجابي في المعايير الشكلية والزراعية: عدد النباتات النامي / وعاء، وعدد السيقان/ وعاء وعدد السنابل / وعاء وسلبا علي ارتفاع النبات . بالنسبة للمعايير الفسيولوجية والبيوكيميائية، لم يسجل أي تأثير للجرعة علي للأصبغ الكلوروفيل (Cha, Chb et ChT) وقيم اشعاعات الكلوروفيل (Fv/m et Fv/o) من ناحية أخرى ، لوحظ تأثير الجرعة علي قيم SPAD وكمية النيتروجين الكلي الممتص في مرحلة الإزهار. كما تمكنا من الكشف في بعض التراكيب الوراثية عن تفوق كبير على الآخرين في المعايير الشكلية والزراعية و المعايير الفسيولوجية والكيميائية الحيوية. الكلمات المفتاحية: التسميد النيتروجيني ، القمح القاسي ، جرعة اليوريا 46% ، أداء الإنتاج.

ABSTRACT

The production performance of eight durum wheat varieties: Bousselam, Waha, Mohamed Ben Bashir, Sétifis, Megress, Mansourra, Massinissa and GTAdur were evaluated during the 2017-2018 season under semi-controlled conditions in pots under the influence of different doses of nitrogen (0, 40, 80 and 120 u N / ha), divided into two inputs: 1/3 at the early tillering stage and 2/3 at the early start stage).

The results show that the increasing doses of nitrogen significantly and positively improve the morpho-agronomic parameters, namely the number of plants raised / pot, the number of tillers / pot and the number of ears / pot and negatively the height of vegetation. For physiological and biochemical parameters, no dose effect was recorded for chlorophyll pigments (Cha, Chb and ChT) and chlorophyll fluorescence values (Fv / m and Fv / o). On the other hand, a significant dose effect was observed for the SPAD values and the amount of total nitrogen absorbed at the flowering stage.

We have also been able to detect in some genotypes a significant superiority over the others for all morpho-agronomic parameters and physiological and biochemical parameters.

Key words: Nitrogen fertilization, Durum wheat, Urea dose 46%, Production performance.

