

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par :

Melle KHALED KHODJA Aicha

Melle MEGUENI Mounira

Thème

**L'effet du choix variétal et fertilisation
azotique sur le rendement du blé dur à Tiaret
cas de Sebaine**

Soutenu publiquement le 02/07/2018

Jury:

Président: Mr. BOUFARES Khaled

Encadreur: Mr. BOUMAAZA Boualem

Examineur: Mr. BENAHMED Mohamed

Année universitaire 2017– 2018

Tables des Matières

Dedicaces	
Remerciements	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Chapitre-I Plante Hôte : Le Blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf)	
1- L'origine du blé dur (<i>Triticum durum</i>)	3
1.1- Origine génétique	3
1.2- Origine géographique.....	4
2- Classification botanique.....	4
3- Le cycle biologique.....	4
4- Description morphologiques.....	5
4.1- L'appareil végétatif	5
4.2- Le grain	5
5- La croissance et développement de la culture du blé	6
5.1- Période végétative	6
5.1.a-Phase Germination.....	6
5.1.b-Phase Semi-levée.....	7
5.1.c-Phase Levée-Début du tallage	7
5.2- Période de reproduction	7
5.2.a Phase Tallage herbacé – Gonflement.....	7
5.2.b-Phase Epiaison – Floraison.....	7
5.3-Période de Maturation.....	7
5.3.a-Phase pâteuse	7
5.3.b-Phase de dessiccation	8
6- Situation de la céréaliculture	8
6.1- Dans le monde.....	8
6.2- En Algérie	9
7- Les exigences de la culture du blé	10
7.1- Exigences édaphique.....	10
7.2- Exigences climatiques.....	11
Température	11
L'eau	11
La lumière	11
8- Les Contraintes à la production du blé	12
8.1-La sécheresse.....	12
8.2- L'effet des températures.....	12
8.3- L'effet de la salinité	12
8.4- L'effet des ennemies des cultures	12
9- Exigences du blé en éléments minéraux essentiels.....	13
9.1- L'azote	13
9.2- Potassium	13
9.3- Phosphore.....	14
Chapitre 2: La Fertilisation azotée	

1. Importance de l'azote dans l'agriculture.....	15
2. La fertilisation azotée dans la production agricole	15
3. Rôle de l'azote dans la plante	16
4. Principale source d'alimentation azotée de la plante	16
5. Formes d'azote dans les engrais.....	17
5.1 L'azote nitriques.....	17
5.2 L'azote ammoniacal (NH ₄ +).....	17
5.3 Engrais uréiques	17
6. Les différentes formulations d'engrais	19
7. La nutrition azotée chez le blé	19
Partie expérimentale	
Chapitre. I Matériel et méthodes	
Matériel et méthodes	22
1 Matériel	22
1.1 Localisation du site d'essai.....	22
1.2 Caractéristiques climatiques.....	22
1.3 Caractéristiques pédologiques.....	23
1.4 Matériel végétale	24
2 Méthodes.....	25
2-1 Protocole expérimentale.....	25
2-2 Conduite d'essai	25
2-3 Paramètres étudiés.....	28
Chapitre II résultats et discussion	
1. Effet de la fertilisation azoté sur les paramètres agronomiques de la plante de blé dur... 29	29
2. Influence des différentes doses d'azote sur l'hauteur des plantes de blé dur..... 29	29
3. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre plantes par m ² de blé dur	30
4. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre épi par m ² de blé dur..... 31	31
5. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des graines par épis	32
6. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des graines/m ²	33
Conclusion.....	35
Références biobibliographiques.....	37
Annexes.....	43

Dédicaces

A Dieu, source de toute connaissance ;

A mon père Hbib qui était pour moi un symbole de courage de fierté merci pour ton soutien ;

A la plus belle perle dans le monde Amina ma chère mère que Dieu te garde et te protège ;

A mes frères Ahmed ; Mohamed ; Abd- El -Rezek, mes sœurs ; Mokhtaria ; Nadia ; Karima ; Ikram.

A toute Ma famille : Khaled Khodja ; Ben Cheikh

A mon Encadreur Mr Boumaaza Boualem ;

A mes enseignants ; Adda Ahmed ; Soualmi

A tous mes amis ; Bakhta ; Houda ; Nessrin ; Fatima ;

A toute la promotion Génétique moléculaire et amélioration des plantes 2016/2018

A toute personne m'ayant aidé à franchir un horizon dans Ma vie.

Dédicaces

A Dieu, source de toute connaissance ;

*A mon père Mohamed qui était pour moi un symbole
de courage de fierté merci pour ton soutien ;*

*A ma chère mère qui nous a quitté que Dieu ait son
âme*

*A mes frères Mostapha ; Nour –Elddin a mes sœurs
Bakhta ; fatiha ; sara .*

A toute Ma famille : Megueni ; Bouloinoire

A mon Encadreur Mr Boumaaza Boualem ;

A mes enseignants ; Adda Ahmed ; Soualmi

A tous mes amis ; Assia ; hadjer ; fatima

*A toute la promotion Génétique moléculaire et amélioration des
plantes 2016/2018*

A toute personne m'ayant aidé à franchir un horizon dans Ma vie.

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous tenons à remercier DIEU tout puissant, De nous avoir accordé la force, le courage, la Volonté et la patience pour achever ce modeste travail de fin d'études de master.

Nous remercions vivement notre encadreur : Mr Boumaaza Boualem pour son Aide, sa compréhension et ses Conseils et ses corrections sérieuses pour ce travail.

Nos sincères remerciements vont également aux Enseignants de spécialité Génétique moléculaire et amélioration des plantes : Mr Adda Ahmed ; Mr Boumaaza. Mme Dahlia .Et tous les Enseignants à la Faculté des sciences de la Nature et La Vie, Université Ibn Khaldoun-Tiaret

Nous remercions aussi a Mme Bouabdelli Fatiha ; Mme Labach Amira ; Mr Mouzar Abd E l'Hadi pour leur aide et conseil

Nous remercions également toutes les Personnes qui Nous ont aidés, de près ou de Loin pour la réalisation de ce travail en Particulier.

Nous remercions toute la promotion de biologie précisément les étudiants de Génétique moléculaire et amélioration des plantes.

*Nous tenons à remercier aussi les Membres du jury Mr : BOUFARES Khaled
BENAHMED Ahmed Pour l'honneur qu'ils nous ont fait en
Acceptant de juger notre travail.*

Résumé

La présente étude explore les possibilités d'optimiser l'utilisation de l'azote et de la variété en céréaliculture. Les performances de deux variétés de blé dur à haut rendement Vitron et Boussellam soumises à quatre niveaux d'azote 105N, 140N, 175N et 210N ont été évaluées en pluvial pendant l'année agricole 2017-2018. Le site expérimental était localisé dans le périmètre irrigué d'ITGC de Sebain- Tiaret. Les résultats montrent des différences importantes entre les variétés et les doses azotées concernant l'hauteur des plantes, nombre plantes par m², nombre épi par plante, nombre épi par m² et nombre de grains/épis. Les résultats obtenus ont montré que l'apport d'azote en deux fractions réparties équitablement entre le semis et la montaison améliore à la fois l'hauteur des plantes, nombre épi par plante, nombre épi par m², nombre de grains/épis et nombre de grains/m².

Mots Clés: Blé dur, fertilisation azotée, variété, rendement, *Triticum durum* L.

Abstract

This study investigates possibilities of optimising the use of nitrogen and the variety in cereal cultivation. The performance of two highly productive varieties Vitron and Boussellam subjected to four nitrogen levels 105N, 140N, 175N and 210N were evaluated in rainfed during the 2017-2018 agricultural year. The experimental site was located in the irrigated area of ITGC Sebain-Tiaret. The results show important differences between the varieties and the nitrogen levels concerning the height of the plants, the number of plants per m², the number of ears per plant, the number of ears per m² and the number of grains/ears. The results obtained showed that the nitrogen supply in two fractions distributed equitably between the seedling and the stem-extension improves both the height of the plants, number of ears per plant, number of ears per m², number of grains/ears and number of grains/per m².

Key words: Durum wheat, nitrogen fertiliser, variety, yield, *Triticum durum* L.

المخلص

تستهدف هذه الدراسة فرص تحسين استخدام الأذوت والأصناف المتنوعة عند الحبوب. تم تقييم أداء صنفين من القمح الصلب عالي الإنتاجية (Boussellam و Vitron) مع أربعة تراكيز من الأذوت N105، N140، N175 و N210 أثناء الموسم الزراعي 2017-2018. يقع الموقع التجريبي للإنتاج الزراعي في منطقة السبعين بتيارت (المركز التقني للزراعات الواسعة).

أظهرت النتائج اختلافات بين الصنفين و تراكيز الأذوت في طول النبات ، عدد النباتات لكل متر مربع ، عدد السنابل لكل نبتة ، وعدد السنابل لكل متر مربع وعدد الحبوب لكل سنبله. وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن إضافة الأذوت في مرحلتين موزعتين بشكل عادل بين فترة البذر والدوران يحسن كل من ارتفاع النباتات ، وعدد السنابل لكل نبتة ، وعدد السنابل لكل متر مربع وعدد الحبوب لكل سنبله وعدد الحبوب لكل متر مربع.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، الأسمدة الأذوتية، الصنف ، المرودية ، *Triticum durum* L.

Liste des tableaux

Tableau 1. Les dix grands premiers producteurs de blé dans le monde (million Tonnes/an) (FAO, 2012)	9
Tableau 2. Données climatiques de la région de Tiaret durant la campagne 2017-2018.....	23
Tableau 3. Analyse granulométrique et physico-chimiques du sol (selon Oulbachir et <i>al.</i> , 2014).....	24
Tableau 4. Les principales caractéristiques du matériel végétal utilisé.	24
Tableau 5. Les différentes opérations culturales	27
Tableau 6. Influence des différentes doses d'azote sur l'hauteur des plantes	30
Tableau 7. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des plantes par m ²	31
Tableau 8. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre épi par m ²	32
Tableau 9. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des graines par épis	33
Tableau 10. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des graines/m ²	34

Listes des figures

Figure 1: Schéma de l'origine des génomes portés par les différents blés d'après Marcussen et al. (2014).	3
Figure 2 : Culture de céréale au stade de tallage (Boyeldieu ,1999)	5
Figure 3 : Anatomie du grain de blé tendre. Surget et Barron. (2005).	6
Figure 4: Cycle végétal du blé selon (Fritas, 2012).	8
Figure 5 : Evolution de la production mondiale des blés (Conseil international des céréales ..	9
Figure 6 : Evolution de la production des céréales en Algérie (MADR, 2009).	10
Figure 7 : rendement en blé dur (MADR, 2016).	10
Figure 8 : Cycle de l'azote d'après Hofman et Van Cleemput (2004).	19
Figure 9: Localisation du site expérimentale.....	22
Figure 10: Schéma du dispositif expérimental	26

Liste des abréviations

- ❖ % : pourcentage
- ❖ °C : degré Celsius
- ❖ μm : micromètre
- ❖ Cl⁻: chlore
- ❖ Cm : centimètre
- ❖ FAO : Food and agriculture organization(Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
- ❖ g : gram
- ❖ ha : hectare
- ❖ meq. : milliéquivalent
- ❖ mg : milligramme
- ❖ ml : millilitre
- ❖ mm : millimètre.
- ❖ Na⁺ :sodium
- ❖ peroxyde d'oxygène : H₂O₂
- ❖ Ph : potentiel d'hydrogène
- ❖ PMG : poids de mille graine
- ❖ Qx : quintaux
- ❖ Stat : statistique
- ❖ UV : ultra-violet

Introduction

Introduction

Il est connu que les céréales comme le blé, le riz et le maïs constituent l'alimentation de base de la majorité des populations. Sur le plan spatial, les céréales occupent une large partie du sol agricole totale et s'étendent sur des superficies qui représentent jusqu'à 30 % des terres cultivables (Chebbi *et al.*, 2004). Au cours des dernières années, la production mondiale des céréales a augmenté de façon considérable, cependant, devant une population toujours croissante, cette production doit accroître afin d'en satisfaire les besoins.

Le blé est l'une des premières plantes introduites en culture, en raison de nombreux qualités favorables à l'alimentation humaine (De buyser, 2001).

En Algérie, le blé parmi les céréales qui occupe la majorité des superficies des productions céréalières, jusqu'à 90 % (Jouve *et al.*, 2000). Malgré l'importance relative des superficies cultivée, la production céréalière algérienne reste insuffisante comparativement aux potentialités productives et des besoins du pays estimé par Zaghouane *et al.* (2006) à 220 kg/an/habitant.

Dans ce cas, comme dans la plupart des pays méditerranéen, la culture de blé est soumise à plusieurs contraintes biotiques et abiotiques qui affectent aussi bien le rendement que la qualité des fruits. Ces contraintes sont liés à des changements de l'environnement, notamment les mauvaises conditions de température, l'humidité de l'air ou du sol, les déséquilibres de la nutrition, la carence ou l'excès de substances minérales, l'acidité ou l'alcalinité du sol, un mauvais drainage et au développement des maladies.

Pour assurer à la fois un rendement élevé et une bonne qualité des graines, il serait très utile de s'orienter vers la recherche d'une phytotechnie optimale par la création variétale et le choix de d'adaptation les apports aux besoins des variétés durant ses différents stades de développement (Justes 1993), qui convient d'évoquer l'élément clé pour l'élaboration des rendements en blé et la garantie d'une meilleure qualité.

La variation des rendements est engendrée par la variabilité des nouveaux cultivars aux divers exigences nutritionnelles qui caractérisent le milieu édaphique (Benmahammed *et al.*, 2010).

Il est de ce fait possible de sélectionner des variétés productives par l'analyse de la relation causale entre les besoins nutritionnelles et le rendement final en grains produit (Limaux 1999). Cette stratégie qui permet d'aider les agriculteurs à mieux raisonner les

apports, et d'en tirer d'intéressantes variétés à intégrer au programme de sélection (Bajji et *al.*, 2001).

La fertilisation, est un facteur principal de production agricole pour chaque type de culture, et 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 doit être raisonné convenablement les apports d'engrais minéraux pour améliorer les rendements et d'assurer la disponibilité de tous les éléments nécessaires à la plante en période de forte consommation.

Actuellement les engrais minéraux occupent une place primordiale dont l'azote qui permet de croître les rendements des cultures en augmentant la grosseur du grain. D'après David et *al.*, (2004), il est défini comme étant le principal facteur limitant.

Afin d'apporter des connaissances sur la gestion de l'azote dans ce système de production, il est nécessaire identifier les variétés de blé dur algérien par rapport à leurs capacités en production et leur besoins en azote qui retient plus particulièrement l'intérêt de sélectionneur.

L'objectif principal de ce travail est d'étudier deux variétés de blé dur cultivés en Algérie pour définir leurs besoins azotique, de mieux les apprécier et les caractériser du point de vue quantitatif et de voir leurs possibles relations.

Ce manuscrit débute par une synthèse bibliographique décrivant l'origine, systématique, biologie, exigences et production de blé dur (chapitre 1). Le chapitre suivant correspond les principales notions concernant la fertilisation azotique. La seconde partie de ce manuscrit est consacrée aux résultats obtenus durant ce mémoire. Enfin, une conclusion générale de ce mémoire ainsi que des éléments de perspectives viennent clore ce manuscrit.

**Chapitre –I Plante Hôte : Le Blé
dur (*Triticum durum* Desf)**

1- L'origine du blé dur (*Triticum durum*)

1.1- Origine génétique

Les espèces de blé aujourd'hui cultivés appartiennent au genre *Triticum*, possédants différents niveaux diploïdie, qui subissent des événements de polyploïdisation apparus au cours de leur évolution, avant domestication.

Du point de vue génétique on distingue ainsi des espèces diploïdes telles que l'engrain ou petit épeautre (*Triticum monococcum*; 14 chromosomes), des espèces tétraploïdes comme l'amidonniér (*T. turgidum*; 28 chromosomes) et des espèces hexaploïdes (*T. aestivum*; 42 chromosomes). Figure 1. Le génome de ces espèces est organisé en une série basique de 7 chromosomes ($X = 7$ chromosomes). Le *Triticum monococcum* L, est un des ancêtres des blés actuels. Les blés tétraploïdes se sont différenciés en plusieurs sous-espèces comme l'amidonniér domestiqué ou le blé dur (*T. turgidum* spp dicoccoïdes ou durum, respectivement). Il en est de même pour les blés hexaploïdes où l'on distingue deux sous-espèces cultivées, le blé tendre (*T. aestivum* spp aestivum) et le grand épeautre (*T. aestivum* spp spelta). Le génome des blés hexaploïdes est ainsi constitué de 3 génomes différents : A, B et D, chacun constitué de 7 paires de chromosomes, soit un total de 42 chromosomes (Figure 1).

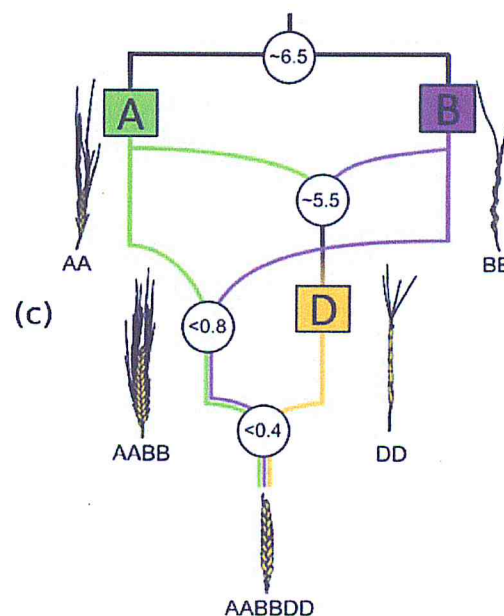
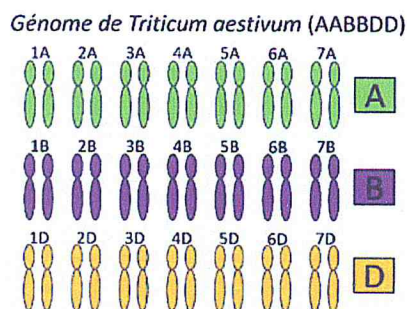
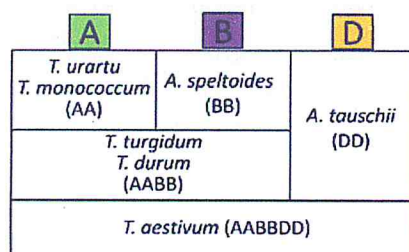


Figure 1. Schéma de l'origine des génomes portés par les différents blés d'après Marcussen et al. (2014).

1.2- Origine géographique

L'aire d'origine des blés est le proche Orient, dans la zone dite du Croissant fertile, l'Irak, la Syrie et la Turquie (Baldy, 1986). La diffusion du blé vers l'Europe, l'Asie et l'Afrique du Nord est très ancienne.

2-Classification botanique

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (Feuillet, 2000). Le genre *Triticum* appartient à la tribu des *Triticées* au sein de la famille des *Poacées* et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones (Bolot et al. 2009).

Règne	Plantae ((Règne végétale)
Embranchement	Spermaphyte
Division	Magnoliophyta (Angiospermes)
Classe	Liliopsida (Monocotylédons)
Ordre	Poale
Famille	Poaceae (ex Graminées)
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf.

3- Le cycle biologique

(Boyeldieu, 1999) rappelle que le cycle végétatif du blé s'accomplit en trois 3 grandes périodes. La première période végétative (ou des feuilles) débute de la germination à la fin du tallage. La période reproductrice (ou des tiges) s'étend du redressement à la fécondation. Elle apparaît au cours du tallage et regroupe la formation de l'ébauche de l'épi, l'initiation florale (montaison-gonflement) et la méiose-fécondation (Soltner, 2005). La troisième période de formation et de maturation des *grains* est repérée de la fécondation à la maturation complète du grain. Différents échelles ont été établies pour identifier les stades végétatifs clés du cycle de développement de la culture du blé. Selon(Soltner, 2005) les échelles de notation qui ont été relevées sont celles de (Jonard, 1952), (Feeks ,1954) et de (Zadocks ,1974).

4- Description morphologique

4.1- L'appareil végétatif

L'appareil végétatif est constitué de talles émises depuis le plateau de tallage situé à la base de la plante (Figure 2). Ces talles se développent à partir du bourgeon principal (talle principale) et des bourgeons axillaires (talles secondaires). Chaque talle se compose de différents phytomères formés de tige, gaine, limbe foliaire, un bourgeon axillaire qui porte à son sommet un épi formé de deux rangées d'épillets situés de part et d'autre du rachis (Boyeldieu, 1999).

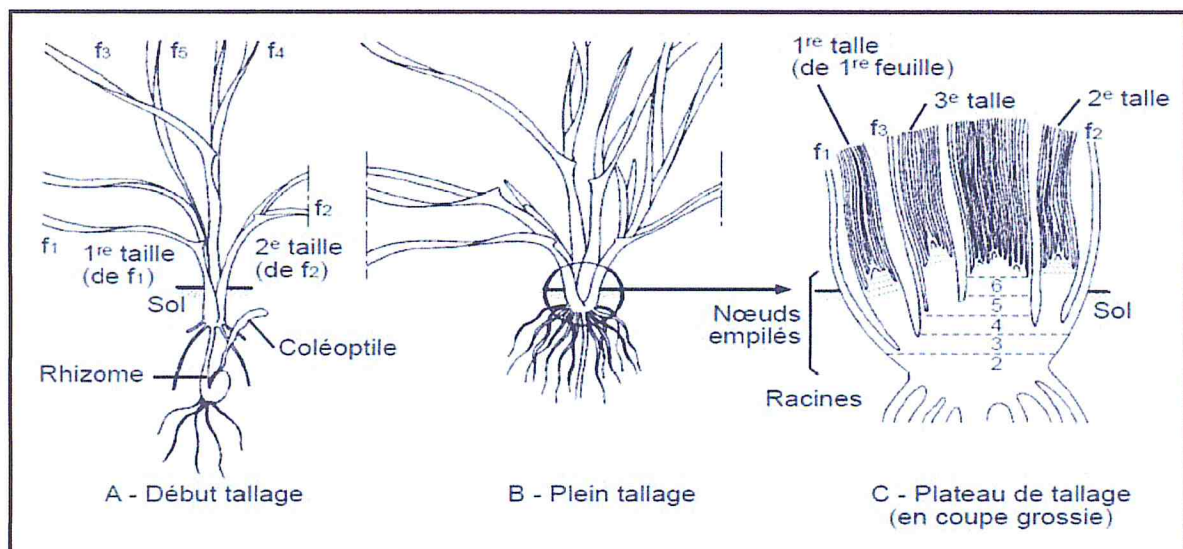


Figure 2. Culture de céréale au stade de tallage (Boyeldieu, 1999)

L'épillet regroupe trois à quatre fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur est dépourvue de pétales, entourée de deux glumelles. Elle contient trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux. La fleur du blé est dite cléistogame, c'est-à-dire que, le plus souvent, le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la fleur. Du fait du caractère cléistogame de la fleur, l'autofécondation est le mode de reproduction le plus fréquent (autogamie). Les glumes et les glumelles sont éliminées au moment du battage pour libérer le grain.

4.2- Le grain

Le grain, ou caryopse, est à la fois le fruit et la graine du fait que les enveloppes du fruit sont soudées à celle de la graine (Figure 3). Ses réserves sont contenues dans l'albumen composé de 65% d'amidon, 15% de protéines, de 15% d'eau et de divers micro éléments comme le Fe, Zn, les acides gras et les vitamines (Bogard, 2011). La qualité de la pâte de la farine est liée à la structure et à la composition de l'amidon. L'embryon est constitué de l'axe

embryonnaire qui donnera la tigelle, la mésocotyle et la racicule de la future plantule ainsi que du scutellum ou cotylédon qui constitue une zone d'échange entre l'embryon et l'albumen. Evers and Millar. (2002).

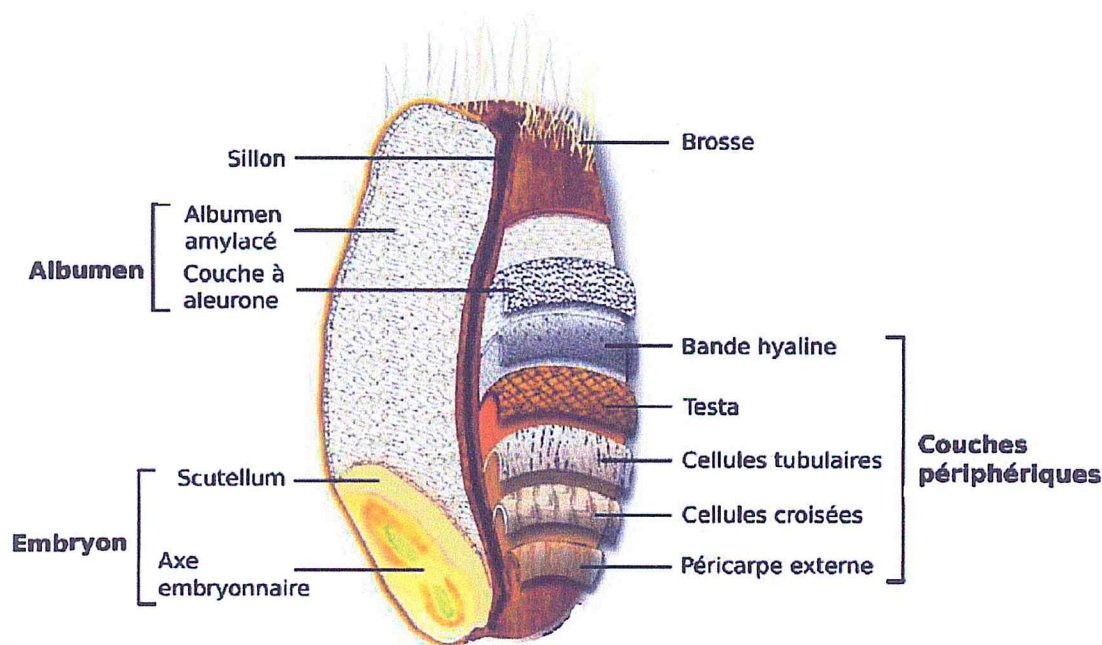


Figure 3. Anatomie du grain de blé tendre. Surget et Barron. (2005).

Les couches périphériques sont constituées de l'intérieur vers l'extérieur par la bande hyaline, la testa, les cellules tubulaires, les cellules croisées et le péricarpe externe. Les cellules tubulaires et cellules croisées forment le péricarpe interne. Pendant le développement du grain, le péricarpe évite les pertes d'eau sans pour autant empêcher sa pénétration (Evers et *al.* 1999).

5- La croissance et développement de la culture du blé

Le cycle de développement du blé dur comporte trois phases : La période végétative, la période reproductrice et la période de maturation.

5.1- Période végétative

Cette période comprend les phases suivantes

5.1.a-Phase Germination

Elle s'étend du semis au stade A. c'est la phase première de la vie d'une plante qui assure la naissance d'une jeune plantule au dépend de la graine. Elle passe par la phase de

l'imbibition de la graine, libération des enzymes et dégradation des réserves assimilables par la graine, ensuite la phase de croissance caractérisée par l'allongement de la radicule (Gyot, 1978 ; Vertucci, 1989).

5.1.b-Phase Semi-levée

C'est la phase de germination et de début de la croissance.

5.1.c-Phase Levée-Début du tallage

Elle est caractérisée par les apparitions successives à l'extrémité de la coléoptile et la première feuille fonctionnelle, puis de la deuxième, troisième feuille etc. imbriquées les unes dans les autres, partant toutes d'une zone proche de la surface du sol (plateau du tallage) et reliées à la semence par le rhizome. Cette phase devient critique en cas d'attaque d'insectes ou de champignons telles que les fusarioses. (Gyot, 1978; Vertucci, 1989).

5.2- Période de reproduction

Cette période comprend deux phases:

5.2.a Phase Tallage herbacé – Gonflement

Elle comprend: l'initiation florale, la différenciation de l'ébauche de l'épi, la différenciation des ébauches des glumes, la montaison ou élongation, la méiose ou réduction chromosomique et le gonflement.

5.2.b-Phase Epiaison – Floraison

Cette phase correspond à l'épiaison (apparition des épis à l'extérieur), puis à la fécondation (ouverture des sacs polliniques), à la germination du pollen et à la fécondation de l'ovule. Cependant, la floraison consiste en l'éclatement des anthères qui libèrent le pollen ; les filets qui les portent s'allongent, cette opération entraîne à travers les glumelles entrouvertes, les sacs polliniques desséchés, à l'extérieur flotte alors tout autour de l'épi comme de petites fleurs blanches c'est l'ensemble de ces petites fleurs qui fait dire que « l'épi est fleuri » (Gyot, 1978 ; Vertucci, 1989).

5.3-Période de Maturation

Elle s'étend de la fécondation au stade de maturité du grain et se subdivise en deux phases:

5.3.a-Phase pâteuse

Elle est appelée aussi phase du palier hydrique, où la graine accumule très fortement l'amidon dans son albumen, tout excès d'évaporation (ou tout déficit d'alimentation en eau) à

pour effet de ralentir les synthèses et la migration des réserves nécessaires à la formation du grain, ce qui se traduit par la formation de grains ridés de poids inférieur à la normale (phénomène d'échaudage).

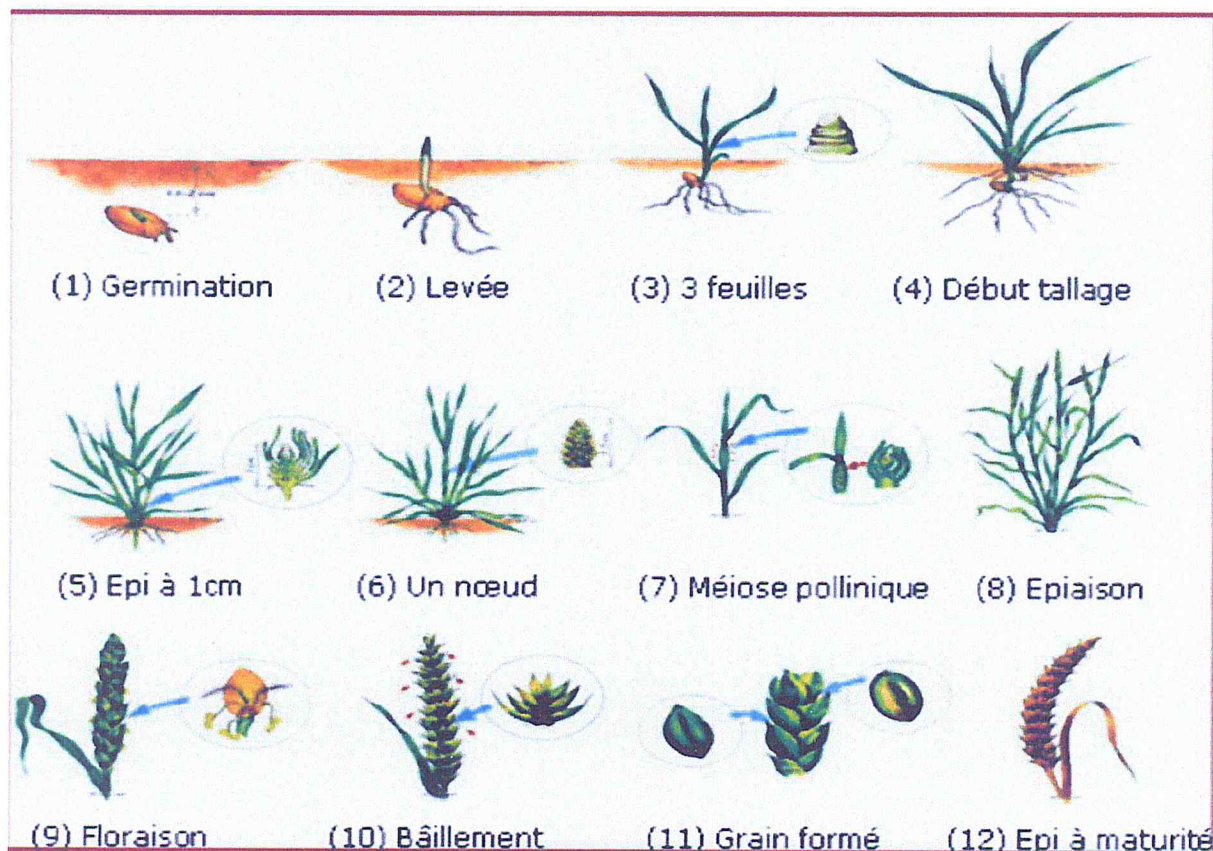


Figure 4. Cycle végétal du blé selon (Fritas, 2012).

5.3.b-Phase de dessiccation

Elle correspond à la perte progressive de l'humidité du grain (maturité au champ 20 à 15% d'humidité) (Gyot, 1978; Vertucci, 1989).

6- Situation de la céréaliculture

6.1- Dans le monde

La production de blé serait quant à elle en légère hausse (0,8%), à 730,8 Mt. Le Conseil international des céréales livre, de plus, ses estimations pour la campagne 2016-2017 : la production de blé reculerait pour la première fois en trois ans, à 706 Mt (Tableau1). Bien que les conditions pour le blé d'hiver de 2016-2017 ne soient pas entièrement idéales dans certaines régions.

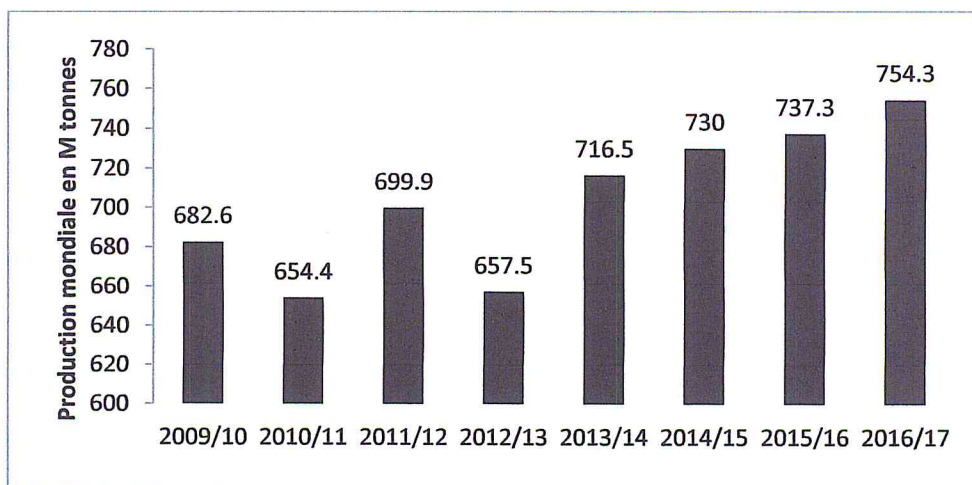


Figure 5. Evolution de la production mondiale des blés (Conseil international des céréales, 2018)

Tableau 1. Les dix grands premiers producteurs de blé dans le monde (million Tonnes/an) (FAO, 2012)

Rang	Pays	Production
1	Chine	115.18
2	Inde	80.80
3	Etats Unis d'Amérique	60.10
4	Russian fédération	41.51
5	France	40.79
6	Allemagne	24.11
7	Pakistan	23.31
8	Canada	23.16
9	Australie	22.13
10	Turkie	19.66

6.2- En Algérie

La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares, soit 50% des terres labourées (MADR, 2007). Les grandes cultures, notamment les céréales, les légumineuses alimentaires, les fourrages et les oléagineux sont des produits alimentaires de première nécessité dans l'agriculture algérienne elles constituent la consommation de base qui est estimée à environ 228 kg par habitant et par an pour les céréales (Ait Abdallah-Djennadi et al. 2010). La production totale des céréales est très variable d'une année à une autre sous l'effet des facteurs du climat, en particulier la sécheresse (Figure 5). La production totale des céréales est loin de couvrir la demande qui est de plus en plus importante elle est d'ordre de 6.5 MT (Badrani, 2004).

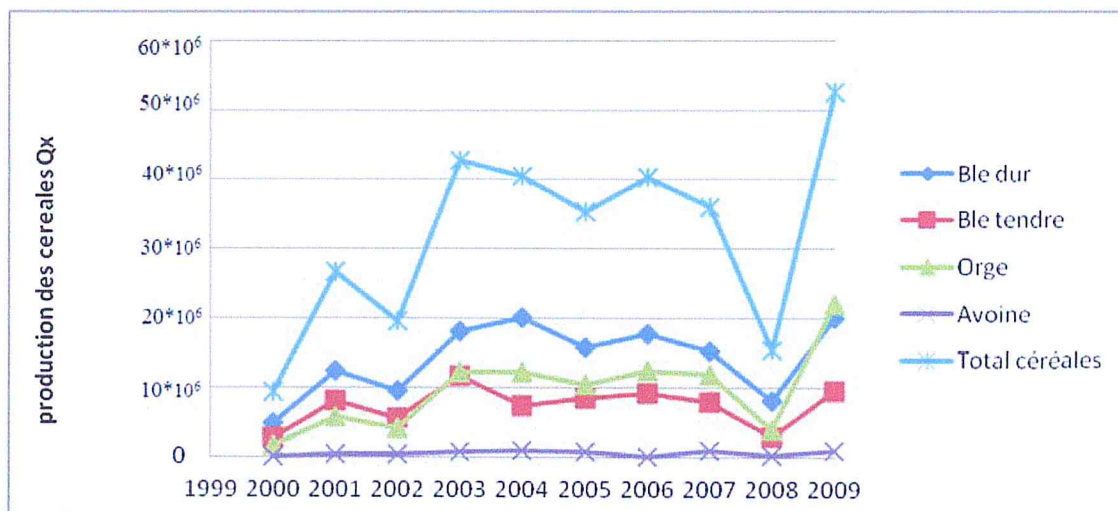


Figure 6. Evolution de la production des céréales en Algérie (MADR, 2009).

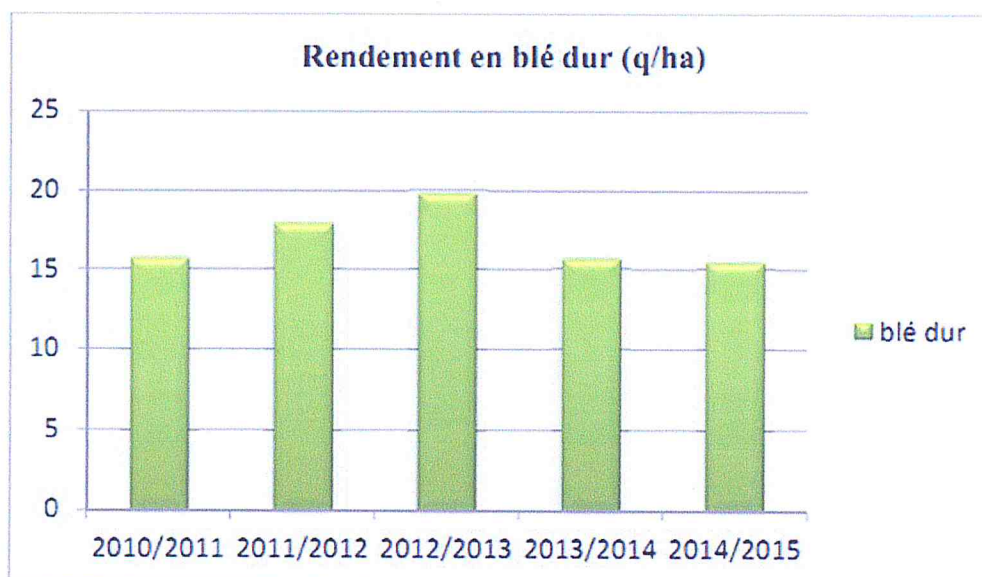


Figure 7. Rendement en blé dur (MADR, 2016).

7- Les exigences de la culture du blé

7.1- Exigences édaphique

Le blé exige un sol bien préparé, meulé et stable, qui assure aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, d'où une bonne nutrition. Une profondeur de 12 à 15cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux bons rendements (Soltner, 1990). Le blé réussit mieux dans les terres neutres profondes et de textures équilibrées, ce sont des limons argileux profonds. Les terres très argileuses, très

calcaires ou trop sableuses (acides) sont déconseillées pour cette culture (Clément, 1971). Le pH optimal se situe dans une gamme comprise entre 6 à 8. La culture de blé est modérément tolérante à l'alcalinité du sol dont la C.E ne doit pas dépasser 04 mmhos/cm (Clément, 1971).

7.1- Exigences climatiques

Selon (Clement et Prats, 1970), les conditions climatiques jouent un rôle prépondérante sur les différents stades végétatifs du blé.

Température

La température conditionne à tout moment la physiologie de blé. Le zéro de germination du blé dur voisin de 0 °C, cependant l'optimum se situe entre 20 et 22 °C entre ces deux extrêmes. Les fortes températures provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine (Baldy, 1992a). Les températures entre 25 et 32 °C défavorisent l'allongement racinaire l'optimum se situe entre 5 et 12 °C. (Mekhlouf et *al.* 2001) situent les exigences en température pour les stades suivants :

- Stade levée : La somme des températures =120°C.
- Stade tallage : La somme des températures =450°C.
- Stade plein tallage : La somme des températures =500°C.
- Stade épi 1cm : La somme des températures = 600°C.

L'eau

L'eau est un facteur limitant de la croissance du blé durant tout le cycle de développement. Selon (Soltner ,1990), l'eau a une grande importance dans la croissance de la plante. Un stress hydrique durant la période végétative se traduit par une modification qui touche les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques (Mefti et *al.* 2000). Ceci se répercute sur le rendement économique de la culture, qui peut baisser de plus de 80% (Chenaffi et *al.* 2006). En effet, le déficit hydrique au stage montaison entraîne une régression de talles qui se traduit par la chute du nombre d'épis produits par m². Le manque d'eau après la floraison, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage (Abbassenne et *al.* 1998 ; Bouthiba et *al.*, 2010) de 1000 grains.

La lumière

Le blé est une plante de pleine lumière et la lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. En effet, un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (Soltner, 1990). Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la floraison et le développement des plantes.

8- Les Contraintes à la production du blé

8.1-La sécheresse

Les plantes cultivées vivent en conditions de confort hydrique lorsque le sol est proche de la capacité de rétention (Chennafi et *al.* 2006). Le flux de transpiration selon (Katerdji, 1989) peut atteindre une à deux fois et parfois plus, le stock d'eau présent dans un végétal développé. La transpiration foliaire représente la force motrice de la circulation de l'eau du sol à travers les plantes jusqu'à l'atmosphère du fait d'une chute continue de potentiels le long du trajet et d'une continuité hydraulique entre le sol et les feuilles où s'effectue l'évaporation de l'eau (Katerji, 1989). Cependant, dès que le niveau d'humidité du sol tend vers une valeur inférieure à la capacité au champ, le déficit hydrique s'installe et la plante est stressée (Turk, 1978). L'évolution du stress hydrique conditionne le fonctionnement du statut hydrique de la plante et passe progressivement par trois principales phases (Blum, 1996).

8.2- L'effet des températures

La température permet d'évaluer la chaleur dont dépend le rythme de développement des plantes (Eliard, 1974). En effet la température de l'air est un indicateur du niveau énergétique de l'air. Ainsi, elle est considérée comme le principal élément de l'ambiance atmosphérique (Hufty, 2005). La température est un facteur important pour la durée des phases de pré anthèse et post-anthèse. (Soltner, 1985) considèrent que les conditions optimales de la céréale recommandent une somme de température de 150°C pour la période du semis-levée, 500 °C la phase levée-fin tallage, par contre à elle seule, la phase épiaison-maturité physiologique exige 850°C. Cependant, ces exigences sont variables selon les génotypes, les campagnes agricoles et les caractéristiques environnementales (Araus et *al.* 2003).

8.3- L'effet de la salinité

La salinité s'exprime en conductivité électrique (CE) en millimhos ou micromhos. Le blé tolère des valeurs de CE de 4.5 millimhos (Durand, 1981). Le blé tendre semble plus tolérant au sel que le blé dur (Slama, 1986; Roudani, 1996). La réponse à la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement (Munns, 1986; Schachtman, 1995).

8.4- L'effet des ennemies des cultures

En absence de mesure de lutte, les pertes potentielles dues aux maladies, aux animaux ravageurs et aux plantes adventices sont estimées de 50 à 80% de la production potentielle

(FAO, 1990). Les plantes adventices partagent le même espace que la culture, ils se servent des mêmes facteurs de lumière, éléments nutritifs et eau. Cette Concurrence entraîne une croissance rabougrie de la culture. Les mauvaises herbes sont également nuisibles par l'hébergement d'animaux ravageurs et de maladies qui menacent la culture (Scheepens et *al.* 2007). En Algérie, les pertes dues à la présence des mauvaises herbes dépassent 50% de la production finale (Kadra, 1976).

9- Exigences du blé en éléments minéraux essentiels

Pour croître, le blé a besoin d'éléments essentiels notamment l'azote, le phosphore et le potassium. La fertilisation minérale, essentiellement la fertilisation azotée est l'un des moyens privilégiés d'intervention physique dans une culture. Elle permet l'obtention de rendements élevés et d'une bonne qualité technologique.

Le blé dur a des exigences en azote plus élevées que celles du blé tendre en raison du poids élevé de son appareil végétal et de la richesse en azote de son grain. Les besoins sont variables d'une espèce à une autre et au sein de la même espèce, d'une condition de culture à une autre.

9.1- L'azote

L'azote constitue le principal facteur nutritif dont dépendent la production et la qualité du blé. Il exerce une action essentielle sur la nutrition carbonée et donc sur la croissance. Les besoins en azote sont particulièrement importants en périodes d'intense activité photosynthétique: pendant la période montaison - floraison, une culture de blé peut synthétiser 200 kg de matière sèche par hectare et par jour, ce qui représente une consommation d'azote de 2 kg par jour et par hectare. L'azote entre dans la composition des nucléoprotéines des noyaux des cellules, donc se trouve en abondance dans les cellules jeunes. Une nutrition limitée en azote réduit la synthèse protéique et par conséquent la teneur en chlorophylle.

9.2- Potassium

Le potassium est l'élément minéral le plus abondant dans la plante, il représente environ 3% de la matière sèche des végétaux. (Gros ,1979). La teneur en potassium des plantes varie selon l'espèce, la variété et l'organe considéré. En physiologie végétale Le potassium il joue un rôle multiple; il intervient dans l'équilibre acido-basique des cellules, régulerait l'échange intracellulaire , active la photosynthèse, participe dans la formation des protéines, interviennent dans les processus d'évolution des composés azotés et favorise leur migration

vers les organes de réserves, diminue les besoins des plantes en eau, permet une meilleure résistance au froid et à la verse et permet aux autres éléments de faire leur plein effet et en particulier l'azote (Cottignies, 1979). Le potassium est nécessaire à la turgescence cellulaire et au maintien du pH pour de nombreuses synthèses dans le cytoplasme. Mais le trait majeur du potassium est sa rapidité d'absorption par les tissus des plantes (Gerardeaux, 2009).

Le potassium compense le déficit de lumière ; une double dose de potassium remplace le soleil car le potassium augmente la teneur en chlorophylle et donc stimule l'intensité de l'assimilation (Bayens, 1967). Chez le blé, le maximum d'absorption se situe en générale au moment du remplissage du grain. Une forte perte du potassium dans le sol se produit lors de la formation du grain ce qui correspond à la maturité pour les céréales ou la partie la plus fortement consommée se trouve entre la fin du tallage et le début de floraison qui correspond au taux d'absorption du potassium le plus élevé (Loue, 1982 .a).

9. 3- Phosphore

Le phosphore est un macroélément essentiel qui joue un rôle capital dans le transfert d'énergie, le règlement métabolique, et l'activation de protéine (Priya et Sahi, 2009). Il se trouve dans la plante sous la forme de phospho-esters, comprenant les glucides phosphorylés qui jouent un rôle extrêmement important dans la photosynthèse et le métabolisme intermédiaire (Hopkins, 2003). Son rôle rentre dans tous les processus de croissance et sa répartition dans les tissus est très inégale et augmente généralement avec la teneur en azote, ainsi que des processus respiratoires et du codage génétique (Gervy, 1970).

L'absorption du phosphore est liée à celle de l'azote dont elle compense les effets en constituant un squelette (scléroprotéine et phosphoprotéine) résistant à la verse. Le phosphore est d'autre part un facteur de précocité. Il agit en accélérant la maturation après avoir augmenté la fécondité. En plus de son rôle dans l'acquisition de la résistance au froid des jeunes plantes de blé, le potassium, accroît également le pouvoir assimilateur de la feuille, donc l'élaboration des glucides et favorise l'accumulation des matières de réserve d'amidon dans le grain (Prats, 1971).

Chapitre II- Fertilisation azotée

1 Importance de l'azote dans l'agriculture

L'azote est l'élément nutritif le plus important pour la production agricole. Il intervient dans les principaux processus de développement de la plante: il stimule la croissance racinaire, le développement des cultures ainsi que l'absorption des autres éléments nutritifs. Dans la plupart des sols, l'azote se trouve sous forme organique (humus) ou minérale (ammonium NH_4^+ , nitrate NO_3^-) il est prélevé par les plantes puis retourne au sol (par les résidus), où une partie est minéralisée par les microorganismes du sol. Les plantes s'alimentent dans le sol en azote minéral et le transforment en protéines, pour la constitution des cellules et la photosynthèse (chlorophylle). C'est le principal facteur de croissance des plantes et un facteur de qualité qui influe à la fois sur le rendement et sur la qualité des productions.

Dans les écosystèmes agricoles, les besoins de la plante dépendent de l'espèce, de la variété et de l'objectif de rendement. L'utilisation d'engrais azotés est essentielle pour maintenir et/ou augmenter la productivité agricole. Au cours des 50 dernières années, l'augmentation de la fertilisation azotée et une meilleure gestion de l'azote ont largement contribué à la forte augmentation de la production (Smil, 2001).

2. La fertilisation azotée dans la production agricole

Comme tous les être vivants, les plantes ont besoin de nourriture pour croître, se développer et se reproduire. Les besoins de la plante évoluent au cours de son développement. Aux stades où ils sont nécessaires, les éléments minéraux doivent pouvoir être prélevés par la plante dans le sol. Toute une partie des éléments minéraux prélevés dans le sol, ne le réintègre pas, et ne sont ainsi pas disponibles pour la culture suivante. Les éléments nutritifs manquant pour les cultures ultérieures peuvent alors être apportés sous forme de produits fertilisants. Le but de la fertilisation est donc bien d'apporter les éléments nécessaires (substances chimiques apportant des éléments minéraux à une plante cultivée), et la fumure (désignant l'apport de fumier) pour que le sol puisse fournir aux plantes une alimentation équilibrée et suffisante. La production agricole ne peut donc être soutenue sans le recours à l'utilisation d'engrais, de plantes fixatrices d'azote et/ou de sources organiques d'azote. Les engrais azotés sont appliqués depuis plus de 150 ans, et leur utilisation a fortement augmenté après la seconde guerre mondiale.

Plusieurs recherches et démonstrations menées pratiquement dans tout les pays ont montrés que les engrais minéraux contribuent jusqu'à plus de 50% des augmentations de

rendement par unité de surface, la fertilisation est donc un facteur très important de production (Fink, 1982; Kribaa et *al.*, 2001). Les effets des engrais sur les rendements sont aussi grandement influencés par l'amélioration des autres facteurs de production tels que l'irrigation, les techniques culturales, sans oublier la qualité de l'assolement –rotation des systèmes de cultures.

3. Rôle de l'azote dans la plante

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 acides aminés: molécules qui en « groupant » formeront d'autres molécules azotées comme les protéines (ces molécules constituent la base de la constitution des cellules végétales, de certaines enzymes et co-enzymes), certaines hormones et intervient directement dans la valorisation de la photosynthèse. Il favorise la multiplication cellulaire, la synthèse des glucides, c'est à dire la croissance de la plante, mais permet aussi la constitution de réserves azotées dans les graines. 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). L'azote a indirectement une action sur la fabrication des glucides, par l'augmentation du nombre de chloroplastes dans les cellules.

4. Principale source d'alimentation azotée de la plante

L'azote est, pour la plupart des plantes, prélevé dans le sol sous forme minérale (NO_3^- et NH_4^+). Seules les cultures légumineuses ont la faculté de fixer l'azote gazeux par leurs nodosités (fixation symbiotique). L'ammoniac (NH_3) produit est ensuite utilisé pour la production d'engrais, contenant soit l'urée, l'ammonium, le nitrate, ou une combinaison des deux derniers. En raison de sa charge positive, l'ammonium est adsorbé par les colloïdes du sol chargés négativement (argile et matière organique). Le NH_4^+ est ensuite, soit absorbé par les plantes, soit oxydé en nitrate par les bactéries du sol via le processus de nitrification.

En outre, l'ammonium apporté par fertilisation peut aussi être perdu par volatilisation dans l'atmosphère. L'ion ammonium est en équilibre chimique avec l'ammoniac (NH_3), et cet équilibre se déplace vers l'ammoniac dans les sols alcalins où les pertes par volatilisation peuvent être importantes.

Contrairement à l'ammonium, le nitrate, porteur d'une charge négative, n'est pas retenu par les particules du sol et par conséquent, il peut être réduit en oxyde d'azote gazeux par le

processus de dénitrification. Par ailleurs, du fait de sa solubilité, le nitrate est facilement véhiculé par l'eau du sol jusqu'aux racines.

5. Formes d'azote dans les engrais

5.1 L'azote nitriques

Ils contiennent de l'azote sous la seule forme nitrique. Le nitrate est un élément minéral nutritif pour les végétaux et les microorganismes. Pour cette raison, les sels de nitrate comme par exemple le nitrate de potassium (encore appelé salpêtre, de formule KNO_3), le nitrate de sodium ($NaNO_3$), le nitrate de calcium ($Ca(NO_3)_2$) ou le nitrate d'ammonium (NH_4NO_3), sont utilisés pour la fabrication de fertilisants azotés. L'azote nitrique (NO_3^-). C'est la forme directement assimilable par les racines et très soluble et migre très rapidement. En effet, les nitrates ont la même charge électrique que celle du complexe argilo-humique et ne sont donc pas retenus par le sol.

5.2 L'azote ammoniacal (NH_4^+)

Chargé positivement, contrairement aux nitrates, l'azote ammoniacal est peu lessivable. Le NH_4^+ est ensuite, soit absorbé par les plantes, soit oxydé en nitrate par les bactéries du sol via le processus de nitrification lorsque les conditions favorables de chaleur, d'aération, d'humidité et de pH du sol sont remplies (Figure.8). Il est soluble dans l'eau, mais bien retenu par le pouvoir absorbant du sol. En outre, l'ammonium apporté par fertilisation peut aussi être perdu par volatilisation dans l'atmosphère. L'ion ammonium est en équilibre chimique avec l'ammoniac (NH_3), et cet équilibre se déplace vers l'ammoniac dans les sols alcalins où les pertes par volatilisation peuvent être importantes.

L'ammonium est un composé toxique qui ne peut pas s'accumuler dans les cellules végétales. Chez les végétaux supérieurs, plusieurs enzymes sont potentiellement capables de catalyser l'incorporation de l'ammonium dans des molécules organiques sous forme de groupements amine ou amide. La glutamine synthétase (GS), la glutamate synthase (GOGAT), et la glutamate déshydrogénase (GDH) sont les principales enzymes impliquées dans la catalyse et le transfert de l'ammonium dans une molécule organique.

5.3 Engrais uréiques

L'urée [$CO(NH_2)_2$] est une molécule largement présente dans le milieu naturel. Elle constitue une source d'azote pour la croissance de divers organismes dont les bactéries, les champignons et les plantes. En raison de sa teneur élevée en azote et son faible coût de

production, l'urée représente plus de 50% du total des engrais azotés appliqués dans l'agriculture. Lorsque l'urée est appliquée au sol, elle est rapidement hydrolysée en ammonium, grâce à l'action des uréases de la microflore, puis en nitrate. L'hydrolyse de l'urée favorise l'augmentation du pH du sol, et conduit à des pertes d'azote sous forme d'ammoniac (NH_3), surtout si l'urée est appliquée en surface (Nohrstedt et *al.*, 2000). Cependant, comparativement à des plantes alimentées en nitrate ou en ammonium, une nutrition uréique stricte conduit à une diminution de la croissance et parfois à l'apparition de symptômes de carence azotée (Gerendás et *al.*, 1998; Gerendás et Sattelmacher, 1999; Mérigout et *al.*, 2008).

En tant que fertilisant azoté, l'urée est un engrais idéale pour un usage en pulvérisation foliaire, de même qu'en mélange avec d'autres fertilisants, pesticides ou herbicides. Son utilisation par pulvérisation foliaire est optimale et facilite la gestion de la fertilisation azotée lorsque les conditions de croissance sont défavorables, ou lorsque l'absorption racinaire est réduite (lors d'un stress hydrique ou salin par exemple).

La production mondiale d'urée a fortement augmenté au cours des 50 dernières années. L'Asie de l'Est (plus particulièrement la Chine) demeure le principal producteur d'urée dans le monde, avec 44% de la production mondiale, soit 28,9 millions de tonnes d'N produites en 2007. Le deuxième grand acteur régional, l'Asie du Sud (dont les principaux acteurs sont l'Inde et le Pakistan), totalise 19% de la production mondiale, soit 12,5 millions de tonnes d'N. Une grande partie de la production, notamment asiatique, est destinée à la consommation locale et 25% de la production est destinée aux échanges.

Jusqu'aux années 1960, l'urée représentait seulement 5% de la consommation mondiale des engrais azotés. La consommation a augmenté de 40% entre 1980 et 2006. Son utilisation a connu une accélération à partir des années 1980 pour atteindre 40% du total des engrais azotés commercialisés en 1990 (Glibert et *al.*, 2006).

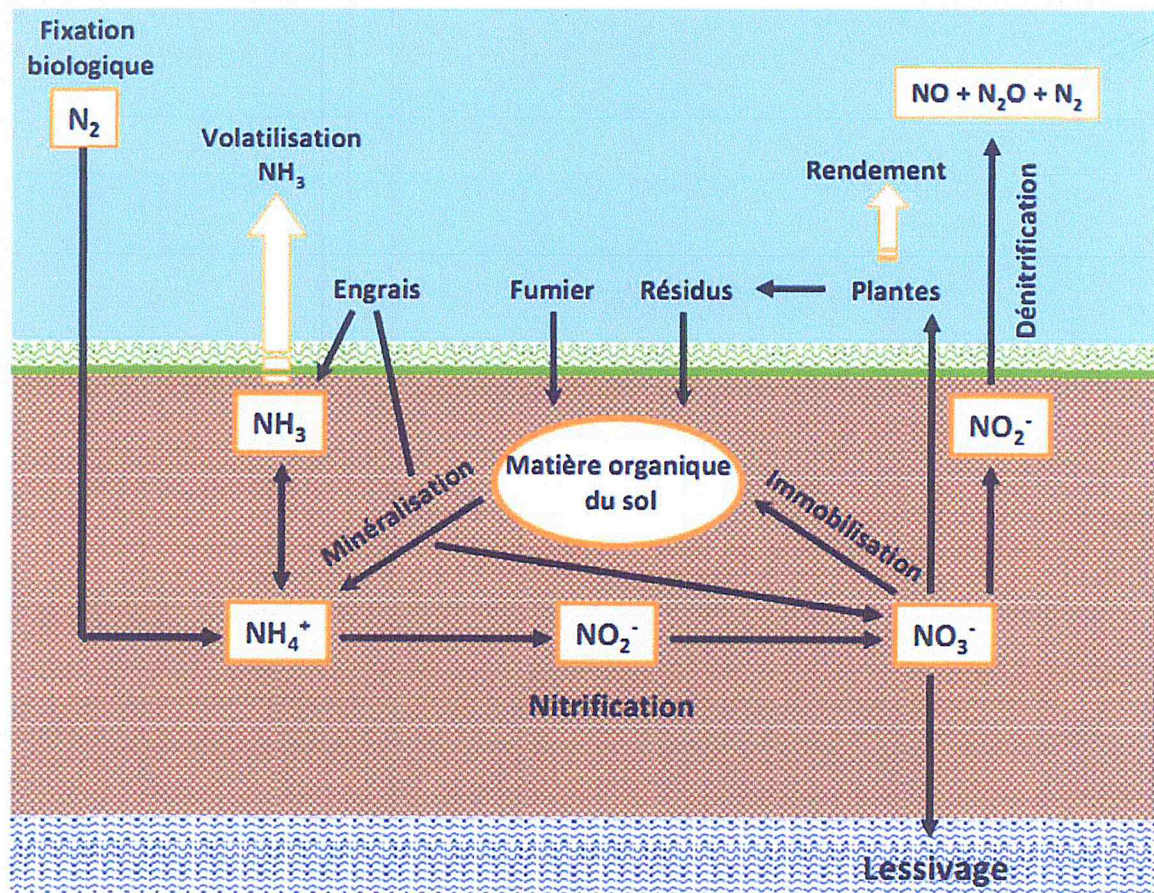


Figure 8 Cycle de l'azote d'après Hofman et Van Cleemput (2004).

6. Les différentes formulations d'engrais

La majorité des engrais sont présentés en granulés, formulation assurant une facilité d'épandage. Parallèlement aux granulés, des formulations liquides sont également disponibles. Souvent plus chers, les engrais liquides peuvent présenter un intérêt dans certaines situations. Ils peuvent également être associés aux herbicides, supprimant un passage spécifique pour l'engrais.

7- La nutrition azotée chez le blé

Chez le blé, les besoins évoluent en fonction des stades de croissance. Ils sont particulièrement importants du stade épi 1 cm jusqu'à la floraison. Les conditions de nutrition azotée du blé interviennent directement sur les composantes de rendement de la phase végétative, c'est à dire sur le nombre d'épis/m² et sur le nombre de grains/épi. La phase de remplissage représentée par le poids de 1000 grains (PMG) serait moins sensible aux carences azotées puisque c'est la phase qui absorbe le moins d'azote. (Gate, 1995).

En effet, il a été démontré que les chutes de rendement observées en cas de carence venaient principalement d'une diminution du nombre de grains. Les conséquences sont variables selon le moment du cycle (plus la carence est précoce, plus les conséquences seront visibles), l'intensité et la durée de la carence. (Jeuffroy et Bouchard, 1999 ; Jeuffroy, 2001).

Le premier apport est généralement effectué au stade «tallage» ce qui correspond dans la plupart des régions à la sortie de l'hiver. Il se limite généralement à 40-60 kg N/ha car les besoins du blé en sortie d'hiver sont assez faibles et les apports les plus précoces sont les moins bien valorisés. Cet apport permet de maintenir l'alimentation azotée de la culture jusqu'au moment du 2^{ème} apport. Il peut néanmoins être retardé, voire annulé, si les fournitures d'azote sont suffisantes.

Dans le cas d'un apport unique, s'il est trop précoce, il entraîne la formation des talles, mais peut provoquer un risque de carences à la montaison. L'apport est dans ce cas mal valorisé. En effet après minéralisation, l'azote disponible à la montaison favorise la montaison et la formation des épis et se termine par un bon remplissage du grain et un taux protéique satisfaisant (Grignac, 1965). La meilleure façon d'apporter une fertilisation azotée est la technique fractionnée, c'est-à-dire diviser les besoins globaux de la culture en phases critiques de croissance telles que: la levée, le tallage et le début floraison.

Le deuxième apport d'azote doit être positionné juste avant le début de la montaison, phase durant laquelle la production de biomasse et l'absorption d'azote sont les plus importantes. (Entre les stades « 2 nœuds » et « gonflement », le blé peut absorber jusqu'à 7 kg d'azote par hectare et par jour). Il est tout à fait intéressant de le positionner avant une période pluvieuse. Cet apport peut être fractionné en deux, une part au stade « épi 1 cm » et l'autre au stade « 2 nœuds ».

Enfin, le dernier apport est réalisé généralement entre les « 2 nœuds » et « gonflement ». Il sert à poursuivre l'alimentation azotée du grain dans un but de production et augmenter sa teneur en protéines. Un apport de l'ordre de 40 à 80 unités améliore la teneur en protéine des grains de 0,3 à 0,5%

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

1-Matériel

1.1.1-Localisation du site d'essai

L'étude a été réalisée au niveau de la ferme de démonstration et de production des semences de l'institut technique des grandes cultures ITGC de Sebaine située au niveau de la commune de Sebaine à 35 km de la wilaya de Tiaret, à une altitude de 898 m; une de latitude de 35° 27' 22' N et une Longitude de 1° 36' 13' E.

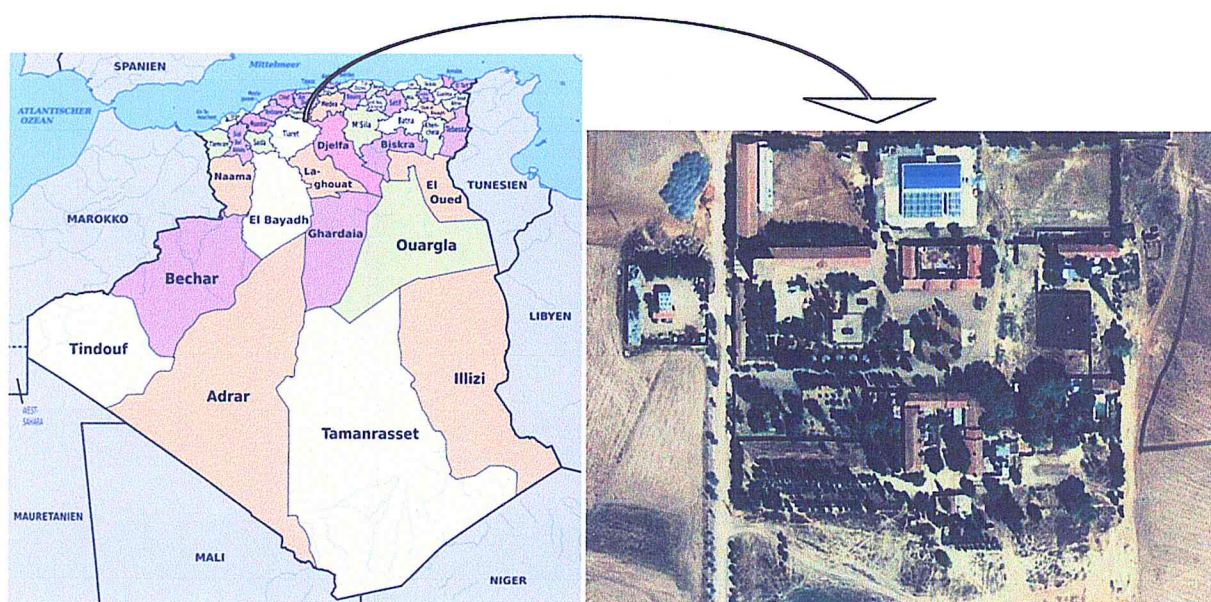


Figure 9. Localisation du site expérimentale

1.1.2 Caractéristiques climatiques

Les paramètres météorologiques ont un effet limitant sur la culture du blé, tous les stades de la plante sont susceptibles d'être gravement affecté par une pluviométrie insuffisante ou une température en dehors de l'intervalle optimal de son développement et beaucoup plus sur les maladies cryptogamiques. Nous présentons les principaux paramètres météorologiques qu'on a pu récolter auprès de la station météorologique de Sebaine -Tiaret.

La campagne 17/18 s'est caractérisée par des précipitations importantes (Tableau 2). La culture de blé dur n'a donc pas connu de stress hydrique, pendant la période de croissance et de développement.

Le cumul pluviométrique enregistré durant la campagne agricole septembre 2017–juin 2018 s'élève à 512.2 mm. L'analyse de la répartition de ces pluies a montré qu'un déficit pluviométrique a été enregistré pendant le mois de septembre par rapport à la

moyenne. Ceci, n'a pas eu d'effet négatif sur la levée, car le semis a été effectué le mois novembre.

Les températures relatives à la période de l'essai de la campagne 17/18 sont relativement basses. Une température minimale de 0.12°C est enregistrée en février. En ce qui concerne les températures maximales, elles sont dans l'ensemble légèrement inférieures à celles de la moyenne de la campagne 16/17. Elles sont en général de 9.77 à 29.54 °C en moyenne. Pour ce qui est des températures moyennes, elles sont en général voisines à celles des moyennes enregistrées durant la campagne 16/17.

Tableau 2: Données climatiques de la région de Sebaine durant la campagne 2017-2018.

Mois	Précipitation	Nombre de jours		Température			Phénomènes Accidentelles (Nombre de Jours)		
		Rosée	Pluie	mini	maxi	moy	Gelée	Neige	Grêle
Sep	7,40	0	7	14,17	29,54	21,86	0	0	0
Oct	23,20	1	2	7.73	23.39	15.56	0	0	0
Nov	21	2	6	3.46	17.49	10.47	10	0	0
Déc	69.6	9	16	1.21	9.77	5.49	12	0	0
Jan	20	5	8	1.38	12.86	7.12	8	1	0
Fév	37,8	1	13	0,12	10,19	5,15	11	4	0
Mar	113,8	0	19	4,30	13,89	9,10	2	2	1
Avr	162	-	10	4.88	20.55	12.73	1	0	1
Mai	11.3	-	06	7.35	20.05	13.70	0	0	0
Juin	50.3	-	03	10.00	24.33	17.16	0	0	1
	512.2	18	90	-	-	-	46	7	3

Source: Station Météo IMETOS de FDPS Sebaine (Campagne 2017/2018)

1-1-3 Caractéristiques pédologiques

Le sol est un support de la végétation et des cultures, les propriétés physiques et chimiques des sols ont une influence considérable sur le rendement et le bon comportement des cultures, de ce fait il est important de connaître les caractéristiques du sol. Le Tableau 3 présente l'analyse granulométrique et physico-chimique du sol.

Tableau 3: Analyse granulométrique et physico-chimiques du sol (selon Oulbachir et al. 2014).

Caractéristiques du sol	Valeurs
Argile (%)	3,2
Limon fin (%)	48,3
Limon grossier (%)	22,9
Sable fin (%)	18
Sable grossier (%)	6
Texture	Limono-sableuse
pH	8,10
Calcaire total (%)	2,45
Matière Organique (%)	1,16
Carbone organique	0,67
Azote total (%)	0,07
porosité du sol (%)	45

1-2 Matériel végétale

Notre étude a porté sur deux variétés de blé dur fournies par l'ITGC de Tiaret, la semence utilisée pour l'essai est une récolte de la campagne 2016-2017. L'ensemble des cultivars provient d'un long processus de sélection adapté pour le programme national de création et de production des semences de base et de pré base dirigé par l'institut technique des grandes cultures ITGC.

Tableau 4: Les principales caractéristiques du matériel végétal utilisé.

Variétés	Origine	Caractéristiques
Boussellam	Syrie	Rendement élevé; PMG élevé; résistante au mitadinage; teneur en protéine appréciable.
Vitron	Espagne	Rendement élevé; PMG élevé; résistante au mitadinage; teneur en protéine appréciable.

Source : (BOUFENAR-ZAGHOUANE et ZAGHOUANE, 2006).

Méthodes

2-1 Protocole expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un split-plot à deux facteurs, comportant quatre niveaux d'azote et trois répétitions. La grande parcelle est consacrée aux différentes doses d'engrais azoté apporté Urée 46 % et la petite parcelle est représentée par les deux variétés de blé dur disposés en randomisation totale. La dimension de la parcelle élémentaire est de 10 m de long et de 1.2 m de large soit 12 m². Les Blocs sont espacés de 2 m.

L'essai a porté sur l'étude de l'influence des différentes doses d'azote sur la production des semences de blé dur en zones semi-aride (région de Sebaine) afin d'évaluer et d'identifier la dose optimale pour l'amélioration du rendement et de ses composantes.

Les doses en engrais azoté apportées ont été estimées sur la base des besoins de la culture de blé en azote et un objectif de rendement de 40 quintaux / ha.

Quatre niveaux de traitement:

- N1 = 105 unités N/ha=2q d'urée
- N2 = 140 unités N/ha= 2.5qx/ha d'urée
- N3 = 175 unités N/ha=3qx/ha d'urée
- N4= 210 unités N/ha=4qx/ha d'urée.

2-2 Conduite d'essai

L'expérimentation s'est déroulée en plein champ, sur un sol limono sableux

La préparation du sol a comporté un labour profond à la charrue à soc réalisé au mois de septembre 2017 suivi de 02 Recroissage au mois de novembre et un hersage. Le sol a reçu une fertilisation de fond avec du TSP 46 %. Le semis a été effectué le 26 novembre 2017 par un semoir expérimental (winterchneigher) à une profondeur de 4 cm. La dose de semis est de 150 kg/ha soit une densité de 300 grains/m² (Les graines ont une faculté germinative de 98%). Un roulage a été effectué juste après semis pour assurer une bonne adhérence graines –sol. La levée a eu lieu le 19.12.2017.

Le désherbage a été appliqué au stade début tallage le 15.03.2018 par un désherbant systémique le TRAXOS OD avec une dose de 1 l/ha.

L'engrais azoté a été apporté manuellement et a été fractionné en deux apports :

- Premier apport (1/3 de la dose totale) au semis le 26.11.2017
- Deuxième apport (2/3 de la dose totale) au stade début montaison (épis à 1 cm) le 02.04.2018.

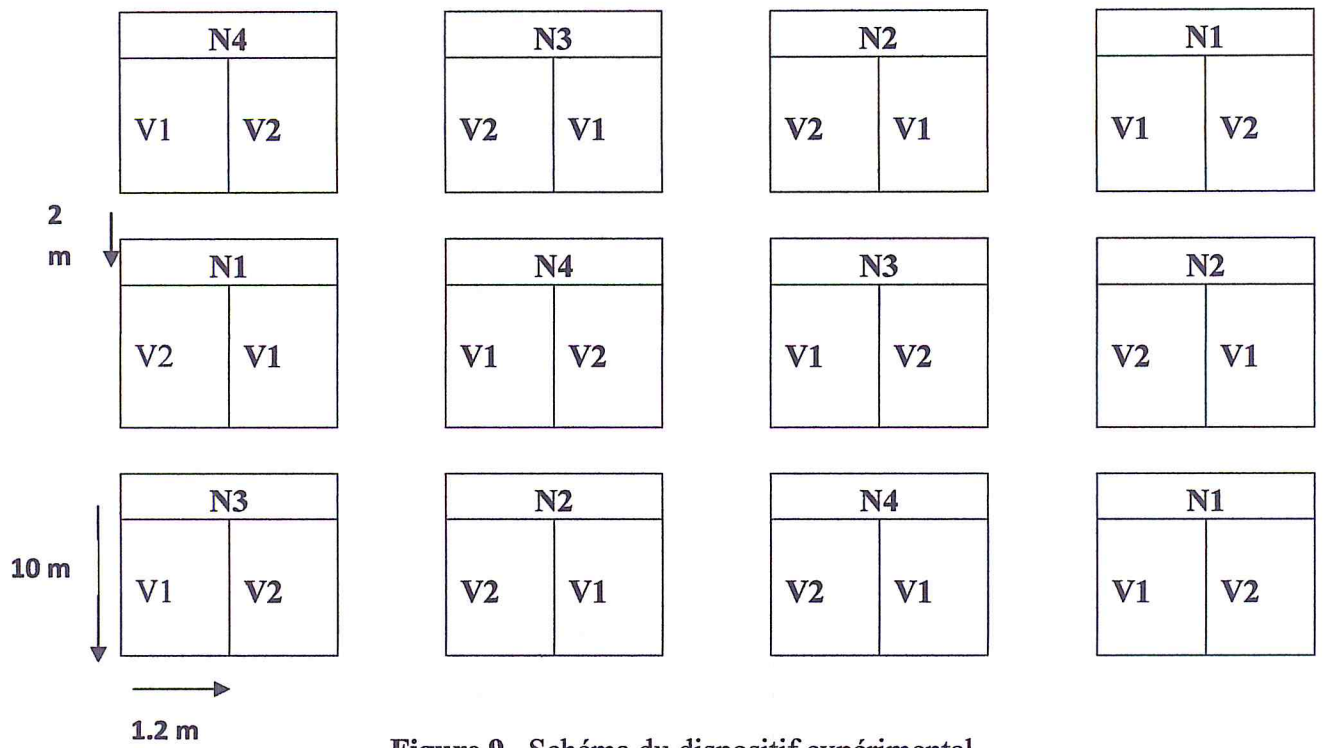
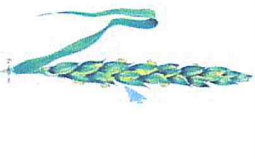
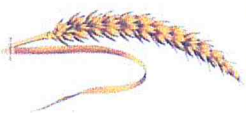


Figure 9. Schéma du dispositif expérimental

Tableau 5: les différentes opérations culturales

Semis	Stade feuilles	levée à 03	Tallage	Montaison	Gonflemen t	Epiaison	Remplissag e des épis	Maturité			
26.11.2017	Date de levée: 19/12/2017		Désherbage Traxos OD 15.03.2018	2^{ème} apport azoté 02.04.2018	-	Traitement Fongicides Falcon 1l/ha le 23.04.2018					
1 ^{er} apport azoté											
N1 = 0.67qx (35 unités N/ha)									1.33qx (70 unités N/ha)		
N2 = 0.8qx (47unités N/ha)									1.66 qx (93unités N/ha)		
N3= 1 qx (58 unités N/ha)			2 qx (116.5 unités N/ha)								
N4 = 1.33qx (70 unités N/ha)			2.66 qx (140 unités N/ha)								

2-4 Paramètres étudiés

- **Nombre plantes par m²**: le nombre de plantes par mètre carré a été évalué par le comptage de tous les plantes dans un cadran d'un mètre carré de chaque parcelle élémentaire.
- **Nombre épi par m²** : le nombre d'épis par mètre carré a été évalué par le comptage de tous les épis dans un cadran d'un mètre carré de chaque parcelle élémentaire
- **Hauteur des plantes** : la hauteur des plantes a été mesurée à l'aide d'une règle graduée, de la base de la plante jusqu'au barbes de l'épi d'un échantillon de cinq plantes prise au hasard pour toutes les parcelles.
- **Nombre de grains/épis** : le nombre de grains par épis a été évalué au stade maturité physiologique par le comptage des moyennes de grains d'un échantillon de cinq épis prise au hasard pour chaque parcelle.
- **Poids de mille grains** : le poids de mille grains a été évalué au stade maturité (grains durs et vitreux) en pesant 03 échantillons composés de 1000 grains pris de chaque parcelle élémentaire avec une balance de précision.
- **Le rendement en grain** est évalué par arrachage d'un mètre carré et battage manuel. La valeur obtenue est rapportée au qx/ha.

Chapitre II. Résultats et discussion

1. Effet de la fertilisation azoté sur les paramètres agronomiques de la plante de blé dur

L'analyse des composantes du rendement des céréales est aujourd'hui un outil pour porter un diagnostic sur le système de cultures en vu de leur amélioration (Mey Nard et *al.*, 1994). Durant une campagne agricole 2017/2018, le suivi d'une culture de blé dur mené dans des conditions édapho-climatiques semi aride nous a permis d'apprécier l'expression des potentialités productives de deux génotypes de blé dur face à une fertilisation azotée.

Parmi les paramètres environnementaux probablement impliqués, la disponibilité de l'eau semble être un élément majeur de limitation de l'absorption d'azote. Il a en effet été montré qu'une diminution relativement faible de la disponibilité de l'eau réduisait de près de 50% l'absorption d'azote Cabrera-Bosquet et *al.* (2007).

Le cumul des pluies enregistré durant la campagne agricole 2017/2018, plus précisément de la période allant du 01 Septembre 2017 au 30 Juin 2018 s'élève à 512.2 mm. Durant la campagne agricole 2017/2018, les précipitations atteignent leur maximum durant le mois de Avril avec 162 mm (31.6 % des précipitations totales reçues dans la saison), par contre elles atteignent leurs minimum au mois de Septembre avec seulement 7,4 mm (1,44 % des précipitations totales). Les principaux résultats obtenus sont consignés et discutés dans ce qui suit.

2. Influence des différentes doses d'azote sur l'hauteur des plantes de blé dur

Les résultats du Tableau 6 montrent que la fertilisation azotée a affecté l'hauteur des plants sous les conditions de conduite de l'essai. Une augmentation de l'hauteur liée à l'apport est observée lorsque les doses sont comprises entre 105 et 210 unités N/ha. D'après l'analyse statistique, l'effet de la dose d'azote sur la hauteur des plants était significatif. Cette dernière augmente avec les doses croissantes d'azote. En effet l'apport de 210 unités d'azote/ha lorsqu'il est réparti en 2 apports tend à donner les hauteurs les plus élevées. Ces résultats confirment ceux de Benabbas (1993) qui rapporte une amélioration de la hauteur de 3.62 % avec la dose de 60 kg N/ha chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) Djennadi-Ait Abdallah et Rafoufi (2008), qui trouvent que le fait de doubler la dose d'azote (de 46 aux 92 unités par hectare), fait observer une augmentation de la hauteur de l'ordre de 4 cm. Le phénomène observé est d'une importance capitale, surtout lorsqu'il s'agit des variétés à paille haute qui présentent un haut risque de verse en condition de forte alimentation en azote.

On peut attribuer ces effets significatifs de la fertilisation azotée sur ce paramètre aux conditions pluviométriques caractérisant cette campagne qui étaient favorables pour l'alimentation azotée 512 mm (Tableau 2).

Tableau 6. Influence des différentes doses d'azote sur l'hauteur des plantes

	Concentration croissantes de l'azote (unités N/ha)				Analyse statistique
	N105	N140	N175	N210	
Boussellam	75,77±4,1	80,10±8,6	80,13±2,3	83,66±4,9	Effet Doses: S Effet Variétés: NS
Vitron	80,43±7,6	82,20±6,5	82,33±2,7	82,80±5,8	Effet Doses× Variétés: NS

Une augmentation de l'hauteur finale de la plante, de 75.77cm, 80.10 cm, 80.13 et 83.66 cm est constatée respectivement avec les doses N1, N2, N3 et N4. L'apport d'azote agit positivement sur l'allongement des entre nœuds.

Chez les faible doses d'azote, la Vitron a mieux valorisé l'azote que la variété Boussellam. Le facteur variétés n'a eu aucun effet significatif sur la taille des plants. L'interaction Doses× Variétés n'a été pas significative de la hauteur finale de la plante ($P > 0,05$). Gros (1979) souligne que l'azote agit sur la taille du blé en favorisant l'allongement des entre-nœuds, surtout ceux se trouvant à la base. L'accroissement de l'épi en longueur peut être attribué au bon approvisionnement de la plante en azote au stade épi1 cm, cette phase caractérisée par une intense activité de croissance impliquant la croissance de l'épi (Remy, 1983).

3. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des plantes par m² de blé dur

L'analyse de la variance révèle un effet non significatif de facteur dose d'engrais sur nombre des plantes par m² de blé dur. Cependant le Tableau 7 montre que le nombre des plantes par m² passe de 166.6 pieds/m² pour le niveau de dose 105 unités/ha à 187 pieds/m² pour la dose 210 unités/ha chez la variété Boussellam. De même, l'effet de la dose d'engrais est non significatif, le nombre de pieds/m² passe de 138.6 pieds/m² pour le niveau de dose 105 unités/ha à 209 pieds/m² pour la dose 210 unités/ha chez la variété Vitron. CES résultats sont confirmés par Bencheikh et Derrouh (2008) qui trouvent que le passage de la dose de 0 à la dose de 96 U/ha se traduit par une augmentation de nombre de talles par m², qui passe respectivement de 861 à 1092

L'interaction entre les deux facteurs étudiés n'ont révélé aucune différence pour nombre plantes par m² de blé dur (Tableau 7).

Tableau 7. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des plantes par m²

	Concentration croissantes de l'azote (unités N/ha)				Analyse statistique
	N105	N140	N175	N210	
Boussellam	166,6±71,1	179,6±24,1	183±30,6	187±22,5	Effet Doses: NS
Vitron	138,6±13,5	158,6±4,9	188±50,1	209±31	Effet Variétés: NS
					Effet Doses× Variétés: NS

A ce sujet, Mosseddaq et Moughli (1999) relèvent l'effet de l'azote sur le peuplement départ est hautement significatif et remarque que l'apport de l'azote à raison de 120 unités /ha au stade A, a permis de produire 5,2 contre 4,3 talles par pied pour le témoin.

D'autres auteurs aussi confirment ces résultats, Djiar (1988) et Kouadria (1987), trouvent que l'apport de doses croissantes a une influence sur le degré de tallage où ils sont obtenus à un gain moyen en talle par plante par rapport au témoin sans azote égale 0,72 talles pour une dose de 50 unités et de 1,48 talles pour une dose de 100 unités et 2,64 talles pour 120 unités par ha.

Selon Djidi, (1995) l'importance du tallage est en fonction de la variété, de la fertilité du sol, de la densité de semis et de sa profondeur.

4. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre d'épi par m² de blé dur

Le nombre d'épis/m² est une composante essentielle dans la formation du rendement final puisqu'il détermine le nombre de grain/m². Le Tableau 8 représente les résultats d'influence des différentes doses d'azote sur le nombre d'épis /m².

D'après le Tableau 8, On remarque une évolution des valeurs de nombre d'épi au mètre carré qui est proportionnelle avec la croissance des doses d'azote appliquées. L'analyse de variance révèle un effet significatif de facteur principal doses d'engrais sur le nombre d'épis par mètre carré. Par contre, aucune différence significative a été révélé pour l'interaction type d'engrais x doses apportées.

La comparaison des moyennes montre que la plus faible valeur est donnée par le N105 avec 256.33, 216.33 épi/m², par contre, les variétés de blé dur ont donné les meilleurs

rendements avec un optimum donné Boussellam, 297 épi par m² contre 288,33 épi par m² donné par la variété Vitron (Tableau 8)

De plus, Bencheikh et Derrough (2008) constatent que le passage de la dose de 0 à la dose de 48 unités par hectare se traduit par une augmentation de nombre d'épis par m², qui passe respectivement de 334,5 à 409.

Tableau 8. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre épi par m²

	Concentration croissantes de l'azote (unités N/ha)				Analyse statistique
	N105	N140	N175	N210	
Boussellam	256,33±95,6	260±57,1	285±49,6	297±69,8	Effet Doses: S Effet Variétés: NS
Vitron	216,33±37,4	239,33±44,3	288±92,6	288,33±57,1	Effet Doses× Variétés: NS

La comparaison des moyennes pour la variable le nombre épi par m² indique que le type d'engrais « urée » donne la valeur la plus élevée de nombre épi par m² avec la variété Boussellam. Nos résultats sont conformes avec ceux de Mosseddaq et Moughli (1999); Halilat et Dogar (2000); Bennai et Benabbas (2007). Cependant un manque d'azote en début de montaison provoque une régression des talles qui cause une diminution du nombre d'épillets fertiles (Gate, 1995).

La nutrition azotée dès le tallage joue un rôle important à partir du stade épi jusqu'à la floraison sur les composantes nombre d'épi /m² et la composante nombre de grains par épi. Ce sont les révélateurs privilégiés de la réponse des céréales à l'azote Meynard (1987) repris par Gate (1995).

5. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des graines par épis

Legret (1985) suggère que la composante la plus importante du rendement soit le nombre de grain/épi et plus précisément le nombre de grain / épillet. Le nombre de grains par épi est une caractéristique variétale très influencée par le nombre d'épis /m² (Couvreur, 1981).

Les résultats de l'effet de la fertilisation azotée sur le nombre graines par épis sont présentés dans le Tableau 9.

L'analyse statistique, relative au nombre de graines par épis en plein champ, révèle une stimulation significative, ce pendant, il n'y a pas de différence significative pour l'interaction type d'engrais x doses apportées.

Sous des doses croissantes (de N1 à N4) d'azote, une augmentation linéaire des nombre graines par épis est notée chez la variété Boussellam. La plus forte dose N4 a donné les meilleurs nombre de graines par épis (48.5).

Contrairement au génotype Boussellam, l'augmentation de la dose d'azote de 175U à 210U produit une légère baisse du nombre de graines par épis variété Vitron. Ces résultats sont confirmés par plusieurs travaux. Robert et *al.* (2005) sont parvenus également à la même conclusion. Wang et *al.* (2013) ont trouvé que la fertilisation azotée en doses croissantes a permis d'améliorer significativement le rendement en grain du blé et ont peut expliqué ceci par un bon développement racinaire du blé suite a une fertilisation azotée.

Tableau 9. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des graines par épis

	Concentration croissantes de l'azote (unités N/ha)				Analyse statistique
	N105	N140	N175	N210	
Boussellam	35,13±4,8	38,33±4,1	42,7±0,5	48,5±0,7	Effet Doses: S Effet Variétés: NS
Vitron	36,8±4,9	41,46±4,8	45,8±5,4	43,26±8,1	Effet Doses× Variétés: NS

Plusieurs travaux ont montré que les doses croissantes de fertilisation azotée améliorent le rendement en grain du blé ; Djennadi et *al.* (2008), Fois et *al.* (2009), Nemat et *al.* (2013), Karam et *al.* (2009), Lopez-Bellido et *al.* (2001). Cependant, d'autres travaux (Rinaldi, 2004), (Albrizio et *al.*, 2010) ont montré que l'azote n'a pas d'influence mais il favorise le rendement en présence d'eau. Cela est expliqué par Garido (2005) dans une étude par le fait que l'augmentation de la fertilisation azotée augmente en parallèle le

6. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des graines/m²

D'après le Tableau 10, l'analyse de variance révèle un effet significatif de facteur principal doses d'engrais sur le nombre des graines par mètre carré. Au contraire, le facteur variété et les différentes interactions entre les deux facteurs étudiés n'ont révélé aucune influence sur ce paramètre (Ng/m²).

On remarque une évolution des valeurs de nombre graines au mètre carré qui est proportionnelle avec la croissance des doses d'azote appliquées. La comparaison des moyennes montre que l'augmentation de la dose d'azote à 210U produit une légère baisse du nombre de graines par mètre carré variété Vitron. Ces résultats sont confirmés par Kouadria (1987) qui constate que le passage de la dose de 60 unités à la dose de 120 unités par hectare se traduit par une baisse de rendement, qui passe respectivement de 20 à 17,6

q/ha. Ainsi, Hamadache et *al* (2002) montrent que le passage de la dose 0 à la dose 67 unités par ha, se traduit par une diminution de rendement, qui passe de 27,5 à 24,31 q/ha.

Pour la variété Boussellam, la comparaison des moyennes pour la variable fertilité indique que la plus faible valeur est donnée par N105 avec 8786,6 grains/m², par contre N210 affiche 14399,6 grains/ m². Belloula (1981); Djennadi-Ait Adballah et Rafoufi (2008) signalent que le nombre de grains s'accroît avec l'augmentation de la dose d'azote. De la dose 46 à la dose 92 unités par ha, le nombre de grains passe de 32,6 à 36,6. Par contre Hamadache et *al* (2002) indiquent que le passage de la dose 0 à la dose 67 unités par ha, se traduit par une baisse de nombre grains/épi, qui passe de 42,76 à 39,87.

Tableau 10. Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des graines/m²

	Concentration croissantes de l'azote (unités N/ha)				Analyse statistique
	N105	N140	N175	N210	
Boussellam	8786,6 ±2369	10065,3±2863	12178,6±2220	14399,6±3373,6	Effet Doses: S Effet Variétés: NS Effet Doses× Variétés: NS
Vitron	7985±1913,1	10208±1409,1	13393,6±6170	12234,6±1375,9	

La nutrition azotée dès le tallage herbacé joue un rôle important à partir du stade épi à 1cm jusqu'à la floraison sur les composantes nombre d'épi /m² et la composante nombre de grains. Ce sont les révélateurs privilégiés de la réponse des céréales à l'azote Meynard (1987) repris par Gate (1995). Les travaux d'expérimentations ont montré que la fertilisation azotée augmente le rendement en grain des céréales d'hiver jusqu'à 20% sous des conditions d'une bonne utilisation de l'engrais c'est-à-dire une bonne efficacité de ce fertilisant (ITGC, 2005).

Wang et *al* (2013) ont trouvé que la fertilisation azotée en doses croissantes a permis d'améliorer significativement le rendement en grain du blé et ont peut expliqué ceci par un bon développement racinaire du blé suite a une fertilisation azotée. Robert et *al.* (2005) sont parvenus également à la même conclusion.

par un bon développement racinaire du blé suite à une fertilisation azotée. (Robert et *al.* 2005) sont parvenus également à la même conclusion.

Conclusion générale

La fertilisation azotée représente le principal facteur limitant dans les systèmes de production de blé (Lueck et *al.* 2006). La plupart des études portant sur l'effet de fertilisation sur les rendements du blé comparent un seul type d'engrais appliqué à différentes doses.

La maîtrise de la fertilisation azotée varie d'une année à une autre. A cause de l'irrégularité des pluies, conditions particulières de la nature du sol de la parcelle concernée, au type de culture et aux techniques agricoles utilisées. Pour cela une compréhension de l'absorption de l'azote, son interaction avec les niveaux d'irrigation et son assimilation sont nécessaires pour toute tentative d'améliorer l'utilisation de l'azote par les plantes (Van Deld, 2001; Gastall et Lemaire, 2002).

Dans la présente étude, nous avons étudié les paramètres morphologiques de deux variétés de blé dur Vitron et Boussellam tel que la hauteur des plantes de blé dur, le nombre plantes par m², le nombre épi par m², le nombre des graines par épi et le nombre de graine par m².

Au terme de cette étude et à travers les résultats obtenus, nous avons pu déduire que les doses croissantes d'azote ont améliorés significativement les paramètres morphologiques du blé dur. Les composantes du rendement ont répondu favorablement à l'apport d'azote à l'exception du nombre de plants/m² dont l'apport d'azote ne produit aucun changement significatif.

Les résultats de cette étude montrent que les deux génotypes utilisés joue le rôle pivot dans la détermination du rendement du blé dur, et que la fertilisation azotée participe souvent à l'expression du potentiel génétique du blé dur et par conséquent sur la valorisation du rendement.

Par ailleurs, le rendement grains paraît être influencé par le génotype d'une part et par l'augmentation de la dose d'azote d'autre part, la variété Boussellam semble être la meilleure du point de vue rendement (le nombre épi par m²).

En ce qui concerne nombre de graines par épis de blé dur, le génotype Vitron, montrent des augmentations du nombre de graines/épis pour la gamme d'azote allant de 105N à 175N par rapport au génotype Boussellam.

Nos résultats ont par ailleurs, soulevés de nombreuses questions débouchant sur des perspectives potentielles de recherche, tant sur le plan appliqué que fondamental.

Sur le plan agronomique, la détermination du rendement espéré reste délicate à entreprendre. Il est alors possible que les comportements agronomiques, physiologiques et biochimiques de blé dur envers la fertilisation azoté diffèrent d'un génotype à l'autre et d'une dose à l'autre. Il serait donc intéressant de répéter les tests en fonction des doses azotés et de collecte sur plusieurs génotype et de les comparer.

Généralement, la plante absorbe seulement 50% de l'azote appliqué. A ce titre, il est recommandé de vulgariser l'importance de types des sols (sableux ou argileux) et l'application des résultats obtenus à la pratique de la fertilisation, car les teneurs en azote assimilable sont très variables et par conséquent les apports en engrais doivent être différents, or ce n'est pas ce qui est pratiqué sur le terrain.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- Ait-Abdallah-Djennadi F., Dekkiche N., Ghalem-Djender Z., Oumdjekane K. 2010. Cultures et couts de production des grandes cultures. Ed : ITGC, Alger.6p
- Albrizio R., Todorovic M., MATIC T., Stellacci A.M. 2010. Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment Field Crops Research (115), pp 179–190.
- Araus J. L., Villegas D., Aparicio N., Garcia del Moral L. F., El Hani S., Rharrabti Y., Ferrio J. P. et Royo C. 2003. Environmental factors determining carbon isotope discrimination and yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Crop Sci., (43):170-180.
- Bajji M, Lutts S, Kinet JM. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. Plant Sci., 160: 669-681.
- Baldy C.1986. Comportement des blés dans les climats méditerranéens. Ecologia Mediterranea, (12): 73-88.
- Baldy C.1992. Indicateurs de la contrainte hydrique. Sécheresse 6 : 175- 177.
- Bayens J. 1967. Nutrition des plantes de cultures .Université de Lorrain. P 678.
- Bedrani S.2004. L'alimentation de rue en Algérie : quelques réflexions sur la base d'une enquête visuelle rapide. Alger : Food and Agriculture Organisation (FAO), 2004
- Belaid D, 1986. Aspect sur la céréaliculture Algérienne. Ed. OPU. pp 75-86.
- Belaid Dj.1996. Aspects de la céréaliculture Algérienne. Offices de publ Universitaires. 203p.
- Belloula B, 1981.Contribution à l'étude de l'action de la fertilisation azotée fractionnée sur une culture de blé tendre en zone subhumide (Mouzaia). Mem Ing. Agro. INA. Alger. 154p.
- Benabbas C., 1993. Etude d'une fertilisation azotée et potassique sur une variété d'orge (*Hordeum vulgare*, var. Tichedrett 9265) en zone semi-aride. Thèse Magister, Université de Batna, 166p.
- Bencheikh Ch et Derrough R. 2008. Effet de l'UAN comme engrais azotée sur l'amélioration du rendement du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Mem Ing. Agro. Sétif. 45p.
- Benmahammed A., Nouar H., Haddad L., Zahra L., O, Hamenna B. 2010. Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 14(1), 177-186
- Bennai M., Benabbas B. 2007. L'amélioration des rendements des céréales par une fertilisation adaptée aux conditions pédoclimatiques algériennes. Constantine. Ed, PROFERT, 33p.
- Blum A.1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regul. (20):135–148.
- Bogard M. 2011. Analyse génétique et écophysologique de l'écart à la relation teneur en protéines- rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Thèse de Doctorat, Université d'Auvergne: 17P.
- Bolot, S., M. Abrouk, U. Masood-Quraishi, N. Stein, J. Messing, C. Feuillet, and J. Salse. 2009. The 'inner circle' of the cereal genomes. Curr. Opin. Plant. Biol. 12:119-125.

- Boufenar-Zaghouane et Zaghouane, 2006. Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). Institut technique des grandes cultures ; 1^{ère} édition 57-87 p.
- Bouthiba A A., P. Debaeke, S.A. Hamoudi. 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
- Boyeldieu J. 1999. Encyclopédie des techniques agricoles : production végétale - Blé Tendre - Ed : Paris. 20-20.
- Cabrera-Bosquet L, Molero G, Bort J, Nogués S, Araus JL. 2007. The combined effect of constant water deficit and nitrogen supply on WUE, NUE and $\Delta^{13}C$ in durum wheat potted plants. *Annals of Applied Biology* 151, 277–289.
- Chebbi H.E., El Mourid M. 2004. L'agriculture au Maghreb. Une lecture du contexte économique, Tunisie, ICARDA, 68 p. (sous presse).
- Chenafi, H., Aidaoui, A., Bouzerzour, H., 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.
- Clement G. et Prats J. 1970. Les céréales. Collection d'enseignement agricole. 2^{ème} Ed. 351 p.
- Clement-Grandcourt M. et Prats J. 1971. Les céréales Collections d'enseignement agricole 2^{ème} Ed, Ballier France. 351p.
- Conseil International des Céréales (CIC), 2018. Rapport sur le marché des céréales. GMR N° :390 [en ligne] in : <http://www.igc.org.uk/fr/publications/default.aspx>
- Cottignies X., 1977. potasse et agriculture .Société commerciale des potasses et de l'azote. Mulhouse, pp. 15-37.
- Couvreur, F. 198. La culture du blé se raisonne. Cultivar. Juin, pp. 39-41
- David, C., M.H. Jeuffroy, F. Laurent, M. Mangin, and J.M. Meynard. 2004. The assesment of a decision-making tool for managing nitrogen fertilization of organic winter wheat. *European Journal of Agronomy*.
- De Buyser et Henry Y. J. 2001. L'origine des blés. In : Belin. Pour la science (Ed.). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.
- Djennadi-AIT Abdallah F et Raffoufi B. 2008. Etude de l'effet de la fertilisation azotée sur l'amélioration du rendement et sur la teneur en protéines du grain chez le blé dur dans la région de Sétif .Rev N°51. 2^{ème} semestre. ITGC de Sétif. pp 5-12.
- Djiair N. 1988. Influence de la densité de semis en relation avec la fertilisation azotée, sur une variété de blé tendre « Siété Cerros » dans la région de Bouira. Mem Ing. Agro. INA. Alger. 50p.
- Djidi Khamis W. 1995. Etude du comportement de quelques variétés de blé dur (var. *Triticum durum* DESF) en région aride: cas d'Ouargla, Thèse., Ing., Agro. Saha., ITAS, Ouargla, 80 p.
- Eliard JL. 1974. Manuel d'agriculture générale. Bases de la production végétale. Ed. J.B. Bailliére. 344p.
- Evers, A.D., Blakeney, A.B. and O'Brien, L. 1999. Cereal structure and composition. *Aust. J. Agric. Res.*, 50, 629–650.
- Evers, T. and Millar, S. 2002. Cereal grain structure and development: some implications for quality. *J. Cereal Sci.*, 36, 261–284.

- FAO 1990, 2005, 2010, 2012. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Division statistique. Web. <http://faostat.fao.org/default.aspx>.
- Feillet 2000. Le grain de blé. Composition et utilisation. Edition INRA. Pp.58-75
- Fois S., Motzo R., Giunta F., 2009. The effect of nitrogenous fertilizer application on leaf traits in durum wheat in relation to grain yield and development, *Field Crops Research* (110) ; pp 69–75.
- Fritas Saïd. 2012. Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la région de Batna (Algérie).Thèse de Magister en Ecologie et biologie des populations. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 115pages.
- Garrido-Lestache E., Lopez-Bellido R.J., Lopez-Bellido L. 2005. Durum wheat quality under Mediterranean conditions as affected by N rate, timing and splitting, N form and S fertilization *Europ. J. Agronomy* (23), pp 265–278.
- Gastal F., Lemaire G.2002. N uptake and distribution in crop: an agronomical and ecophysiological perspective. *J. Exp. Bot*, 53 (370), 789-799.
- Gate P., Vignier L., Vadon B., Minov D., Lafarga A., et Zairi M.. 1995. Céréales en milieu méditerranéen un modèle pour limiter les risques climatiques. *Perspectives agricoles*. N°27 : 59-66.
- Gâte, P. 1995. Ecophysologie du blé de la plante à la culture. In: *Techniques & Documentation*, p. 429, Paris.
- Gerardeaux E. 2009. Ajustement de la phénologie, de la croissance et de la production de biomasse du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) face a des carences en potassium .thèse docteur, l'université de bordeaux I, école doctorale des sciences et environnements.110p.
- Gerendás J., Sattelmacher B. 1999. Influence of Ni supply on growth and nitrogen metabolism of *Brassica napus* L. grown with NH₄NO₃ or urea as N source. *Annal of Botany* 83, 65-71.
- Gerendás J., Zhu Z., Sattelmacher B. 1998. Influence of N and Ni supply on nitrogen metabolism and urease activity in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental*
- Gervy R., 1970. Les phosphates et l'agriculture. Ed. Dunod. Paris 298p.
- Glibert P-M., Harrisson J., Heil C., Seizinger S. 2006. Escalating worldwide use of urea a global change contributing to coastal eutrophication. *Biogeochemistry* 77, 441-463.*Bottany* 49, 1545-1554.
- Grignac, P 1965. Contribution à l'étude de *Triticum durum* (Desf). Thèses, Fac.Sci, Toulouse, 152 P
- Gros A., 1979. Les engrais. Guide pratique de la fertilisation, pp. 123-173.
- Guyot G., Malet P. 1977. Etude de l'évolution de la réflectance d'un blé d'hiver dans les 4 bandes MSS de Landsat, In E. A. Godby & I. Otterman « The contribution of space observation to global food information systems ». Vol. 2, Pergamon Press., 51-55.
- Halilat M.T., Dogar M.A. et Badraoui M. 2000. Effet de l'azote, du potassium et de leur interaction sur la nutrition du blé sur sol sableux du désert algérien. *Revue. Homme, terre et eaux*. Vol.30 (115). pp 32-39.
- Hamadache A ; Abdellaoui Z et Aknine M. 2002. Facteurs agrotechniques d'amélioration de la productivité du blé dur en Algérie. Cas de la zone sub-humide. *Revue semestrielle. Institut National de la recherche Agronomique d'Algérie*. 14p.

- Hamdi F, 1994. Etude de fertilisation azotée du blé dur (*Triticum durum* Desf) en Mitidja. Mem. Ing. Agro. INA. Alger. pp 19-24.
- Hofman G., Van Cleemput O. 2004. Ammoniak vervluchtiging uit kunstmest. Landbouwkundige Uitgeverij G.C. van den berg (ed.). Waddinxveen, The Netherlands, 27 pp.
- Hopkins W. G. 2003. Physiologie végétale. Ed. de Boeck, Belgique, 514p.
- Hufty A. 2005. Introduction à la climatologie. Le rayonnement et la température, L'atmosphère, L'eau, Le climat et l'activité humaine. Editions De Boeck Université, Canada. 541 pages.
- ITGC.2005. Qualité des blés durs cultivés en Algérie. 6p.
- Jeuffroy M.H., Bouchard C.1999. Intensity and duration of nitrogen deficiency on wheat grain number. Crop science, 39, 1385-1393.
- Jeuffroy MH.2001. Les nouveaux outils de la fertilisation azotée du blé : comment concilier rendement, qualité et environnement ? Les nouveaux défis de la fertilisation raisonnée, GEMAS, COMIFER, p 237.
- Jonard P.1964. Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. Ann. Amélior. Plant., 14 (2).
- Jouve A., Belghazi S. et Kheffache Y., 2000. La filière céréalière dans les pays du Maghreb : constante des enjeux, évolution des politiques. Ciheam-Options méditerranéennes. 14 (Série B), pp: 170-192.
- Kadra N. 1979. Rôle des mauvaises dans la production céréalière et les effets des différentes méthodes.in : 5eme conférence régionale des céréales d'hiver, IDGC, Céréaliculture, pp22-34
- Karam F., Kabalan R., Breidi J., Roupheal Y., Oweis T. 2009. Yield and water-production functions of two durum wheat cultivars grown under different irrigation and nitrogen regimes, agricultural water management 96, pp 603- 615.
- Katerdji N., Mastroianni, M. 1989. The effect of soil texture on the water use efficiency of irrigated crops: Results of a multi-year experiment carried out in the Mediterranean region. Europ. J. Agronomy (30): 95–100.
- Kouadria N. 1987. Influence de la dose de semis et de la fertilisation azotée sur l'élaboration du rendement du blé tendre variété « Anza » dans la région de Tiaret. Mem. Ing. Agro. INA. Alger. 51p.
- Legret J. 1985. La production de blé dans le monde s'accélère, les producteurs agricoles français.
- Limaux F. 1999. Modélisation des besoins du blé en azote, de la fourniture du sol et de l'utilisation de l'engrais. Application au raisonnement de la fertilisation en Lorraine, Travaux universitaires - Thèse nouveau doctorat, INP de Lorraine.
- Lopez-Bucio J., Nieto-Jacobo M.F., Ramirez-Rodriguez V., Herrera-Estrella L. 2001. Organic acid metabolism in plants: from adaptive physiology to transgenic varieties for cultivation in extreme soils. Plant Science 160: 1-13.
- Loue A. 1982 (a). Le potassium et les céréales. Dossier K2O, SCPA n°22, pp1-40.
- Lueck L., Schmidt C.S., Cooper J.M., Hall C.M., Shotton P.N., Leifet C. 2006. Effect of organic, low-input and conventional production systems on yield and quality of winter wheat, Aspects of Applied Biology: Delivering sustainability within profitable farming

- systems is it possible?, Association of Applied Biologists, Warwickshire, UK. pp. 135-140.
- MADR 2007, 2009, 2017, 2016. Ministère de l'agriculture et développement rurale. Direction des Statistiques.
- Marcussen, T., Sandve, S.R., Heier, L. 2014. Ancient hybridizations among the ancestral genomes of bread wheat. *Science*, 345, 1250092–1250092.
- Mefti A., A. Abdelguerfi, A. Chebouti. 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., Dehbi F., Hannachi A. 2001. Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In *Proceeding Séminaire sur la valorisation des milieux semi-arides*. OEB.
- Mérigout P., Lelandais M., Bitton F., Renou J-P., Briand X., Meyer C., Daniel Vedele F. 2008. Physiological and transcriptomic aspects of urea uptake and assimilation in *Arabidopsis* plants. *Plant Physiology* 147, 1225-1238.
- Meynard, J.M. 1987. L'analyse de l'élaboration de rendement sur les essais de fertilisation azotée. *Perspectives agricoles*, N° 115, pp. 5-51
- Meynard, J.M. et Sebillote, M.. 1994. L'élaboration du rendement du blé, base pour l'étude des autres céréales à talles. Ed. I.N.R.A – Paris
- Mosseddaq F et Moughli L, 1999. Fertilisation azotée des céréales cas des blés en Bour et en irrigué. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA. Transfert de Technologie en Agriculture. Bulletin réalisé à l'institut agronomique et vétérinaire Hassan II. Rabat. N°62. pp 1-4.*
- Nemat A., Noureldin H.S., Saady F., Ashmawy H.M., Saed. 2013. Grain yield response index of bread wheat cultivars as influenced by nitrogen levels *Annals of Agricultural Science* 58(2), pp 147–152.
- Nohrstedt H., Jacobson S., Sikström U. 2000. Effects of repeated urea doses on soil chemistry and nutrient pools in a Norway spruce stand. *Forest Ecology and Management* 130, 47-56.
- Prat S.1971. *Les céréales* 2ème édition, J.B Baillière et fils, Paris, ppp9-23-315.
- Priya P., Sahi S.V.2009. Influence of phosphorus nutrition on growth and metabolism of Duo grass (*Duo festulolium*). *Plant Physiology and Biochemistry* 47 31–36.
- Rinald M. 2004. Water availability at sowing and nitrogen management of durum wheat: a seasonal analysis with the CERES-Wheat model *Field Crops Research* (89) ; pp 27–37
- Robert J. Kratochvil, Harrison Michael R., Pearce Justin T., Conover Kevin J., and Sultenfuss Mark. 2005. Nitrogen management for mid-atlantic hard red winter wheat production. *Agronomy Journal*, 97: 257 – 264.
- Roudani M. 1996. Physiologie comparée de deux espèces de blé (*Triticum durum*, variété BenBachir et *T. aestivum*, variété Tanit) en relation avec les conditions de nutrition : métabolisme racinaire en milieu salé, thèse, université Tunis-2, p. 180.
- Schachtman, D.P.A., Fairhead, and Babourina, O. 1995. A pathway for sodium into plant cell. *Plant Physiology* 108: 38-39.
- Scheepens P., Hoever R. 2007. *La protection non chimique des cultures*. Edition : Agromisa Foundation, Wageningen, Netherlands, P 63.

- Simon H, Codaccioni P et Lecoer X, 1989. Produire des céréales à paille. Agriculture d'aujourd'hui. Ed
- Soltner D. 1990. Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 17^{ème} édition, 464 p.
- Soltner P. 2005. Les bases de la production végétales: La plante et son amélioration. 4^{ème}Ed. Collection et Techniques Agricoles. 248p.
- Soltner. 1985. Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16^{ème} éditions 464P.
- Surget, A. and Barron, C. 2005. Histologie du grain de bté. Ind. des céréales, 145, 3–7.
- Turk L. (1978). Sècheresse du sol. Index physique des réserves d'eau et signification agronomique des déficits d'humidité dans le sol. Bulletin du BRGM:197-202.
- Van Delden A. 2001. Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management. Agronomy J. 93: 1370-1385.
- Wang G. Y., Abe T. & Sasahara T. 2013. Concentrations of grains of rice (*Oryza sativa* L.) cultivated under organic and customary farming practices. Japanese journal of crop science, 67 :(3), P307-311.
- Zadoks J., Chang T., Konzak C. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed research, 14(6):415–421.
- Zaghouane O., Merabti A., Zaghouane-Boufenar F., Aitabdellah F., Amrani M. et Djender Z. 2006. Durum quality and progressing by rural woman in the region of high plateau in Algeria. ITGC / ICARDA. 38 p.

ANNEXES

Annexe 1: Influence des différentes doses d'azote sur l'hauteur des plantes

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	657,777	23	28,599				
VAR.FACTEUR 1	80,672	3	26,891	0,813	0,03778		
VAR.FACTEUR 2	24,583	1	24,583	0,743	0,40569		
VAR.INTER F1*2	23,039	3	7,68	0,232	0,87319		
VAR.RESIDUELLE 1	529,483	16	33,093			5,753	7,11%

Annexe 2: Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des plantes par m² de blé dur

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	31111,33	23	1352,667				
VAR.FACTEUR 1	6989,664	3	2329,888	1,732	0,19983		
VAR.FACTEUR 2	181,5	1	181,5	0,135	0,7181		
VAR.INTER F1*2	2419,5	3	806,5	0,6	0,62771		
VAR.RESIDUELLE 1	21520,67	16	1345,042			36,675	20,80%

Annexe 3: Influence des différentes doses d'azote sur le nombre d'épi par m² de blé dur

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	100198,9	23	4356,476				
VAR.FACTEUR 1	13667,45	3	4555,815	0,874	0,04694		
VAR.FACTEUR 2	1650,023	1	1650,023	0,317	0,58742		
VAR.INTER F1*2	1516,813	3	505,604	0,097	0,95961		
VAR.RESIDUELLE 1	83364,66	16	5210,292			72,182	27,11%

Annexe 4: Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des graines par épis

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	803,86	23	34,95				
VAR.FACTEUR 1	359,723	3	119,908	5,189	0,01081		
VAR.FACTEUR 2	2,666	1	2,666	0,115	0,73718		
VAR.INTER F1*2	71,724	3	23,908	1,035	0,40502		
VAR.RESIDUELLE 1	369,747	16	23,109			4,807	11,58%

Annexe 5: Influence des différentes doses d'azote sur le nombre des graines/m²**ANALYSE DE VARIANCE**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	257966300	23	11215930				
VAR.FACTEUR 1	96245680	3	32081890	3,389	0,04362		
VAR.FACTEUR 2	970816	1	970816	0,103	0,75072		
VAR.INTER F1*2	9268896	3	3089632	0,326	0,80818		
VAR.RESIDUELLE 1	151480900	16	9467559			3076,94	27,58%